

**UNIVERSITATEA POLITEHNICA TIMIȘOARA**  
***FACULTATEA DE INGINERIE HUNEDOARA***

# **TEZĂ DE DOCTORAT**

**Conducător științific:**  
**PROF. DR. ING. HEPUȚ TEODOR**

**Doctorand:**  
**ING. CRISTINA DANIELA PĂCURAR**

***HUNEDOARA***  
**2019**





MINISTERUL  
EDUCAȚIEI ȘI  
CERCETĂRII  
ȘTIINȚIFICE



# TEZĂ DE DOCTORAT

## CERCETĂRI PRIVIND INFLUENȚA STRUCTURII ÎNCĂRCĂTURII METALICE ASUPRA REDUCERII CONSUMURILOR SPECIFICE ȘI A GRADULUI DE POLUARE LA OȚELĂRIILE ELECTRICE

**Conducător științific:**

**PROF. DR. ING. HEPUȚ TEODOR**

**Doctorand:**

**ING. CRISTINA DANIELA PĂCURAR**

*HUNEDOARA*  
**2019**

## PREFAȚĂ

În cadrul programului de cercetare dezvoltat s-a efectuat un studiu amănunțit asupra procesului de elaborare a oțelului în funcție de structura încărcăturii, gradul de pregătire și compoziția chimică a încărcăturii metalice. Acest studiu s-a realizat în vederea optimizării consumurilor specifice, a calității oțelului elaborat în cuptorul cu arc electric cât și posibilitatea diminuării a impactului asupra factorilor de mediu și a sănătății populației prin reducerea emisiile de carbon, a prafului ce se propagă în atmosferă precum și a zgomotului produs în timpul proceselor tehnologice, ca urmare a complexității instalațiilor și a materiilor prime utilizate pe fluxul tehnologic.

Industria siderurgică se confruntă cu dificultatea de a fi competitivă pe piață și continuă să reprezinte o pondere considerabilă a emisiilor de carbon în atmosferă, iar necesitatea de a continua să satisfacă cerințele tot mai severe a consumatorilor de oțel cât și a populației conduce la nevoia de identificare a unor îmbunătățiri tehnologice noi, dar și posibilitatea implementării acestora în unitățile de producție care au ca scop reducerea costurilor energetice, a costurilor cu materia primă utilizată în producția de oțel, a emisiilor de gaze și praf degajate în atmosferă, precum și reciclarea prafului rezultat de la instalațiile de epurare.

Având în vedere cele prezentate, cercetările efectuate în cadrul tezei de doctorat au fost orientate în direcția îmbunătățirii procesului de elaborare a oțelului într-un cuptor cu arc electric de tip EBT, urmărind structura încărcăturii metalice gradul de pregătire al acesteia și influența acestor factori asupra unor consumuri specifice (consum de metal, scoaterea de oțel lichid, electrozi, energie electrică) scoaterea de oțel lichid, compoziția prafulor depuse pe sol și zgomotul produs de arcele electrice formate între electrozi și încărcătură.

Cu ocazia definitivării tezei de doctorat, doresc să adresez mulțumiri tuturor celor care m-au îndrumat, sprijinit și împărtășit cunoștințe profesionale.

În primul rând doresc să îi mulțumesc conducătorului de doctorat, domnului Prof. dr. ing. Hepuț Teodor pentru îndrumarea de înalt nivel științific pe toată perioada elaborării tezei de doctorat, care a fost realizată și cu sprijinul parțial din grantul strategic POSDRU/159/1.5/S/134378 al Ministerului Educației Naționale din România, cofinanțat de Fondul Social European - Investiția în oameni, în cadrul Programului Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007 – 2013.

Mulțumesc membrilor comisiei de îndrumare Profesor dr. Ing. Socalici Ana, Conf. dr. ing. Kiss Imre și Șef. lucr. ing Popa Erika, pentru informațiile furnizate privind efectuarea experimentărilor, prelucrarea datelor, interpretarea rezultatelor obținute, precum și sugestiilor referitoare la elaborarea unor lucrări științifice publicate fie în reviste de specialitate la nivel național și internațional, fie prezentate la diferite simpozioane organizate pe plan național / internațional.

Doresc să mulțumesc tuturor specialiștilor și colaboratorilor din S.C. ArcelorMittal S.A. Hunedoara, în mod deosebit domnului ing. Lungu Ioan și doamnei ing. Elisabeta Predescu pentru sprijinul acordat pe parcursul desfășurării cercetărilor efectuate.

Nu în ultimul rând doresc să aduc mulțumiri conducerii Universității Politehnica Timișoara, Facultății de Inginerie din Hunedoara și a Departamentului de Inginerie și Management, pentru asigurarea cadrului propice pe toată durata elaborării tezei și în final mulțumesc familiei mele pentru susținere și încurajare pe tot parcursul lucrării.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

Teza de doctorat a fost realizată cu sprijinul parțial din grantul strategic POSDRU/159/1.5/S/134378 al Ministerului Educației Naționale din România, cofinanțat de Fondul Social European - Investiția în oameni, în cadrul Programului Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007 – 2013.

# CUPRINS

Capitolul 1 Plan de desfășurare a experimentărilor și cercetărilor.....	14
1.1.Considerații generale.....	14
1.2.Scopul cercetării .....	16
1.3.Obiectivele cercetării .....	17
1.4.Strategia cercetării.....	18
1.5.Concluzii.....	19
<b>PARTEA I Sinteză din literatura de specialitate privind încărcătura cuptorului cu arc electric</b>	20
<b>Capitolul 2 Studiu din literatura de specialitate privind încărcătura metalică utilizată la elaborarea oțelului.....</b>	21
2.1.Elaborarea oțelului; scurtă descriere a procesului tehnologic de elaborare a oțelului în cuptorul cu arc electric de tip E.B.T .....	21
2.1.1.Considerații constructive și tehnologice ale cuptorului cu arc electric de tip E.B.T.....	21
2.1.2.Tratamentul secundar al oțelului în oala de turnare.....	24
2.2.Considerații tehnologice privind încărcătura cuptorului cu arc electric de tip E.B.T. ....	25
2.3.Fonta de afinare .....	27
2.4.Fierul vechi.....	31
2.4.1.Necesitatea reciclării și valorificării deșeurilor metalice .....	31
2.4.2.Deșeuri feroase .....	32
2.4.3.Resurse de deșeuri feroase .....	32
2.4.4.Deșeuri feroase sub formă de bucăți.....	34
2.4.5.Deșeuri feroase prăfoase .....	34
2.4.6.Clasificarea deșeurilor feroase în funcție de proveniență.....	34
2.4.6.1.Deșeuri feroase din sectorul aglomerare-furnale.....	35
2.4.6.2.Deșeuri feroase din sectorul de oțelărie.....	36
2.4.6.3.Deșeuri feroase din sectorul de laminare.....	37
2.4.6.4.Deșeuri feroase din sectorul forjă .....	38
2.4.6.5.Deșeuri feroase din industria prelucrătoare.....	39
2.4.6.6.Deșeuri feroase vechi rezultate în afara proceselor tehnologice .....	41
2.4.6.7.Deșeuri din echipamente electrice și electronice (DEEE) .....	41
2.4.6.8.Alte materiale metalice feroase .....	44
<b>Capitolul 3 Pregătirea încărcăturii metalice .....</b>	48
3.1.Produse-primare și produse-secundare în industria siderurgică .....	48
3.2.Colectarea, depozitarea și pregătirea fierului vechi.....	53
3.2.1.Sortarea .....	53
3.2.2.Spargerea mecanică și pirotehnică .....	55
3.2.3.Tăierea .....	56
3.2.4.Balotarea .....	58
3.2.5.Prelucrarea așchiilor metalice .....	59
3.3.Procesarea fierului vechi provenit din casarea autovehiculelor (Metoda Schredder).....	61
3.3.1.Considerații tehnice generale .....	61
3.3.2.Procesarea autovehiculelor scoase din uz (VSU) .....	61
<b>PARTEA a II a Cercetări și rezultate experimentale privind influența structurii încărcăturii metalice asupra reducerii consumurilor specifice și a gradului de poluare.....</b>	68
<b>Capitolul 4 Cercetări privind influența structurii încărcăturii asupra scoaterii de metal.....</b>	69
4.1.Analiza structurii încărcăturii cuptorului cu arc electric de tip E.B.T. ....	69
4.1.1.Considerații tehnologice .....	69
4.1.2.Cadru experimental .....	70
4.1.3.Rezultate obținute .....	71
4.1.4.Analiza tehnologică a rezultatelor obținute.....	75
4.1.5.Concluzii privind structura încărcăturii metalice .....	78
4.2.Modelarea matematică a datelor experimentale .....	79
4.2.1.Prelucrarea datelor în programul EXCEL.....	79
4.2.2.Prelucrarea datelor în programul MATLAB.....	83
4.2.2.1.Rezultate privind corelațiile duble .....	83

4.2.2.3.Rezultate privind corelațiile triple .....	89
4.2.3.Concluzii referitoare la prelucrarea datelor experimentale.....	90
<b>Capitolul 5 Cercetări privind influența structurii încărcăturii metalice asupra consumului specific de electrozi.....</b>	<b>93</b>
5.1.Alimentarea cu energie electrică a cuptorului cu arc electric.....	93
5.1.1.Circuitul secundar a cuptorului cu arc electric .....	93
5.1.2.Electrozi .....	93
5.2.Influența structurii încărcăturii asupra consumului specific de electrozi.....	95
5.2.1.Rezultate obținute la prelucrarea datelor în programul EXCEL .....	95
5.2.2.Rezultate obținute la prelucrarea datelor în programul MATLAB .....	98
5.3.Analiza rezultatelor obținute .....	105
5.3.1.Analiza rezultatelor obținute la prelucrarea datelor în programul EXCEL.....	105
5.3.2.Analiza rezultatelor obținute la prelucrarea datelor în programul MATLAB.....	106
5.4.Concluzii.....	107
<b>Capitolul 6 Cercetări privind influența încărcăturii metalice asupra consumului de energie electrică</b>	<b>108</b>
6.1.Considerații tehnologice .....	108
6.2.Prelucrarea datelor în programul EXCEL .....	108
6.2.1.Rezultate obținute.....	108
6.3.Prelucrarea datelor în programul MATLAB .....	112
6.4.Concluzii privind rezultatele obținute din prelucrarea datelor.....	115
<b>Capitolul 7 Poluarea solului în incinta oțelăriilor electrice și analiza depunerilor pe sol a pulberilor rezultate din gazele de la oțelăriile cu cuptoare cu arc electric.....</b>	<b>117</b>
7.1.Considerații privind poluarea chimică a mediului.....	117
7.2.Cercetări și rezultate privind poluarea chimică a mediului în arealul oțelăriilor echipate cu cuptoare cu arc electric .....	120
7.2.1.Prezentarea cadrului tehnologic.....	120
7.2.2.Prelucrarea datelor. Rezultate obținute .....	121
7.2.2.1.Punctul de colectare probe sol -S6.....	121
7.2.2.2.Punctul de colectare probe sol - S7.....	123
7.2.2.3.Punctul de colectare probe sol - S8.....	126
7.2.2.4.Punctul de colectare probe sol - S9.....	129
7.2.2.5.Punctul de colectare probe sol - S10.....	131
7.2.2.6.Punctul de colectare probe sol - S11.....	134
7.2.2.7.Punctul de colectare probe sol - S12.....	137
7.3.Analiza tehnologică a rezultatelor obținute .....	148
7.3.1.Punctul de prelevare probe - S6 .....	148
7.3.2.Punctul de prelevare probe - S7 .....	150
7.3.3.Punctul de prelevare probe - S8 .....	151
7.3.4.Punctul de prelevare probe - S9.....	152
7.3.5.Punctul de prelevare probe - S10.....	153
7.3.6.Punctul de prelevare probe - S11.....	153
7.3.7.Punctul de prelevare probe - S12.....	154
7.4.Concluzii .....	155
<b>Capitolul 8 Cercetări privind poluarea sonoră a mediului în arealul oțelăriilor electrice .....</b>	<b>156</b>
8.1.Considerații generale privind poluarea sonoră a mediului.....	156
8.1.1.Poluarea acustică .....	157
8.1.2.Efectele nocive ale poluării sonore asupra omului .....	157
8.1.3.Efectele nocive ale poluării sonore asupra altor organisme vii .....	158
8.1.4.Măsurile de reducere a poluării acustice .....	158
8.2.Cercetări și rezultate privind poluarea sonoră în arealul oțelăriilor echipate cu cuptoare cu arc electric.....	159
8.2.1.Prezentarea cadrului generator de zgomot .....	159
8.2.2.Prezentarea rezultatelor obținute .....	160
8.2.3.Analiza rezultatelor obținute .....	162
8.2.3.1.Punctul de măsurare intensitate zgomot - S1 .....	162
8.2.3.2.Punctul de măsurare intensitate zgomot - S4 .....	162



8.2.3.3.Punctul de măsurare intensitate zgomot - S5 .....	163
8.2.3.4.Punctul de măsurare intensitate zgomot - S6 .....	163
8.2.3.5.Punctul de măsurare intensitate zgomot - S7.....	163
8.2.3.6.Punctul de măsurare intensitate zgomot - S8 .....	163
8.3.Concluzii.....	164
9.Capitolul 9 Verificarea industrială a rezultatelor cercetării efectuate .....	165
9.1.Cadru experimental .....	165
9.2.Analiza rezultatelor obținute la experimentările efectuate .....	165
10.Concluzii finale recapitulative, contribuții originale, direcții de continuare a cercetărilor.....	169
10.1.Concluzii finale recapitulative.....	169
10.2.Contribuții originale.....	171
10.3.Direcții de continuare a cercetărilor.....	172
Anexe.....	179
Anexa 1 la Capitolul 2.....	180
Anexa 2 la Capitolul 4 .....	181
Anexa 3 la Capitolul 5 .....	186
Anexa 4 la Capitolul 7 .....	193
Anexa 5 la Capitolul 8 .....	194

# LISTĂ FIGURI

- Figura 1.1. Modelul de intrări - ieșiri al obiectului cercetării
- Figura 2.1. Cuptorul cu arc electric de tip EBT
- Figura 2.2. Procesele de elaborare a oțelului în cuptorul electric cu arc de tip E.B.T.
- Figura 2.3. Schema procesului tehnologic de elaborare
- Figura 2.4. Flux integrat de producere a oțelului
- Figura 2.5. Flux tehnologic în mini-uzine de producere a oțelului
- Figura 2.6. Evacuarea fontei din furnal și încărcarea convertizorului cu oxigen
- Figura 2.7. Cuptorul cu arc electric
- Figura 2.8. Utilizarea fierului vechi la convertizoarele cu oxigen depozit încărcare
- Figura 2.9. Imagini din sectorul de laminare
- Figura 2.10. Imagini din sectorul de forjare
- Figura 2.12. Schema deșeurilor industriale într-o secție mecanică
- Figura 2.13. Schema reziduurilor industriale rezultate într-o secție de construcții metalice pentru șasiu și carcasă de autovehicul
- Figura 2.14. Materiale reciclabile feroase vechi
- Figura 2.15. Structura materialelor și componentelor rezultate din DEEE
- Figura 2.16. Proporția metalelor care intra în componenta PCB
- Figura 2.17. Proporția și structura materialelor plastice ce intra în componența EEE
- Figura 2.18. Burete de fier DRI Arcelor Mittal Spania
- Figura 2.19. Burete de fier
- Figura 2.20. Burete de fier HBI–Arcelor Mittal Espana S.A.
- Figura 2.21. Producția mondială de burete de fier în 2011 și 2012 pe regiuni (milioane tone)
- Figura 3.1. Structura de reciclare realizată în jurul unei companii siderurgice
- Figura 3.2. Graficul decizional deșeuri versus subproduse
- Figura 3.3. Sistem automatizat de recunoaștere și sortare a deșeurilor mixte
- Figura 3.4. Sonetă pentru spargerea deșeurilor masive de fontă
- Figura 3.5. Foarfece ghilotină mecanic
- Figura 3.6. Foarfece hidraulic
- Figura 3.7. Utilaje pentru manipularea fierului vechi: a) graifer polip; b) graifer cu placă electromagnetă
- Figura 3.8. Instalație de brichetare așchii metalice
- Figura 3.9. Structura de reciclare realizată în jurul unei companii siderurgice
- Figura 3.10. Instalație pentru ars așchii
- Figura 3.11. Instalație de prelucrare a șpanului de fontă
- Figura 3.12. Fluxul de procesare al autovehiculelor la sfârșitul ciclului de viață
- Figura 3.13. Macara mobilă pentru reciclarea automobilelor care se deplasează la locația beneficiarului
- Figura 3.14. Moara tocătoare cu ciocane pentru vehicule scoase din uz
- Figura 4.1. Variația componentei încărcăturii cuptorului electric cu arc (tip EBT)
- Figura 4.2. Variația cantităților de feroaliaje la evacuarea din cupto
- Figura 4.3. Limitele de variație a componentelor metalice a încărcăturii metalice
- Figura 4.4. Limitele de variație a componentelor auxiliare a încărcăturii
- Figura 4.5. Limitele de variație a componentelor nemetalice adăugate în timpul elaborării
- Figura 4.6. Limitele de variație a gazelor injectate în baia metalică
- Figura 4.7. Limitele de variație a etapelor tehnologice
- Figura 4.8. Variația greutateii încărcăturii metalice, oțelului lichid și scoaterii
- Figura 4.9. Variația conținutului de elemente reziduale Cu, As, Sn
- Figura 4.10. Variația conținutului de elemente reziduale Cr, Ni, Mo
- Figura 4.11. Variația consumului de electrozi

- Figura 4.12. Variația consumului specific de energie electrică; a) histogramă; b) distribuție prin puncte
- Figura 4.13. Variația scoaterii de oțel lichid în funcție de încărcătura metalică E1
- Figura 4.14. Variația scoaterii de oțel lichid în funcție de încărcătura metalică E3
- Figura 4.15. Variația scoaterii de oțel lichid în funcție de încărcătura metalică reciclări interne
- Figura 4.16. Variația scoaterii de oțel lichid în funcție de încărcătura metalică E100
- Figura 4.17. Variația scoaterii de oțel lichid în funcție de încărcătura metalică E5
- Figura 4.18. Variația scoaterii de oțel lichid în funcție de încărcătura metalică provenită din casări
- Figura 4.19. Variația scoaterii de oțel lichid în funcție de încărcătura metalică provenită din scoarțe interne
- Figura 4.20. Variația scoaterii de oțel lichid în funcție de încărcătura metal
- Figura 5.1. Corelația  $C_{s.ez.} = f(\%E_1)$
- Figura 5.2. Corelația  $C_{s.ez.} = f(\%E_3)$
- Figura 5.3. Corelația  $C_{s.ez.} = f(\%E_5)$
- Figura 5.4. Corelația  $C_{s.ez.} = f(\%E_{100})$
- Figura 5.5. Corelația  $C_{s.ez.} = f(\% \text{ Scoarțe interne})$
- Figura 5.6. Corelația  $C_{s.ez.} = f(\% \text{ Casări})$
- Figura 5.7. Corelația  $C_{s.ez.} = f(\%E_1 + E_3)$
- Figura 5.8. Corelația multiplă  $C_{s.ez.} = f(\%E_1, \% E_3)$
- Figura 5.9. Corelația  $C_{s.ez.} = f(\%E_1 + E_3)$
- Figura 5.10. Corelația multiplă  $C_{s.ez.} = f(\%E_1, \% E_3);$
- Figura 5.11. Corelația multiplă  $C_{s.ez.} = f(\%E_1, \% E_5)$
- Figura 5.12. Corelația multiplă  $C_{s.ez.} = f(\%E_1, \% E_{100})$
- Figura 5.13. Corelația multiplă  $C_{s.ez.} = f(\%E_1, \% \text{ Scoarță internă})$
- Figura 5.14. Corelația multiplă  $C_{s.ez.} = f(\%E_1, \% \text{ Casări})$
- Figura 5.15. Corelația multiplă  $C_{s.ez.} = f(\%E_1 + E_3), \%E_1)$
- Figura 5.16. Corelația multiplă  $C_{s.ez.} = f(\%E_5), \%E_3)$
- Figura 5.17. Corelația multiplă  $C_{s.ez.} = f(\%E_{100}, \%E_3)$
- Figura 5.18. Corelația multiplă  $C_{s.ez.} = f(\% \text{ Scoarță internă}, \%E_3)$
- Figura 5.19. Corelația multiplă  $C_{s.ez.} = f(\% \text{ Casări}, \%E_3)$
- Figura 5.20. Corelația multiplă  $C_{s.ez.} = f(\%E_1 + E_3, \%E_3)$
- Figura 5.21. Corelația multiplă  $C_{s.ez.} = f(\%E_{100}, \%E_5)$
- Figura 5.22. Corelația multiplă  $C_{s.ez.} = f(\% \text{ Scoarță internă}, \%E_5)$
- Figura 5.23. Corelația multiplă  $C_{s.ez.} = f(\% \text{ Casări}, \%E_5)$
- Figura 5.24. Corelația multiplă  $C_{s.ez.} = f(\%E_1 + E_3, \%E_5)$
- Figura 5.25. Corelația multiplă  $C_{s.ez.} = f(\% \text{ Scoarță internă}, \%E_{100})$
- Figura 5.26. Corelația multiplă  $C_{s.ez.} = f(\%E_1 + E_3, \%E_{100})$
- Figura 5.27. Corelația multiplă  $C_{s.ez.} = f(\% \text{ Casări}, \% \text{ Scoarță internă})$
- Figura 5.28. Corelația multiplă  $C_{s.ez.} = f(\%E_1 + E_3, \% \text{ Scoarță internă})$
- Figura 5.29. Corelația multiplă  $C_{s.ez.} = f(\%E_1 + E_3, \% \text{ Casări})$
- Figura 6.1. Variația consumului specific de energie în funcție de proporția de sortiment de fier vechi clasa E1
- Figura 6.2. Variația consumului specific de energie în funcție de proporția de sortiment de fier vechi clasa E3
- Figura 6.3. Variația consumului specific de energie în funcție de proporția de sortiment de fier vechi clasa E1
- Figura 6.4. Variația consumului specific de energie în funcție de proporția de sortiment de recirculări interne
- Figura 6.5. Variația consumului specific de energie în funcție de proporția de sortiment de fier vechi clasa E100
- Figura 6.6. Variația consumului specific de energie în funcție de proporția de sortiment de fier vechi clasa E5

Figura 6.7. Variația consumului specific de energie în funcție de proporția de sortiment de fier vechi clasa E1

Figura 6.8. Variația consumului specific de energie în funcție de proporția de sortiment de fier vechi clasa scoarță internă

Figura 6.9. Variația consumului specific de energie în funcție greutatea șarjei

Figura 6.10. Variația consumului specific de energie în funcție de numărul de încărcături

Figura 6.11. Corelația consumul specific de energie electrică =F(sortiment E3, reciclări)  
a) suprafața de corelație; b) curbe de nivel-proiecție în plan

Figura 6.12. Corelația consumul specific de energie electrică =F(sortiment E1, reciclări)  
a) suprafața de corelație; b) curbe de nivel-proiecție în plan

Figura 6.13. Corelația consumul specific de energie electrică =F(sortiment E1, sortimentE3)  
a) suprafața de corelație; b) curbe de nivel-proiecție în plan

Figura 6.14. Corelația consumul specific de energie electrică =F(sortiment E1, reciclări interne)  
a) suprafața de corelație; b) curbe de nivel-proiecție în plan

Figura 6.15. Corelația consumul specific de energie electrică =F(sortiment E1, reciclări interne;  
a) suprafața de corelație; b) curbe de nivel-proiecție în plan

Figura 6.16. Corelația consumul specific de energie electrică =F(sortiment E1, reciclări)  
a) suprafața de corelație; b) curbe de nivel-proiecție în plan

Figura 7.1. Variația conținutului de cadmiu

Figura 7.2. Variația conținutului de crom

Figura 7.3. Variația conținutului de cupru

Figura 7.4. Variația conținutului de zinc

Figura 7.5. Variația conținutului de plumb

Figura 7.6. Variația conținutului de mangan

Figura 7.7. Variația conținutului de nichel

Figura 7.8. Variația conținutului de hidrocarburi petroliere

Figura 7.9. Variația conținutului de cadmiu

Figura 7.10. Variația conținutului de crom

Figura 7.11. Variația conținutului de cupru

Figura 7.12. Variația conținutului de zinc

Figura 7.13. Variația conținutului de plumb

Figura 7.14. Variația conținutului de mangan

Figura 7.15. Variația conținutului de nichel

Figura 7.16. Variația conținutului de hidrocarburi petroliere

Figura 7.17. Variația conținutului de cadmiu

Figura 7.18. Variația conținutului de crom

Figura 7.19. Variația conținutului de cupru

Figura 7.20. Variația conținutului de zinc

Figura 7.21. Variația conținutului de plumb

Figura 7.22. Variația conținutului de mangan

Figura 7.23. Variația conținutului de nichel

Figura 7.24. Variația conținutului de hidrocarburi petroliere

Figura 7.25. Variația conținutului de cadmiu

Figura 7.26. Variația conținutului de crom

Figura 7.27. Variația conținutului de cupru

Figura 7.28. Variația conținutului de zinc

Figura 7.29. Variația conținutului de plumb

Figura 7.30. Variația conținutului de mangan

Figura 7.31. Variația conținutului de nichel

Figura 7.32. Variația conținutului de hidrocarburi petroliere

Figura 7.33. Variația conținutului de cadmiu

Figura 7.34. Variația conținutului de crom

Figura 7.35. Variația conținutului de cupru  
 Figura 7.36. Variația conținutului de zinc  
 Figura 7.37. Variația conținutului de plumb  
 Figura 7.38. Variația conținutului de mangan  
 Figura 7.39. Variația conținutului de nichel  
 Figura 7.40. Variația conținutului de hidrocarburi petroliere  
 Figura 7.41. Variația conținutului de cadmiu  
 Figura 7.42. Variația conținutului de crom  
 Figura 7.43. Variația conținutului de cupru  
 Figura 7.44. Variația conținutului de zinc  
 Figura 7.45. Variația conținutului de plumb  
 Figura 7.46. Variația conținutului de mangan  
 Figura 7.47. Variația conținutului de nichel  
 Figura 7.48. Variația conținutului de hidrocarburi petroliere  
 Figura 7.49. Variația conținutului de cadmiu  
 Figura 7.50. Variația conținutului de crom  
 Figura 7.51. Variația conținutului de cupru  
 Figura 7.52. Variația conținutului de zinc  
 Figura 7.53. Variația conținutului de plumb  
 Figura 7.54. Variația conținutului de mangan  
 Figura 7.55. Variația conținutului de nichel  
 Figura 7.56. Variația conținutului de hidrocarburi petroliere  
 Figura 8.1. Evoluția intensității medii lunare a zgomotului pe anul 2012  
 Figura 8.2. Evoluția intensității medii lunare a zgomotului pa anul 2013  
 Figura 8.3. Evoluția intensității medii lunare a zgomotului pa anul 2014  
 Figura 8.4. Evoluția intensității medii lunare a zgomotului pe anul 2015  
 Figura 8.5. Evoluția intensității medii lunare a zgomotului pa anul 2016  
 Figura 8.6. Evoluția intensității medii lunare a zgomotului pa anul 2017  
 Figura 8.7. Variatia valorilor medii in punctele de masurare pe perioada 2012-2017  
 Figura 8.8. Variația valorilor medii pe perioada urmarită 2012-2017 la punctele de determinare

## LISTĂ TABELE

Tabelul 2.1. Compoziția gazului de furnal  
 Tabelul 2.2. Compoziția chimică a buretelui de fier  
 Tabelul 2.3. Compiziția chimică a buretelui de fier HBI (%)  
 Tabelul 2.4. Producția mondială anuală de burete de fier între anii 2002-2012  
 Tabelul 3.1. Proveniența produselor primare și secundare/derivate din sinderurgie  
 Tabelul 3.2. Materiale rezultate din dezmembrarea unui autoturism Dacia  
 Tabelul 7.1. Poziția față de sursa de poluare a punctelor de prelevare probe sol  
 Tabelul 7.2. Valorile limită a conținutului de poluanți  
 Tabelul 7.3. Variația valorilor medii pentru elementul Cadmiu (Cd)  
 Tabelul 7.4. Variația valorilor medii pentru elementul Crom (Cr)  
 Tabelul 7.5. Variația valorilor medii pentru elementul Cupru (Cu)  
 Tabelul 7.6. Variația valorilor medii pentru elementul Zinc (Zn)  
 Tabelul 7.7. Variația valorilor medii pentru elementul Plumb (Pb)  
 Tabelul 7.8. Variația valorilor medii pentru elementul Mangan (Mn)  
 Tabelul 7.9. Variația valorilor medii pentru elementul Nichel  
 Tabelul 7.10. Variația valorilor medii pentru elementul Hidrocarburi petroliere (HCP)  
 Tabelul 9.1. Structura încărcăturii (metalice și nemetalice)

# CAPITOLUL 1

## PLAN DE DESFĂȘURARE A EXPERIMENTĂRILOR ȘI CERCETĂRILOR

### 1.1. Considerații generale

Industria siderurgică europeană se confruntă cu efectele simultane ale cererii reduse și ale supracapacității pe o piață a oțelului globalizată, precum și cu prețurile ridicate ale energiei electrice, ceea ce înseamnă că industria siderurgică trebuie să investească în tehnologii noi pentru a se adapta la economia ecologică și pentru a fabrica produse inovatoare.

În ceea ce privește cererea de oțel, construcția de centrale electrice, inclusiv de parcuri eoliene construite terestru sau în largul mării, transportul de energie, sectorul locuințelor și al transportului vor continua să ofere noi oportunități pentru produsele din oțel inovatoare. În ceea ce privește producția de oțel inovarea este în continuare un element cheie pentru elaborarea de noi produse și dezvoltarea de noi piețe. Este necesară utilizarea mai multor procese și echipamente industriale avansate, deoarece cu tehnologiile existente în prezent nivelul emisiilor de CO<sub>2</sub> ale celor mai eficiente uzine din UE este aproape de limitele fizice [2,3,4,5].

Instabilitatea economică a Europei a condus la reducerea cererii de oțel, ceea ce a determinat scăderea volumelor de lucrări și investiții în mai multe sectoare industriale, generând un consum mai lent în economia generală. Cererea de oțel la nivel european s-a diminuat cu 18% față de nivelul atins în 2007, de unde rezultă că piața oțelului se poate redresa într-o perioadă de timp de 5-10 ani. Această previzionare obligă companiile din această industrie să se adapteze prin crearea unor soluții inovatoare unice, care să satisfacă cerințele clientului pentru a-și asigura continuitatea pe noua piață a oțelului și prin extinderea colaborărilor cu alte piețe externe [6,7,8,9].

În trecut s-au realizat cercetări privind potențiale tehnologii inovatoare în cadrul unui proiect numit „ULCOS” (Ultra low Carbon dioxide Steelmaking) care înseamnă producție de oțel care generează emisii de dioxid de carbon foarte reduse, ceea ce determină continuarea cercetărilor pentru producerea de noi tehnologii pentru optimizarea consumurilor specifice [8,9].

În prezent pe plan mondial oțelul este produs în proporție de peste 98% utilizând următoarele tipuri de agregate termice: convertizoare cu oxigen și cuptoare cu arc electric. În ambele cazuri se întâlnesc diferite variante constructive și tehnologice urmărind a se obține în măsură cât mai mare avantaje de ordin tehnico-economic, de ordin calitativ și socioecologic [2,3].

Creșterea producției mondiale de oțel a fost favorizată în a doua jumătate a secolului trecut și respectiv, la început de nou secol (nou mileniu), de perfecționarea, introducerea și extinderea în producție a noi procedee tehnologice de mare productivitate, cum sunt elaborarea oțelului în convertizoare cu oxigen cu

sufflare pe la partea superioară sau/și inferioară și în cuptoare cu arc electric de capacitate mare tip EBT (Excentric Bottom Tapping) [2,3].

Creșterea continuă a puterii specifice instalate reprezintă, în primul rând, un progres constructiv a cuptorului electric cu arc. Implicațiile funcționale și tehnologice ale realizării acestor tendințe au fost constant benefice [2,3,4].

Elaborarea unor soluții tehnologice care să conducă la îmbunătățirea performanțelor instalațiilor cuptorului cu arc electric pentru elaborarea oțelului, a calității semifabricatelor din oțel și a reducerii consumului de energie electrică este o preocupare permanentă a specialiștilor din cercetare, proiectare și producție.

În literatura de specialitate și practica curentă sunt cunoscute trei denumiri pentru domeniile de putere specifică instalată a transformatoarelor cuptoarelor electrice cu arc (P) și anume [10]:

- putere mare (HP-High Power),  $P = 200-450\text{kVA/t}$ ;
- putere foarte mare (UHP-Ultra High Power),  $P = 450-800\text{kVA/t}$ ;
- putere supraînaltă (SHP-Super High Power),  $P = 800-1200\text{kVA/t}$ .

O atenție deosebită este acordată cuptoarelor cu arc electric tip E.B.T (Excentric Bottom Tapping), precum și tehnologiile de procesare în oală (metalurgia în oală, LF (Ladle- Furnace/oală cuptor), VD, VAD, VOD etc.) aplicabile la orice tip de oțelărie [2,3,4,5].

Introducerea în fluxul tehnologic a turnării continue a condus la reducerea substanțială a deșeurilor de pe fluxul tehnologic (mai precis șutaje de la laminarea lingourilor), deșuri de bună calitate cu influență asupra calității oțelului, cât și a consumurilor specifice (energie, încărcătură metalică, materiale auxiliare etc.), precum și a productivității [11,12].

În aceste noi condiții tehnologice o importanță deosebită are structura și calitatea încărcăturii metalice, atât sub aspectul compoziției chimice, provenienței acesteia, cât și a gradului de pregătire, greutatea specifice, conținut de materiale nemetalice etc. [2,3].

Din studiile efectuate până în prezent rezultă impactul major și influența structurii și calității încărcăturii metalice a cuptorului cu arc electric asupra procesului de elaborare a oțelului și justificarea extinderii cercetării acestora pe întreg fluxul tehnologic de fabricație [4,11].

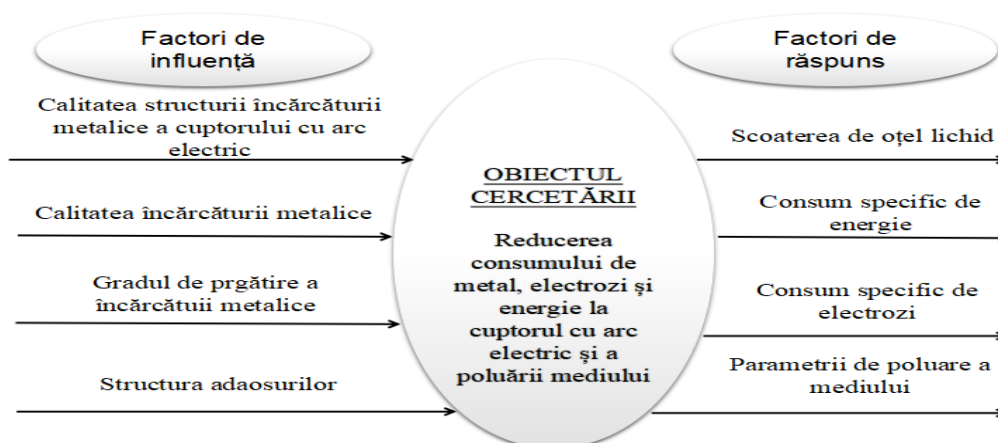


Fig. 1.1 Modelul de intrări - ieșiri al obiectului cercetării

## 1.2. Scopul cercetării

Obiectivele tezei de doctorat sunt în strânsă legătură cu nevoile actuale din domeniul siderurgiei, pe plan european acest sector aflându-se astăzi într-o continuă schimbare din cauza crizei economice la nivel mondial, ce a condus la o scădere a activității de producție și a cererii de oțel [13].

Tema tezei de doctorat studiază influența structurii și calității încărcăturii cuptoarelor cu arc electric de putere foarte mare asupra scoaterii de oțel lichid, a consumurilor specifice de energie și electrozi, reducerea gradului de poluare (chimică și sonoră) a mediului ambiant.

Cercetările prevăzute în planul tezei de doctorat s-au efectuat la o oțelărie electrică echipată cu un cuptor cu arc electric tip E.B.T de capacitate de 100 tone, instalații de procesare a oțelului în afara cuptorului, de tip L.F. și V.D, și mașina de turnare continuă MTC cu cinci fire.

În studiul bibliografic privind procesul de elaborare a oțelului s-a acordat o atenție deosebită structurii încărcăturii metalice, a gradului de pregătire și a calității acesteia, deoarece are influență majoră atât asupra calității oțelului, cât și a consumurilor specifice de energie și electrozi [2,3,4,5].

Din literatura de specialitate rezultă că pentru producerea oțelurilor, în acest moment prezintă interes convertizoarele cu oxigen și cuptoarele cu arc electric. În cazul convertizoarelor cu oxigen încărcătura metalică constă în medie în proporție de 80% din fontă lichidă și restul de 20% din fier vechi, iar în cazul cuptoarelor cu arc electric (CAE) de putere mare și foarte mare, încărcătura fiind în proporție de 100% solidă, constând din fier vechi, burete de fier (DRI, HBI), fontă solidă și foarte rar fontă lichidă [2,3,4,5].

Dezvoltarea agregatelor de mare productivitate pentru elaborarea oțelurilor, convertizorul cu oxigen și cuptorul electric cu arc de foarte mare putere specifică, au permis să se demonstreze că unele faze ale procesului de elaborare a oțelului, cum sunt dezoxidarea și alierea frânează sau anulează efectul economic al proceselor intensive de topire și afinare, care se desfășoară în agregatele de mare productivitate, cu ajutorul oxigenului [4,5,12].

Din studiul literaturii de specialitate s-a constatat că pentru obținerea efectelor economice competitive, transferul în afara agregatelor de elaborare a anumitor operații tehnologice (dezoxidare, desulfurare, degazare) a fost o soluție tehnologică foarte bună, mai ales că a fost cuplată cu turnarea continuă. În aceste noi condiții tehnologice o importanță deosebită are structura și calitatea încărcăturii metalice, atât sub aspectul compoziției chimice, provenienței a acesteia, cât și a gradului de pregătire a acesteia [2,3,4,5].

De asemenea, în studiul efectuat s-a urmărit și analizat rezultatele structurii încărcăturii metalice a cuptoarelor cu arc electric de putere foarte mare la diferite oțelării, precum și influența structurii asupra indicatorilor tehnico-economici.

Trebuie avut în vedere faptul că, încărcătura metalică nu trebuie să conțină elemente nocive calității oțelului, în mod deosebit elemente care dizolvate în baia metalică nu mai pot fi îndepărtate (cupru, staniu, stibiu, zinc, plumb, bismut, arseniu, etc.). De asemenea, o atenție deosebită trebuie acordată nichelului,



molibdenului și cobaltului care sunt elemente de aliere, dar odată ajunse în baia de oțel (se dizolvă complet în aceasta) nu pot fi îndepărtate și dacă se depășește limita maximă pentru oțelul nealiat se declasează șarja [2,3,31].

Literatura de specialitate scoate în evidență faptul că, o atenție deosebită trebuie acordată cuprului, care de asemenea nu poate fi îndepărtat din baia metalică și care ajunge frecvent în încărcătura metalică cu fierul vechi provenit din casarea echipamentelor electrice și electronice neprocesate corespunzător.

Trebuie avut în vedere și elementele de aliere mangan (Mn), crom (Cr), wolfram (W) care se oxidează parțial și odată ajunse în încărcătura metalică pot conduce la neîncadrarea oțelului din punct de vedere a compoziției chimice în limitele impuse de STANDARD, pe de o parte, iar pe de altă parte la risipă de elemente de aliere. De remarcat că având în vedere prețurile de cost pentru feroaliajele (elementele) de aliere, toți producători de oțeluri au în vedere recuperarea cât mai avansată a acestora (o bună gospodărire a acestora are un efect pozitiv asupra dezvoltării durabile în industria de materiale metalice) [11].

### 1.3. Obiectivele cercetării

Obiectivele cercetării sunt strâns legate de tematica tezei de doctorat, acela de a dezvolta procese de îmbunătățire a calității oțelului elaborat în cuptorul cu arc electric și optimizarea consumurilor specifice pe întreg fluxul tehnologic.

Pentru analiza structurii încărcăturii s-au urmărit un număr de 98 de șarje de oțel elaborate la o oțelărie electrică echipată cu un cuptor cu arc electric tip EBT și o instalație de turnare continuă cu 5 fire, semifabricatele turnate fiind blumuri, țagle și profile rotunde.

Parametrii urmăriți la cele 98 de șarje de oțel destinat producerii țevilor au fost :

- componentele încărcăturii metalice: fier vechi clasele E1, E3, E5, E100, scoarțe feroase din interior și din comert, reciclări interne și din casări;
- materialele auxiliare pentru formarea zgurii: var, dolomită, material spumant, cocs, Topex Ca, Topex, bauxită;
- adaosuri pentru procesul de afinare: var, grafit, carbon injectoare, oxigen injectoare, oxigen lance, gaz injectoare;
- adaosuri pentru procesul de dezoxidare: feromangan, ferosiliciu și silicomangan, aluminiu, silicocalciu etc.;
- durata etapelor tehnologice de la încărcare până la turnare, inclusiv recepția semifabricatului turnat;
- consumul de energie electrică;
- limitele de variație și valorile medii pentru parametrii urmăriți;
- conținutul de elemente reziduale neutilizabile ca elemente de aliere la terminarea topirii încărcăturii;
- conținutul de elemente reziduale utilizabile ca elemente de aliere la terminarea topirii încărcăturii metalice;
- reducerea emisiilor de CO<sub>2</sub> și transformarea gazelor de ardere în energie (postcombustie).

#### 1.4. Strategia cercetării

Strategia de cercetare a constat în parcurgerea următoarelor etape:

- ❖ studiu bibliografic privind procesul de elaborare și turnare a oțelului, procesare în oala de turnare (LF și VD) și turnarea contiuă;
- ❖ cercetări și experimentări în fază industrială privind structura încărcăturii cuptoarelor cu arc electric;
- ❖ cercetarea documentară cu privire la structura încărcăturii metalice asupra consumurilor specifice cât și a calității oțelului elaborat;
- ❖ cercetări și experimentări privind calitatea și structura încărcăturii asupra consumurile specifice (de metal, energie electrică, electrozi, feroaliaje, materiale auxiliare, oxigen, etc.);
- ❖ stadiul actual al cercetărilor privind optimizarea consumurilor specifice în procesul de fabricarea a oțelului;
- ❖ cercetări și experimentări proprii privind poluarea mediului în arealul oțelăriilor echipate cu cuptoare cu arc electric.

Teza de doctorat este structurată pe 10 capitole, cuprinse în trei părți :

**Capitolul 1.** Plan de desfășurare a experimentărilor și cercetărilor.

**Partea I** Sinteză din literatura de specialitate privind încărcătura cuptorului cu arc electric (CAE).

**Capitolul 2.** Studiu din literatura de specialitate privind încărcătura metalică utilizată la elaborarea oțelului.

**Capitolul 3.** Pregătirea încărcăturii metalice.

**Partea a II-a** Cercetări și rezultate experimentale privind influența structurii (compenței) încărcăturii cuptoarelor cu arc electric asupra consumurilor specifice de metal, energie, electrozi și a poluării mediului.

**Capitolul 4.** Cercetări privind influența structurii încărcăturii asupra scoaterii de metal.

**Capitolul 5.** Cercetări privind influența structurii încărcăturii metalice asupra consumul specific de electrozi.

**Capitolul 6.** Cercetări privind influența încărcăturii metalice asupra consumului specific de energie electrică.

**Capitolul 7.** Poluarea solului în incinta oțelăriilor electrice și analiza depunerilor pe sol a pulberilor rezultate din gazele de la oțelăriile cu cuptoare cu arc electric.

**Capitolul 8.** Cercetări privind poluarea sonoră a mediului în arealul oțelăriilor electrice.

**Capitolul 9.** Verificarea industrială a rezultatelor cercetării efectuate.

**Partea a III-a** Concluzii finale. Contribuții originale. Diseminarea rezultatelor.

**Capitolul 10.** Concluzii finale. Contribuții originale. Direcții de continuare a cercetărilor.

Anexe.

## 1.5. Concluzii

Alegerea temei de doctorat în domeniul cercetării este justificată de ipotezele prezentate în cadrul capitolului și generează următoarele concluzii emise de către autor:

Entitatea destinată producției devine competitivă, fiind condusă optimal pe baza unor studii și cercetări elaborate în urma prelucrării matematice a parametrilor tehnologici generați de acea unitate de producție.

Cercetarea și inovarea trebuie să abordeze cu interes crescut nevoile reale din unitățile siderurgice de producție fiind necesar a se crea grupuri de cercetare și implementare a noilor tehnologii în cadrul unităților industriale.

Cercetarea și inovarea în unitățile de producție trebuie să asigure îmbunătățirea continuă a tehnologiilor care să conducă la optimizarea costurilor de producție privind competitivitatea pe piață oțelului.

Pentru realizarea temei propuse, s-au efectuat studii și cercetări experimentale la nivel industrial, modelări și prelucrări matematice în vederea determinării celei mai bune structuri (sortimentale) a încărcăturii metalice și a celor mai reprezentativi parametri de influență asupra eficientizării procesului de producție, în vederea scăderii consumurilor specifice de metal, energie, electrozi și poluarea mediului înconjurător. Scopul a fost acela de a stabili modalitățile de influențare a acestor parametrii, în vederea obținerii unui oțel de calitate în condițiile actuale ale pieței, pentru o eficiență tehnico-economică și ecologică avansată.

# **PARTEA I**

## **SINTEZĂ DIN LITERATURA DE SPECIALITATE PRIVIND ÎNCĂRCĂTURA CUPTORULUI CU ARC ELECTRIC (CAE)**

## CAPITOLUL 2

### STUDIU DIN LITERATURA DE SPECIALITATE PRIVIND STRUCTURA ȘI CALITATEA ÎNCĂRCĂTURII METALICE UTILIZATE LA ELABORAREA OȚELULUI ÎN CUPTOARELE CU ARC ELECTRIC

**2.1 Elaborarea oțelului, scurtă descriere a procesului tehnologic de elaborare a oțelului în cuptorul cu arc electric de tip E.B.T.**

**2.1.1 Considerații constructive și tehnologice la cuptorul cu arc electric de tip EBT**

Cuptorul electric cu arc EBT (excentric bottom tapping) este amplasat în cadrul Oțelăriei electrice (OE) a consumatorului industrial.

Instalația (cuptorul EBT) este formată dintr-un cuptor electric trifazat, care funcționează pe principiul încălzirii directe a băii metalice, prin intermediul arcului electric.

Faze de elaborare a oțelului: ajustare, încărcare, topire, oxidare, evacuare.

Cuptorul cu arc electric de tip EBT este alimentat la tensiunea de 33.0 [kV] din Stația SRA OE, fiind un cuptor de topit de tip oală cu o capacitate de 100 [t] și un consum de energie electrică estimat de 500-610 [kWh/t de oțel topit]. Cuptorul este căptușit cu cărămidă refractară (magnezită), fiind deci un cuptor bazic.

Materia primă folosită este compusă preponderent din fier vechi pregătit anterior conform normelor de calitate, și se încarcă în cuptorul electric cu arc prin partea superioară, cu ajutorul benei de tip “greifer” (coșului) manipulate cu un pod rulant de 125tf. Bena este construită dintr-un cilindru metalic (tablă de oțel, oală îmbinată prin sudură), care formează partea laterală și din elemente flexibile din oțel (sau cu 2 clape), care alcătuiesc partea inferioară (acestea se închid).

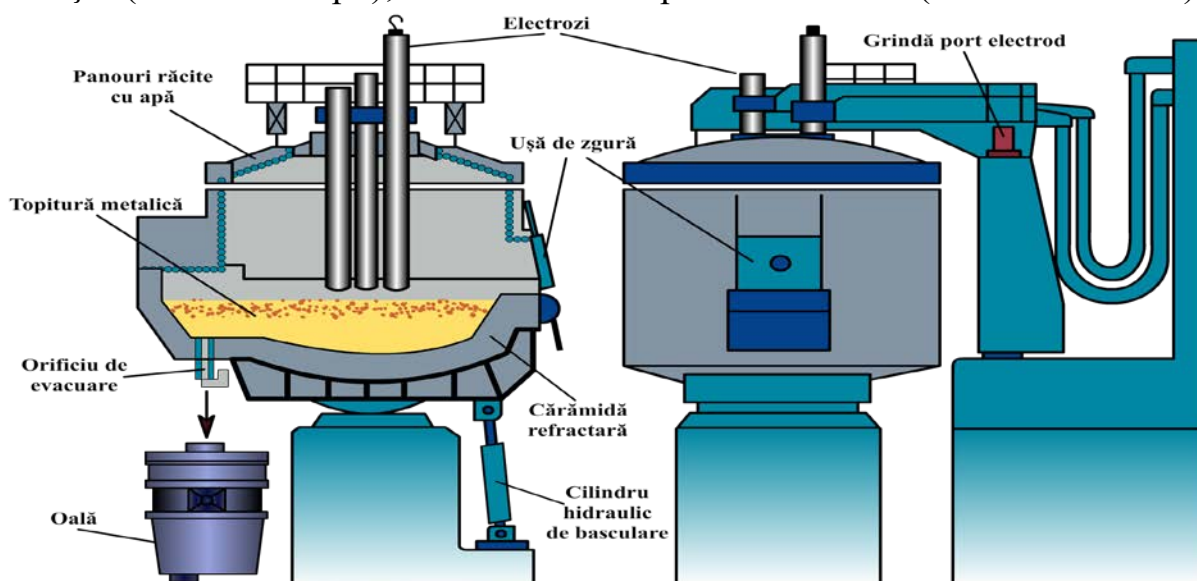


Figura 2.1 Cuptorul cu arc electric de tip EBT [43,44].

Pentru încărcare se rotește bolta în momentul în care bena (coșul) a fost adus deasupra locului de încărcare, aceasta se coboară în cuptor, după care se deschid elementele flexibile, se ridică bena și ca urmare încărcătura rămâne în cuptor.

### Încărcare și topire

În timpul acestor operații se procedează astfel:

- se încarcă prima benă cu fier vechi de 60 t greutate, se începe topirea prin cuplarea arcului electric și în timpul topirii se adaugă var în cantitate de 24 kg/t și var dolomitic (sau magnezită granulată), în cantitate de 10 kg/t (în 4 porții). Timp de topire=17 min; concomitent, se insuflă în baia metalică oxigen gazos și cocs pentru spumare prin intermediul instalației MORE conform programului stabilit; adaosurile de materiale în cuptor, se fac cu benzi transportoare, printr-un orificiu din boltă;

- se încarcă a doua benă de 30t greutate, se topește prin cuplarea arcului electric timp de 13 minute, timp în care se efectuează adaosuri de var 24kg/t și dolomită (sau magnezită granulată) 10kg/t (în 3 porții). Concomitent, se insuflă în baia metalică oxigen gazos și cocs pentru spumare prin intermediul instalației MORE;

- se încarcă a treia benă, (greutate de 30t), se topește prin cuplarea arcului electric timp de 10 minute, timp în care se efectuează adaosuri de var 24kg/t și var dolomitic 10kg/t (sau magnezită granulată);

- se insuflă în baia metalică oxigen gazos și cocs pentru spumare prin intermediul instalației MORE;

- îndată ce s-a descărcat bena (coșul), cuptorul se readuce în poziția de lucru și se rabate bolta;

- după topirea completă a fierului vechi, se prelevează proba pentru determinarea compoziției chimice a băii metalice și se măsoară temperatura băii metalice.

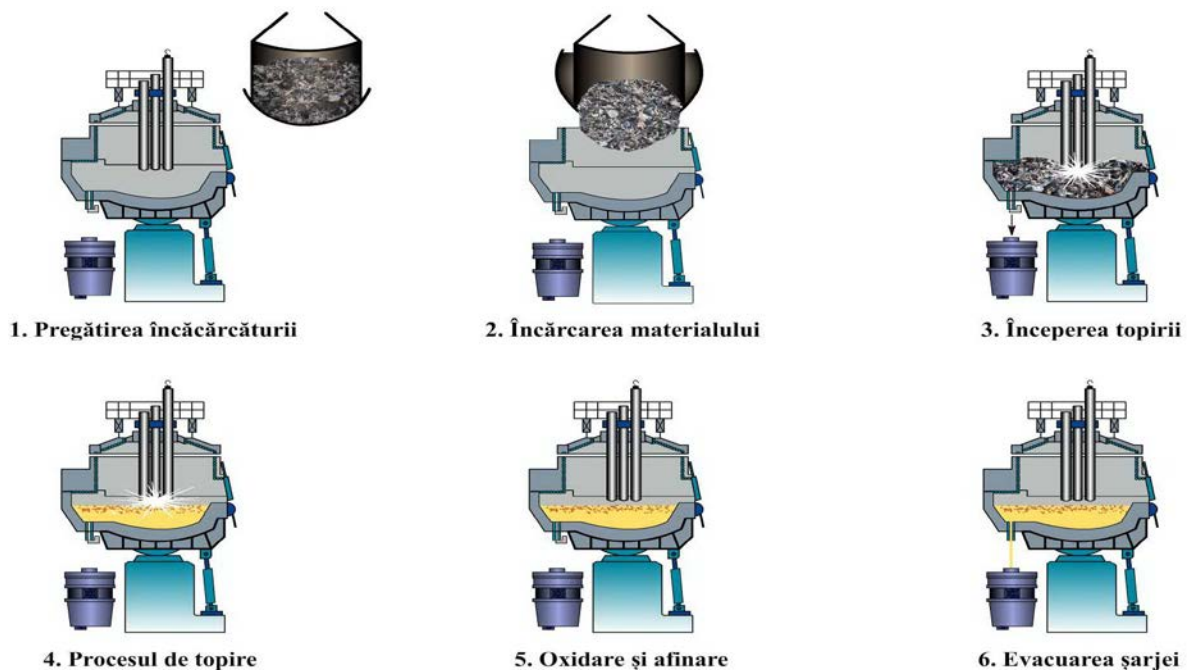


Figura 2.2 Procesele de elaborare a oțelului în cuptorul electric cu arc de tip E.B.T.

- se încălzește baia metalică prin cuplarea arcului electric timp de aproximativ 10 minute, se fac adaosuri de var 800 kg și var dolomitic 600 kg, se insuflă oxigen și cocs pentru spumarea zgurii prin intermediul instalației MORE;
- după aflarea compoziției chimice a băii metalice se măsoară temperatura oțelului care trebuie să fie de 1630–1660<sup>0</sup>C și se realizează condiții de evacuare.

Încălzirea încărcăturii se suprapune cu perioada de încărcare.

Procesele metalurgice care au loc în cuptorul electric cu arc, legate în principal de transferul de masă și energie, sunt prezentate în figura 2.2.[43,44].

Durata topirii este determinată de gradul de pregătire a încărcăturii, de compactarea încărcăturii, de puterea transformatorului și de conducerea topirii. În timpul topirii, în paralel cu procesul fizic al trecerii încărcăturii în stare lichidă au loc procese fizico-chimice de oxidare a elementelor și de formare a zgurii.

Afinarea (fierberea) este faza principală pentru calitatea oțelului, operație care începe în timpul topirii. În timpul topirii și afinării, pe lângă reducerea conținutului de carbon, are loc și o defosforare și desulfurare.

### **Evacuarea:**

Evacuarea oțelului din cuptor se face prin bascularea cuptorului în partea orificiului de evacuare, cu un unghi care poate ajunge la 40-45 grade. Pentru evacuarea zgurii, există posibilitatea basculării cuptorului în partea ușii de lucru, cu un unghi 0-15grade.

- se poziționează oală de turnare aflată pe un transfercar cu acționare electrică, sub orificiul de evacuare și se conectează oală la rețeaua de barbotare cu argon;

- se setează cantitățile de grafit și feroaliaje corespunzătoare mărcii de oțel din programul de elaborare;

- se deschide orificul de evacuare (mecanism tip sertar, acționat electropneumatic);

- după ce începe să curgă oțelul, se deschide robinetul de barbotare cu argon și se basculează cuptorul până la umplerea oalei;

- în timpul evacuării au loc adaosuri de materiale în oală: grafit (pentru corecție %C), FeSi, FeMn și SiMn, conform setărilor preexistente, cu ajutorul unui jgheab pivotant, alimentat de o bandă rulantă;

- după umplerea oalei cu oțel (în proporție de 80%) se adaugă în oala de turnare 500- 800kg de var pentru formarea unui strat de zgură proaspătă;

- se scoate oala de sub cuptor, se închide alimentarea cu argon și se transportă oala la instalația LF (Ladle-Furnace).

Electrozii din grafit sunt în număr de 3, cu diametrul de 600mm și sunt susținuți și fixați hidraulic permițând deplasarea lor paralel cu axa verticală a cuptorului. Fixarea electrozilor în portelectrozi se face prin intermediul unui dispozitiv hidraulic cu saboți. Ridicarea electrozilor se efectuează cu acționare hidraulică, manuală sau automată. Spațiile dintre electrozi și boltă sunt ocupate de inele de răcire, aceste inele au rolul de a proteja bolta și de a răci părțile exterioare ale electrozilor, prin răcirea gazelor calde care ies din suprafața electrozilor.

Oțelul din cuptor se evacuează prin înclinarea cuvei cuptorului cu 40 grade, prin jgheab în oală. Zgura se evacuează din oala de turnare odată cu oțelul topit, zgura protejează oțelul de acțiunea oxidantă a atmosferei și menține temperatura constantă a oțelului topit.

La începutul topirii oțelului acționarea electrozilor se face manual până la stabilizarea arcului electric apoi se trece pe acționarea automată.

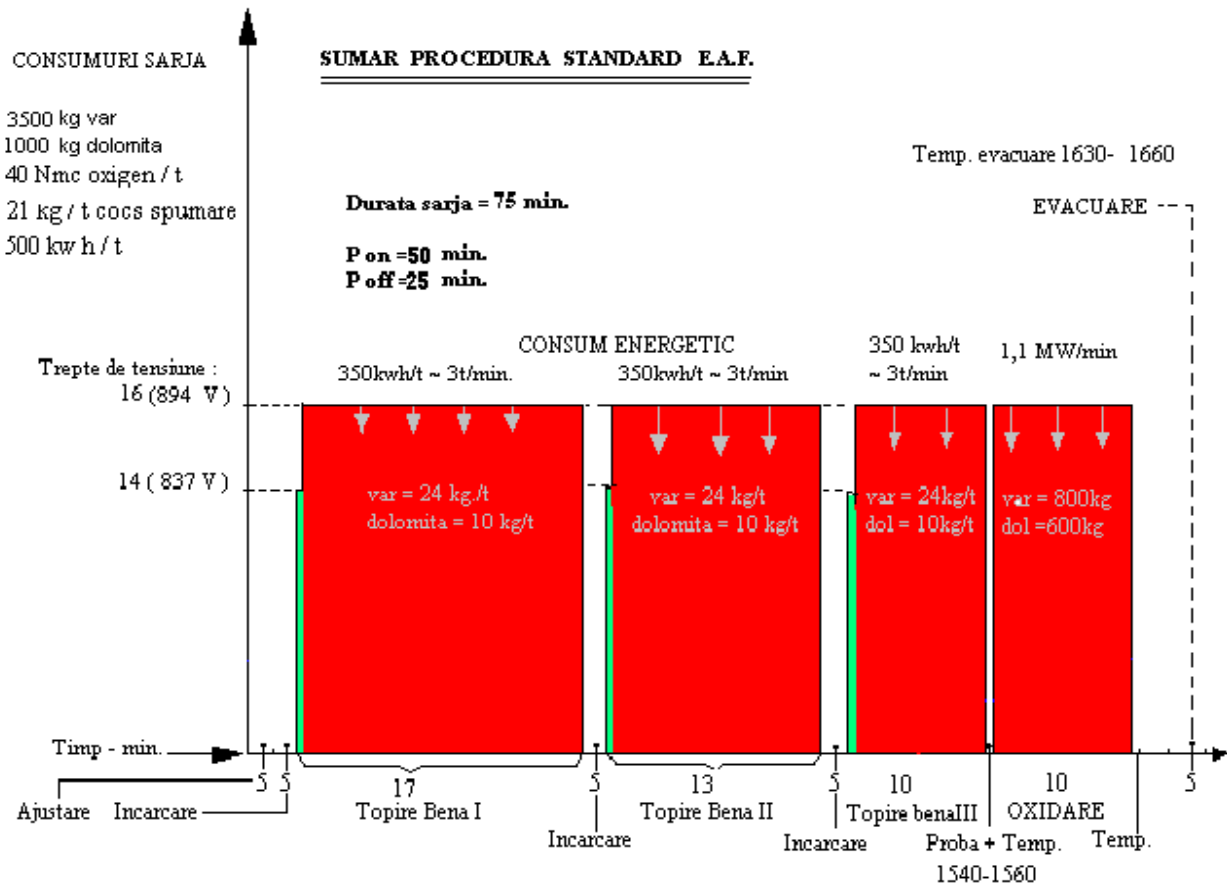


Figura 2.3. Schema procesului tehnologic de elaborare [43,44].

Procesul de elaborare a oțelului în cuptorul cu arc electric este prezentat schematic în fig. 2.3.[43,44].

Procesul de elaborare este controlat cu ajutorul a 4 calculatoare de proces amplasate în cabina de comandă a cuptorului. Consumuri medii pe șarjă: încărcătură metalică 124 – 126 t /șarjă, 3500 kg var, 1000 kg var dolomitic (sau magnezită granulată), 21kg/t cocs pentru spumarea zgurii, 40Nm<sup>3</sup>/t oxigen și energie electrică=500 kwh/t. Durata șarjei este de aprox. 75 min. Oțelul lichid se evacuează în oală, după care începe tratarea oțelului lichid în instalația de tratament secundar de tip L.F.[43,44].

### 2.1.2. Tratamentul secundar al oțelului în oala de turnare

Pe durata acestei operații se procedează astfel:

- se preia oala cu oțel lichid pe transferarul LF, se conectează oala la rețeaua de barbotare (cupla rapidă), se poziționează transferarul (oala cu oțel) sub capacul LF, se măsoară temperatura oțelului în oală, se prelevează proba de



compoziție chimică, se reglează debitul de barbotare cu argon în jurul valorii de 45l/min;

- înainte de începerea tratamentului secundar, se imersează 30 kg Al în oțel (pentru oțelurile care nu au prescripții calitative severe) și 60 kg Al + 25 kg Si Ca (pentru oțelurile destinate producției de țevă);

- se începe încălzirea cu arc electric și se formează zgura prin adaosuri de var (1800 kg) și bauxită (600 kg) în 3 porții egale (600 var+200 bauxita), timp de 20 min. În acest timp, după formarea zgurii se fac adaosurile de FeSi, grafit, FeMn și SiMn în cantitățile necesare pentru încadrarea în ecarturile chimice corespunzătoare mărcii de oțel din programul de elaborare;

- se decuplează arcul electric, se măsoară temperatura oțelului, se prelevează proba de compoziție chimică intermediară;

- se procedează la încălzirea finală pentru încadrarea în limitele de temperatură specifice fiecărei mărci de oțel (4-8min), timp în care se fac corecțiile finale la compoziția chimică a oțelului;

- se reduce intensitatea barbotării la un debit de Argon de 35l/min;

- se realizează **dezoxidarea** prin imersare de Al (40-60 kg) și după o pauză de 3-4 min, se imersează SiCa (90 kg);

- după 4min de omogenizare, se prelevează proba finală de compoziție chimică, se măsoară temperatura oțelului, se adaugă praf de acoperire pe zgură, apoi se oprește și se deconectează barbotarea cu argon și urmează expedierea oalei cu oțel la mașina de turnare continuă;

- se preia șarja (oala) următoare;

- timpul total de tratament secundar este de aproximativ 44 - 50 min.

## 2.2. Considerații tehnologice privind încărcătura cuptorului cu arc electric de tip E.B.T.

Materialele metalice s-au dezvoltat paralel cu evoluția umanității ajungând la proprietăți fizico-tehnologice avansate, ele fiind utilizate cu succes în industrie, transporturi, agricultură, etc., fiind strâns legate de progresele realizate în toate domeniile activității umane [14].

Materialele metalice cu o pondere ridicată de utilizare în tehnică sunt metalele pure și aliajele lor: Fe, Cu, Al, Mg, Zn, Ni, Ti, Ga, etc. Grupa materialelor metalice feroase în care sunt cuprinse fierul tehnic, oțelul, fonta și feroaliajele, este formată de sistemul de aliaje Fe-C, asociat cu alte elemente chimice de aliere/însoțitoare.

Ca urmare a proceselor de aliere, a deformării plastice, tratamentelor termice/termochimice/termomecanice și altor procese metalurgice la care sunt supuse, fierul și aliajele sale își pot modifica proprietățile formând o diversitate de materiale metalice necesare noilor tehnologii moderne și inovatoare dezvoltate în ultimii ani [11,14].

Fierul tehnic pur datorită proprietăților sale fizice are cea mai largă utilizare în electrotehnică, are o permeabilitate magnetică mare și pierderi mici făcându-l să

fie util la confecționarea miezurilor și pieselor polare ale electromagneților, la ecrane magnetice, membrane telefonice, etc., [14].

Impresionanta răspândire a fierului în tehnică este ca urmare însă a utilizării sale sub formă de aliaje feroase, prezentând o importanță aliajul fier-carbon, care dă naștere celor mai uzuale materiale metalice: oțelurile și fontele [14].

În procesul de elaborare a oțelului, principalele materii prime folosite sunt următoarele: fonta, fierul vechi, feroaliajele, buretele de fier, peletele metalizate și lupe de fier. Compoziția chimică a structurii încărcăturii metalice și comportarea elementelor acesteia, influențează procesul de elaborare, cantitatea zgurei și compoziția chimică a oțelului [2,3,5].

Elementele Si, Al, V, Zr, Ti, B au o afinitate mai mare față de oxigen decât fierul, în urma oxidării rezultă oxizii care trec în zgură, ceea ce determină atât o creștere a pierderii metalice și a cantității de zgură, ceea ce influențează procesul de elaborare și atacul acesteia asupra căptușelii refractare [2,5,15].

Elementele Ni, Mo, Co, Cu, As, Sb, Sn au o afinitate față de oxigen mult mai mică decât fierul, trec integral în oțel deoarece nu se oxidează în prezența fierului.

Elementele Ni, Mo, Co, Cu sunt elemente de aliere care nu trebuie să ajungă în încărcătură, decât în cazul elaborării șarjelor care le au în compoziția chimică (trebuie avut în vedere și faptul că sunt elemente foarte scumpe). Referitor la staniu, stibiu, arseniu fiind elemente care înrăutățesc calitatea oțelului trebuie să li se acorde o atenție deosebită conform instrucțiunilor tehnologice [2,5,15].

Elementele Mn, Cr, W, Nb, P sunt elemente parțial recuperabile, astfel încât trebuie acordată o atenție deosebită compunerii încărcăturii metalice, pentru a putea fi recuperate în proporție cât mai mare, cu excepția fosforului. Referitor la fosfor este de dorit să fie în proporție cât mai mică fiind cunoscut efectul său negativ asupra calității (mărește fragilitatea la rece). În cazul oțelurilor cu prelucrabilitate ridicată și a celor pentru piulițe (oțeluri cu conținut mai ridicat de fosfor de până la 0-0,4% în cazul oțelurilor destinate fabricației de piulițe) se iau măsuri de precauție pentru limitarea efectului negativ a fosforului.

Elementele Zn și Cd se volatilizează în proporție de până la 100% și părăsesc agregatul de elaborare [15].

Plumbul se volatilizează parțial, este insolubil în oțel, are densitate și fluiditate mare la temperatura băii metalice, ceea ce face ca să pătrundă ușor în vatră (mai ales dacă are uzură avansată) atrăgând după el oțelul, ceea ce poate duce la perforarea acesteia. Cu măsuri de precauție plumbul se utilizează la oțeluri cu prelucrabilitate mecanică ridicată (în limitele 0,15-0,40%). Măsurile de precauție constau într-o ventilare foarte bună a spațiului aferent oalei de turnare deoarece la temperatura oțelului o parte din plumb trece în stare de vapori, afectând sănătatea personalului.

Manganul și siliciul ajung întotdeauna în componența oțelului fiind considerate elemente însoțitoare (Si mai mic sau egal cu 0,50%, Mn mai mic sau egal cu 0,80%), respectiv la valori mai mari elemente de aliere. Pierderea prin oxidare este în funcție de procedeul folosit în elaborarea oțelului (acid sau bazic).

Sulful este un element întâlnit în compoziția tuturor aliajelor feroase, de regulă ca element rezidual. În cazul oțelurilor datorită efectului negativ asupra calității oțelului este limitat la valori de sub 0,035% și de multe ori sub 0,0002%. În cazul elaborării oțelurilor cu prelucrabilitate ridicată conținutul de sulf ajunge la valori de până la 0,24%, în aceste cazuri fiind urmărită formarea sulfurilor greu fuzibile (care să constituie centrii de cristalizare în timpul solidificării) și plastice.

Structura, calitatea și gradul de pregătire a încărcăturii metalice este foarte importantă deoarece determină durata încălzirii și contactul cu atmosfera agregatului, influențând astfel durata topirii, schimburile termice, oxidarea și pierderile metalice [2,5,15].

### 2.3. Fonta de afinare.

Calitatea și aprecierea fontei este dată de compoziția chimică a acesteia. În practică conținutul de carbon în fonta de afinare este determinat de conținutul celorlalte elemente, este mai mic când conținuturile de siliciu și fosfor sunt mai mari, și mai mare când conținutul de mangan este mai mare.

Fonta de afinare se elaborează în furnale, fiind cunoscută sub denumirea de fontă de primă fuziune (fonta alba). Materia primă de bază pentru elaborarea fontei în furnal o reprezintă minereurile de fier procesate sub formă de aglomerat (până la 90%), pelete, brichete și în completare zgură feroasă de oțelărie, scoarțe metalice, șpan, etc.

Calitatea fontei este influențată în mare măsură de calitatea materiei prime, a cocsului și fondanților.

Fonta de furnal obținută în fluxul metalurgic integrat (figura 2.4) este componentă metalică lichidă în procesul de elaborare a oțelului. În cazul converizoarelor cu oxigen ponderea acesteia în încărcătura metalică este în medie de 80% (restul fier vechi). În ultimul timp, pentru unii producători de oțel ea a devenit materie primă și pentru cuptorul cu arc electric (în proporție de max. 30%)- [16], care de regulă este amplasat în flux mini-uzine (figura 2.5).

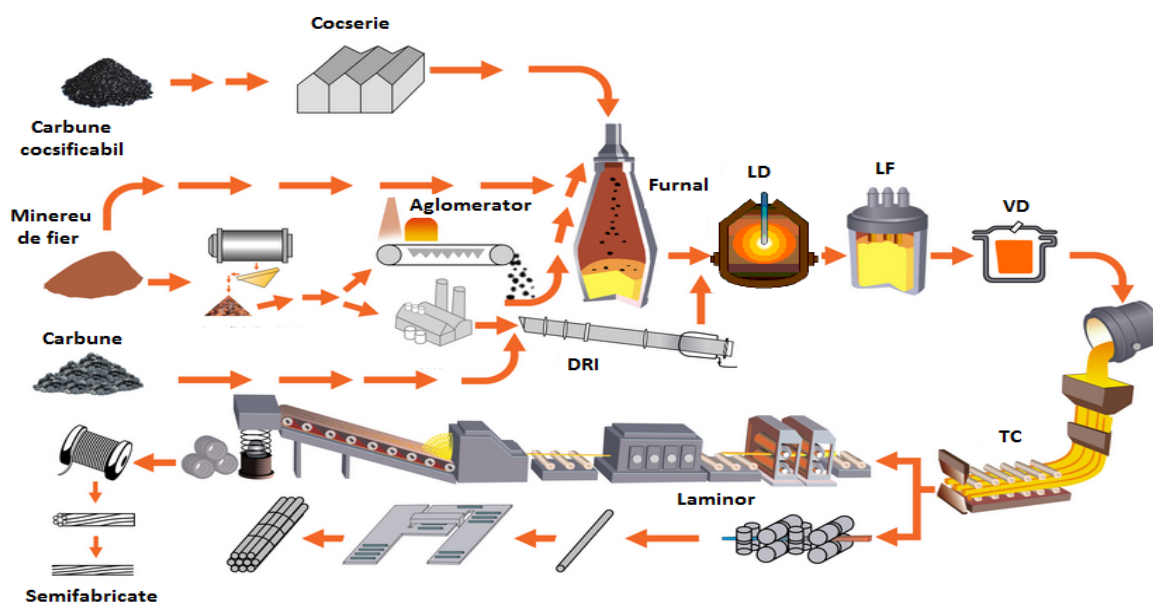


Figura 2.4. Flux integrat de producere a oțelului [6].

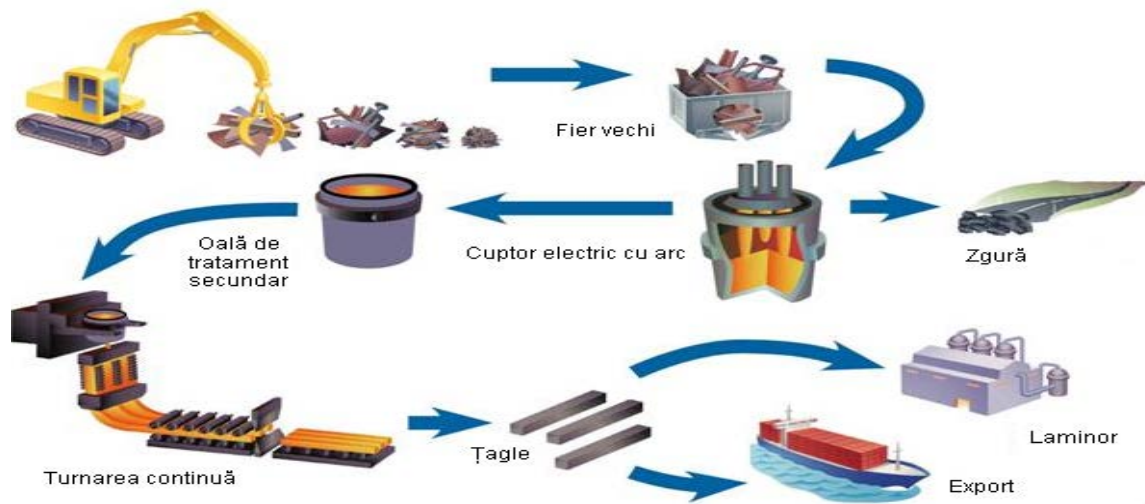


Figura 2.5. Flux tehnologic în mini-uzine de producere a oțelului [7].

Fonta de furnal obținută în fluxul metalurgic integrat (figura 2.4) este componentă metalică lichidă în procesul de elaborare a oțelului. În cazul convertoarelor cu oxigen ponderea acesteia în încărcătura metalică este în medie de 80% (restul fier vechi). În ultimul timp, pentru unii producători de oțel ea a devenit materie primă și pentru cuptorul cu arc electric (în proporție de max. 30%) [16], care de regulă este amplasat în flux mini-uzine (figura 2.5)

La fostele Oțelării Siemens-Martin proporția de fontă lichidă în unitățile integrate a fost cuprinsă între 50-65% (2 oțelării la Hunedoara și una la Reșița). De menționat că la oțelăriile Siemens Martin care nu au fost cuprinse în flux integrat s-a folosit în încărcătură fontă solidă în proporție de până la 30% (oțelăria Siemens Martin de la Oțelul Roșu). De asemenea la cuptoarele electrice cu arc, se utilizează uneori fonta de afinare solidă, în proporție de cca.5% în calitate de carburant, aceasta fiind sub formă de calupuri rezultați de la mașina de turnare a fontei pe bandă (MTFB) [16].

În figura 2.6. se prezintă aspecte de la evacuarea fontei din furnal și respectiv încărcarea acesteia în convertizorul cu oxigen.

Fonta participă în 1994 cu 57,5% în consumul din încărcătura metalică din oțelării și rămâne și în prezent cu o pondere însemnată, atât ca urmare a eficientizării continue a producției în furnal, cât și prin dezvoltarea procedeele noi de topire reducătoare [11,15,16].



Figura 2.6. Evacuarea fontei din furnal (a) și încărcarea convertizorului cu oxigen (b)

Zonele ASIA, Uniunea Europeană, America de Nord și Australia și Oceania, cu 317 (aprox. 56,8%) din total furnale, produc 397,4 milioane tone fontă (75,6%), cu o producție medie pe furnal de 1253,6 mii tone/an (cu peste 50% în plus față de cât produceau cele patru țări europene performante în 1986) [10].

Se constată un program notabil în fabricarea fontei ce se bazează pe introducerea diverselor perfecționări constructive și tehnologice (modernizări constructive: creuzet cu “cească”, ceramice și blocuri carbonice microporoase, sisteme noi de răcire și de căptușire refractară pe întreaga înălțime a furnalului, aparate modernizate de închidere la gura furnalului și sisteme de încălzire, echipamente de preîncălzire-caupere și suflare a aerului la temperaturi mai înalte, mijloace automate de control și conducere proces, utilizare combustibili adiționali inclusiv praf de cărbune, îmbunătățirea calității încărcăturii mai ales aglomerat de calitate) ce au ca efect creșterea campaniei de lucru la 15-20 ani, reducerea consumului specific de cocs și creșterea productivității, iar ca urmare, reducerea consumurilor de fabricație a fontei [10,15].

După depășirea perioadei nefavorabile 1980-1985, în care costurile au crescut aproape cu 30%, urmează scăderea cu circa 20% în 1995 regăsită, pe măsură, în reducerea costurilor oțelurilor produse (fonta prin costul ei și contribuția cu energie chimică și fizică purtată este materia primă cea mai economică).

Un loc aparte în producția de fontă îl ocupă mini-furnalele, reclamând investiție mică (cheltuiala specifică pentru 1tona/an capacitate este de numai 60-75% din cea echivalentă pentru furnale mari) la îndemâna pentru țări sau firme, care separate de uzinele siderurgice mari, ar dori să producă oțel pe fluxuri de mini-uzine folosind fontă lichidă [10,15].

Aplicații mai largi ale acestei soluții cu mini-furnale sunt în India și Brazilia, iar costurile la care produc fonta sunt competitive.

Problema viitorului furnalului, depinde și de soluționări în amonte: la cocserie (eventual varianta “Sun Valley Coke”, care este fără uzină chimică practicând arderea integral a gazului produs); la prepararea materiei prime, perfecționări în continuare în procesele de aglomerare (inclusiv pentru reducerea dioxinei, SO<sub>2</sub>) și de peletizare, cu efecte pozitive asupra calității mediului. De asemenea, maximizarea consumului de praf de cărbune deschide noi oportunități [1,10].

Procedeele noi de elaborare a fontei prin topire reducătoare, încep să se afirme la scară industrială (producție de circa 5 milioane tone/an în 1995 cu prognoza de 30-40 milioane tone/an în 2010), întâi prin Corex, instalații cu capacitate de 300-600 mii tone/an în Africa de Sud și Asia. Alte procedee, ca Redsmelt, Hismelt, Dios, Romelt, etc., în stadiul de instalații demonstrative (cu capacitate de 150 mii tone/an), au tot mai mari șanse de aplicare. Procedeele diferă prin concepția constructivă și funcțională cu care se urmărește realizarea fazelor principale de reducere și de topire în 1-3 agregate (folosind cuptor tip cuvă rotativă sau adoptând soluții de lucru în pat fluidizat sau strat de zgură spumantă), urmărind obiective diverse: facilitate privind materia primă (chiar utilizarea de deșuri mărunte), optimizări energetice, etc. [10,11].

Argumentele cu care astfel de instalații intră în concurență cu furnalul sunt:

- nivel mai redus de investiții (se elimină cocseria, aglomerarea, suflantele);
- costurile de producție sunt mai reduse cu circa 20% (unele surse susțin chiar 50%, față de 64 dolari/tonă la furnal, corespunzător 35 dolari/tonă la COREX și chiar 29 dolari/tona la Romelt);
- reducerea substanțial de circa patru ori a impactului cu mediul (scăderea emisiilor de praf și a elementelor nocive) [10];
- posibilitatea de a lucra eficient în regim de exploatare variabil în corelare cu agregatul pe care-l alimentează, într-un diapason 50-75% din capacitatea normală (pentru oprire fiind necesară numai 1-2ore, iar pentru pornire 3-5ore comparativ cu furnalul care reclamă un mers cât mai constant, iar opririle și repornirile necesită durate mari) [10,11].

Chiar dacă în producția totală de fontă au încă pondere mică în prezent, pentru viitor aceste procedee se pot extinde și crește ca proporție, mai ales pe fluxuri de tip ICM, pentru alimentarea EAF (dacă în 1995 consumul specific de fontă în cuptoarele electrice a fost de exemplu 133 kg/tona în Coreea de Sud, 88 kg/tonă în Japonia, 60 kg/tonă în Rusia și 47 kg/tonă în Germania, acum există premise de creștere continuă în întreaga siderurgie mondială).

Tratarea fontei lichide în afara furnalului ocupă o poziție importantă în primul rând pe fluxurile de produse plate, cu exigențe sporite privind conținuturi foarte scăzute de sulf (chiar sub 10 ppm în produse finite ca: bandă cu înaltă rezistență pentru auto, conducte "pipe line" cu rezistență HIC- Hydrogen Induced Cracking-fisurare prin inducere de hidrogen etc.). Ponderea fontei tratate prin desulfurare sau mai complet (preafinarea, aplicat mai recent în Japonia, cuprinzând și desilicierea până sub 0.20% Si, urmată de desfosforare până sub 0,01%P) este în fiecare uzină în concordanță cu structura de produse fabricate; costurile tratării fiind de regulă 2,5-10 dolari/tonă fontă, se urmărește ca ele să fie recuperate parțial pe fluxul furnal-oțelărie și restul în cursul laminării până la produse finite și valorificarea acestora [3,11].

Procedeele practice apelează în principal la amestecarea mecanică și amestecarea pneumatică în diverse variante constructive și funcționale [10].

Varianta cu injecție prin lance scufundată, folosind moduri de lucru cu mono sau co-injecție (eventual cu intensificator de amestec "in situ"-disociere  $\text{CaCO}_3$ ) este printre cele mai practice tehnici în oala de transfer, reglând nivelul desulfurării cu cerința sarjei respective. De asemenea varianta este foarte avantajoasă și din punct de vedere economic [5,10,11].

Instalațiile modernizate aplică co-injecția agenților desulfuranți preamestecați de tip  $\text{CaC}_2 + \text{Mg}$ (5-15%) sau  $\text{CaO} + 25\% \text{Mg}$ . Adaosul de Mg granulat și pasivizat scumpește agentul, dar prin consumul specific, durata tratamentului, volumul zgurei și pierderile de fontă mai mici devine eficient.

Desulfurarea fontei în oală, cu rapoarte de repartiție  $(S) / [S] = 1500-4500$ , conduce la conținuturi finale până sub 0,003% S, cu posibilități de oprire la nivele potrivite cerințelor fluxului (continuarea procesului de convertizor și la tratarea oțelului în oală), asigurând o contribuție optimă acestei faze la realizarea de produse finite performante calitativ și cu costuri de fabricație minime [10]. Siliciul

variază, în general, între 0,5-1,25%. La elaborarea oțelului siliciul se oxidează și trece în zgură fiind astfel necesare cantități mai mari de var pentru formarea zgurii, astfel încât se recomandă ca siliciul în fonta de afinare să nu depășească 1% (la creșterea conținutului de siliciu are loc o creștere a consumului specific de cocs, reacția de reducere a dioxidului de siliciu cu carbon este endotermă) [2,5,15].

Manganul este un element util în fonta de afinare, deoarece pe lângă faptul că împiedică separarea carbonului sub formă de grafit, el ajută la procesul de îndepărtare a sulfurii atât înainte de elaborare a oțelului cât și în timpul elaborării, astfel se admite în fonta de afinare până la 1,5% Mn (nu este indicat un conținut peste 1,5% deoarece crește consumul specific de cocs la fel ca și în cazul siliciului).

Fosforul este un element dăunător pentru calitatea oțelului și necesită cantități mari de var pentru defosforare, de aceea conținutul de fosfor în fonta de afinare se limitează la maxim 0,5%, iar pentru oțelurile de calitate la maxim 0,02-0,03%. Trebuie menționat că cea mai mare cantitate de fosfor în oțel este adusă de fontă [2,5,15].

Sulfurul este de asemenea un element dăunător calității oțelului, de aceea conținutul de sulf se limitează în fonta la maxim 0,07% pentru procedeele bazice și la maxim 0,035% pentru cele acide.

În afară de aceste elemente fonta mai poate conține *arseniu, cupru, etc.* care sunt tot elemente dăunătoare calității oțelului, de aceea este indicat ca ele să nu depășească 0,02% (dar și mai bine ar fi dacă ar lipsi din fonta de afinare). Nici elementele de aliere ale oțelului nu sunt dorite în fontele de afinare, deoarece ele produc perturbații în procesul de elaborare, multe dintre ele pierzându-se în timpul afinării [2,5,15].

De menționat că din punct de vedere al conținutului de elemente nocive calității oțelului fonta este de preferat fierului vechi.

## **2.4. Fierul vechi**

### **2.4.1. Necesitatea reciclării și valorificării deșeurilor metalice**

Oțelul este reciclabil în întregime fără o pierdere a calității. Produsele derivate rezultate în urma producției de oțel (de exemplu: zgura) sunt valorificate aproape în totalitate. Prin urmare, din perspectiva inițiativei emblematice privind eficiența utilizării resurselor din cadrul Strategiei Europa 2020, industria siderurgică este bine poziționată pentru a beneficia de o orientare care privilegiază abordarea bazată pe Analiza Ciclului de Viață (ACV), pe creșterea ratelor de reciclare și pe o mai bună utilizare a produselor derivate [9,18,19].

Fabricarea oțelului din deșeurii metalice în comparație cu cea din minereu de fier reduce necesarul de energie cu circa 75% și economisește aproximativ 90% din materiile prime necesare în procesul de producție [17,18].

Din motive economice este justificată necesitatea maximizării cantității de oțel produs din deșeurii, constrângerile legate de mediu fiind de asemenea importante, producția oțelului din deșeurii permite reduceri semnificative ale poluării atmosferice (circa 86%), ale volumului de apă folosit (40%), ale poluării apei (76%) și ale deșeurilor miniere rezultate (97%), respectiv conservarea

resurselor naturale (1 tonă de deșeuri feroase pot înlocui între 1 și 2 tone de minereuri de fier la elaborarea oțelului) [17].

Directiva privind proiectarea ecologică facilitează posibilitatea stabilirii de cerințe privind capacitatea de reciclare și dezmembrare a produselor în mod rentabil ceea ce asigură un acces îmbunătățit la deșeurile metalice [18].

Motivarea necesității valorificării deșeurilor feroase este dată de avantajele reciclării menționate mai sus și de protecție a mediului, respectiv conservarea resurselor naturale [19].

#### **2.4.2. Deșeuri feroase**

Prin deșeu, se înțelege partea din materia primă sau dintr-un material, care este înlăturată în decursul unui proces tehnologic de realizare a unui produs și care nu poate fi valorificată direct pentru realizarea aceluși produs, dar care, se valorifică în parte, prin întrebuințarea lor în diferite domenii de producție. Această definiție, valabilă în general, nu corespunde întrutotul în cazul deșeurilor feroase.

Pe parcursul desfășurării proceselor tehnologice specifice metalurgiei feroase, prin care minereul de fier este transformat în produse siderurgice (fontă, oțel) și continuând cu procesele de prelucrare a acestor produse în industria constructoare de mașini, navală, de material rulant, de construcții, electrotehnică, energetică, chimică, etc., rezultă, sub diferite forme, deșeuri din fontă și oțel sau sub o denumire generală, deșeuri feroase.

Deșeurile feroase pot și trebuie să fie reutilizate, în totalitatea acestora, tot în cadrul industriei siderurgice [11,20].

Orice tonă de deșeuri feroase recuperate și redată în circuitul de producție siderurgic, conduce la mari economii de investiții și de cheltuieli de exploatare.

În majoritatea țărilor industrializate poluarea atmosferică a apelor și a peisajului au o cauză comună: evacuarea de către întreprinderile industriale, în mediul înconjurător a deșeurilor de fabricație, fără o preocupare intensă în sensul evitării acestui lucru.

Măsurile necesare pentru combaterea poluării necesită investiții considerabile și importante cheltuieli de exploatare și acestea în special în industria siderurgică [20].

Îmbinând imperativul economic al recuperării la maximum a deșeurilor feroase cu aspectul social al acțiunii de combatere a poluării mediului înconjurător, în scopul restabilirii și menținerii echilibrului ecologic, trebuie să se acorde o importanță deosebită problemei valorificării deșeurilor rezultate.

#### **2.4.3. Resurse de deșeuri feroase**

Dacă până la începutul secolului XX s-au produs și s-au consumat cca. 500 mil. tone oțel, în 2011 producția mondială a fost de 1,490 milioane tone oțel, iar în 2016 cantitatea totală de oțel produsă și consumată a ajuns la 2000 mil. tone oțel anual. Deci în prezent din grupa principalelor materiale consumate în lume (lemnul, oțelul, cimentul și materialele plastice), oțelul se află pe primul loc și se va menține și în viitor.



Oțelul și fonta, folosite ca materiale în atâtea domenii industriale, au proprietatea, de a putea fi recuperate din produsele fabricate, după utilizarea acestora, indiferent de perioada de timp corespunzătoare vieții produselor respective.

Deșeurile feroase apar deci începând cu domeniul industriei siderurgice în care se elaborează fonta și oțelul, trecând prin toată diversitatea de ramuri industriale în care produsele siderurgice sunt prelucrate (construcții de mașini, etc.) sau utilizate ca atare (în construcții, căi ferate, etc.) și terminând cu recuperarea părții feroase din mijloacele fixe casate și din deșeurile menajere.

Luând în considerare sursele care generează deșeurile feroase se poate stabili următoarea clasificare a acestora [16,24]:

- deșeurile feroase rezultate din industria siderurgică;
- deșeurile feroase provenite din activitatea industrială în care se prelucrează sau se utilizează produse siderurgice;
- deșeurile feroase provenite din casări de fonduri fixe și din colectări de la populație (obiecte declasate în gospodării și care conțin oțel sau fontă).

În general, în țara noastră în terminologia uzuală curentă, noțiunea de “*fier vechi*” înglobează toate deșeurile feroase care constituie partea feroasă solidă a încărcăturii cuptoarelor de elaborare a oțelului, indiferent de sursele din care provin aceste deșeurile.

Această noțiune se întâlnește atât în limba engleză, reprezentată de cuvântul “*scrap*” cât și în limba germană, “*schrott*”. Limba franceză adoptă termenul “*vieux fers*” numai pentru deșeurile feroase provenite din casări și din colectări de la populație, iar pentru celelalte două categorii de deșeurile feroase se folosește termenul “*chutes*” (acest termen, transpus în limba română prin “*șutaje*”, este folosit și la noi în țară pentru a denumi înșă numai resturile rezultate din procesele de laminare).

Ținând seama de faptul că pentru cele două categorii de deșeurile feroase, provenite atât din cadrul industriei siderurgice cât și din activitatea industrială în care se prelucrează sau se utilizează produse siderurgice, ciclul în care materialul obținut ajunge să se reîntoarcă în circuitul siderurgic nu depășește un an, se consideră că aceste materiale nu se pot încadra în mod corect în noțiunea de “*fier vechi*”.

Această noțiune din acest punct de vedere corespunde pe deplin pentru materialul feros rezultat din casări și din colectări de la populație, care ajunge să se reîntoarcă în circuitul siderurgic după o perioadă mult mai lungă de timp [16,24,25].

Așadar, pentru primele două categorii de materiale mai sus menționate s-a adoptat termenul “*deșeurile feroase*” care poate include toată gama de deșeurile de acest gen rezultate din diferite procese siderurgice (nu numai cele destinate oțelărilor).

Pentru cea de-a treia categorie se menține termenul de “*fier vechi*” intrat de mult în limbajul siderurgic din România și în cel de largă circulație [16,24,25].

#### 2.4.4. Deșeuri feroase sub formă de bucăți

Deșeurile feroase din această categorie mai sunt denumite și deșeuri proprii, deșeuri de recirculare sau deșeuri pentru consum propriu.

Structura acestei grupe de deșeuri feroase este deosebit de complexă și ca urmare posibilitatea ordonării diferitelor tipuri într-o clasificare devine foarte dificilă.

Se pot adopta mai multe criterii de grupare, și anume: după locul de producere al deșeurilor (deșeuri de furnale, de oțelărie, de laminoare, etc.), după locul de consum al deșeurilor respective (deșeuri pentru furnale, pentru oțelării, pentru aglomeratoare, etc.), după structura granulometrică a deșeurilor (prăfoase, mărunte sau bucăți, etc.), etc.

Din criteriile menționate, cel care permite clasificarea cea mai cuprinzătoare a deșeurilor feroase din industria siderurgică, ținând seama atât de sursa din care se obțin, de modul lor de pregătire și de domeniile în care pot fi reutilizate, este criteriul structurii granulometrice adică gruparea deșeurilor în următoarele două categorii [16,24,25]:

- deșeuri (materiale) feroase prăfoase;
- deșeuri feroase sub formă de bucăți.

#### 2.4.5. Deșeuri feroase prăfoase

Materialele feroase sub formă de praf sau nămol/șlam provin în marea lor majoritate din instalațiile de epurare a gazelor evacuate și a apelor industriale uzate rezultate din diferite procese tehnologice siderurgice. Este vorba deci de o sursă de deșeuri feroase generată de acțiunea de evitare a poluării mediului înconjurător, a aerului și a apei. Această acțiune devine din ce în ce mai importantă și cu caracter obligatoriu în cadrul dezvoltării deosebite a industriei siderurgice, având în vedere că este una din cele mai poluante ramuri industriale.

Cantitatea acestor deșeuri reprezintă circa 2,5% din componența gazelor evacuate în atmosferă la secțiile siderurgice, de unde rezultă că la un milion de tone de oțel produs într-un an se pot obține, din gazele evacuate în atmosferă, între 25000 – 30000 tone materiale feroase prăfoase re folosibile cu un conținut de 40 – 60 % Fe [16,24].

În apele uzate, evacuate de la o serie de instalații de epurare a gazelor și din sectorul laminoare, se găsesc de asemenea cantități importante de deșeuri prăfoase cu conținut de 60 – 70% Fe, care raportate la o producție anuală de 1,0 milioane tone oțel totalizează o cantitate de peste 20 000 t/an.

În cadrul combinatelor siderurgice sursele de deșeuri feroase prăfoase se pot grupa în funcție de sectoarele tehnologice [24].

#### 2.4.6. Clasificarea fierului vechi în funcție de proveniență

În funcție de proveniența sa fierul vechi se clasifică în :

- deșeuri feroase rezultate în procesele tehnologice siderurgice, aceste deșeuri sunt utilizate în marea majoritate a cazurilor în întreprinderea în care au rezultat și provin din:

- deșuri feroase colectate din exteriorul unității siderurgice (concernelor, exemplu: Arcelor Mittal Hunedoara, Arcelor Mittal Galați, Arcelor Mittal Roman, TMK Reșița, TMK Slatina, etc.) [16].

#### 2.4.6.1. Deșuri feroase din sectorul aglomerare-furnale

Materialele feroase în bucăți la sectorul furnale se regăsesc în cantități mult mai mici decât materialele feroase sub formă de praf, deoarece cele în bucăți există doar în rebuturile industriale precum scursorile/scoarțe și lipiturile din fontă frecvent întâlnite pe jgheburile de evacuare de la furnal și melanjor și la oalele de turnare. Aceste deșuri solidificate se mărunțesc în bucăți, devenind astfel materiale feroase reciclabile utilizate în încărcătura agregatelor din oțelării. În schimb, materialele feroase sub formă de praf în sectorul de furnale apar la toate operațiile de pregătire a minereului, precum manipularea în depozite, concasare, sortare, omogenizare, aglomerare, transport pe bandă și în toate operațiile în care minereul de fier este manipulat pentru alimentarea furnalelor.

Instalațiile de pregătire a încărcăturii feroase a furnalului, respectiv fabricile de aglomerare și instalațiile de peletizare și brichetare a minereului, sunt surse deosebit de bogate în praf de minereu cu un conținut de fier între 30 – 40 % Fe. În 24 ore o instalație de aglomerare cu o capacitate anuală de 1 milion de tone aglomerat, produce între 12 – 18 milioane m<sup>3</sup> de gaze cu un conținut de praf de 3 – 6g/m<sup>3</sup> [16,20,32].

Ca locuri generatoare de reziduuri sub formă de praf de minereu se poate menționa în primul rând zona de captare a aerului de combustie care antrenează particulele din praful de încărcătură supus aglomerării și apoi zona de ciuruire a aglomeratului cald sau rece, precum și locul de transbordare din circuitul transportoarelor cu bandă [20,23].

La furnale, în cursul procesului de elaborare a fontei, gazele formate antrenează din încărcătura furnalului particule solide, denumite în mod curent praf (gaze) de furnal. Acest praf de furnal (gazele evacuate) conțin particule solide între limite destul de largi (25g/m<sup>3</sup>–100g/m<sup>3</sup>) în funcție de calitatea încărcăturii (proporția de material fin) și de regimul de funcționare a furnalului (la mersul cu presiune înaltă conținutul de praf scade în mod sensibil).

Mai sunt și alte locuri unde apar materiale feroase sub formă de praf, însă mai puțin importante, cum sunt: gura de încărcare a furnalului, locurile de sortare a materiilor prime și de dozare cu alimentatoare, la cântărire etc. [20,23,32].

Tabelul 2.1 Compoziția gazului de furnal [32]

Componente	Funcționarea cu cocs			Funcționarea cu mangan		
	Normal	Min.	Max.	Normal	Min.	Max.
	%			%		
CO <sub>2</sub>	14 - 18	12	20	10- 15	7	20
CO	22 - 26	29	28	25 - 30	20	33
CH <sub>4</sub>	0,2 - 0,4	0,1	0,6	0,4	0,8	2,5
H <sub>2</sub>	4 - 6	2	8	7 - 8	5	10
N <sub>2</sub>	54 - 56	50	60	52 - 54	47	66
CO <sub>2</sub> +CO	39 - 40	38	41	39 - 40	38	40

\*CO<sub>2</sub>/(CO +H<sub>2</sub>)=0,35-0,45

Pentru utilizarea gazului de furnal (produs secundar) ca agent termic se impune obligatoriu epurarea acestuia, deoarece particulele de praf ar determina înfundarea duzelor arzătoarelor.

Gazul de furnal este un produs secundar, captat la partea superioară a furnalului, compoziția chimică fiind prezentată în tabelul 2.1.

Cantitatea de gaz de furnal variază în funcție de calitatea fontei elaborate, încărcătura folosită și consumul specific de combustibil echivalent (K-cocs; C-carbon) la arderea cu aer atmosferic, în limitele:

- 1900-3100 Nm<sup>3</sup>/t fontă;
- 3400 – 4800 Nm<sup>3</sup>/t K<sub>echivalent</sub>;
- 3800 – 5500 Nm<sup>3</sup>/t C<sub>echivalent</sub>.

Puterea calorică a gazului de furnal este de circa 1000kcal/m<sup>3</sup> (4MJ/ Nm<sup>3</sup>).

Deși are putere calorică relativ mică se utilizează pentru preîncălzirea aerului suflat în furnal, echilibrând astfel balanța energetică a uzinei (aglomerare furnale) [20].

Praful de aglomerare furnale procesat sub formă de pelete sau brichete și supuse ulterior unui proces de reducere (metalizare) poate constitui materie primă pentru oțelării (de ex. Produsul CARBOFER) [20].

#### 2.4.6.2. Deșeuri feroase din sectorul oțelărie

În ceea ce privesc materialele feroase în bucăți, în oțelăriile în care se toarnă oțelul sub formă de lingouri (destinate procesării prin forjare, mai rar în prezent prin laminare) acestea sunt în medie de 3–4% din producția de oțel brut elaborată, fiind reprezentate de oțelul care se solidifică în canalele și pâniile de turnare, în orificii, lingourile turnate incomplet, lingourile cu defecte respectiv rebuturi, lingourile lipite de lingotieră (nu pot fi stripate), stropi, scoarțe de pe jgheburii, oalele și podurile de turnare, oalele de zgură [20].

În cazul turnării continue materialele feroase în bucăți sunt reprezentate de șutajele de la semifabricatele turnate, semifabricate rebutate calitativ, resturi de la turnare, scoarțe de la oala de turnare și distribuitor, fiind de maxim 2%.

În cazuri foarte rare se poate ajunge și la șarje rebutate (situații deosebite).



Figura 2.7. Cuptorul cu arc electric [21]

La toate agregatele de elaborare a oțelului ce folosește oxigenul de mare puritate, care suflat în baia de oțel pentru accelerarea reacțiilor de afinare, mărește productivitatea acestora, provocând apariția rezidurilor sub formă de praf. Astfel, la cuptoarele Siemens Martin s-a folosit oxigen pentru intensificarea procesului metalurgic (suflat prin lance în baia metalică), gazele având un conținut de praf până la  $30\text{--}35\text{ g/m}^3$  de gaze arse. Normele sanitare nu admit mai mult de  $80\text{ mg praf/m}^3$  de gaze astfel încât desprăfuirea era obligatorie [10].

De asemenea, la cuptoarele electrice cu arc (fig. 2.7.) care folosesc oxigenul se ajunge la o concentrație a conținutului de praf de până la  $8\text{ g/m}^3$ , scăzând după epurare la  $0,02\text{ g/m}^3$ , rezultând deci o importantă cantitate de material feros, prăfos, cu un conținut de până la 45% Fe [10].

Convertizoarele (fig.2.8.) care folosesc oxigenul prin suflare la partea superioară, cum sunt cele de la Arcelor Mittal Galați, produc în gazele evacuate o cantitate de praf ce variază între  $30\text{--}50\text{ g/m}^3$ , ceea ce revine la  $10\text{--}25\text{ kg praf pe tona de oțel elaborat}$  [16].

Praful rezultat este în proporție de 80%, are o granulație de  $0,8\text{--}0,05\text{ }\mu\text{m}$  și conține în jur de 65% Fe [22].

Procesarea prafului de oțelărie la fel ca a celui de la aglomerare - furnale sau împreună cu acesta, poate constitui materie primă pentru oțelărie [22].



Figura 2.8.Utilizarea fierului vechi la convertizoarele cu oxigen (a) depozit; (b) încărcare

### 2.4.6.3. Deșeuri feroase din sectorul de laminoare

Până la introducerea în practică a turnării continue a oțelului, materialele feroase în bucăți constituiau cantitatea cea mai importantă în cadrul sectorului de laminoare.

Procesul începea de la laminorul degrositoare (bluming sau slebing), se continuă cu laminoarele de semifabricate și se termină cu laminoarele finisoare de produse plate, profile, țevi, sârmă etc., rezultă în final o cantitate de sutaje și capete de la laminoare până la  $250\text{ kg/tona}$  (25%). După introducerea turnării continue s-a redus cantitatea de șutaje de la laminoarele degrositoare ca urmare a creșterii scoaterii la turnarea continuă secvențială la peste 99% [20].

În prezent turnarea continuă în țările cu industrie dezvoltată are o pondere de peste 90% ceea ce a determinat reducerea drastică a cantității de șutaje, nedepășind de regulă pe total 10% (depinde de semifabricatul procesat, table, tablă groasă, bandă laminată la rece, bandă laminată la cald, profile ușoare, etc.) [20].

Sectorul de laminare (figura 2.9.) dintr-o societate siderurgică constituie cea mai însemnată sursă de poluare a apei industriale, datorită țunderului (oxid de fier) și uleiului în suspensie rezultate în cursul diferitelor operații de răcire și curățire care au loc în procesul de laminare. Astfel, apele reziduale de la laminare conțin particule de oxid de fier – țunder într-o cantitate ce variază între 1g/l în cazul laminoarelor de benzi la cald și tablă groasă și 5g/l în cazul laminoarelor degrositoare. Materialul feros sub formă de praf re folosibil în cazul unui combinat este de circa 20 mii t cu un conținut de circa 70% fier, la 1 milion de tone oțel.

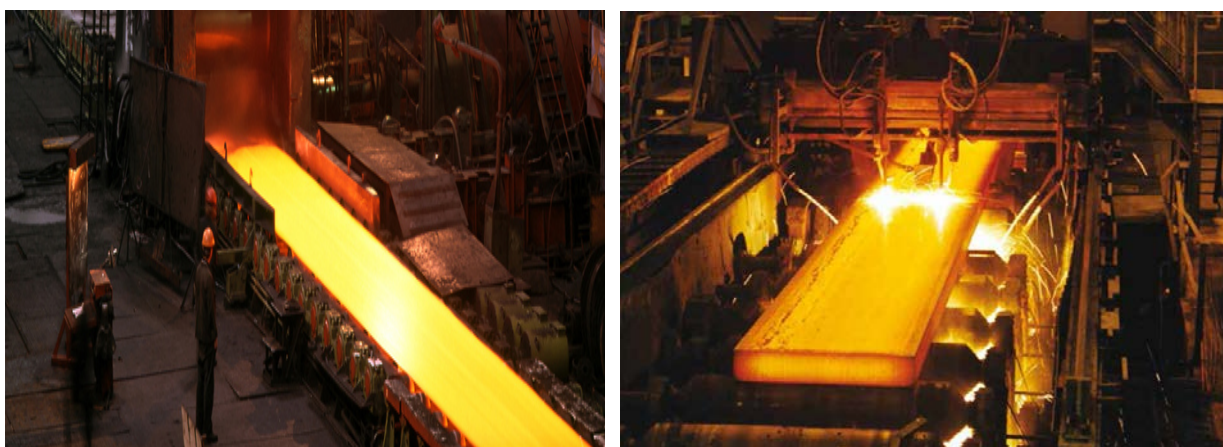


Figura 2.9. Imagini din sectorul de laminare

La aceasta se mai adaugă și oxizii de fier ce apar la instalațiile de flamare în flux, aplicate în scopul asigurării calității de suprafață a semifabricatelor laminate [20].

Țundărul neuleios poate fi utilizat direct în încărcătura cuptorului electric cu arc sau alături de alte deșeuri feroase mărunte și pulverulente în vederea obținerii unor produse feroase (aglomerat sau brichete cu grad ridicat de metalizare) utilizabile în încărcătura cuptoarelor electrice cu arc [23].

#### 2.4.6.4. Deșeuri feroase din sectorul forjă

În cadrul operațiilor de forjare (figura 2.10.) rezultă deșeuri feroase re folosibile și anume capete de bară sau de taglă, bavuri, bucăți și piese defecte, resturi de material de adaos, resturi tehnologice care reprezintă o bună sursă de deșeuri metalice și care au aceeași structură ca cele din sectorul de laminoare, de asemenea rezultă și materiale prafoase și țunder.

Din prezentarea detaliată a deșeurilor industriale rezultate la forjă și prezentate în schița fluxului tehnologic din figura 2.12. rezultă că, majoritatea materialelor re folosibile feroase au în general aceeași structură ca a acelor din sectorul siderurgic [20]. Ca urmare din procesul tehnologic rezultă și materiale re folosibile mărunte și prafoase provenite din pulberi (praf) metalice, din țunder (oxizi de fier) și praf metalic combinat cu praful abraziv [20].



Figura 2.10. Imagini din sectorul de forjare

#### 2.4.6.5. Deșeuri feroase din industria prelucrătoare

Industria prelucrătoare este reprezentată în acest caz de industria constructoare de mașini și industria construcțiilor metalice, care constituie a doua sursă de deșeuri industriale respectiv de materiale re folosibile feroase provenite din prelucrarea produselor siderurgice (lamine sau turnate) [20].

Acestea, așa după cum rezultă și din schema prezentată în figura 2.12, deșeurilor industriale într-o secție mecanică de prelucrare a produselor siderurgice laminate sau turnate, se prezintă în general sub forma resturilor rezultate prin tăiere, ștanțare, ambutisare cât și sub formă de așchii metalice rezultate de la așchiere, frezare, rabotare, găurire, alezare, filetare și alte operații de prelucrare prin așchiere [20].

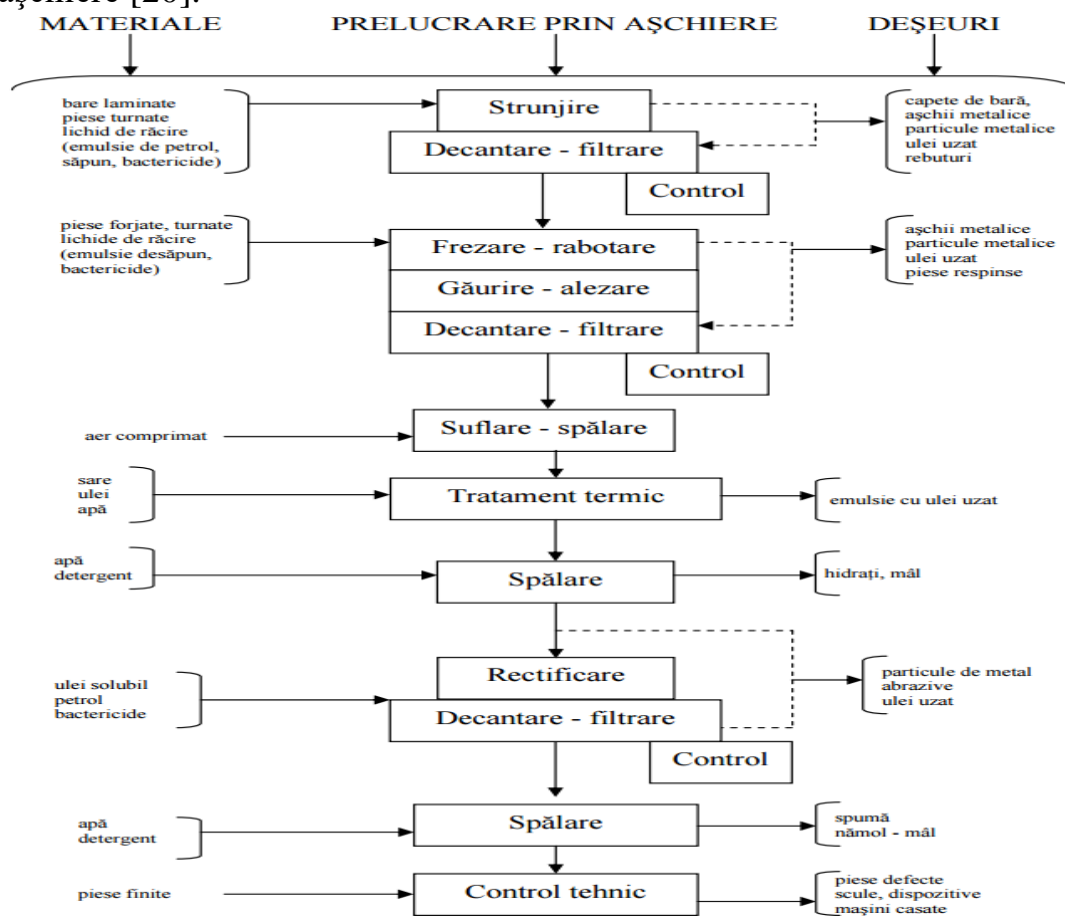


Figura 2.12. Schema deșeurilor industriale într-o secție mecanică [20]

Ponderea acestor materiale re folosibile feroase provenite din deșeurile industriale ale industriei prelucrătoare prin așchiere, frezare, găurire, polizare, etc. a produselor siderurgice sau ale construcțiilor metalice (figura 2.13) este substanțială și variază în limite mari [20].

Valorile reprezentative în continuare dovedesc acest lucru astfel: construcții metalice 3 % rebut, material rulant feroviar 10 %, recipienți și ambalaje metalice 12 %, locomotive 15 %, mașini electrice 16 %, industria navală 12%, tractoare 24 %, mașini electrice 25 %, mașini unelte 27 %, autovehicule 30 %.

Aceste procente reprezintă volumul de reziduuri feroase rezultate, raportat la consumul de produse siderurgice pentru fiecare din categoriile industriale analizate [20].

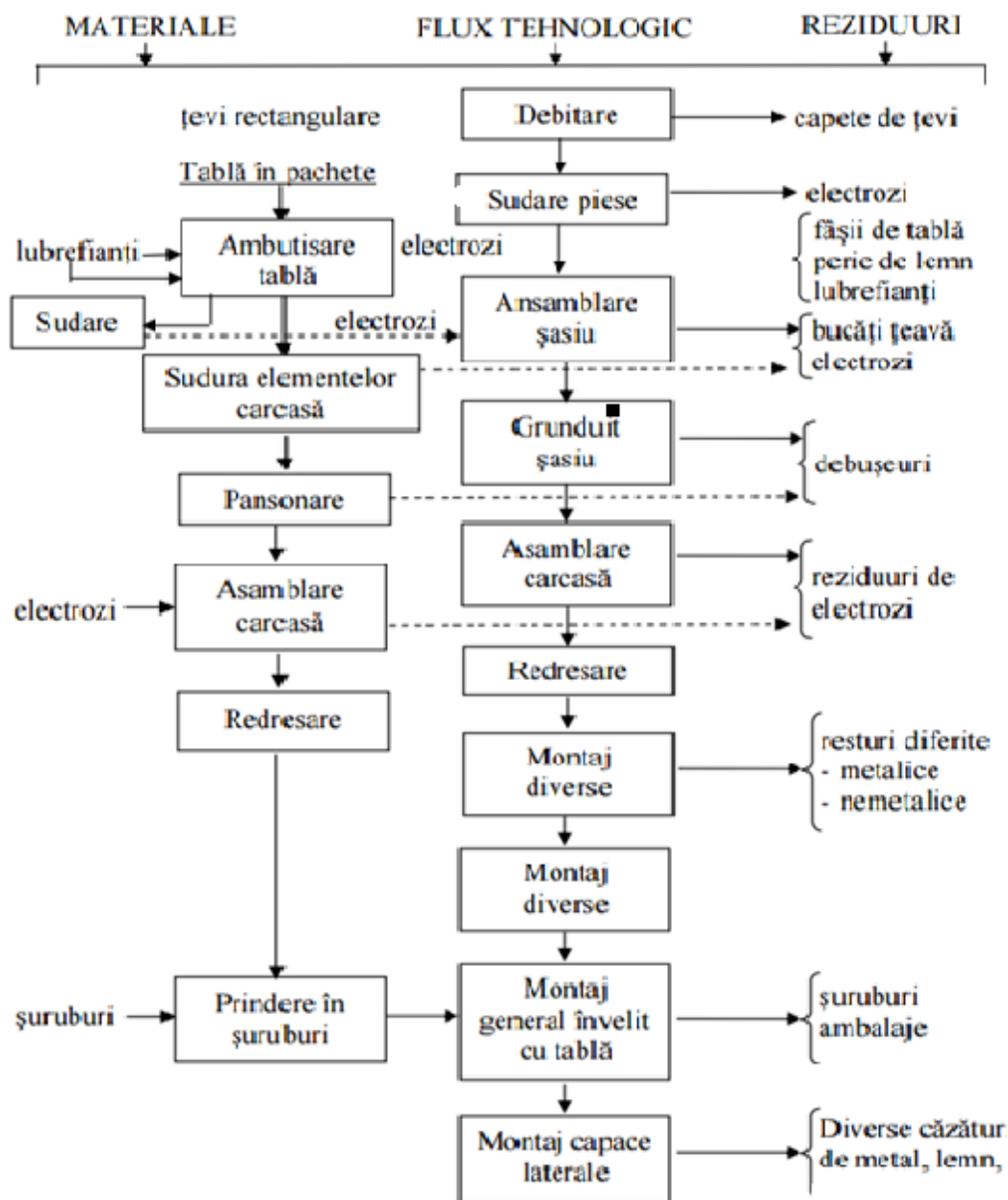


Figura 2.13. Schema reziduurilor industriale rezultate într-o secție de construcții metalice pentru șasiu și carcasă de autovehicul [20]



Pentru determinarea volumului materialelor feroase refolosite din deșeurile industriale rezultate în aceste tipuri de industrie, trebuie cunoscut consumul intern de produse siderurgice = ((producția internă) + (importul) – (exportul)) și repartiția procentuală pe ramurile industriale consumatoare a acestor produse siderurgice [20]. Similar se poate defini consumul aparent de laminate.

#### **2.4.6.6. Deșuri feroase vechi rezultate în afara proceselor tehnologice**

Materialele refolosibile feroase sunt acele materiale provenite din casări, reparații sau colectarea de la populație.

În general, în țara noastră în terminologia uzinală încă se mai folosește noțiunea de „fier vechi” și aceasta include toate deșeurile feroase care constituie partea feroasă solidă a încărcăturii cuptoarelor de elaborare a oțelului, indiferent de sursele din care provin acestea [20].

În conformitate cu STAS-ul 6058–88 materialele reciclabile feroase pentru retopire se pot împărți astfel:

- materialele reciclabile feroase “noi” sunt acele materiale rezultate din activitățile de producție: metalurgie, construcții de mașini, confecții metalice, construcții montaj, industria electrotehnică, transporturi, industria energetică etc.;
- materiale reciclabile feroase “vechi” sunt acele materiale provenite din casări, reparații sau colectate de la populație (figura 2.14).



Figura 2.14. Materiale reciclabile feroase vechi

Deci, materialele reciclabile feroase vechi care se încadrează în denumirea de „fier vechi” (în adevăratul sens al cuvântului) provin din două surse principale: sectorul industrial – prin casările de utilaje, mașini, agregate, instalații, construcții metalice, autovehicule, material rulant, nave etc. și sectorul gospodăresc – prin casarea de obiecte și aparate de uz casnic realizate integral sau în parte din materiale feroase (fonte sau oțel) [4,11,20].

#### **2.4.6.7. Deșuri din echipamente electrice și electronice (DEEE)**

Cerințele și provocările unei dezvoltări durabile pentru formarea unui sector siderurgic puternic și competitiv, trebuie să aibă ca obiective îmbunătățirea ratei de

colectare, selectare/sortare și reciclare a materialelor metalice, bazat pe ciclul de viață a echipamentelor din care metalul este recuperat/reciclat [9,10,11,34].

Dezvoltarea rapidă a tehnologiei și a materialelor noi utilizate în diferite componente, face ca procesul de recuperare și reciclare a materialelor metalice să devină din ce în ce mai dificil, deoarece multe piese metalice sunt încastrate prin presare sau turnare în cavitatea echipamentelor, îngreunând astfel procesul de recuperare și reciclare a metalelor. Acest aspect conduce la o pierdere semnificativă la nivel global a multor materiale metalice ce nu pot intra în procesul de reciclare [6,18,19,34,36].

Dezvoltarea continuă a rețelelor de comunicații cât și a echipamentelor electrice și electronice utilizează metale grele și metale prețioase, care de asemenea sunt mai dificil de recuperat, iar din cauza faptului că evoluția și performanțele acestor echipamente este foarte rapidă, uzura lor și scoaterea de pe piața de consum conduce la creșterea exponențială a deșeurilor de echipamente electrice și electronice (DEEE) ce conțin metale feroase, respectiv neferoase figura 2.15, figura 2.16., figura 2.17., care intra relativ în timp scurt în procesul de recuperare [35,55].

Procesul de reciclare a materialelor metalice este considerat ca fiind cea mai eficientă modalitate de a reduce cantitatea de deșuri de materiale metalice feroase și neferoase, cât și impactul lor asupra mediului înconjurător.

Deficitul de resurse a metalelor la nivel global crește exponențial, de aceea se dorește o creștere continuă cât mai mare a ratei de reciclare a materialelor metalice prin îmbunătățirea procesului de colectare, recuperare, reciclare și valorificare. Pentru obținerea unor randamente cât mai performante, producătorii de echipamente investesc sume foarte mari în inovare, pentru a fi competitivi și a dezvolta linii de reciclare cu maximă eficiență și un cost de utilizare și întreținere cât mai economic [18,19,36].

Fluxurile de deșuri și reziduuri destinate reciclării, trebuie să fie prelucrate, aplicându-se cele mai bune tehnici disponibile, la standarde specifice de performanță cu costuri reduse și beneficii asupra factorilor de mediu. Aceste procese de reciclare pot fi diferite ca principiu de aplicare, pe regiuni și țări, și nu trebuie obligatoriu să fie întotdeauna de cea mai înaltă tehnologie.

Ele pot include chiar și sortarea manuală în procesul de reciclare a materialelor metalice, ceea ce conduce la salvarea și economisirea resurselor naturale, în special ale elementelor care nu sunt foarte abundente în natură și procesul de extracție este foarte costisitor [20,36,38,55].

Unul dintre avantajele reciclării materialelor metalice este faptul că, consumul de energie este mai scăzut în procesul de reciclare a metalelor decât în procesul de elaborarea a metalelor și aliajelor din minereuri de fier [8,20,36,55,56].

Un alt avantaj al reciclării metalelor este reducerea consumului specific de apă și maximizarea calității apei uzate la evacuare [8,20,36,56].

Obiectivele de recuperare și reciclare a deșeurilor metalice, trebuie să se alinieze cu factorii economici într-un sistem complet în care toți operatorii din industria de colectare și de reciclare să respecte normele de legislație prevăzute de fiecare țară în parte.

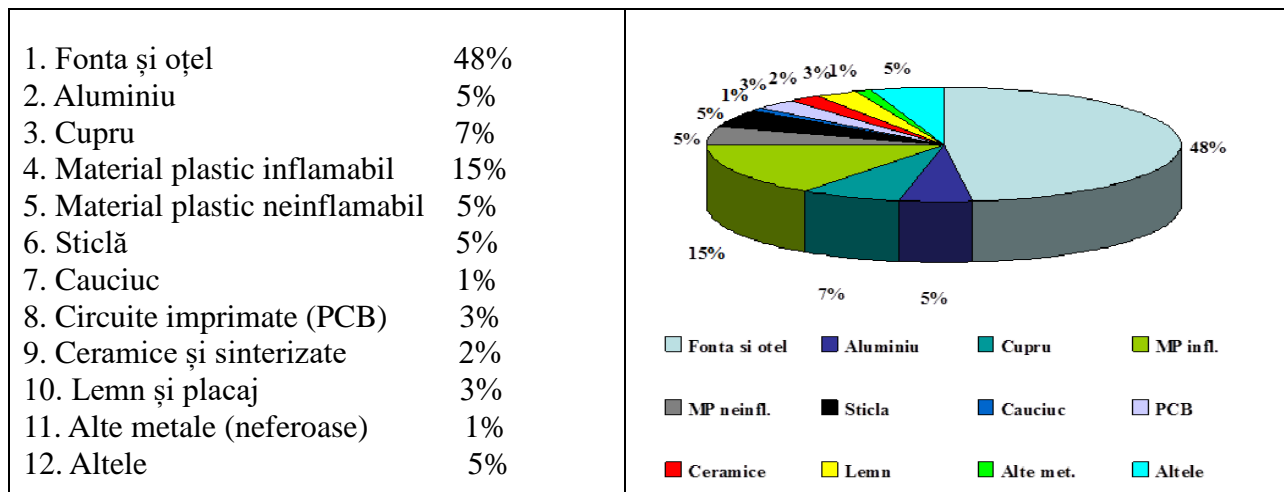


Figura 2.15. Structura materialelor și componentelor rezultate din DEEE [35]

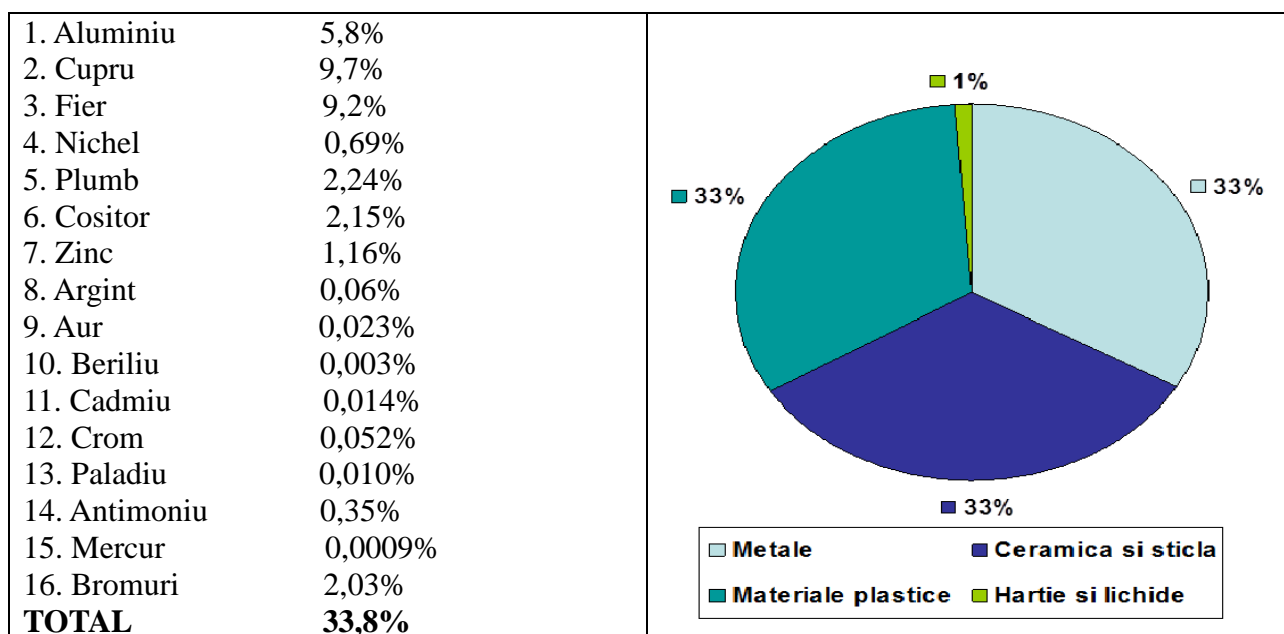


Figura 2.16. Proporția metalelor care intra în componenta PCB [35]

Unul dintre avantajele reciclării materialelor metalice este faptul că, consumul de energie este mai scăzut în procesul de reciclare a metalelor decât în procesul de elaborarea a metalelor și aliajelor din minereuri de fier [8,20,36,55,56].

Un alt avantaj al reciclării metalelor este reducerea consumului specific de apă și maximizarea calității apei uzate la evacuare [8,20,36,56].

Obiectivele de recuperare și reciclare a deșeurilor metalice, trebuie să se alinieze cu factorii economici într-un sistem complet în care toți operatorii din industria de colectare și de reciclare să respecte normele de legislație prevăzute de fiecare țară în parte.

Politica fiecărei țări ar trebui să creeze stimulente economice pentru ca deșeurile să fie recuperate și reciclate corespunzător [9,18,19,36].

Obiectivele economice pe termen lung, sunt conservarea resurselor de metale vitale pentru aplicații prezente și viitoare, chiar dacă recuperarea lor în prezent este neeconomică (cum este cazul fierului din prafuri și deșeuri mărunte, precum și din scoarțe) [18,19,36,55].

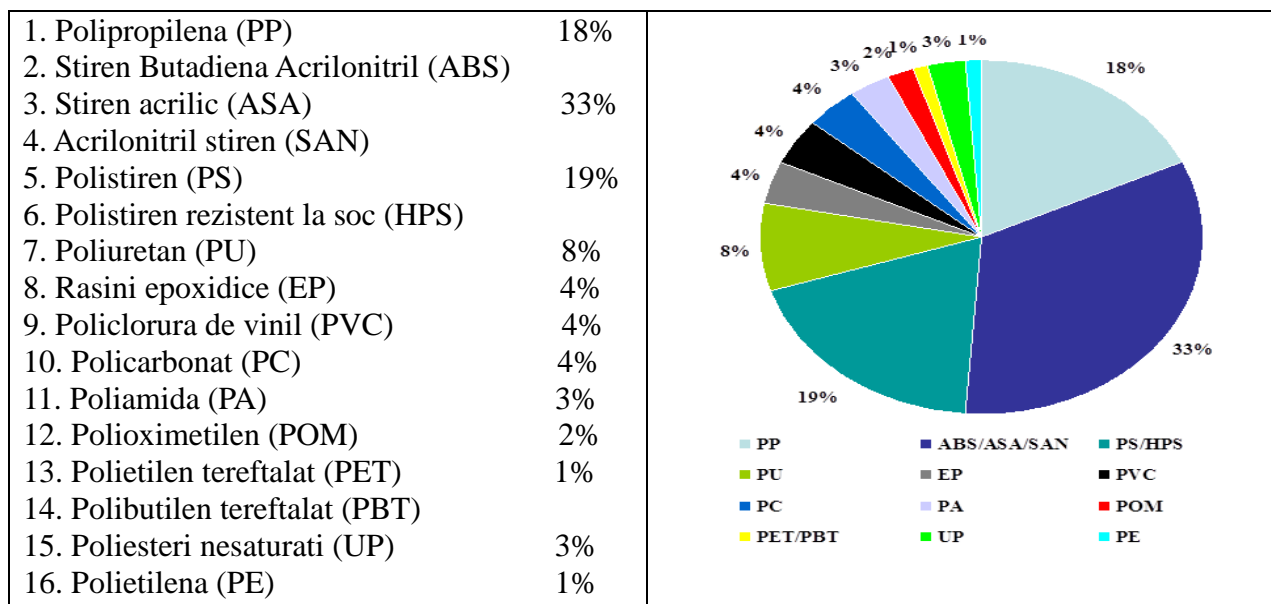


Figura 2.17. Propoziția și structura materialelor plastice ce intra în componența EEE [35]

Este recomandat să existe o strânsă colaborare între operatorii din industria reciclării și producătorii de produse metalice, echipamente și utilaje care prevăd materiale metalice în design-ul componentelor pe care le pun pe piață, o astfel de colaborare poate conduce atât la îmbunătățirea procesului de recuperare și reciclare a materialelor metalice cât și dezvoltarea unor echipamente de reciclare cu performanțe îmbunătățite [18,19,36,37].

### 2.4.6.8. Alte materiale metalice feroase

a) **Buretele de fier obținut prin reducere directă DRI (direct reduced iron)** a minereurilor de fier (figura 2.15.) după diferite metode are compoziția chimică prezentată în tab 2.2. [25,26,27].

Inconvenientele acestui material pot proveni din:

- o metalizare redusă (conținut mare de  $Fe_2O_3$  conținut mic de C) care depinde de parametrii de producție din faza de pre-reducere;
- resturi de zgură (de obicei acidă) care provin din minereul de fier.

Tabel 2.2. Compoziția chimică a buretelui de fier [25,26]

C	P	S	$\sum(Cu+Sn+Cr+Ni+Mo)$	$\sum SiO_2+Al_2O_3+CaO$	Grad metalizare	$Fe_{tot}$	$\sum FeO$
1,5-4	0,00-0,1	0,003-0,03	<0,05	2,5-7	92-95	87 - 95	5-9

\*)  $CaO/SiO_2 = 0,10-0,20$ ;  $SiO_2 \leq 5\%$ ;  $Al_2O_3 \max 2\%$

DRI, parțial poros, este predispus oxidării (deci pierderii valorii în utilizare), care poate duce la apariția incendiilor (în cazul depozitării în spații deschise sau pe benzile de alimentare a cuptoarelor electrice).

Se recomandă ca transportul să se efectueze în vagoane specifice, complet închise și depozitarea să se facă în silozuri acoperite. Este foarte important controlul temperaturii precum și posibilitatea utilizării gazelor inerte de regulă azot

(cel mai convenabil din punct de vedere economic) pentru a preveni supraîncălzirea și apariția reacțiilor în material.

Pentru curățarea instalațiilor, a benzilor transportoare și supravegherea utilajelor trebuie să existe personal permanent pentru a preveni apariția incendiilor.



Figura 2.18. Burete de fier DRI Arcelor Mittal Spania

Cea mai mare parte a buretelui de fier DRI este utilizat în încărcătura cuptorului cu arc electric (EAF) și a cuptorului cu inducție pentru obținerea oțelului [27].

Procesul de reducere directă a minereului de fier este utilizat deoarece are o serie de avantaje [25,26]:

- reducerea directă are loc la temperaturi relativ scăzute comparativ cu cele din furnal;
- buretele de fier se obține folosind ca reducător carbonul din combustibili solizi ieftini: lignit, cărbune sau chiar turbă;
- cheltuiala pentru investiții este mai scăzută deoarece nu intervine cocsul (astfel cheltuielile pentru producerea unei tone de oțel în varianta *reducere directă – cuptor electric* sunt mai mici decât în varianta *furnal – convertizor cu oxigen*).



Figura 2.19. Burete de fier [28]

Dacă după reducerea directă produsul obținut este răcit la temperatura de aprox. 50°C se obține burete de fier cunoscut și sub denumirea de CDRI (cold direct reduced iron), figura 2.16. [28]. Pentru a reduce porozitatea, buretele de fier poate fi compactat și transformat la cald în brichete de fier (HBI – hot briquetted iron), care poate fi depozitat sau transportat cu ușurință [29].

**b) Buretele de fier HBI** (hot bruquette iron) este fier brichetat la cald: brichete de minereu de fier redus la temperaturi mari imediat după reducerea în cuptor. Compoziția chimică a acestui sortiment de material feros se prezintă în tabelul 2.3.

Tabelul 2.3. Compiziția chimică a buretelui de fier HBI (%)

C	P	S	$\sum \text{Cu+Sn+Cr+Ni+Mo}$	$\sum \text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{CaO}$	Grad metalizare a	Fe <sub>total</sub>	$\sum \text{Fe}_x \text{O}_y$
0.7-2	0.03-0.1	0.003-0.030	<0.05	2.5 - 10	91-96	85-95	5-10

Acest sortiment de burete de fier se caracterizează prin:

- o metalizare mai redusă (conținut mare de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , conținut mic de C, comparativ cu DRI) care depinde de parametrii de producție din faza de pre-reducere;



Figura 2.20. Burete de fier HBI–Arcelor Mittal Espana S.A. [33]

- resturi de zgură (de obicei acidă) provenind din minereul de fier;
- metalizare este mai mica decât în cazul DRI (este indicată peletizarea);
- HBI care are un raport suprafață/volum mult mai mic decât DRI se poate depozita cu ușurință și transporta la cuptorul electric [33].

### c) **Aprecieri privind buretele de fier:**

Calitatea minereului folosit în procesul de reducere directă diferă față de cea a minereului folosit în furnal. Deoarece prin reducere directă nu este posibilă îndepărtarea sterilului minereului, fiind necesar ca acest lucru să se facă ulterior în cuptorul electric cu arc, consumul de energie crescând cu 6,5KWh/t oțel pentru fiecare 1% steril introdus în încărcătură.

Conținutul de steril al buretelui de fier variază în limitele 0,5-10%, iar conținutul de  $\text{SiO}_2$  și  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nu trebuie să depășească 5%.

Conținutul de oxigen îndepărtat din minereu în timpul procesului poate varia între 40-99% față de cel existent inițial.

### d) **Clasificarea procedeeleor în funcție de natura agentului reducător**

În funcție de natura agentului reducător procedeele de reducere directă se clasifică astfel [25,26]:

- *procedee ce utilizează combustibili solizi* - prin acestea se prelucrează minereurile de fier mărunte sau pelete și în majoritatea cazurilor reducerea are loc într-un cuptor rotativ (SL/RN, Krupp, etc.);

- *procedee ce utilizează gaze ca agent reducător.*

Procedeele care utilizează gaze ca agent reducător pot fi:

- 1) procedee care utilizează gazele rezultate din gazeificarea combustibililor solizi (procedeu Wiberg);
- 2) procedee care utilizează gazele obținute din conversia gazelor naturale. Se disting trei categorii:
  - procedee care folosesc patul fluidizat, prelucrând minereuri fine sub formă de pulbere (Novalfer, HIB);
  - procedee cu pat fix (Hyl);
  - procedee cu pat de minereu mobil (Purofer, Midrex, Armco, etc.).

Cele mai multe uzine din lume produc buretele de fier utilizând gazele naturale ca agent reducător, însă există și țări, precum India, unde cărbunele este principalul agent reducător utilizat [25].

În figura 2.18. este prezentată producția mondială de burete de fier pe regiuni pentru anii 2011 și 2012.

Tabelul. 2.4. Producția mondială anuală de burete de fier între anii 2002-2012 [30]

Anul	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Producția [mil. t]</b>	45,08	49,45	54,60	56,99	59,79	67,22	68,03	64,44	70,37	73,21	74,02

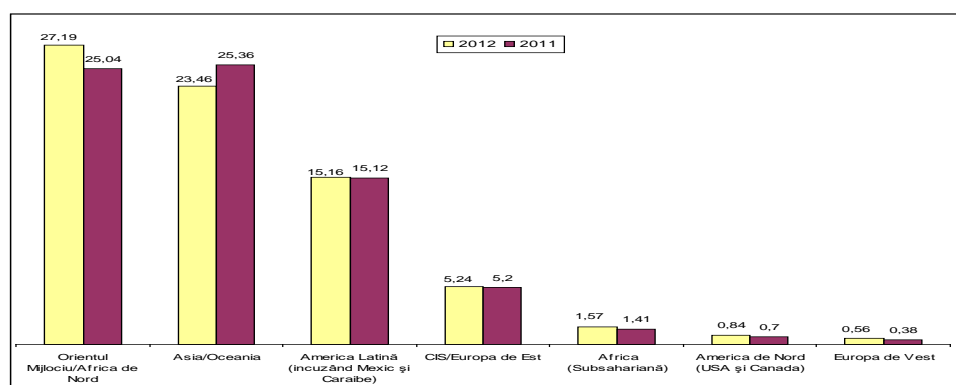


Figura 2.21. Producția mondială de burete de fier în 2011 și 2012 pe regiuni (milioane tone) [30].

## CAPITOLUL 3

### PREGĂTIREA ÎNCĂRCĂTURII METALICE

#### 3.1. Produse-primare și produse-secundare în industria siderurgică

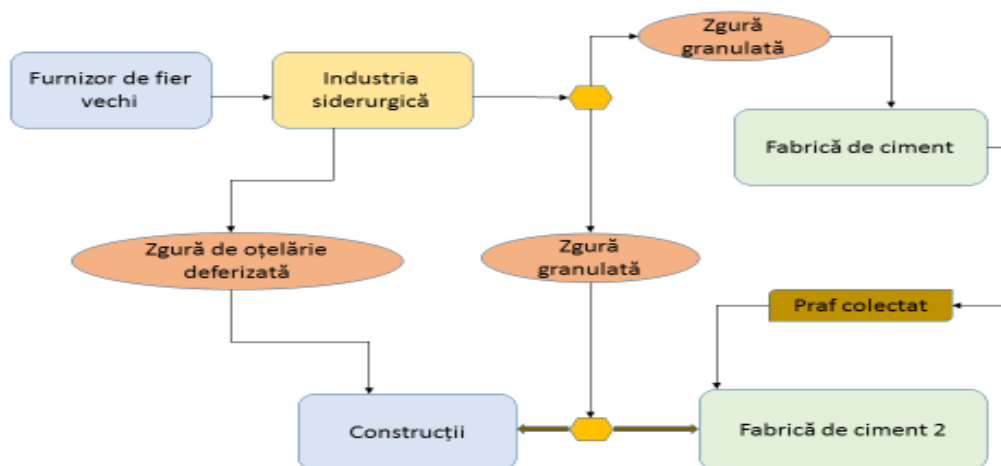
La nivel European s-au elaborat mai multe criterii de clasificare ale deșeurilor reciclabile.

Reciclarea deșeurilor este o activitate industrială de o importanță majoră și utilă pentru foarte multe sectoare economice. Procesele de colectare și valorificare a deșeurilor, reprezintă o etapă importantă în dezvoltarea multor state puternic industrializate, de aceea foarte multe sectoare industriale își adaptează liniile și procesele tehnologice pentru introducerea în fluxul tehnologic a materiilor prime secundare, rezultate din procesul de reciclare a deșeurilor, reușind astfel să își optimizeze cheltuiala cu materia primă și obținând un cost de producție cât mai economic.

Agenții economici care conștientizează importanța și beneficiile procesului de reciclare, respectă cerințele reglementate prin legislația în vigoare privind Managementul Deșeurilor, sunt conștienți de beneficiile transformării propriilor deșeuri generate de fluxul intern de producție în materie primă secundară, ce poate fi reintrodusă în circuitul de fabricare a produsului, reușind astfel să își reducă costul de producție, ceea ce îi ajută să devină mai competitivi pe segmentul lor de piață și să își mărească cota de profit [18,19,20,34].

Agenții economici cu consumuri mari de materii prime și combustibili utilizați în procesul de producție, au evoluat și își dezvoltă propria structură de recuperare și reciclare a deșeurilor generate de ei, investind în achiziționarea unor echipamente performante pentru prelucrarea acestora, îmbunătățindu-și astfel costurile de producție [19,20,34,35].

Un model de flux tehnologic de recuperare/reciclare din industria siderurgică se prezintă în figura 3.1. [20,33].



Structura de reciclare realizată în jurul unei companii siderurgice

Figura 3.1. Structura de reciclare realizată în jurul unei companii siderurgice [20,33]



Rețelele de reciclare sunt sisteme de conexiuni între companiile industriale care furnizează sau utilizează deșeuri industriale pe principiul continuității procesării acestora [16,20].

O premiză pentru activitatea continuă pe termen lung a companiilor industriale o constituie cooperarea în domeniul reciclării deșeurilor metalice pe criterii care definesc acest proces ca fiind o activitate realizabilă-economic și rezonabilă-ecologic [16,20,37].

Pentru o mai bună clasificare a deșeurilor ce rezultă din sectorul siderurgic, care are ca obiectiv definirea corectă a potențialului impact negativ asupra mediului înconjurător și a sănătății umane, Comisia Europeană a legiferat prin mai multe directive și decizii, emise pe parcursul mai multor ani, încadrarea unor produse care au statut de deșeu în:

- produse primare - toate materialele create în mod deliberat prin procesul de producție aplicat/folosit [29,36,38];

- produse derivate - materiale care nu se produc deliberat în procesul tehnologic aplicat/practicat, ele însoțesc producerea produsului primar.

Tabelul 3.1. Proveniența produselor din siderurgie

Sector de producție	Produse primare	Produse derivate
Aglomerare minereu	Aglomerat	<b>Materiale pulverulente (MP)</b> din instalații captare desprăfuire gaze; <b>retur sinter; șlam</b>
Furnale	Fontă	<b>Zgura de furnal; MP</b> de la instalația captare <b>GF</b> (inclusiv hala de turnare); <b>Șlam , moloz refractar</b>
Convertizor cu oxigen + turnare oțel	Sleb /blum/țagă	<b>Împroșcări + antrenări de oțel; Scoarțe; Zgura desulfurantă; Zgura LD; Zgura LF; Zgura TC; MP</b> de la instalații captare-desprăfuire; <b>Șlam; Țunder; Moloz refractar</b>
Oțelărie electrică +Turnare	Blum/țagă/ lingou	<b>Antrenări de oțel; Scoarțe; Zgura CEA; Zgura LF; Zgura TC; MP</b> de la instalații captare-desprăfuire; <b>Șlam; Țunder; Moloz refractar</b>
Laminare la cald	Profile/țevi/Tabla/BL C (bandă laminată la cald)	<b>Materiale re folosibile feroase</b> , rezultate în sectorul de laminare <b>6; Țunder de cuptor; Țunder de laminor</b> (uleiat,ne-uleiat); <b>MP</b> de la instalații de captare; <b>Zgură de la tăierea &amp; recondiționarea suprafeței</b> cu flama oxyacetilenica; <b>Produse de la polizare sau sablare; Șlam cu Țunder; Șlam de la instalații de tratare a apei; Refractare uzate</b>
Laminare la rece/tragere	BLR (bandă laminată la rece) /Tabla/Produse trase	<b>Materiale re folosibile feroase</b> , rezultate în sector 6; <b>MP</b> de la instalații de captare; <b>Slam</b> de la decapare;Țunder; <b>Șlam de la instalații de tratare a apei</b>
<b>MP</b> - materiale pulverulente; <b>GF</b> - gaz de furnal; <b>LD</b> - Linz Donawitz; <b>CEA</b> – cuptor cu arc electric; <b>TC</b> – turnare continuă.		

În tabelul 3.1 se prezintă proveniența produselor primare și secundare/derivate din siderurgice [38].

În funcție de caracteristicile produsului derivat și stadiul cunoașterii dintr-o anumită perioadă, pentru produsele derivate se poate găsi o utilizare socială și atunci sunt denumite subproduse, sau nu justifică nici o utilizare, fiind depozitate și transmise la haldă, situația în care intră în categoria deșeurilor [29,36,38].

Datele prezentate în tabelul 3.1 au fost preluate din BREF-urile specifice fiecărui sector siderurgic, acestea având înscrise și valorile normale rezultate în producția industrială pentru fiecare „produs derivat”, inclusiv cota utilizată în prezent în activități de re-utilizare economică și respectiv cota din total produs derivat care nu și-a găsit încă utilizare, fiind dirijat către halda de deșuri.

O analiză a fiecărui producător, pe acest subiect, dacă nu s-a făcut până în prezent, este utilă (necesară/ba mai mult ar putea fi considerată obligatorie).

Înainte de a analiza unele aspecte legate de încadrarea ca - deșeu - sau - subprodus, este foarte util să se prezintă o grupare a produselor re folosibile feroase derivate după caracteristica materialului de bază și anume [29,36,38,40]:

**a) Produse Metalice:**

- împroșcări și antrenări de oțel;
- scoarțe;
- șutaje de la capetele laminatului la cald sau la rece;
- ajustările de margini, la unele produse plate;
- scurtături față de lungimea normată a laminatului;
- rebuturi, declasate, buclări (armonice) în producția de sârmă etc.

Terminologia generică pentru aceste tipuri de produse siderurgice derivate din fluxul siderurgic, este în literatura anglo-saxonă de „*internal scrap*” sau „*own scrap*”. În limba română, folosim termenul de “Material feros propriu pentru retopire” [36,38].

Diferențierea provenienței sursei de produs metalic, (importantă în procesul utilizării), devine mult mai ușoară, evitând confuziile între produsele metalice re folosibile noi, (în care se include materialul feros propriu) față de produsele metalice re folosibile vechi, care rezultă din colectarea părților metalice din construcții, mașini, instalații, (mai precis după finalizarea ciclului de viață a acestora) [29,36,38].

Pentru această categorie, denumirea în literatura anglo-saxonă este de „obsolete scrap” sau „capital scrap”, respectiv de „Post depreciation Scrap”. În limba română, folosim termenul de “Material feros recuperat pentru retopire”.

Produsele reutilizabile din grupa „post depreciation scrap”, în funcție de tipul echipamentului/instalației de unde provine, necesită o anumită pregătire înainte de a fi re-introduse în circuitul economic [29,36,38,40].

O categorie distinctă, o formează produsele metalice re folosibile rezultate din procesele de uzinare ale laminatelor la punerea acestora în operă. Termenul anglo-saxon consacrat acestor materiale metalice re folosibile este „Prompt Scrap” sau „Post-Production Scrap” [36,38].

Această categorie de produse metalice re folosibile, în cazul unei colectări îngrijite, necesită în scopul re - utilizării, o pregătire mai puțin laborioasă decât

produsul feros reciclabil rezultat din demolări sau dezmembrări, prezentat anterior. Pentru terminologia în limba română, propunem termenul “Material feros de uzinare pentru retopire”. Această categorie de materiale metalice recuperabile intră deasemeni în grupa materialelor recuperabile noi. La această grupă de materiale feroase, actuala denumire de fier-vechi, nu este adecvată [36,38].

Această prezentare a avut rolul de a arata că terminologia larg folosită în România doar de „fier vechi”, indiferent de sursa de proveniență, a constituit și constituie o sursă de confuzie în clasificarea corectă a acestor produse metalice re folosibile.

O încercare de soluționare a acestei situații, a fost prin standardul SR 6058-1 din 1999 cu denumirea de „Materiale feroase pentru retopire”. Nu s-a reușit generalizarea acestei denumiri și confuzia continuă. Este timpul ca situația să fie remediată.

#### **b) Produsele Oxidice**

- zgura, materialele pulverulente (MP);
- țunder, șlam, etc.

Reutilizarea acestora în fluxul siderurgic sau în exteriorul siderurgiei, a necesitat cercetări, în funcție de caracteristicile fiecărui produs.

Această grupă de produse oxidice feroase, reprezintă produsele feroase derivate cu încă cea mai mare cotă în prezența din halde/iazuri.

Criteriul de încadrare a materialelor metalice în deșeuri sau subproduse este reglementat de Directiva 2008/98/EC, prin Art. 3, care definește astfel deșeurile: "deșeuri" înseamnă orice substanță sau obiect pe care deținătorul le aruncă sau are intenția sau obligația să le arunce.

Însă acum deșeul este clasificat ca fiind un produs derivat al procesului de fabricație, pentru care într-o etapă dată nu s-a găsit o utilizare economică [36,38].

Dintre materialele metalice derivate specifice sectorului siderurgic, este evident că toate au o utilizare economică posibilă și pot fi reintroduse în fluxul tehnologic, deci nu pot fi încadrate în categoria deșeurilor.

Materialul metalic feros sau neferos rezultat din dezmembrări și demolări, se recuperează pentru retopire, și face parte din categoria “deșeu” deoarece nu rezultă din fluxul tehnologic al sectorului siderurgic, iar pregătirea acestei categorii de fier vechi pentru utilizare în operații de retopire este realizată de unități specializate după sortarea și pregătirea lui în anumite criterii calitative [36,38,40].

Acest fier vechi, denumit în literatura de specialitate „EoW( End of Waste) scrap”, încetează de a mai fi deșeu, devine deci, un subprodus. Se va comercializa în piață, ca marcă standardizată, în baza unui standard recunoscut, de ex. European Steel Scrap Specification; SR 6058-1 sau a unei specificații tehnice pe sortimente de fier vechi convenite între furnizor și utilizator.

Dintre materiale oxidice derivate specifice siderurgiei, astăzi, se poate afirma că doar o mică parte din acestea, nu și-au găsit re-utilizări economice integrale [38,40].

Poate fi încadrată în categoria “deșeu”, doar cota din produsul oxidic analizat, care nu se valorifică și este transmisă/depozitată la haldă.

În concluzie, majoritatea produselor siderurgice derivate se includ în grupa subproduselor, pentru care Directiva 2008/98/EC, prin Art. 5, aduce următoarele precizări:

(1) Pentru ca o substanță sau un obiect, care rezultă în urma unui proces de producție al cărui obiectiv principal nu este producerea acestuia, să nu fie considerat(ă) deșeu în sensul articolului 3 punctul 1, dar să fie considerat(ă) subprodus trebuie îndeplinite următoarele condiții:

- (a) utilizarea ulterioară a substanței sau a obiectului este sigură;
- (b) substanța sau obiectul pot fi utilizate direct, fără a fi supuse unei alte prelucrări suplimentare decât cea prevăzută de practica industrială obișnuită;
- (c) substanța sau obiectul, este produs ca parte integrantă a unui proces de producție;
- (d) utilizarea ulterioară este legală, și anume substanța sau obiectul îndeplinește toate cerințele relevante privind produsul, protecția mediului și protecția sănătății pentru utilizarea specifică și nu va produce efecte globale nocive asupra mediului sau a sănătății populației [38].

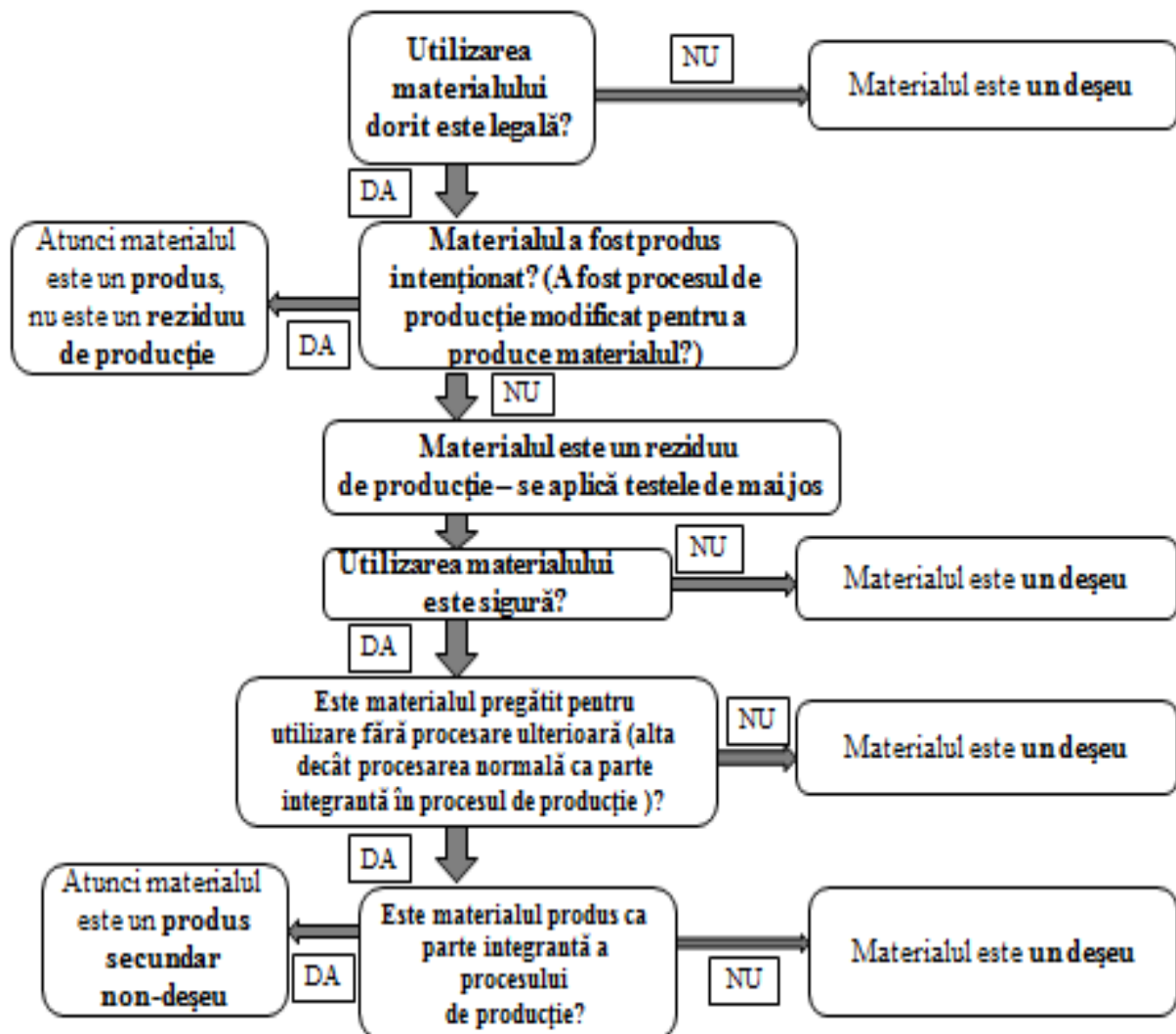


Figura 3.2. Graficul decizional deșeurii versus subproduse [38]

Procesul aplicabilității industriale a unui produs, este deci un proces dinamic, nu static.

Materialele metalice rezultate din casări/demolări/dezmembrări, se recomandă să se comercializeze ca deșeu.

Materialele oxidice, de tipul zgurei, ținderului, pentru care există o comandă certă de utilizare, sunt de asemeni subproduse, se recomandă să se comercializeze pe baza de comandă, încadrare calitativă într-o specificație tehnică convenită între părți și respectiv certificat de calitate [36,38,40].

### 3.2. Colectarea, depozitarea și pregătirea fierului vechi

Pe plan mondial, țările cu industrie metalurgică dezvoltată își asigură materia primă în proporție de 40 – 45% din deșeuri și metale vechi.

La colectarea, prelucrarea și livrarea **materialelor feroase**, o importanță deosebită prezintă cunoașterea compoziției chimice a fierului vechi respectiv a deșeurilor pentru separarea acestora în aliat și nealiat, precum și a sortării aceluiași aliat pe elemente de aliere (Mo, Cr, Cr+Ni, Cr+Mo, Cr+Ni+Mo, etc.) și a separării metalelor și aliajelor neferoase (Cu, Pb, Zn, Sn, Al, alamă, bronz, etc.) [15,31].

Pentru a se putea efectua operațiile de pregătire a fierului vechi și a deșeurilor provenite din materiale metalice, depozitele oțelărilor se dimensionează și se dotează cu instalații moderne de pregătire/procesare (instalații de tăiere cu flacăra, foarfeci, prese, zdrobitoare, mori de măcinat Shredder, instalații criogenice, etc.) [35,49].

Pentru ca operația de colectare a deșeurilor la producător/generator să aibă eficiență maximă din punct de vedere al reducerii riscului de impurificare prin evitarea oricărei posibilități de amestecare, la locurile de generare, deșeurile trebuie colectate în cutii, containere, boxe proprii și bene inscripționate cu tipul și compoziția chimică a fiecărui deșeu în parte.

Regulile de depozitare conform HG 856/2002 cu completările și modificările ulterioare se fac pe categorii și sorturi care trebuie respectate, atât la generatorul, colectorul cât și la reciclatorul final de deșeuri. La depozitarea finală a deșeurilor trebuie să se asigure condiții de maximă securitate pentru evitarea oricărei impurificări, fiind obligatorie depozitarea pe platforme betonate și se recomandă ca depozitele să fie închise și acoperite. Totodată, se impune organizarea unor depozite ecologice care să protejeze mediul înconjurător (evitarea poluării solului, apelor și a pânzei freatice, precum și a aerului) [9,35,49].

#### 3.2.1. Sortarea

Operația de sortare este necesară deoarece permite eliminarea metalelor neferoase nocive (cuprul, staniul, plumbul, zinc etc.), cât și sortarea pe tipuri de sortimente de oțel care datorită conținutului de elemente sunt utile în unele sortimente, dar care pot fi și dăunătoare în altele.

Operațiile de sortare după compoziția chimică diferă în funcție de sursa de proveniență a deșeului.

Dacă sunt depozitate corespunzător, deșeurile proprii (interne), colectate la locul de formare, nu necesită sortare. Cele din industria prelucrătoare (deșeuri de uzinare) sunt livrate sortate (nealiate și aliate, pe mărci de oțeluri), dar uneori pot fi amestecate. În acest ultim caz, sortarea este greu de realizat sau imposibilă,

elementele de aliere se pierd sau trebuie eliminate prin procese metalurgice suplimentare, dacă oțelurile care trebuie elaborate nu le au în compoziție [15,20,31,38].

Operațiunile de sortare se realizează de către operatori calificați, pe baza observațiilor vizuale sau prin utilizarea unei aparaturi adecvate.

**Selectarea după caracteristicile fizico-mecanice** are în vedere culoarea, greutatea, duritatea, sunetul, aspectul spărturii. Sortarea poate avea în vedere și aspectul exterior, forma și proveniența piesei.

După greutate, deșeurile feroase se pot sorta în funcție de masa volumică și metoda de procesare, astfel: [3,15,31]

- **fier vechi greu (masa volumică  $\geq 1700\text{kg/m}^3$ )**, destinat procesării prin spargere (soneta, dinamitare);

- **fier vechi greu (masa volumică  $\geq 1700\text{kg/m}^3$ )**, destinat tăierii (cu flacără sau cu foarfecă);

- **fier vechi mijlociu (masa volumică  $1300 - 1700\text{kg/m}^3$ )** destinat tăierii (cu flacără sau cu foarfecă);

- **fier vechi ușor (masa volumică  $800 - 1300\text{kg/m}^3$ )** pentru presare, balotare;

- **fier vechi foarte ușor (masa volumică  $\leq 800\text{kg/m}^3$ )** strunjituri și ștanțaturi pentru mărunțire, brichetare.

Sortarea deșeurilor se poate realiza mai ușor, după fragmentarea deșeurilor mixte pe utilaje de mărunțire (shreddere) cu mijloace performante automatizate.

O astfel de soluție este propusă de Japonia prin proiectul Shinseiko.

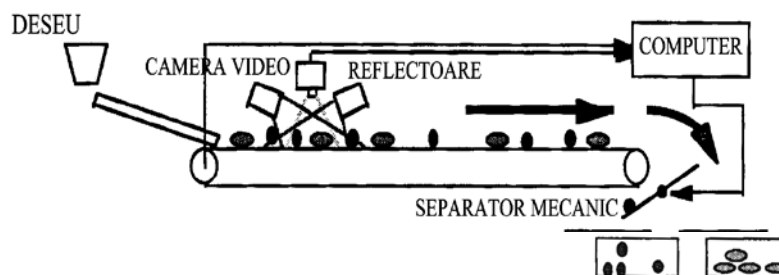


Figura 3.3. Sistem automatizat de recunoaștere și sortare a deșeurilor mixte [20]

Deșeurile mărunțite, transportate pe o bandă, sunt inspectate cu ajutorul unei camere video, la trecerea printr-o zonă puternic iluminată. Imaginea preluată și transmisă de aceasta, este analizată pe baza culorilor. Rezultatele analizei determină funcționarea într-un sens sau altul a unui mecanism simplu de sortare. Rezultatele testelor experimentale efectuate pe deșuri mărunțite provenite dintr-un motor electric, au demonstrat eficiența sistemului prin randamentul de separare a bucăților bogate în Cu (cu o culoare roșiatică diferită de cea a bucăților metalice feroase) care poate atinge maximul, tinzând spre 100% [20].

În multe cazuri, gabaritul și alcătuirea sub care se prezintă deșeurile, impun ca primă operație **dezmembrarea**. Operația se poate realiza manual (cu

productivitate mică), prin tăiere sau spargere. După dezmembrare, sortare și clasare urmează operațiile de pregătire propriu-zise a deșeurilor [20].

Frecvent în oțelăriile moderne pentru sortarea după compoziția chimică se utilizează stiloscopul.

### 3.2.2. Spargerea mecanică și spargerea pirotehnică

Sursele principale de fontă veche sunt piesele din fontă (batiuri, volanți, carcase, etc) din utilajele casate și utilajele de turnare (lingotiere, poduri de turnare, plăci de turnare, etc.) scoase din uz. Prelucrarea fontei vechi constă în mărunțirea prin spargere a acesteia, la dimensiunile corespunzătoare care să permită încărcarea în agregatul de elaborare.

Ca metode de mărunțire se folosesc: spargerea mecanică și pirotehnică.

Pentru spargerea mecanică sunt utilizate zdrobitoarele cu bilă de 1,5 t și înălțimea de cădere 5-8 m (sonete) și zdrobitoarele de mare capacitate cu bila de 10-20 t și înălțime de cădere de 15-25m, figura 3.11. sau figura 3.4. [15,16,20].

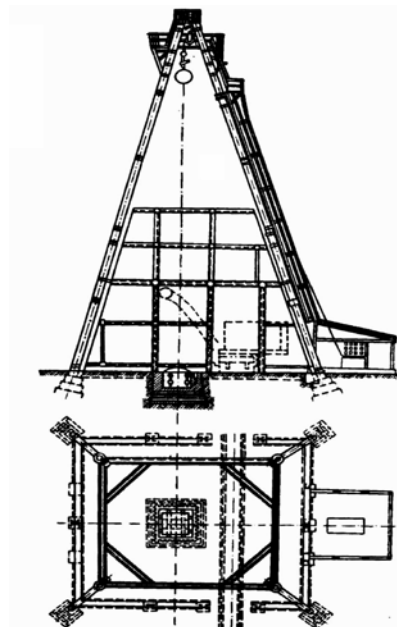


Figura 3.4. Sonetă pentru spargerea deșeurilor masive de fontă [16]

*Spargerea pirotehnică* este utilizată pentru dezmembrarea pieselor deosebit de grele din fontă (poduri de turnare grele, cilindri mari de laminor, lingotiere de peste 20 t, „urși din fontă”, etc.) și blocuri mari și grele din oțel solidificate în oală sau scurse și solidificate în groapa de turnare, precum și cilindrii de laminor. Piesele dezmembrate în bucăți mari sunt apoi mărunțite cu ajutorul zdrobitoarelor mecanice cu bilă. [16,20]

Metodele pirotehnice uzuale, pe plajă deschisă (mai puțin recomandată) sau în gropi de explozie amenajate special (blindate), prezintă pe lângă dezavantajele unei productivități reduse și a unui preț de cost ridicat, o serie de inconveniente cauzate de fenomenul de explozie (zgomot, trepidații etc.), ceea ce impune respectarea unor suprafețe de protecție de mare întindere (amplasate în mod obligatoriu în zone nelocuite).

Mai nou se practică spargerea pirotehnică în mediu lichid ( sub apă), ceea ce permite eliminarea dezavantajelor menționate anterior [16,20].

### 3.2.3. Tăierea

Pregătirea dimensională prin tăierea bucăților lungi sau plate de deșeuri se realizează în scopul obținerii unor dimensiuni care să permită fie manipularea mai ușoară, fie adaptarea dimensiunilor la necesitățile impuse de utilizarea lor (diametrul gurii convertizorului, respectiv diametrul benei cuptorului cu arc electric). Tăierea se poate realiza cu flacără oxi-acetilenică (oxi-gaz) sau cu foarfeci [54].

#### Tăierea cu flacără

**Tăierea cu flacără oxi-acetilenică** este recomandată în cazul deșeurilor de dimensiuni mari, cu grosimi și rezistențe superioare celor admise la tăierea cu foarfeci ghilotină. Operația necesită multă manoperă și consum mare de oxigen și are productivitate redusă (5-8t/om și schimb) [11, 15,16,54].

Tăierea cu flacără se bazează pe principiul de ardere a metalelor cu oxigen tehnic și se realizează la fierul vechi, pentru grosimi de peste 10-12 mm. Este important ca temperatura de aprindere a metalului în mediu de oxigen să fie mai mică decât temperatura lui de topire, pentru ca metalul să ardă și nu să se topească, ceea ce presupune ca temperatura de topire a oxizilor să fie mai mică decât temperatura de topire a metalului însuși [2,15,34,54].

Compoziția chimică a materialului feros are importanță deosebită, influențând direct procesul de tăiere. Astfel, la oțelurile cu conținut de carbon de peste 0,7%, procesul de tăiere se înrăutățește, iar la conținut de 1-1,2%C tăierea devine imposibilă [2,15,54].

Pentru obținerea unei flăcări cu temperatură înaltă, la tăierea în atmosferă de oxigen se folosește gaz.

Tăierea unor deșeuri masive se poate realiza cu o lance injector cu oxigen, care constă într-o țevă de oțel prin care se suflă oxigen, iar cu aceasta se realizează perforarea metalului. Țeava are rol de injector și se consumă pe măsura tăierii [2,15,16].

Tăierea metalelor sub apă se realizează pe principiul de tăiere electrică cu electrozi cu canal, prin care se suflă oxigen.

Tehnologia de tăiere cu flacără diferă în funcție de forma deșeurii, dacă este vorba de profile rotunde, șină, profile I, T sau laminate plate [2,15,16].

**Tăierea cu plasmă, respectiv cu laser** este frecvent utilizată în domeniul construcțiilor metalice, mai precis la debitarea tablelor și profilelor, procesul fiind complet automatizat, dar în operațiile de pregătire a fierului vechi nu s-au extins din considerente economice [54].

#### Tăierea cu foarfece

În funcție de caracteristicile materialului care urmează a fi tăiat, se alege tipul de foarfece.

**Tăierea cu foarfece de tip aligator** are productivități mai ridicate, 30 – 50 t/schimb (în funcție de utilaj) la o alimentare continuă cu deșeuri de forme regulate



(bare, oțel beton, profiluri ușoare și mijlocii, țevi subțiri, etc.) și lungimi mici, pentru a putea fi manevrate manual [15,16,31].

**Tăierea cu foarfece ghilotină** se poate grupa în mai multe clase funcție de forța de tăiere (3000 la 20.000kN). Un inconvenient major al mărunțirii cu foarfecele ghilotină a fierului vechi ușor, de exemplu cel provenit de la caroseriile auto, îl reprezintă masa volumetrică scăzută obținută pentru materialul tocat (800–900kg/m<sup>3</sup>).

Aceasta se datorează în primul rând masei volumetrice inițiale a materialului colectat (400–600kg/m<sup>3</sup>) și lățimii mari de tăiere. Foarfecele ghilotină modern are posibilitatea precomprimării suplimentare a materialului înainte de tăiere, reducând până la jumătate lățimea de tăiere și obținându-se astfel un material cu o masă volumetrică mărită (1.000–1.300kg/m<sup>3</sup>) [16,20,31].



Figura 3.5. Foarfece ghilotină mecanic



Figura 3.6. Foarfece hidraulic

**Foarfecele hidraulice** sunt de înaltă productivitate și sunt destinate tăierii tablei de grosime mare și profile de mare dimensiune. Există dispozitive de prindere a piesei care este supusă tăierii, benă de încărcare basculantă, cutie de prelucrare a materialului tăiat, toate acestea fiind părți componente a piesei de tăiat [16,20,39].

Foarfecii de tăiere existenți în lume se pot grupa în funcție de forța de tăiere, astfel: 3000-5000kN, 7000kN, 10000-12000KN, 13000-20000KN, cu productivitate de 15-20t/h cu 2,5 tăieturi pe minut.

Principiile constructive de bază sunt în general aceleași:

- o cuvă de primire a materialului;
- un sistem de pistoane hidraulice care permit precomprimarea materialului înainte de tăiere, împingerea acestuia după precomprimare în orificiul de tăiere și fixarea acestui material cu un papuc de presare înainte de coborârea cuțitului sau concomitent cu coborârea acestuia;
- un sistem de pistoane hidraulice care acționează cuțitul ghilotinei de tăiere;
- o încăpere pentru centrala hidraulică;
- cabina de comandă.

Pentru alimentare se utilizează macaralele pe șenile sau podurile rulante.

Pentru manipularea materialului se folosesc graifăre polip (cu 6 gheare) sau plăci electromagnetice figura 3.10 sau figura 3.7.( $\phi 1200-2000\text{mm}$ ) în funcție de structura materialului [16,31].



Figura 3.7. Utilaje pentru manipularea fierului vechi: a) graifer polip; b) graifer cu placă electromagnetice

Evacuarea materialului tăiat (200-250t/zi) impune de asemenea o organizare și o dotare corespunzătoare cu utilaje de manipulat. Rezolvările sunt diferite având ca factor comun prezența unei gropi de primire, în care materialul debitat se adună formând un stoc tampon din care este apoi încărcat în mijloacele de transport utilizate pentru expediere.

Evacuarea materialului din groapa de primire se face cu ajutorul macaralelor la sol sau a podurilor rulante dotate de obicei cu plăci electromagnetice deoarece materialul greu, tocat, se pretează foarte bine la a fi astfel manipulat. Există posibilitatea amplasării utilajului de tăiat la o înălțime suficientă astfel încât materialul tăiat să poată ajunge alunecând pe un jgheab direct în vehiculul de transport sau posibilitatea amplasării unei benzi transportoare cu ajutorul căreia materialul tăiat să fie transportat direct în vehiculul de transport [16,20].

### 3.2.4. Balotarea. Pregătirea deșeurilor feroase ușoare

Balotarea manuală în special a deșeurilor de tablă subțire și sârmă etc., utilizată la început, avea mai mult ca scop obținerea unor condiții mai avantajoase de manipulare și transport (din aceste considerente este justificată utilizarea acestora în ateliere de prelucrare a aliajelor metalice de capacitate 1000t/an). Metoda prezintă o eficiență extrem de scăzută și nu poate fi luată în considerare într-o activitate industrială de pregătire a deșeurilor feroase.

Referitor la presele mecanice, acestea au forțe de presare limitate, au o extindere mică, fiind utilizate cu același scop ca cele manuale, dar în întreprinderi mai mari.

Prin introducerea preselor hidraulice de balotat s-a realizat saltul calitativ corespunzător cerințelor.

*Balotarea deșeurilor ușoare* feroase se face cu prese hidraulice, cu forțe de presare cuprinse între 1.000 și 16.000kN, cu trepte intermediare de 2.500, 4.000 și 10.000kN. Există și realizări de excepție cu forțe de presare de peste 35000kN, cu care se pot obține pachete (baloți) de 4000kg/m<sup>3</sup>, dar care au o răspândire mai mică [2,15,16].

Cel mai frecvent utilizate sunt presele de 4000kN și 10.000kN cu care se pot obține pachete/baloți cu greutatea specifică de 1000-3000kg/balot, o masă volumică de 1500-3000kg/m<sup>3</sup> și cu o productivitate de 10-20 baloți/h figura 3.8.



Figura 3.8.Presa de balotat fier vechi ușor

Având în vedere masa volumică foarte redusă a acestor deșeurii în stare nepregătită, presele hidraulice sunt prevăzute cu cuve de alimentare de mari dimensiuni.

Ca utilaje folosite pentru alimentarea preselor hidraulice se folosesc podurile rulante echipate cu graifer polip, precum și macarale la sol, primele având o utilizare mai extinsă dat fiind necesitatea deservirii unei suprafețe mari de depozitare, impusă de masa volumică mică a deșeurilor feroase nepregătite, ceea ce conduce la o valoare redusă pe unitatea de depozitare.

Cu ajutorul unor pistoane acționate de pompe hidraulice, materialul introdus în cuvă, este comprimat succesiv pe cele trei direcții până la dimensiunile finite ale balotului, după care acesta este expulzat pe gura de evacuare. Aceste prese pot prelucra și strunjituri lungi, până la 15-18% din masa materialului pregătit. În acest caz se pot asigura pachete compacte care nu se desfac la manipulare [1,2,15,16]. Balotarea se poate realiza la rece sau la cald. În cazul balotării la cald, deșeurile se încălzesc până la 700–850°C, temperaturi la care are loc și eliminarea unor componente nedorite precum apa, uleiurile etc [2,3,15,16].

Presele hidraulice sunt utilaje care dispun de instalații conexe foarte complexe și sunt compuse din următoarele.

### 3.2.5. Prelucrarea așchiilor metalice

Pentru prelucrarea așchiilor feroase ca primă operație de pregătire se poate considera sortarea acestora în așchii lungi (peste 50 mm) și scurte (sub 50 mm) cu ajutorul unui tambur rotativ prevăzut cu găuri și așezat în poziție înclinată.

Așchiile mărunte pot fi utilizate ca atare sau pot fi brichetate cu ajutorul utilajelor de presare la cald având productivități de 1,5-2,5 t/h. Brichetele astfel realizate au o masă de 2-40 kg/buc., în funcție de tipul utilajului și o masă volumică de cca. 5000 kg/m<sup>3</sup> și se pot utiliza în bune condiții în încărcătura cuptoarelor.



Figura 3.9. Instalație de brichetare așchii metalice

Așchiile lungi pot fi utilizate (cele din oțel moale în special) într-o proporție de până la 20% în amestec cu deșeurile feroase ușoare, la formarea de pachete cu ajutorul preselor hidraulice de balotat, iar în rest se mărunțesc cu utilaje speciale.

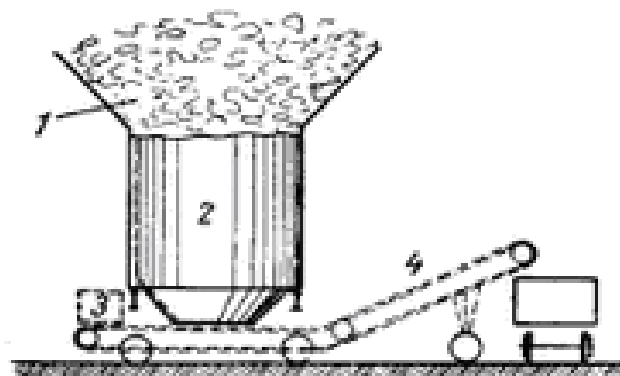


Figura 3.10. Instalație pentru ars așchii [1,15,16].

1 – așchii; 2 – cilindru pentru ardere; 3 – rezervor de apă cu argilă; 4 – bandă transportare

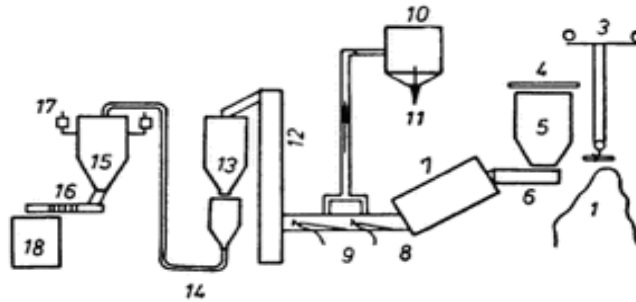


Figura 3.11. Instalație de prelucrare a șpanului de fontă [52,53]

1 – șpan neprelucrat; 2 – disc magnetic; 3 - pod rulant; 4 – ciur; 5 – siloz de depozitare; 6 – alimentator; 7 – cuptor de uscare; 8,9 – benzi de răcire; 10 – siloz; 11 – bandă de evacuare; 12 – elevator; 13 – siloz pentru șpan uscat; 14 – transportor pneumatic care duce șpanul la cuptor; 15 – siloz pentru primire și cântărire; 16 – dozator; 17 – instalație de cântărire; 18 - cuptor cu inducție.

Așchiile pot fi supuse unei operații de ardere în scopul îndepărtării resturilor de ulei figura 3.10. [1,15,16].

Șpanul din fontă se utilizează de regulă în încărcătura cuptoarelor electrice cu inducție la elaborarea fontei, trebuie prelucrat și pentru micșorarea gradului de oxidare.

După aceste operații, conținutul de oxizi în șpanul uscat scade la 0,1-1,5%, figura 3.11.

### 3.3. Procesarea (Metoda Schredder) fierului vechi provenit din casarea autovehiculelor

#### 3.3.1. Considerații tehnice generale

Ciclul de viață al unui automobil încadrează multe alte sectoare industriale importante: cel al petrolului, oțelului, aluminiului, chimicale, fibre sintetice, sticlă și electronică. De asemenea, industria de automobile este singura care a făcut pași în extinderea responsabilității ecologice ale produselor proprii încă din stadiul de proiectare și până la scoaterea din uz ale acestora. Deoarece stadiul de uz al automobilelor este o sursă semnificativă de impact ecologic, stadiu care se estimează a utiliza 80-90% din energia totală, industria de automobile are ca scop particular focalizarea asupra acestui stadiu. Standardele de eficiență al combustibilului și standardele privind emisiile, au fost motivele pentru realizarea unor îmbunătățiri privind performanțele ecologice ale produsului în stadiul de uz.

Un aspect critic în tehnologia de menținere este rezervarea resurselor. În context industrial, putem distinge două categorii largi de resurse: materiale și energie. O cale de conservare a resurselor este **reciclarea**. Acest caz subliniază unele puncte de vedere și munca în reciclarea automobilelor.

În Europa, fabricanții de autovehicule au fost puși în situația să investigheze posibilitatea reciclării propriilor mașini scoase din uz, pentru evitarea deșeurilor. Scăderea spațiilor de depozitare a deșeurilor (rampe de colectare) în Europa, se datorează legislației drastice referitoare la stadiul de scoatere din uz al unui produs la sfârșitul ciclului de viață al acestuia (reutilizare/reciclare) [42].

Din punct de vedere ecologic această secvență a fazelor de proces este un sistem de tratare a deșeurilor, iar din punct de vedere economic se încearcă obținerea unui profit din activitățile de recuperare de componente și materiale.

### 3.3.2. Procesarea autovehiculelor scoase din uz

Momentan concasorul (Shredder)/moară cu ciocane oferă soluția economică cea mai bună pentru recuperarea materialelor feroase, prin zdrobirea vehiculelor uzate în mici bucăți, pentru a putea fi recuperate apoi cu ajutorul diverselor tehnologii (ex. separare magnetică). Dar pe lângă avantajele pe care le oferă acest sistem, aceasta are și dezavantaje, mai precis, problema reziduurilor ce rămân în urmă numite ”reziduuri automotiv”, care consistă din fragmente mici de diferite materiale, ex.: sticlă, plastice, cauciuc, vopsea, etc. Sistemul curent, practicat și în România cuprinde următorii pași [43]:

- predarea autovehiculului de către ultimul proprietar la baza de colectare;
- dezmembrarea;
- concasarea și recuperarea metalelor.

Fluxul tehnologic de procesare a autovehiculelor scoase din uz este prezentat în figura 3.20. sau figura 3.12. Sistemul este condus de valoarea componentelor și valoarea deșeurilor de metale ale vehiculelor uzate. Acest sistem a devenit unul foarte flexibil datorită fluctuațiilor prețurilor componentelor și materialelor de pe piață, pentru a răspunde întotdeauna rapid cerințelor. Acest sistem este unul foarte complex, din care fac parte mulți agenți economici.

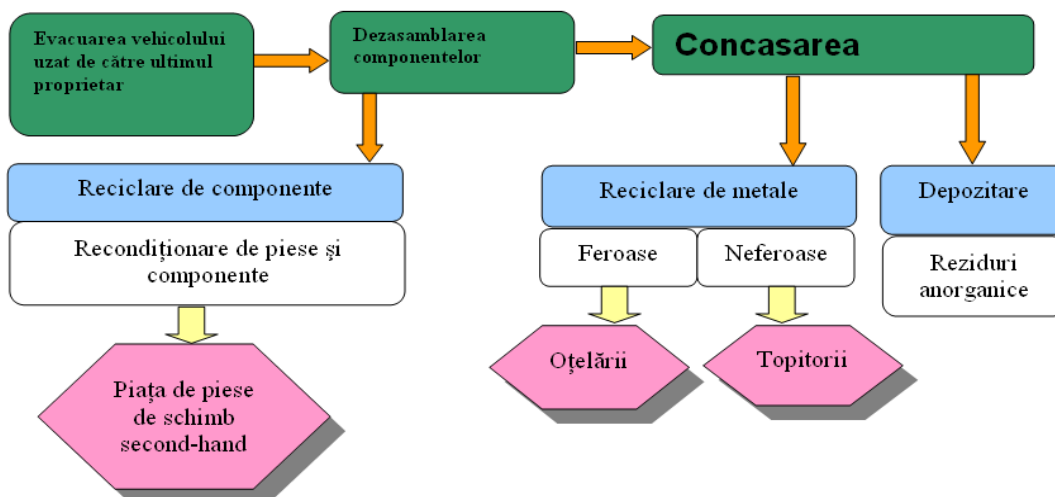


Figura 3.12. Fluxul de procesare al autovehiculelor la sfârșitul ciclului de viață

O etapă obligatorie în fluxul de procesare o constituie dezmembrarea, dar implică îndepărtarea celor mai valoroase componente sau a părților componente pentru care există cerere în vederea reutilizării sau recondiționării pe de o parte, iar pe de altă parte pentru ușurarea proceselor de măcinare. În acest sens se demontează următoarele componente: uși, capote, scaune, roți (oțel/aliaje nemetalice); motorul, cutia de viteze, carburator, alternator, faruri, anvelope, radiator, baterie, rezervor, cablurile, conducte circuit frânăre.

Următorul pas în sistemul de tratarea a vehiculelor uzate este cel al

recuperării materialelor feroase și neferoase. Acest proces este efectuat în câteva faze: concasarea vehiculelor uzate, separarea magnetică a materialelor feroase și separarea metalelor neferoase.

În prima fază epava este introdusă în concasor pe un sistem cu bandă transportoare, după care în câteva secunde este transformată în mici fragmente de un concasor cu ciocane, aceasta făcând posibilă separarea componentelor feroase și neferoase.

Următorul pas este recuperarea fontei și a oțelului prin separare magnetică. Prin acest proces se estimează că se recuperează în prezent mai mult de 95% de metal feros dintr-un vehicul.

Faza finală este cea de recuperare a fragmentelor neferoase din ceea ce a rămas în urmă. Pentru acestea sunt necesare câteva tehnici de separare, de multe ori combinații ale acestora, care se bazează pe proprietățile fizice ale materialelor, ca și magnetism, inducție, densitatea relativă. Cu asemenea tehnologii mai mult de 90% din fragmentele de aluminiu pot fi recuperate. Alte metale neferoase sunt recuperate mai puțin eficient. Rezidurile în urma acestor procese nu pot fi mai mult separate, ele trebuie incinerate sau depozitate pe rampe de deșeuri.

După întregul proces rezultă următoarele procente de materiale: 4% metale neferoase, 65% deșeuri feroase și între 25-31% reziduri. Această ultimă valoare a cantității de reziduri este discutabilă deoarece depinde mult de tipul de automobil (cele mai noi au un conținut mare de materiale plastice față de cele vechi), dar conform majorității surselor momentan 75% din greutatea unui vehicul uzat este reciclabil și 25% rămâne ca și deșeu. Aceste reziduri (în urma concasării) se numesc *reziduri automotive* ("automotive shredder residue" sau "fluff") și în prezent ele sunt depozitate sau incinerate.

Un scop important este mărirea reciclabilității automobilelor, adică cum să fie aleasă compoziția de materiale ale unui automobil în stadiul de design astfel încât să se ajungă la scăderea deșeurilor nereciclabile. Mai mult decât atât, aceste reziduri reprezintă un cost semnificativ pentru firmele de concasare din mai multe motive. În primul rând, costurile de depozitare pe rampe de gunoi cresc datorită scăderii capacității acestora. Aceste costuri variază de la o țară la alta și se estimează a fi în creștere mai ales pentru depozitarea rezidurilor industriale. Un alt motiv este cel al conținutului mare de materiale nemetalice incluzând și pe cele plastice în epava VU. Aceste materiale nu numai că măresc costurile de depozitare ci și prin înlocuirea materialelor metalice ele scad veniturile acestor firme datorită substituirii metalelor.

Metoda cea mai efektivă de a reduce cantitatea de material dintr-un automobil care va ajunge depozitat pe un spațiu de colectare al deșeurilor este schimbarea metodei de proiectare ale acesteia. Vehiculele trebuie proiectate astfel încât îndepărtarea componentelor re folosibile, a materialelor care pot fi reciclate să se facă cât mai ușor și să fie posibilă o cât mai ușoară sortare ale acestora pe materialele componente de bază. De asemenea, să fie redusă cantitatea de materiale greu reciclabile. Desigur orice schimbare de proiectare nu va avea un efect instantaneu ci numai după o perioadă egală cu ciclul de viață al autovehiculului respectiv (20-25 de ani). Provocarea imediată este cea de căutare a unor metode

economic fiabile - care au un sens ecologic pentru a recicla vehiculele existente și de a reduce cantitatea de autovehicule și componente uzate ale acestora care vor ajunge în spațiile de depozitare ale deșeurilor.

Dificultatea revalorificării autovehiculelor scoase din uz constă în complexitatea materialelor care alcătuiesc autovehiculul.

Recuperarea acestor deșeuri pune o serie de probleme dificil de rezolvat și anume:

- transportul autovehiculelor casate la bazele de prelucrare;
- dezmembrarea acestora și sortarea materialelor componente;
- metode de prelucrare (mărunțire, pachetare) cu asigurarea condițiilor de calitate a materialului prelucrat, impuse de consumatori.

Companiile producătoare de echipamente pentru sortarea și reciclarea deșeurilor investesc permanent în cercetare și inovare pentru elaborarea unor echipamente cât mai performante și cu costuri de întreținere și mentenanță cât mai reduse care să corespundă cerințelor tot mai restrictive impuse atât din punct de vedere al legislației pentru protejarea mediului înconjurător cât și de competitivitatea companiilor din sectorul colectării și reciclării care au ca obiective optimizarea costurilor și randamente cât mai ridicate.

Ca urmare a competitivității și a cerințelor tot mai exigente marile companii investesc continuu în producția unor echipamente de mari dimensiuni cât mai performante care combină înalta performanță și caracteristici de întreținere cât mai reduse pentru a satisface cerințele pieței.

O astfel de companie este Granutech-Saturn Systems din Statele Unite ale Americii care are o experiență de 50 de ani în designul și confecționarea echipamentelor de uz industrial pentru reciclarea și sortarea deșeurilor. Are canale de distribuție la nivel global prin distribuitori și manageri de vânzări pentru a asigura consultanță permanentă clienților săi, are o gamă largă de echipamente de mari dimensiuni pentru uz industrial care satisfac cele mai mari cerințe ale utilizatorilor din domeniu. Aceste echipamente au un design inovativ și sunt proiectate pentru atingerea obiectivelor de maximă eficiență și optimizare a costurilor de prelucrare și transformarea deșeurilor în materie primă secundară cu un preț de producție cât mai performant [57].

Transportul la bazele de prelucrare a autovehiculelor casate și în special a carcaselor acestora (voluminoase și ușoare) solicită în mod neeconomic vehiculele de transport. În acest sens s-au realizat utilaje de presare mobile care se deplasează la punctele de colectare și printr-o operație de aplatizare formează, din carcasa auto, pachete de mari dimensiuni care permit o încărcare mai eficientă în vehiculele de transport, contribuind astfel la reducerea cheltuielilor de transport.

Un astfel de echipament mobil de presare și/sau balotare ideal pentru reciclarea automobilelor care se deplasează la locația beneficiarului este prezentat în figura 3.13. MAC Magnum Logger produs de Granutech-Saturn Systems Ltd, este echipat cu macara mobilă, are o capacitate de încărcare de 5800 kg [57].

Din dezmembrarea unui autoturism Dacia rezultă materialele prezentate în tabelul 3.2.(882,5 kg) rezultă: 654,8kg fier 74,20%; 42kg aluminiu 4,76; 6,8kg cupru 0,77%; 10,3kg plumb 1,16%, 112,9kg mase plastice 12,79%; 33kg sticlă



3,74%; 3kg textile 0,34%; 5,5kg carton/hârtie 0,625%; 5,5kg uleiuri minerale 0,625%; 5,5 kg antigel), 0625%; 0,5kg lichid de frână 0,057%; 2,1kg lichid spălare parbriz 0,24%; 0,6kg freon 0,0680 [57,58].



Figura 3.13. Macara mobilă pentru reciclarea automobilelor care se deplasează la locația beneficiarului

Tabelul 3.2. Materiale rezultate din dezmembrarea unui autoturism Dacia

Nr.crt	Denumire material	Kg	%	Nr.crt	Denumire material	Kg	%
1	Feroase	654,8	74,20	8	Carton/hârtie	5,5	0,625
2	Aluminiu	42	4,76	9	Uleiuri minerale	5,5	0,625
3	Cupru	6,8	0,77	10	Antigel	5,5	0,625
4	Plumb	10,3	1,16	11	Lichid de frână	0,5	0,057
5	Mase plastice	112,9	12,79	12	Lichid spălare parbriz	2,1	0,24
6	Sticlă	33	3,74	13	Freon	0,6	0,068
7	Textile	3	0,34				
Total 882,5Kg; Total 100%							

Dezmembrarea autovehiculelor casate presupune o manoperă importantă de sortare, impusă de recuperarea materialelor neferoase și de pregătirea materialului feros pentru prelucrarea ulterioară. Sortarea manuală este insuficientă [57].

În figura 3.22. și figura 3.14. este prezentat schematic procesul de tocare. Metoda Shredder - conform acestei tehnologii caroseriile auto rezultate după îndepărtarea motorului, radiatorului, cauciucurilor, rezervorului de benzină și a transmisiei, sunt trecute printr-o moară cu ciocane (30-50 ciocane de câte 110-360 kg fiecare) care se rotesc cu 120 m/s și sfărâmate în bucăți cu dimensiuni între 1,5-15 cm.

Fragmentele obținute trec peste un separator magnetic, părțile din metale neferoase putând fi colectate separat. Fragmentele din oțel sunt trecute în continuare printr-un cuptor în care sunt arse impuritățile din materiale neferoase (acoperiri metalice și nemetalice, vopsea). De la această instalație se poate obține, după prelucrare un material feros cu o masă volumică de până la 1500 kg/m<sup>3</sup> și cu un conținut de elemente de impurificare sub limitele prevăzute de normele pentru utilizarea deșeurilor în oțelării.

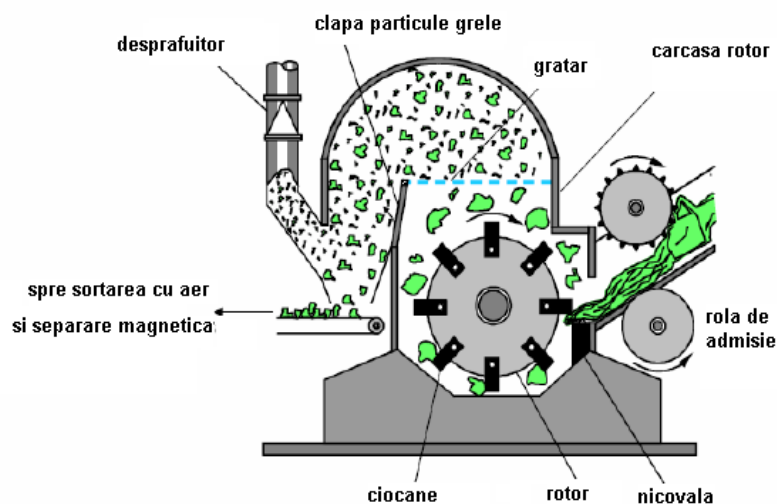


Figura 3.14. Moara tocătoare cu ciocane pentru vehicule scoase din uz [57,58]

De aceea, în unele țări acestea au fost clasificate ca fiind deșeuri periculoase și au stabilit controale legislative. Nu există foarte multe informații disponibile cu privire la apariția de dioxine (PCDD/PCDF) în procesul de tocare.

Moara de tocare – folosită pentru tocarea VSU, dar și pentru tocarea altor

materiale – rupe materialul cu ajutorul unor ciocane mari, atașate unui rotor. Capacitatea acestora poate ajunge la 6.000 CP [57,58].

Aceste mașinării sunt adecvate pentru procesarea materialelor precum pivoți feroși și neferoși, canistre de aluminiu, deșeu de aluminiu, deșeuri feroase precum foi de fier, automobile, alături de materiale nemetalice precum ceramice, cărbune, calcar, cărămidă refractară, asfalt și țiglă.

Acestea se folosesc în general în depozite de deșeuri, instalații de recuperare, rafinării și topitorii.

Moara de tocare mărunțește materialele introduse, separă materialele feroase și neferoase, folosind echipamente de procesare „în aval” precum magneți, sisteme de curățare și medii dense de separare.

Sistemul de tocare este alcătuit din patru părți diferite: acționarea tocătorului (motorul), transportatorul de alimentare, dispozitivul de alimentare și tocare și sistemul de curățare în aval [16,57,58].

Metoda criogenică - se bazează pe faptul că oțelul, răcit la o temperatură foarte scăzută, devine casant (spre deosebire de materialele neferoase) ceea ce permite o separare a acestora. Instalația se compune dintr-o presă de balotat, un tunel de răcire și un “Shredder”. Pachetele sunt realizate din carcasele auto, fără o prealabilă operație manuală de îndepărtare a metalelor neferoase. După presare, aceste pachete sunt trecute în tunelul de răcire. Răcirea se face în două etape: cu azot gazos, în prima zonă a tunelului obținându-se o răcire a pachetului la  $-7^{\circ}\text{C}$  și cu azot lichid, în cea de-a doua zonă a tunelului, obținându-se în final o temperatură a pachetului de  $-120^{\circ}\text{C}$ . După răcire pachetele sunt împinse pe o cale cu role la tocare “Shredder” unde sunt sfărâmate.

Metalele neferoase în proporție de 90% sunt colectate separat, iar materialele feroase în proporție de 84% cu 15% impurități (materiale textile, cauciuc, ulei, materiale plastice) și cu 1% neferoase sunt colectate la un separator magnetic. Materialul feros obținut are o masă volumică de  $2000\text{-}3000\text{kg/m}^3$ , dimensiuni până la 30 mm și o puritate deosebită.

Prin îmbunătățirea procesului tehnologic de răcire ca urmare a menținerii temperaturii pachetului la  $-90^{\circ}\text{C}$  se poate obține și o separare a oțelului carbon de oțelul aliat. Consumul de azot lichid este de 0,3 l/kg de oțel mărunțit la “Shredder”.

Productivitatea instalațiilor de tocare “Shredder” dotate cu tunele de răcire crește de 2,5 ori iar costul prelucrării se reduce cu 40-60% față de instalațiile “Shredder” obișnuite [16,57,58].

## **PARTEA II**

**CERCETĂRI ȘI REZULTATE EXPERIMENTALE PRIVIND  
INFLUENȚA STRUCTURII (COMPONENTEI) ÎNCĂRCĂTURII  
CUPTOARELOR CU ARC ELECTRIC ASUPRA  
CONSUMURILOR SPECIFICE DE METAL, ENERGIE,  
ELECTROZI ȘI A POLUĂRII MEDIULUI**

## CAPITOLUL 4

### CERCETĂRI PRIVIND INFLUENȚA STRUCTURII ÎNCĂRCĂTURII ASUPRA SCOATERII DE METAL

#### 4.1. Analiza structurii încărcăturii cuptoarelor cu arc electric de tip E.B.T.

##### 4.1.1. Considerații tehnologice

Revoluția tehnică pe care o cunoaște societatea umană, solicită materiale din ce în ce mai rezistente, sigure în exploatare, care să poată fi obținute în condiții competitive, calitative și economice.

Dintre materialele folosite în construcția de utilaje, aparatură, mijloace de transport, etc., oțelurile ocupă încă locul predominant, fiind materiale care pe lângă proprietățile foarte variate și la valori mari, prezintă avantajele că se obțin la costuri mai mici, au o durabilitate mare de exploatare și pot fi reciclate în proporție de 100% [2,3,4,5,69,71].

Pentru micșorarea greutateii construcțiilor (industriale, utilaje, mașini, mijloace de transport etc.) și pentru imobilizarea unor cantități de oțel mai mici în construcții cu durată mare de exploatare, oțelurile nealiatate tind să fie înlocuite din ce în ce mai mult cu oțeluri carbon de calitate, slab și mijlociu aliate [69,71,73].

Dezvoltarea tehnică a determinat însă și creșterea în măsură mare a surselor de "fier vechi", prin scoaterea din funcțiune a mașinilor, utilajelor, instalațiilor, construcțiilor metalice, mijloacelor de transport etc., uzate fizic și moral și prin cantități mai mari de resturi tehnologice de fabricație (ca urmare a creșterii producției, chiar dacă scoaterea de metal a crescut, ca urmare a perfecționării tehnologiilor de elaborare și turnare aplicate în practica curentă), ceea ce determină ca oțelul să fie elaborat în mare măsură din "fier vechi". Prin reintroducerea în circuitul productiv a fierului vechi, se recirculă nu numai fierul, ci și elementele de aliere și cele dăunătoare. De aceea, în oțeluri, pe lângă elementele prescrise, care au menirea de a asigura calitatea oțelului solicitată de cerințele de utilizare, ajung și elemente străine, cunoscute de regulă ca "reziduale". Deoarece orice element chimic poate fi atât "element de aliere" (cu excepția manganului și siliciului, care în oțelurile carbon se găsesc ca "elemente însoțitoare", în concentrație de sub 0,80%Mn, respectiv sub 0,50%Si) în unele oțeluri, cât și element rezidual, în altele, având în vedere influența pe care acestea o au asupra proprietăților [69,71,73]. Limitele privind conținutul elementelor se prezintă în tabelul 4.1.

În prezent pentru elaborarea oțelului prezintă interes convertizoarele cu oxigen și cuptoarele cu arc electrice [3,4,69,71,73].

Dezvoltarea agregatelor de mare productivitate pentru fabricarea oțelurilor, convertizorul cu oxigen și cuptorul cu arc electric de foarte mare putere specifică, a permis să se demonstreze că unele faze ale procesului de elaborare a oțelului, cum sunt dezoxidarea și alierea frânează sau anulează efectul economic al proceselor

intensive de topire și afinare, care se desfășoară în agregatele de mare productivitate, cu ajutorul oxigenului [1,2,69,71,73].

Tabelul 4.1. Limitele minime pentru elementele de aliere [2,3].

Element	% min	Element	% min	Element	% min	Element	% min	Element	% min
Al	0,10	Co	0,10	Ni*	0,30	Si	0,50	V**	0,10
Bi	0,10	Cu*	0,40	Nb**	0,05	Te	0,10	Zr**	0,050
B	0,008	Mn	0,80	Pb	0,40	Ti**	0,05	La	0,05
Cr*	0,30	Mo*	0,08	Se	0,10	W	0,10	Alte***	0,05
* Dacă elementele se găsesc în combinație cu unul sau mai multe elemente din oțelul considerat se apreciază în același timp: fiecăruia în parte și conținutul în ansamblu, care trebuie să fie egal cu 70% din suma limitelor indicate pentru fiecare element.									
** Regulile prezentate mai sus se aplică și pentru combinațiilor acestor elemente.									
*** Fără să se considere: C, P, S, N, O.									

Pentru obținerea efectelor economice competitive, transferul în afara agregatelor de elaborare a acestor operații tehnologice, a fost o soluție tehnologică foarte bună, mai ales că a fost cuplată cu turnarea continuă.

În aceste noi condiții tehnologice, o importanță deosebită are structura și calitatea încărcăturii metalice, atât sub aspectul compoziției chimice, provenienței acesteia, cât și gradul de pregătire a încărcăturii [3,4,5,69,71].

#### 4.1.2. Cadru experimental

Având în vedere cele prezentate anterior, pentru analiza structurii încărcăturii s-au urmărit un număr de 98 de șarje de oțel elaborate la o oțelărie electrică, echipată cu un cuptor cu arc electric tip EBT, cu o instalație de procesare în oala LF (Ladle-Furnace) și o instalație de turnare continuă cu 5 fire, semifabricatele turnate fiind blumuri, țagle și profile rotunde [3,4,69,71].

Parametrii urmăriți la cele 98 de șarje de oțel destinat producerii țevilor au fost:

- componentele încărcăturii metalice: fier vechi clasele E1, E3, E5, E100, scoarțe feroase din interior și din comert, reciclări interne și din casări;
- materialele auxiliare pentru formarea zgurii: var, var dolomitic, dolomită, bauxită, material spumant, cocs, TopexCa, Topex;
- adaosuri pentru procesul de afinare: var, grafit, carbon suflat prin injectoare, oxigen suflat prin injectoare, oxigen lance, gaz metan suflat prin injectoare;
- adaosuri pentru procesul de dezoxidare: feromangan, ferosiliciu, silicomangan, aluminiu, etc;
- durata etapelor tehnologice până la evacuare inclusiv;
- consumul de energie electrică;
- limitele de variație și valorile medii pentru parametrii urmăriți;
- conținutul de elemente reziduale la terminarea topirii încărcăturii, neutilizabile ca elemente de aliere;
- conținutul de elemente reziduale utilizabile ca elemente de aliere la terminarea topirii încărcăturii;

Pe parcursul elaborării s-a urmărit cu multă atenție structura încărcăturii, starea de prezentare a acesteia sub aspectul dimensional, a conținutului de zgură atât pentru scoarțele provenite din interior, în cea mai mare parte de pe haldele de zgură, dar și din comerț [2,3,4,5,69,71].

De asemenea s-a apreciat vizual calitatea fierului vechi pregătit E1, E3, E5, E100, a fierului vechi provenit din casări, din punct de vedere al conținutului de rugină, metale neferoase, pământ, nisip etc.

### 4.1.3. Rezultate obținute

În continuare sunt prezentate grafic rezultatele obținute, pe baza cărora s-a efectuat o analiză tehnologică a cercetării efectate [69,71,73].

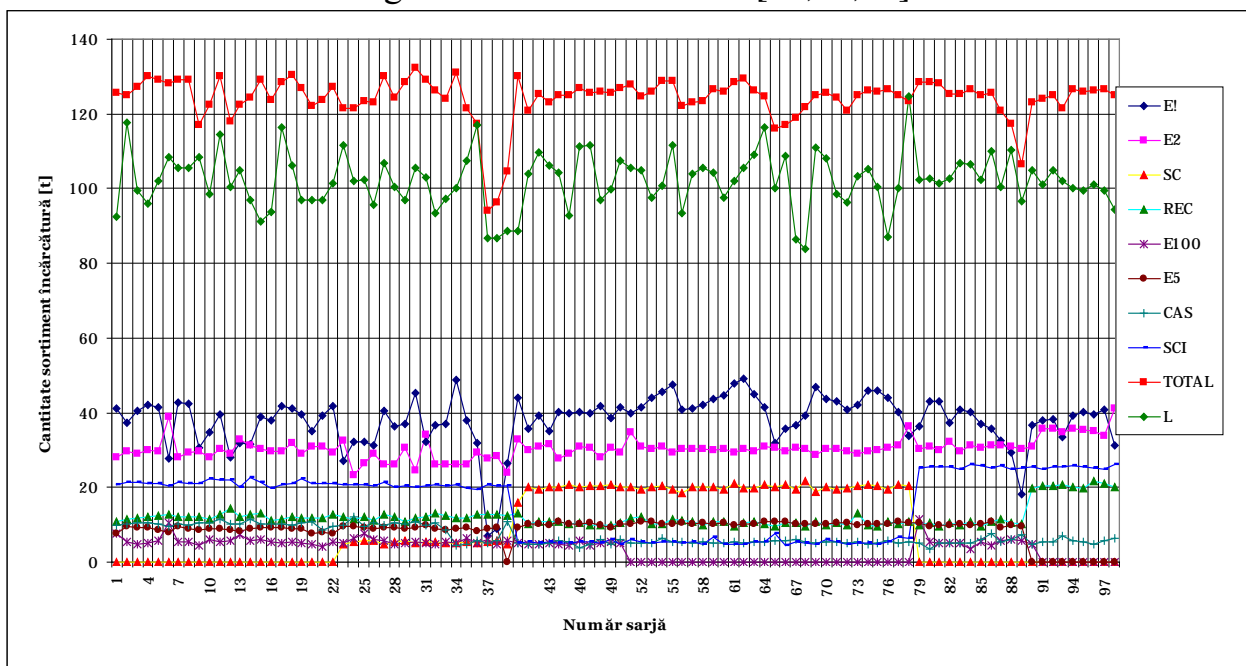


Fig.4.1. Variația componenteii încărcăturii cuptorului electric cu arc (tip EBT) [71,73]

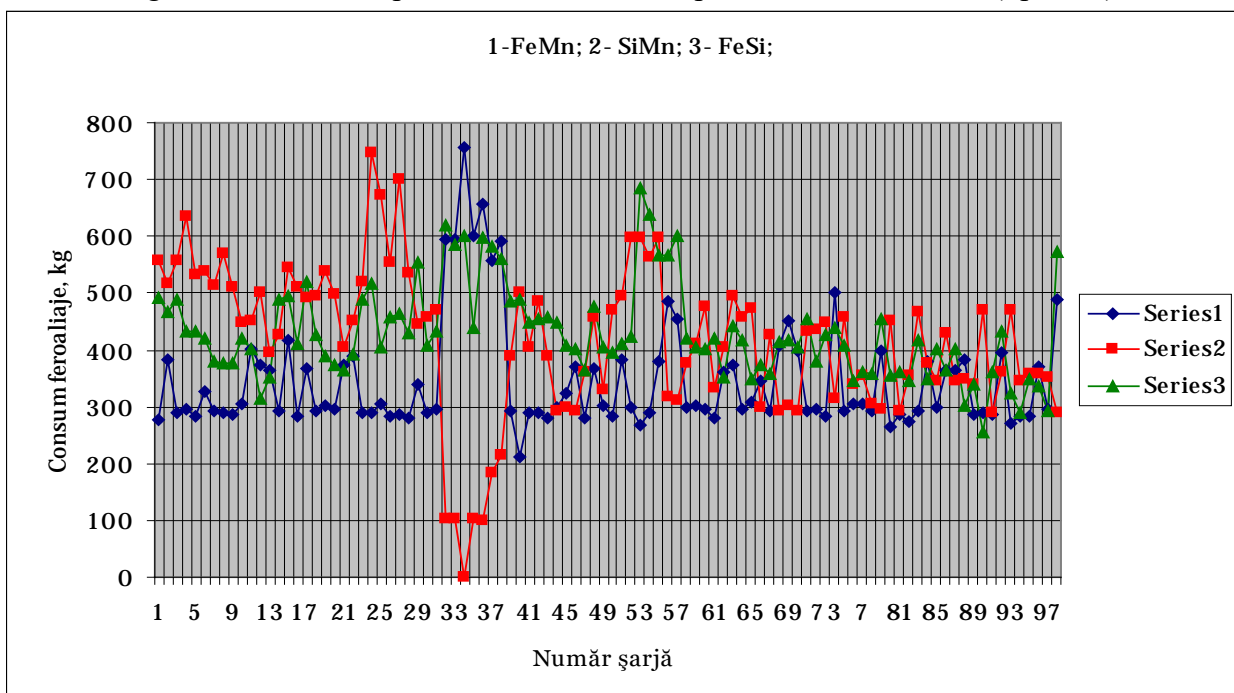


Fig.4.2 Variația cantităților de feroaliaje la evacuarea din cuptor

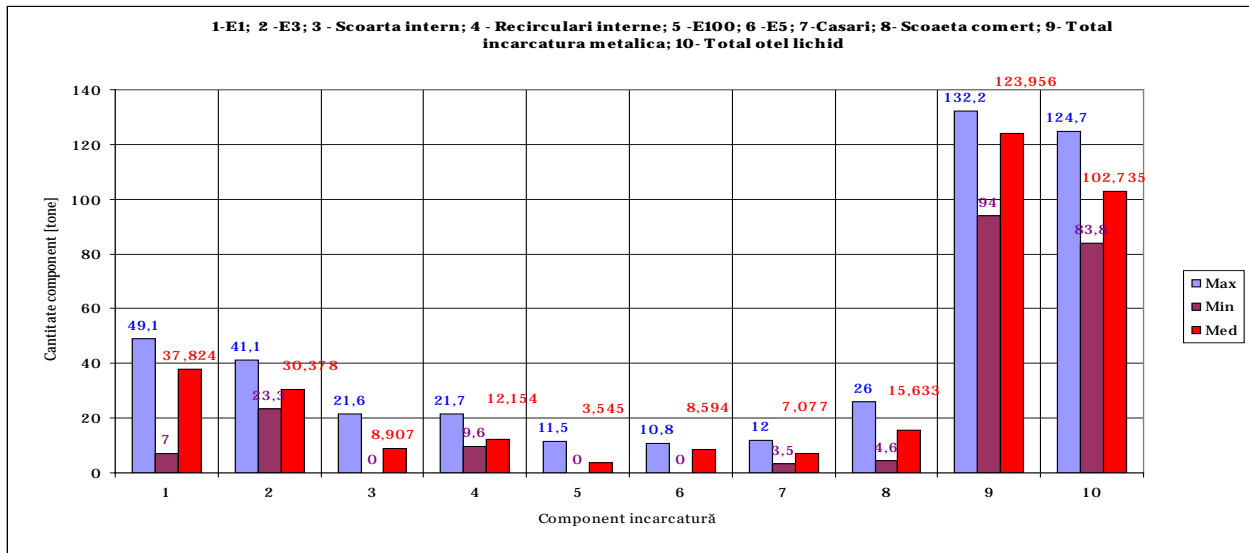


Fig. 4.3 Limitele de variație a componentelor metalice a încărcăturii metalice [71,73]

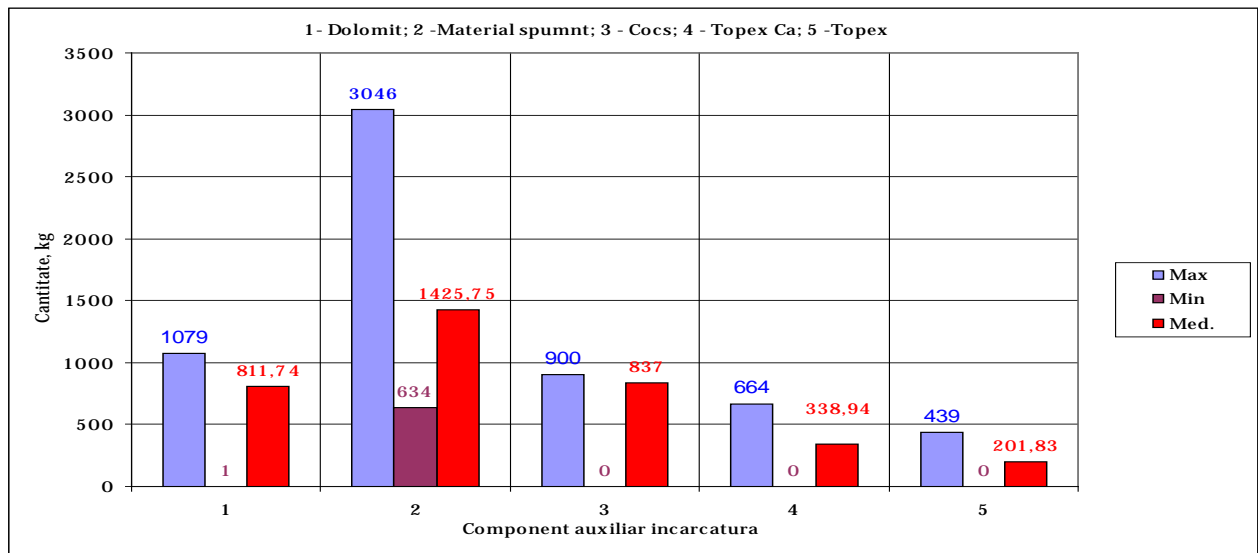


Fig 4.4 Limitele de variație a componentelor auxiliare a încărcăturii [71,73]

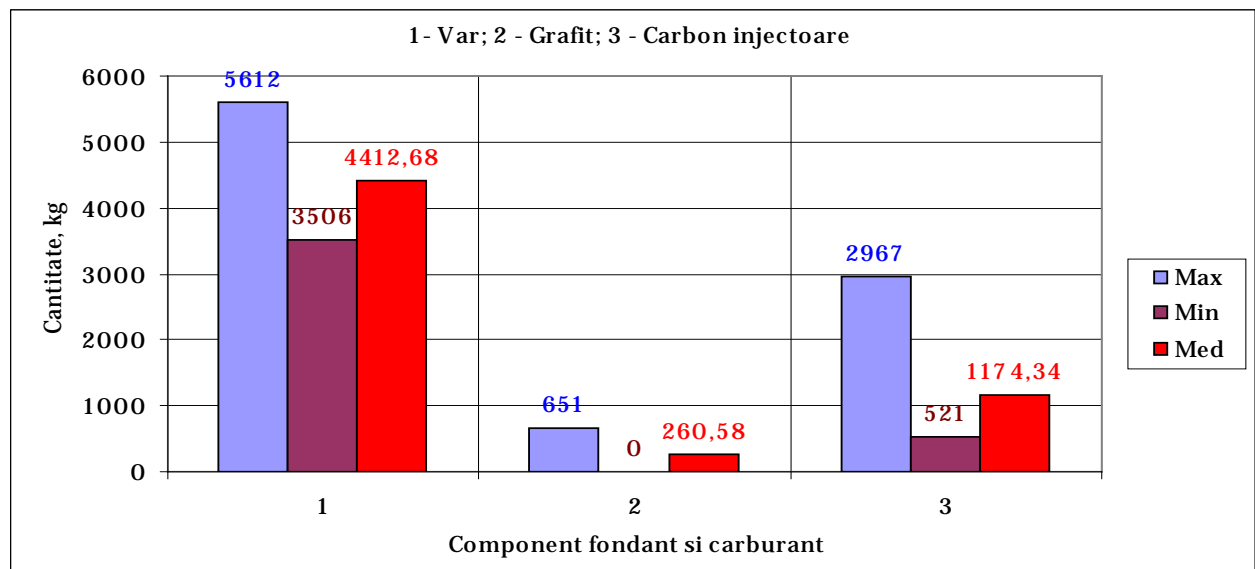


Fig.4.5 Limitele de variație a componentelor nemetalice adăugate în timpul elaborării [69,71,73]



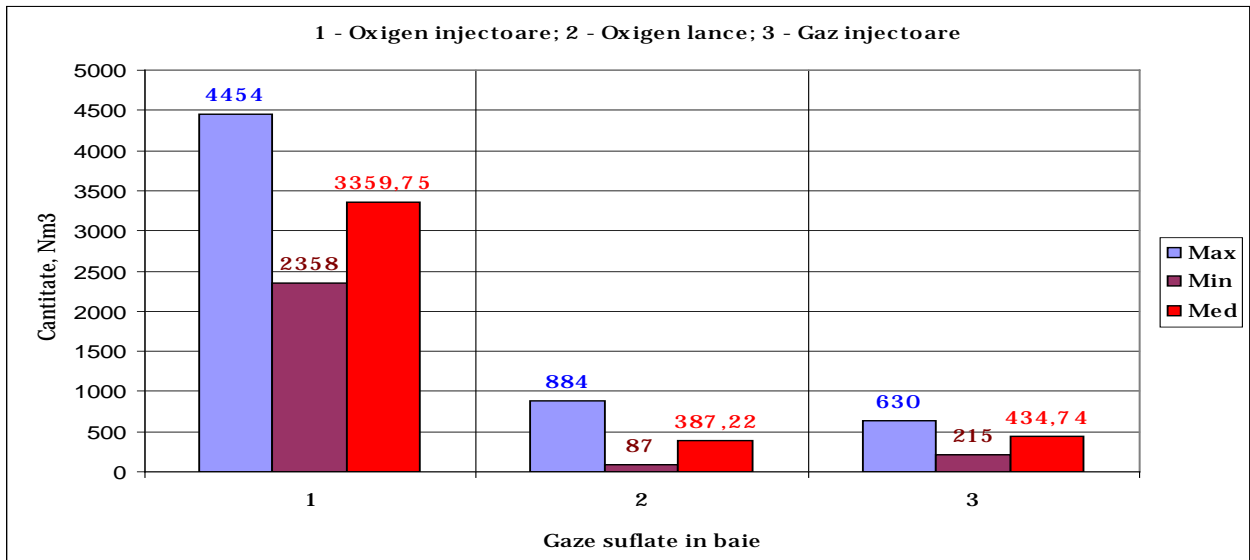


Fig. 4.6 Limitele de variație a gazelor injectate în baia metalică [71,73]

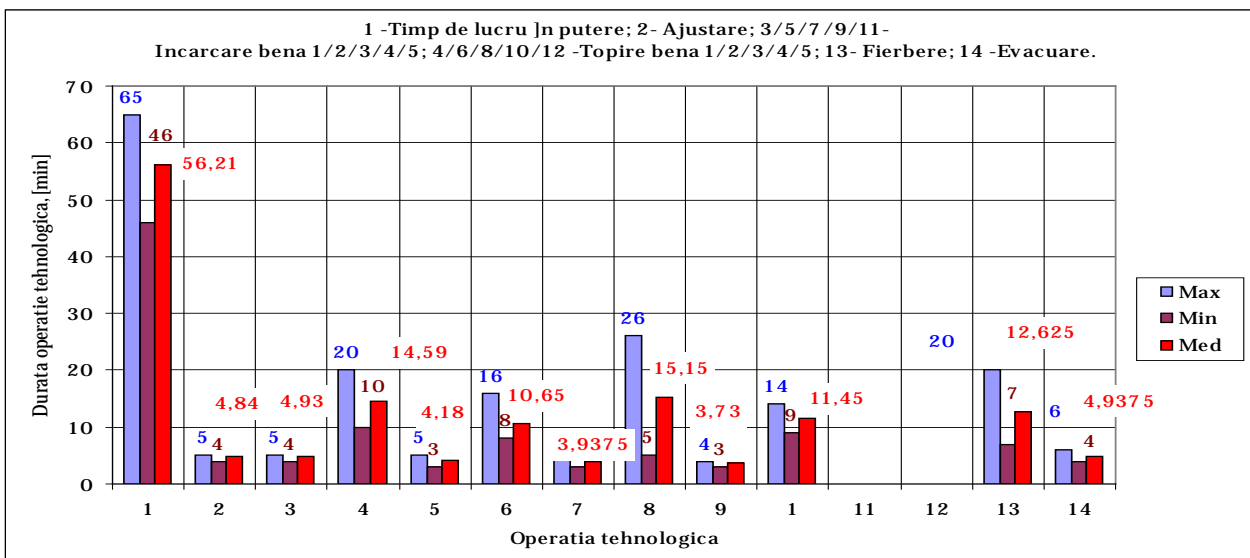


Fig.4. 7 Limitele de variație a etapelor tehnologice

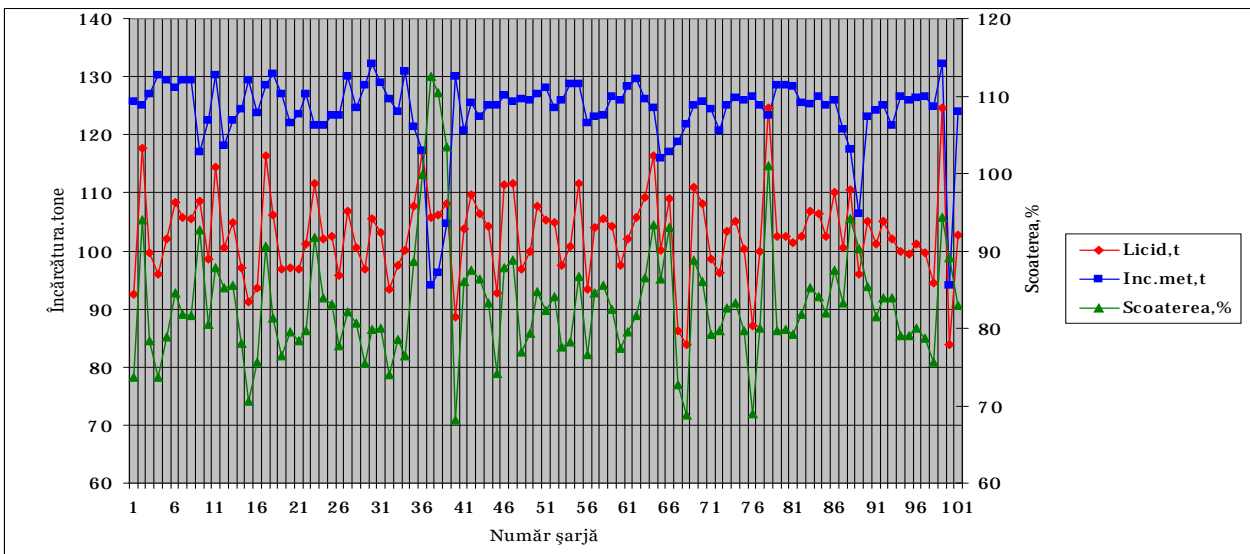


Fig.4.8. Variația greutateii încărcăturii metalice, oțelului lichid și scoaterii [71,73]

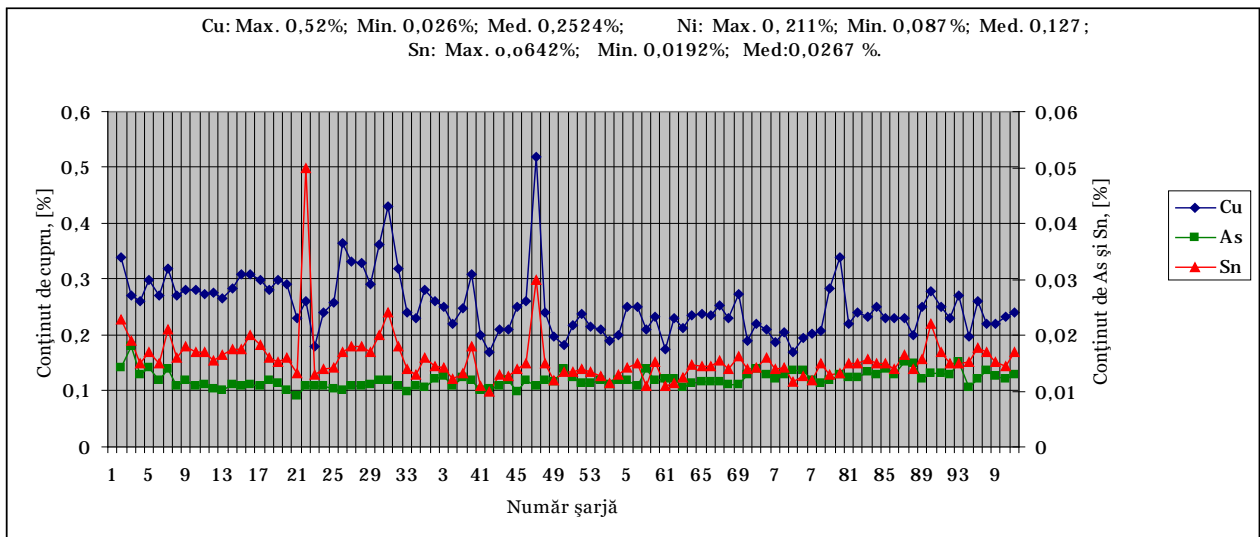


Fig.4.9.Variația conținutului de elemente reziduale Cu, As, Sn

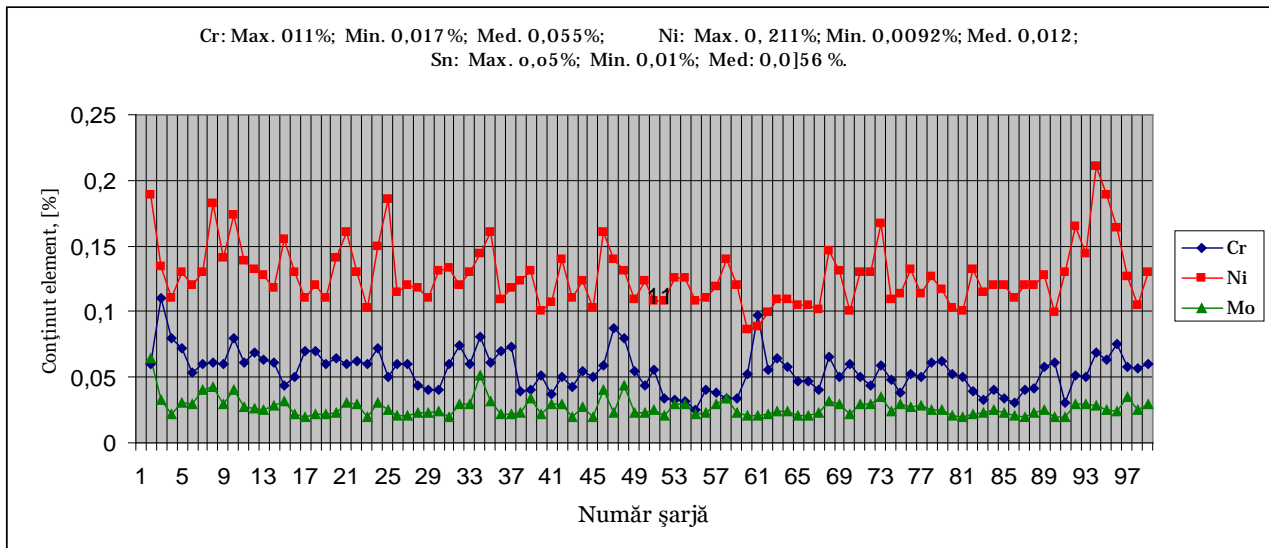


Fig. 4.10.Variația conținutului de elemente reziduale Cr, Ni, Mo

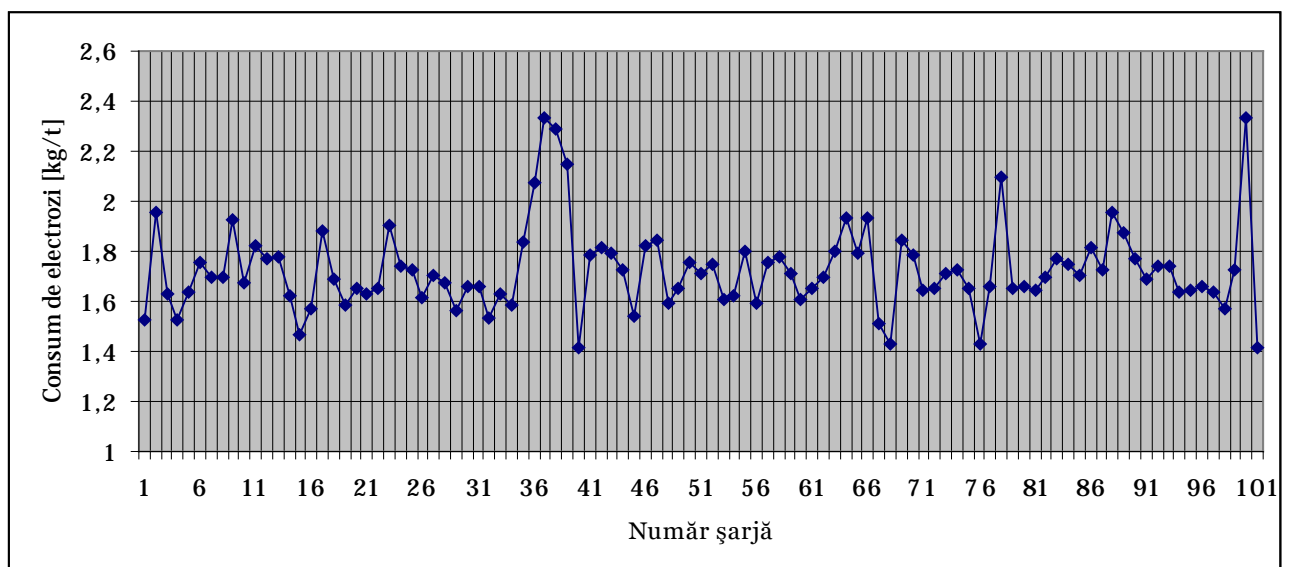


Fig. 4.11.Variația consumului de electrozi

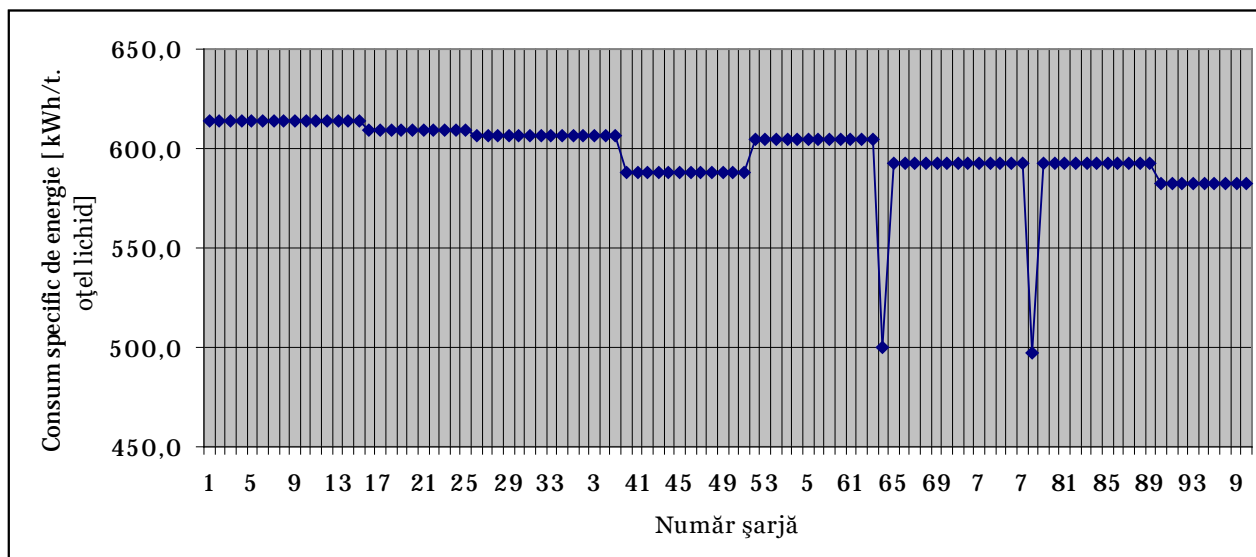


Fig. 4.12. Variația consumului specific de energie electrică; distribuție prin puncte [71,73]

#### 4.1.4. Analiza tehnologică a rezultatelor obținute

Din analiza tehnologică a diagramelor prezentate în figurile 4.1-4.12 rezultă următoarele aspecte tehnologice:

- în ceea ce privește componența încărcăturii metalice, ponderea mare în total încărcătură metalică o are fierul vechi calitatea E1 și E3 (figura 4.1 și figura 4.2), media acestora fiind de 38%, respectiv 30%; variația cantităților de fier vechi în mod deosebit E1 și într-o anumită măsură și E3 se regăsește în variația încărcăturii totale și a scoaterii;
- având în vedere gradul ridicat de pregătire a fierului vechi, este indicat ca aceste sortimente să nu scadă cantitativ sub valoarea medie, sau suma lor sub valoarea sumei mediilor lor (figura 4.3) [69,71,73];
- referitor la consumul de scoarță din intern, acesta a ajuns până la 21,6t/șarjă, cu observația că la unele șarje nu a fost component al încărcăturii, valoarea medie fiind de 8,91; în mai multe cazuri scoarțele au avut conținut ridicat de zgură, fiind cazuri în care din acest motiv acest sortiment a fost respins;
- de asemenea consumul de scoarțe provenite din comerț (din exteriorul societății siderurgice) a variat între 1,6t până la 26t/șarjă, valoarea medie fiind de 15,63t/șarjă; din punct de vedere calitativ aceste scoarțe nu au ridicat probleme deosebite (condiții mai severe la recepție);
- fierul vechi provenit din reciclările interne a variat în limite mari de la 9,6 la 21,7t/șarjă, valoarea medie fiind de 12,16t/șarjă; acest sortiment de fier vechi este de bună calitate, avansat pregătit, provenind de pe întregul flux tehnologic, astfel încât este cunoscută în limite restrânse compoziția chimică [71,73];
- în ceea ce privește fierul vechi din casări nu s-a depășit 12t/șarjă, ceea ce este în principiu corect, deoarece nu se cunoaște precis proveniența acestuia, ceea ce poate aduce în oțelul analizat elemente ca Cr, Ni, Mo

- considerate elemente reziduale în acest caz (oțeluri nealiat), deci limitate ca și conținut;
- o atenție deosebită trebuie acordată componentelor E5 și E100, deoarece acest sortiment poate aduce metale neferoase (poate fi sub formă de span amestecat cu aliaje neferoase);
  - din punct de vedere sortimental, materialele introduse în încărcătură (în benă) au variat în limite destul de mari, singurul component prezent în fiecare încărcătură fiind materialul spumant, în unele șarje nu s-a încărcat dolomita sau alte materiale (figura 4.4);
  - datele prezentate în figurile 4.5 și 4.6 arată că adaosurile pe durata elaborării șarjei, deși au variat în limite mari se poate considera că acestea au fost bine corelate cu compoziția băii metalice;
  - din analiza datelor din figura 4.7, se poate constata, că sunt posibilități reale de reducere a duratei de funcționare a cuptorului sub tensiune, durata maximă fiind de 65min, minimă 46min și 56min valoarea medie; o reducere a duratei sub tensiune, conduce și la reducerea consumului specific de energie electrică și electrozi [69,71,73];
  - analiza duratelor principalelor etape tehnologice (figura 4.7) scoate clar în evidență, posibilitatea reducerii duratei operațiilor tehnologice, iar creșterea gradului de procesare a fierului vechi permite realizarea acestor cerințe;
  - referitor la consumul de feroaliaje (figura 4.2) se constată o variație mare a acestora, dar acestea sunt corelate cu încărcătura metalică, respectiv cu cantitatea de oțel lichid; consumul de feromangan și ferosiliciu crește o dată cu reducerea consumului de silicomangan;
  - din datele prezentate în figura 4.8, rezultă variații foarte mari pentru greutatea încărcăturii metalice, a oțelului lichid și a scoaterii de oțel lichid, cauza principală fiind calitatea încărcăturii metalice, respectiv proporția de component nemetalic din sortimentul metalic al încărcăturii.

În ceea ce privește greutatea încărcăturii metalice ea a variat între 132,2tone valoare maximă și 94,26 tone valoare minimă, media fiind de 124,178tone.

Referitor la greutatea oțelului lichid valoarea medie a fost de 102,704 tone, valoarea maximă 124,7 tone și valoarea minimă de 83,8 tone.

În ceea ce privește scoaterea de oțel lichid, aceasta a variat în limite foarte mari, mai precis între valoarea maximă 94,58% și 68,10% valoare minimă. După cum se observă și în grafic fluctuațiile sunt foarte mari, în ceea ce privește atât oțelul lichid cât și scoaterea de oțel, ceea ce înseamnă că raportat la variația încărcăturii cu excepția a cinci șarje variațiile sunt mult mai mari. Valorile pentru scoaterea de oțel lichid raportate la valorile curente obținute în practica industrială pot fi considerate destul de mici. Nu ar trebui să existe șarje la care în mod normal scoaterea este sub 80%, ba mai mult pentru câteva șarje scade până la 70%.

Valorile mici ale scoaterii de oțel lichid sunt cauzate de calitatea slabă a încărcăturii metalice în mod deosebit al scoarțelor, sortiment la care conținutul real de fier este mult sub cel estimat (valabil și pentru scoarțe interne și scoarțe externe, dar în special pentru primul caz) [69,71,73].

Variația scoaterii de oțel lichid de la o șarjă la alta este urmarea faptului că structura încărcăturii metalice nu este constantă și de asemenea nici calitatea acesteia. În asemenea cazuri ar fi normal să se urmărească calitatea încărcăturii metalice pe fluxul primire încărcătură metalică-pregătire încărcătură metalică-încărcare încărcătură benă și cuptor.

- greutatea încărcăturii metalice a variat în limitele 94 tone la 132,2 tone, media fiind 124,18 tone; greutatea oțelului lichid variază între 83,8 la 124,7 tone, media fiind 102,70 tone; referitor la scoatere valoarea minimă a fost de 68,10 și media de 82,95%; maxima fiind de 96,47% (la un număr de 4 șarje, respectiv șarjele 38, 36, 34, 72, cuptorul s-a golit complet astfel încât cantitatea de oțel lichid a fost mai mare decât încărcătura metalică solidă; evacuarea completă s-a efectuat pentru a permite anumite intervenții tehnologice);
- din prezentările existente în figura 4.9 se constată că elementele reziduale Cu și Sn prezintă variații mari, ca urmare a utilizării fierului vechi ușor care conține ambalaj alimentar și cupru din diferite echipamente electrice, fiind depășite limitele maxime admise la 3 șarje (la șarja 34 sunt depășite valorile atât la Cu limita maximă admisă fiind de 0,30% cât și la Sn limită maximă admisă fiind de 0,15%, la șarjă 50 numai Cu și de asemenea la altă șarjă numai Sn), în timp ce arseniul variază în limite destul de înguste, nedepășind la nici o șarjă limita maximă admisă de 0,10%. În ceea ce privește Staniu limitele maxime admise nu sunt depășite, ba mai mult ele sunt sub 0,025% cu excepția a două șarje unde ajunge la 0,05% la șarja 25 și respective la 0,03 % este la șarja 50 [69,71,73];
- în ceea ce privește conținutul de Cu se constată variații în limite mari fiind depășită la 2 șarje valoarea de 0,4% (șarjele 34 și 50), iar la 8 șarje el este cuprins între 0,30% și 0,40%. Nu se admite în practică conținut mai mare de 0,30%, de dorit ar fi să nu se depășească valoarea de 0,30%, șarjele nu a fost rebutate având loc o diluție, respectiv un amestec cu o altă șarjă la care Cu a fost sub 0,20%. Referitor la Sn și la As, acestea sau încadrat în limitele prevăzute de Standard chiar dacă au fost mici fluctuații la Sn [69,71,73];
- referitor la elementele reziduale Cr, Ni, Mo care sunt pentru oțelurile aliate elemente de aliere deși sunt variații mari pentru Cr și Ni, în mod deosebit pentru Ni, nu au existat cazuri de depășire a limitelor impuse, mai precis 0,30%. (fig.4.10). O mai mare atenție trebuie acordată sortării fierului vechi ar putea conduce la economii importante în primul rând de Ni (trebuie avut în vedere faptul ca acestea pentru orice producător reprezintă elemente de aliere deficitare ca urmare a prețului ridicat);
- o variație însemnată s-a obținut și pentru consumul specific de electrozi (figura 4.11) acesta variind în limitele foarte mari 1,41 la 2,36kg/t încărcătură metalică; această variație este cauzată de calitatea încărcăturii, respectiv nivelul scăzut uneori pentru scoaterea de oțel lichid;

- consumul de energie electrică (figura 4.12) variază între 582 la 614kWh/t oțel lichid, aceasta poate fi considerată o variație acceptabilă având în vedere calitatea încărcăturii care conduce la scoatere chiar până la 70%. O pregătire avansată a încărcăturii conduce la reducerea consumului specific de energie. Referitor la consumul specific de energie raportat la tona de oțel lichid practic acesta se raportează sau se calculează după un anumit număr de șarje : 15 șarje, 8 șarje, 12 șarje, la 12 șarje, 12 șarje, 14 șarje, 16 șarje. În aceste condiții cunoscând greutatea încărcăturii metalice și greutatea oțelului lichid s-a putut raporta consumul specific de energie electrică pe tona de încărcătura metalică. Consumul mediu de energie a fost de 495Kwh/tona de încărcătură sau raportat la oțelul lichid 597,98kWh/tonă oțel lichid. Atunci însă când se lucrează cu încărcătura de calitate se poate obține un consum rezonabil de energie electrică ceea ce înseamnă 401,01kWh/tona de oțel lichid sau raportat la oțel lichid 497,37kWh/t oțel lichid, însă ca urmare a calității uneori necorespunzătoare a încărcăturii mai ales a scoartelor s-a întâmplat să avem un consum de energie electrică de 603kWh/tona de oțel lichid sau transpus la oțel lichid 613,89kWh/t. O măsură de reducere a consumului specific de energie electrică ar consta în prelucrarea avansată a scoartelor care provin atât din interior cât și din exterior, urmată de o separare magnetică avansată astfel încât în încărcătura cuptorului fierul adus de scoarte să conțină minim 70% fier metalic;
- la un număr de 2 șarje consumul de energie a fost de 497kWh/t oțel lichid, respectiv 503kWh/t, explicabil prin faptul golirii complete a cuptorului, în vederea reparației vetrei, deci creșterea cantității de oțel lichid evacuată.

Din analiza efectuată, rezultă influența structurii și calității încărcăturii asupra procesului de elaborare a oțelului și justificarea extinderii acestora pe întreg fluxul tehnologic de fabricație.

#### **4.1.5. Concluzii privind structura încărcăturii metalice**

Sintetizând rezultatele cercetărilor efectuate se pot concluziona următoarele:

- cuptorul cu arc electric tip EBT, este agregatul cel mai indicat pentru procesarea fierului vechi în vederea obținerii oțelului, atât sub aspectul calității încărcăturii cât și a numărului de sortimente introduse în încărcătură;
- structura încărcăturii poate varia în limite mari din punct de vedere sortimental, cu condiția ca acesta să fie avansat pregătit [69,71,73];
- variația în limite mari a greutateii încărcăturii metalice a fost determinată ca urmare a variației ponderii diferitelor sortimente de fier vechi;
- structura sortimentală a fierului vechi nu conduce la depășirea conținutului de elemente reziduale, care să conducă la declasarea șarjelor;
- calitatea fierului vechi, în mod deosebit a scoartelor provenite atât din interior cât și din exterior se reflectă în nivelul scoaterii;

- în practica curentă calitatea încărcăturii este determinată și de considerente economice, acestea fiind făcute în funcție de marca de oțel elaborată, diferind evident de la o oțelărie la alta.

## 4.2. Prelucrarea datelor experimentale

### 4.2.1. Prelucrarea datelor în programul EXCEL. Rezultate

În cadrul acestor prelucrări, s-a avut în vedere stabilirea unor corelații simple între scoaterea de oțel lichid și proporția sortimentelor utilizate la compunerea șarjei [69,71,73].

Rezultatele obținute sunt prezentate în fig.4.13-4.18 atât sub formă grafică cât și analitică, corelațiile fiind semnificative având în vedere numărul mare de șarje urmărite.

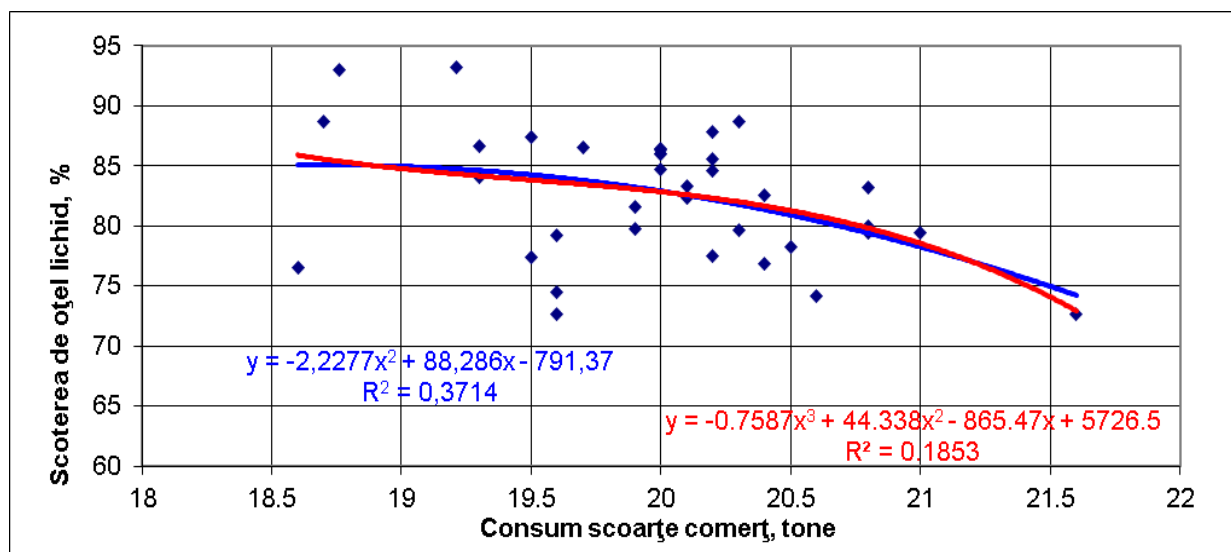


Fig. 4.13. Corelația Scoterea de oțel=f (scoarțe comerț)

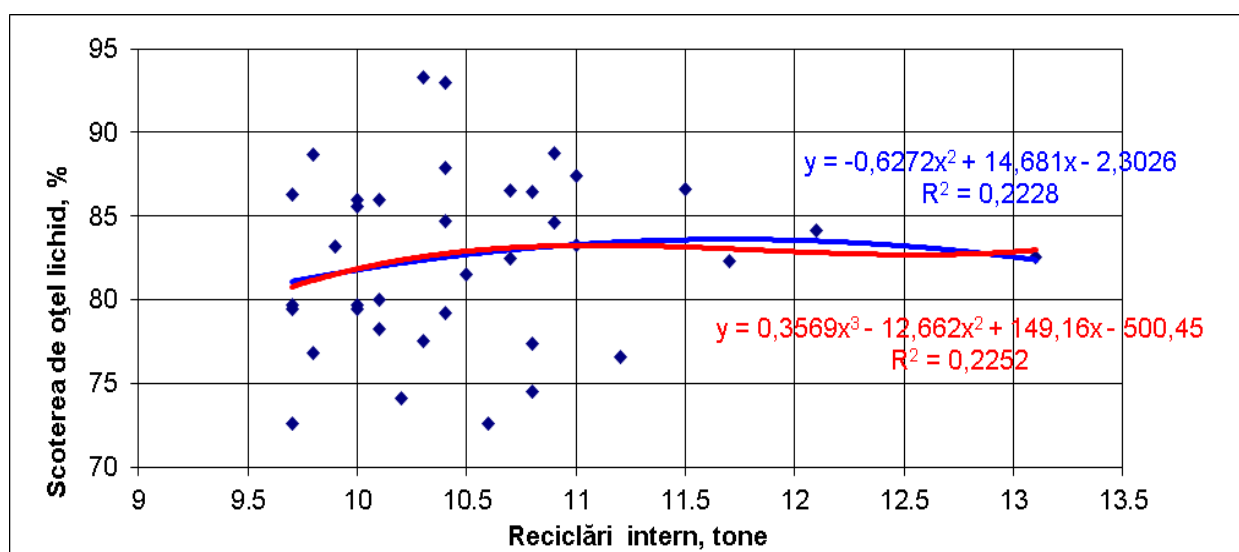


Fig. 4.14. Corelația Scoterea de oțel=f (reciclări interne)

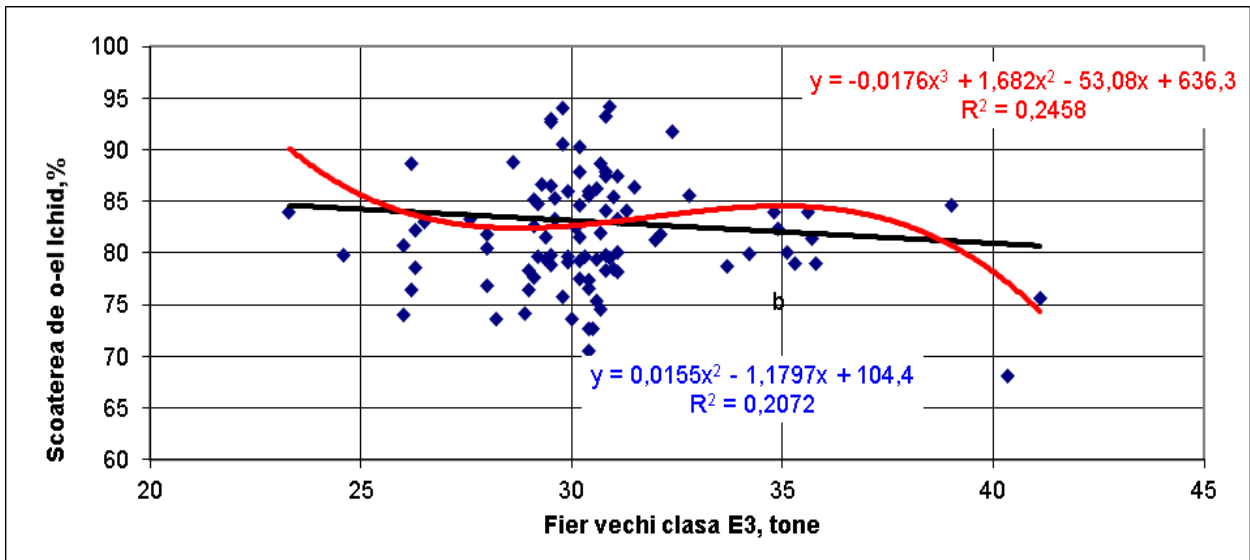


Fig. 4.15. Corelația Scoaterea de oțel=f (fier vechi clase E3)

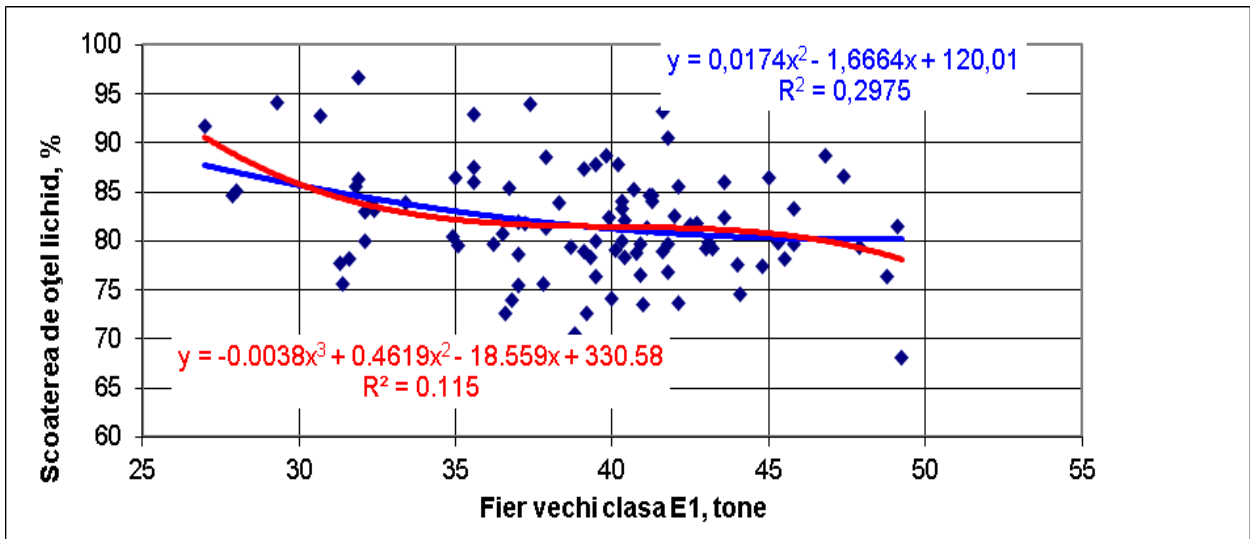


Fig. 4.16. Corelația Scoaterea de oțel=f (fier vechi clase E1)

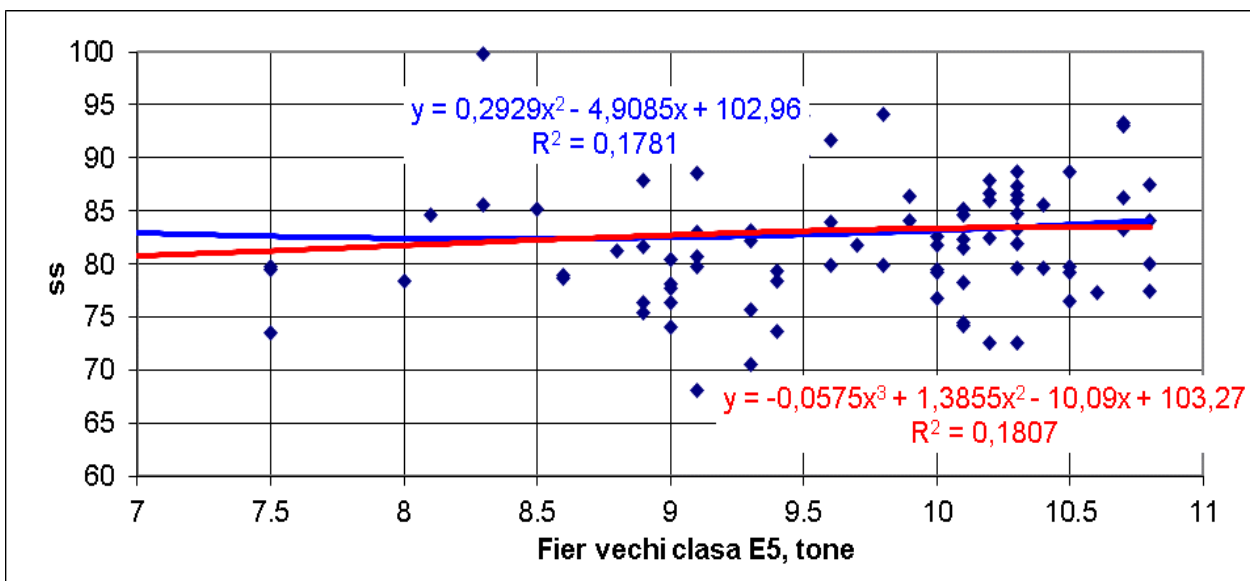


Fig. 4.17. Corelația Scoaterea de oțel=f (fier vechi clase E5)



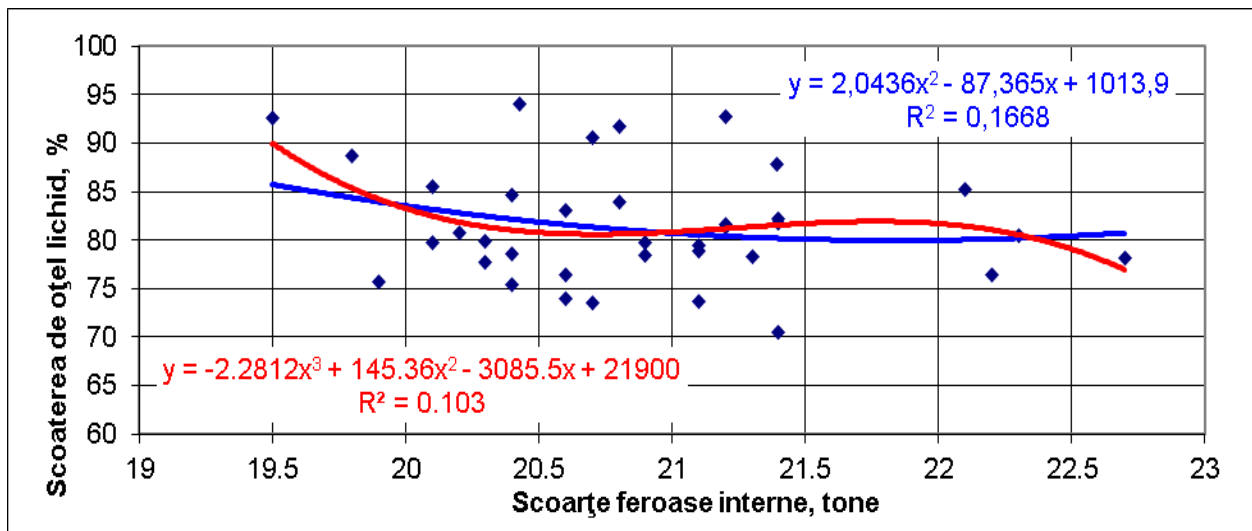


Fig. 4.18. Corelația Scoaterea de oțel=f(scoarțe feroase interne, 19,5-23t)

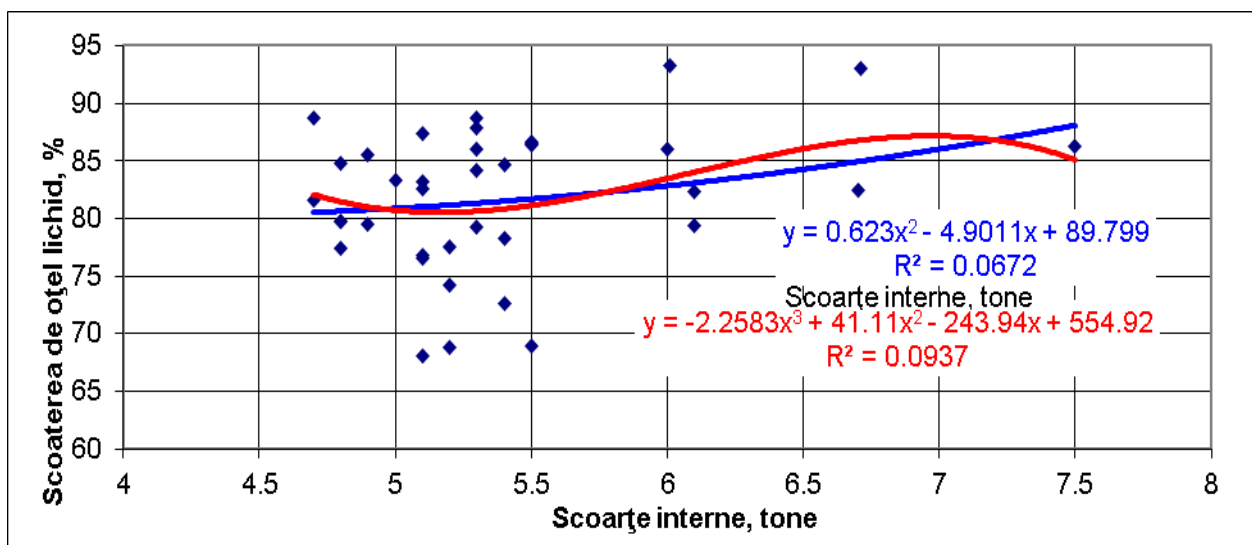


Fig. 4.19. Corelația Scoaterea de oțel=f(scoarțe interne, 4,5-7,5t)

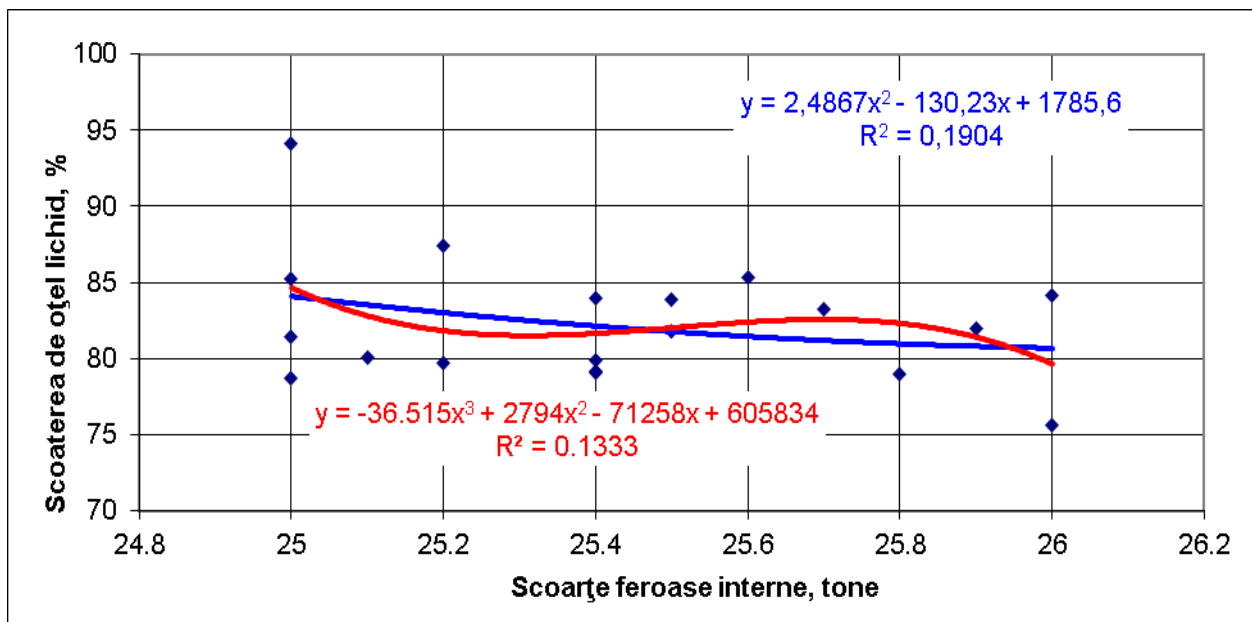


Fig. 4.20. Corelația Scoaterea de oțel=f(%scoarțe comert)

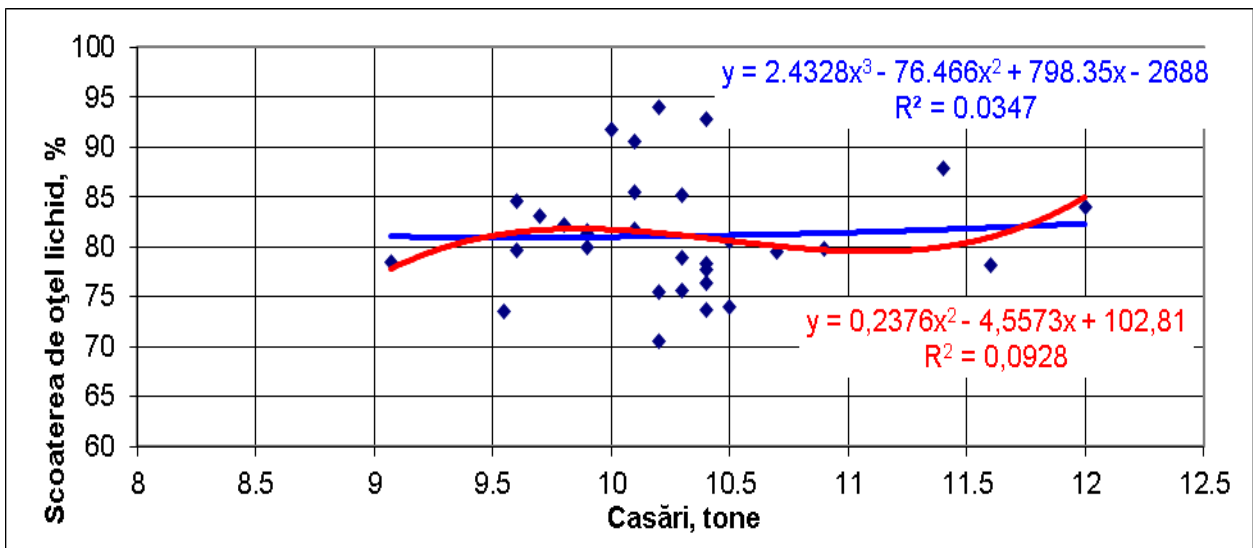


Fig. 4.21. Corelația Scoaterea de oțel=f(scoarțe comert, 9-12t)

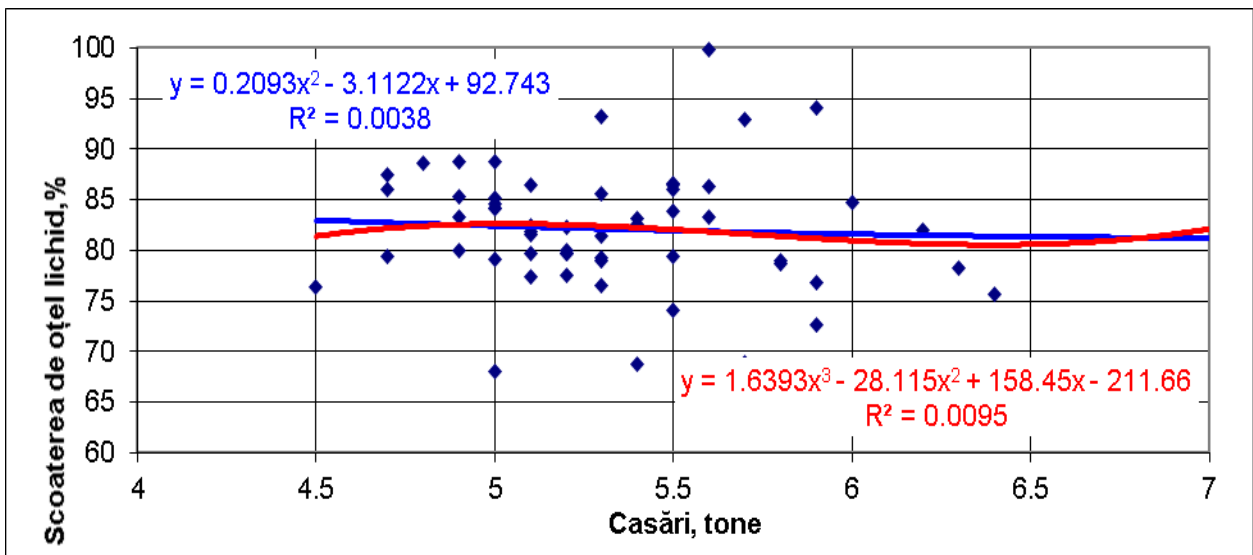


Fig. 4.22. Corelația Scoaterea de oțel=f(scoarțe comert, 4,5-6,5t)

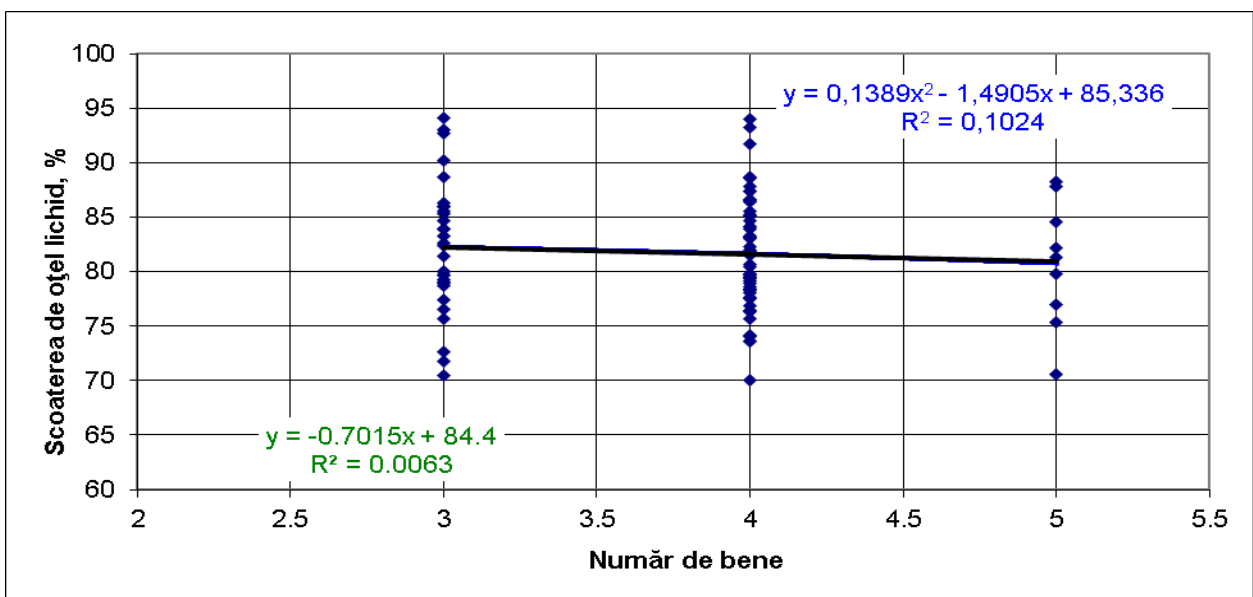


Fig. 4.23. Corelația Scoaterea de oțel=f(numărul fr încărcări/bene)

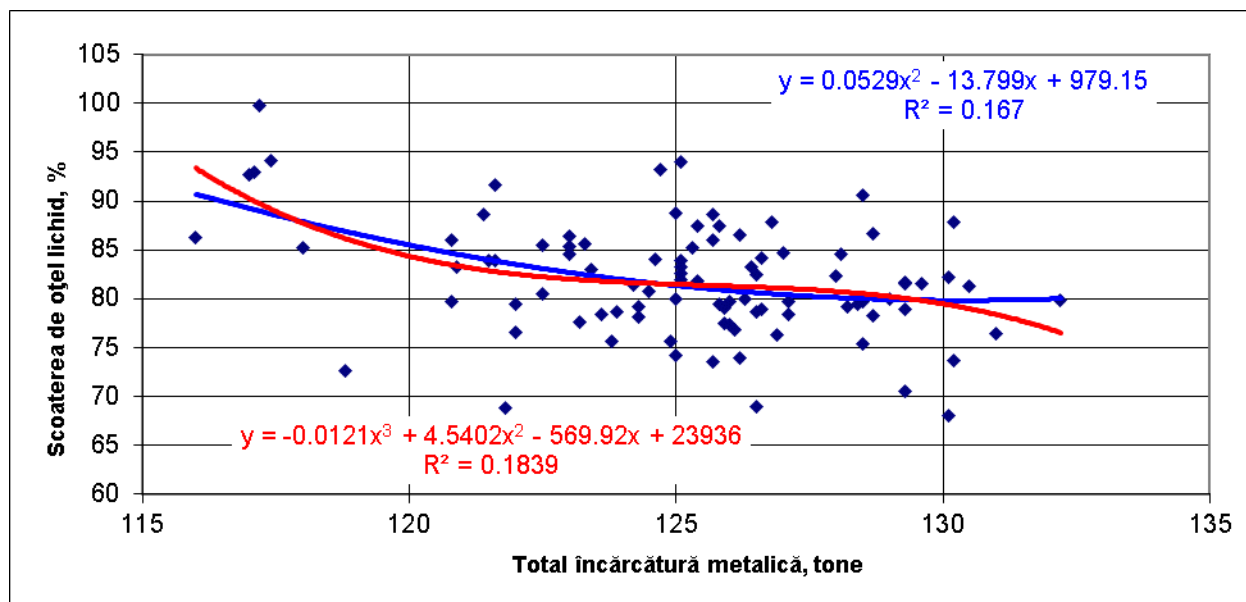


Fig. 4.24. Corelația Scoaterea de oțel=f( Greutatea încărcăturii) [69,71,73]

#### 4.2.2. Prelucrarea datelor în programul MATLAB.

În cadrul cercetarilor efectuate s-a avut în vedere pe lângă stabilirea unor corelații simple între scoaterea de oțel lichid și proporția diferitelor sortimente metalice în șarjă. În vederea stabilirii unor corelații duble, au fost datele au fost utilizate următoarele trei tipuri de ecuații de corelație:

**ECUAȚIA 1.**  $z = a_1x^2 + a_2y^2 + a_3xy + a_4x + a_5y + a_6$   
(4.1)

**ECUAȚIA 2**  $z = a_1 + a_2x + a_3x^2 + a_4x^3 + a_5y + a_6y^2 + a_7y^3 + a_8y^4 + a_9y^5$   
(4.2)

**ECUAȚIA 3**  $z = a_1 + a_2 \log x + a_3 \log^2 x + a_4 \log^3 x + a_5/y + a_6/y^2 + a_7/y^3 + a_8/y^4 + a_9/y^5$   
(4.3)

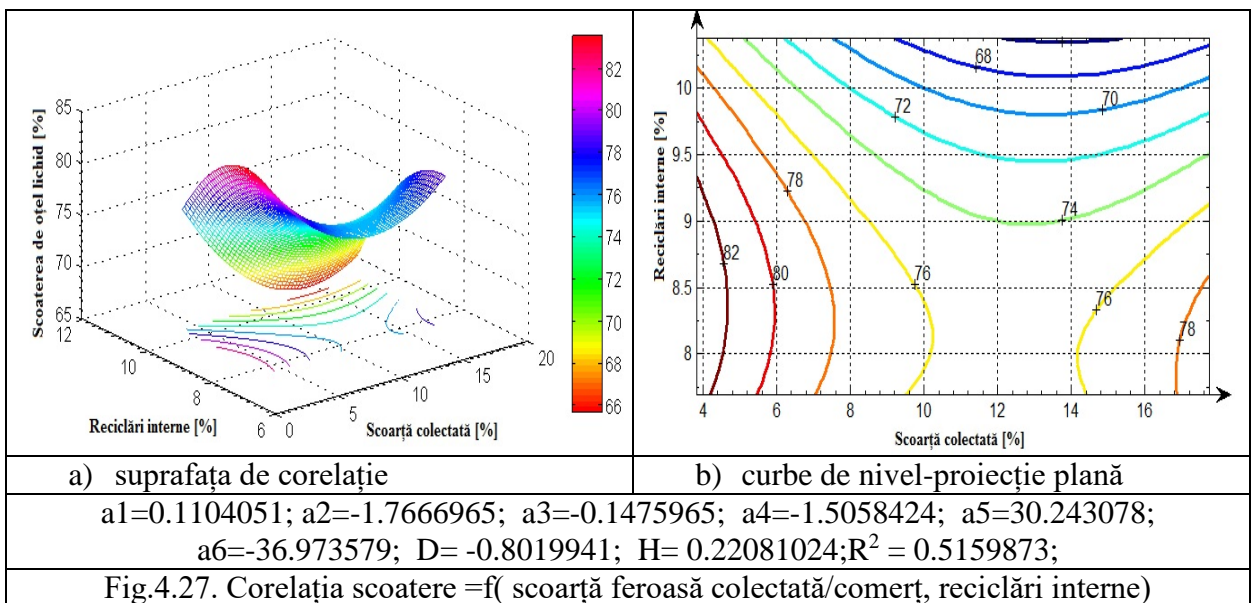
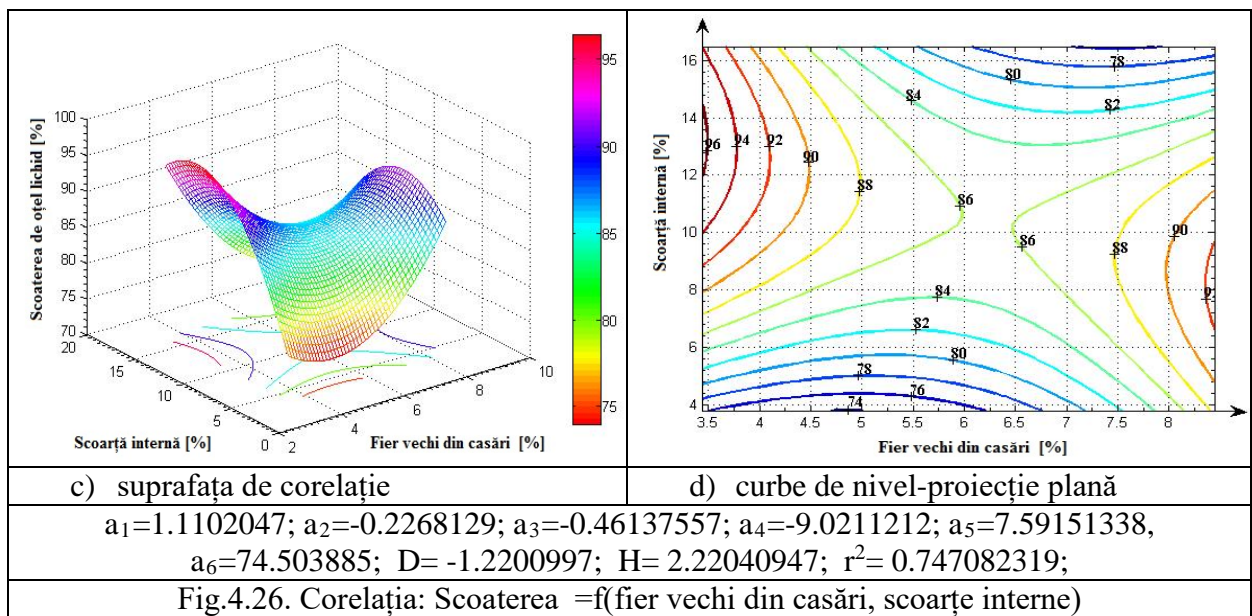
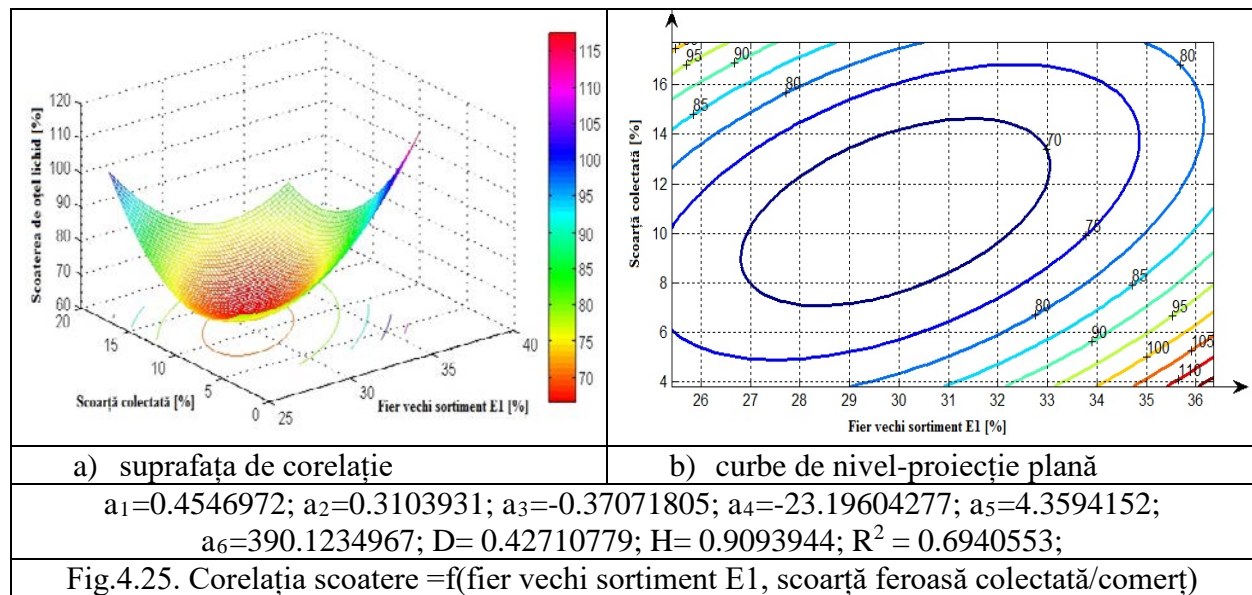
unde:

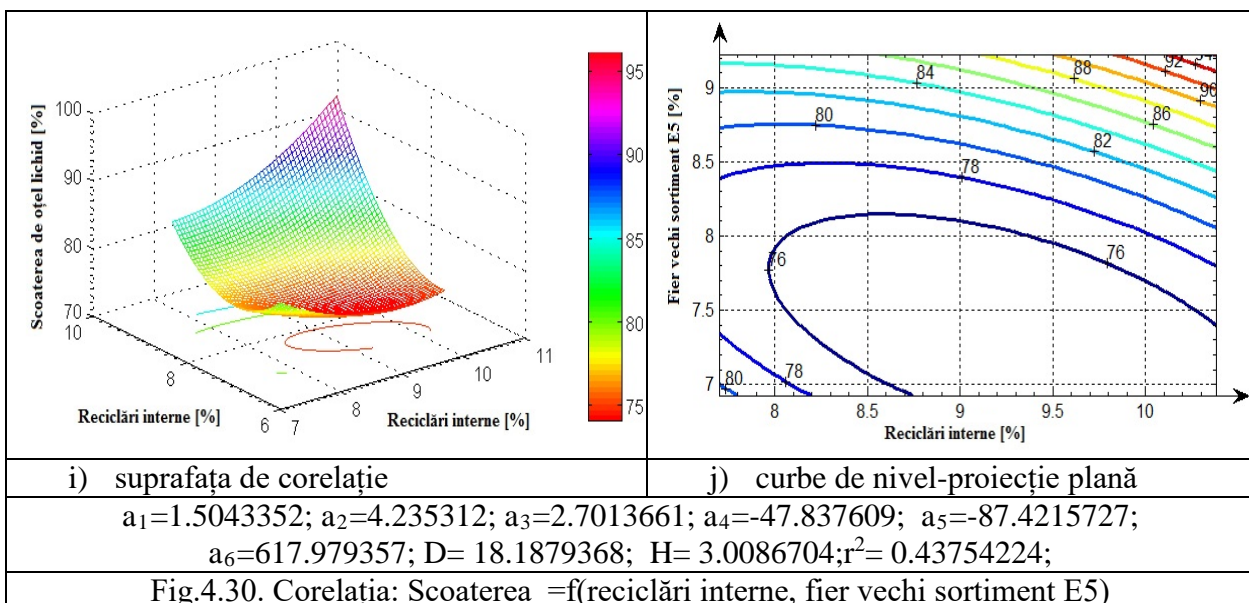
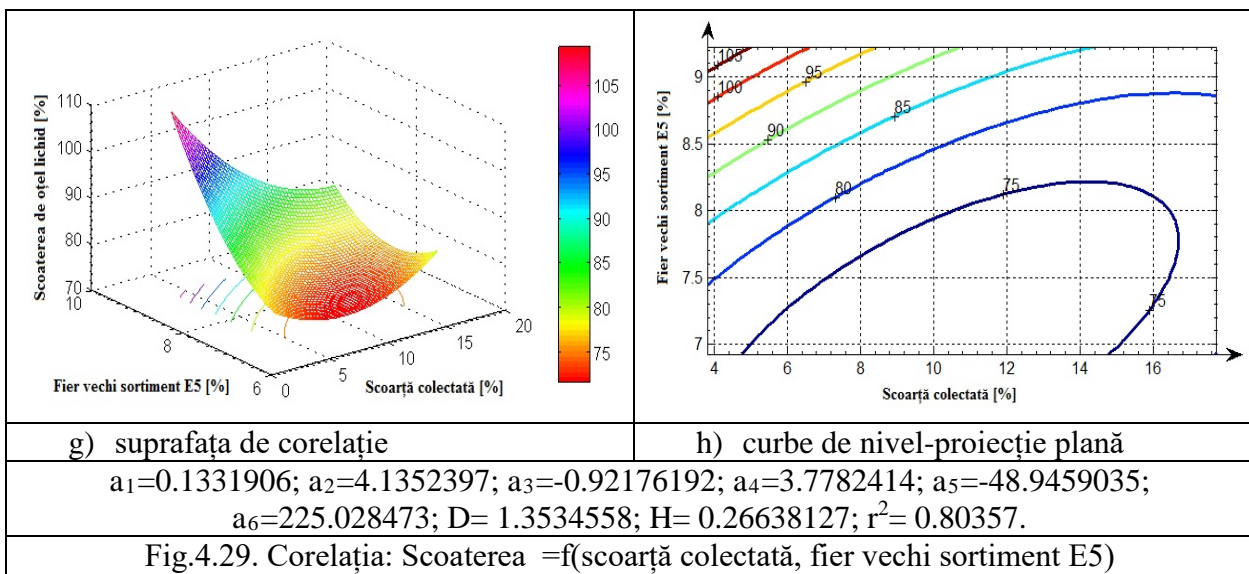
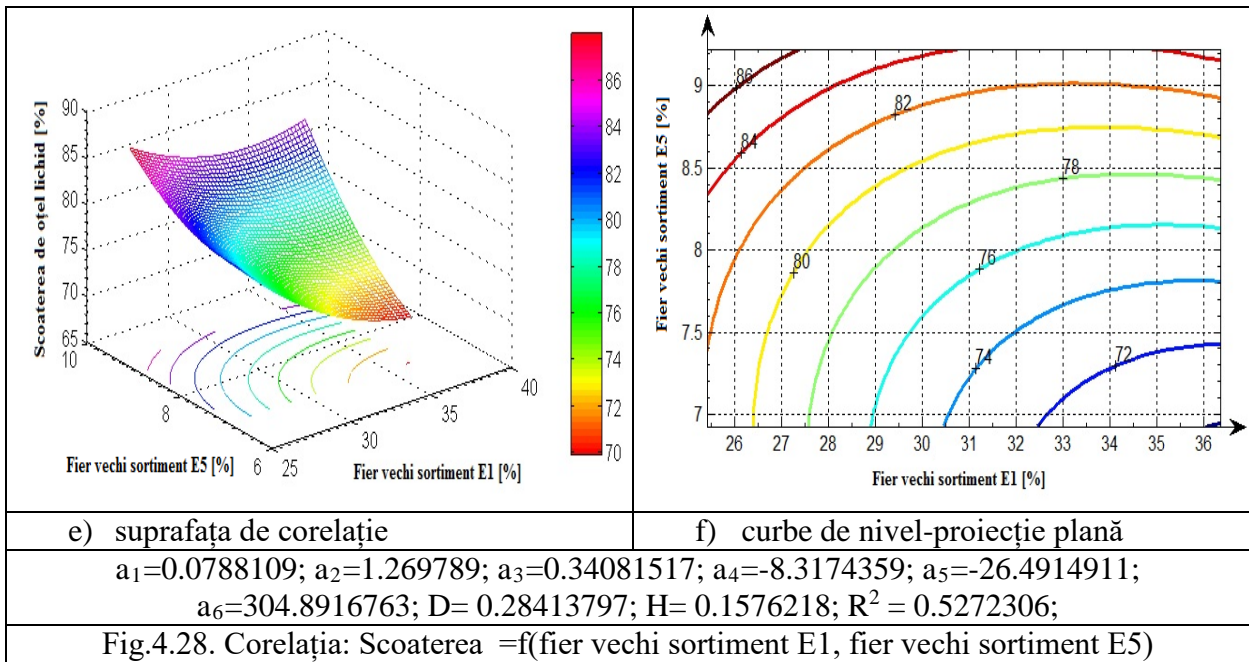
- $z$  = scoaterea de oțel lichid, % - parametru dependent;
- $x, y$  = proporția de componenți metalici în șarjă, %- parametri independenți.

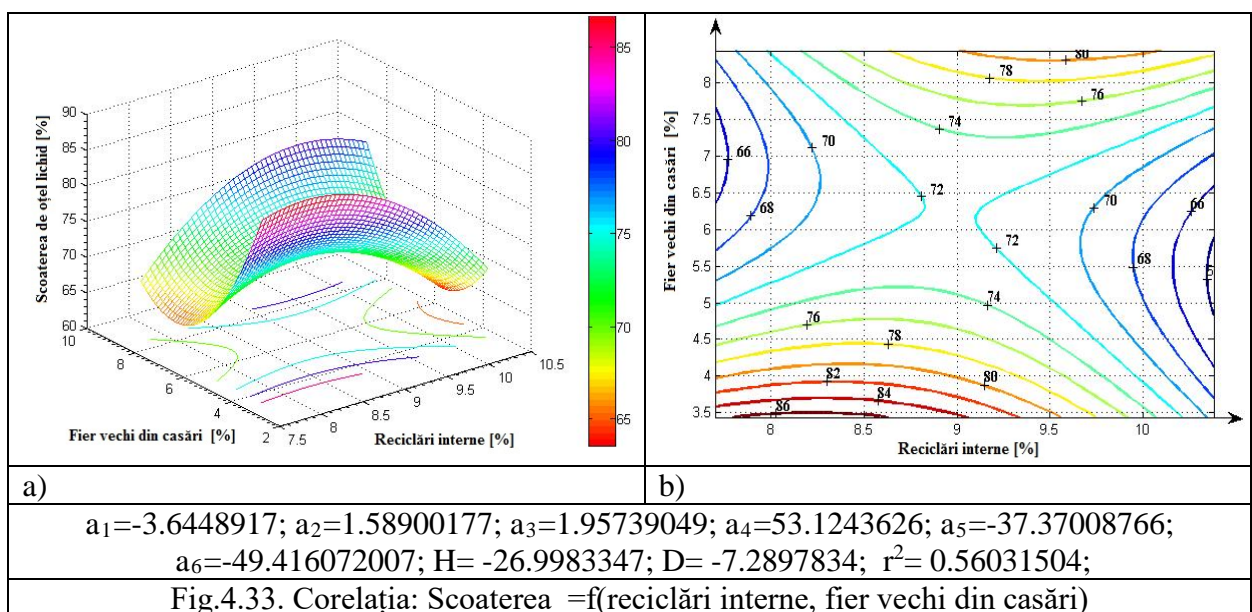
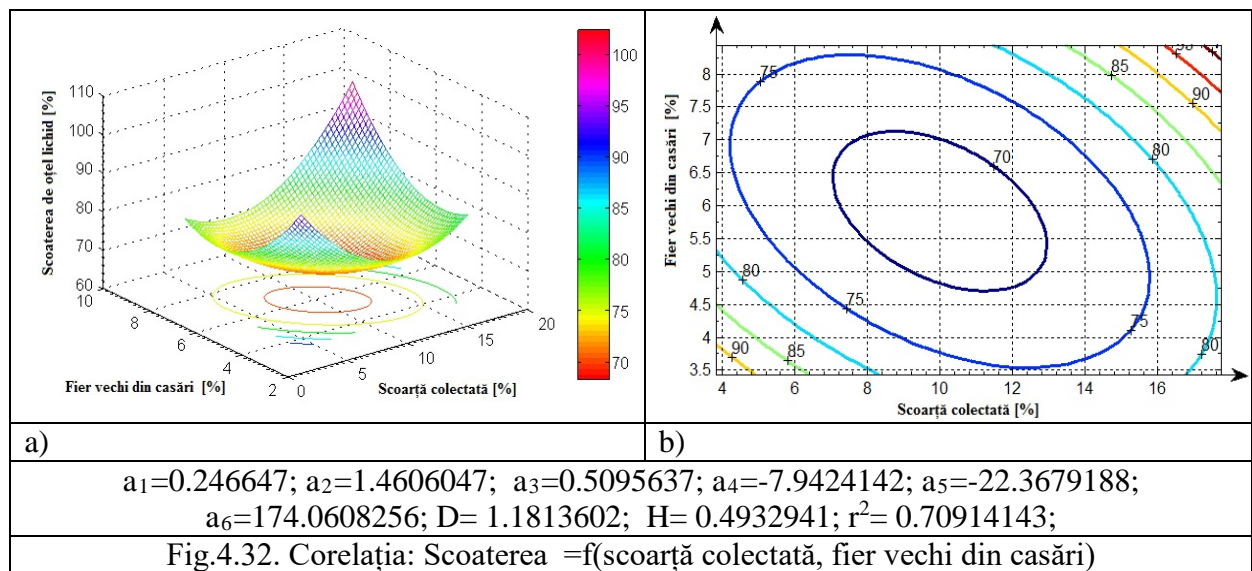
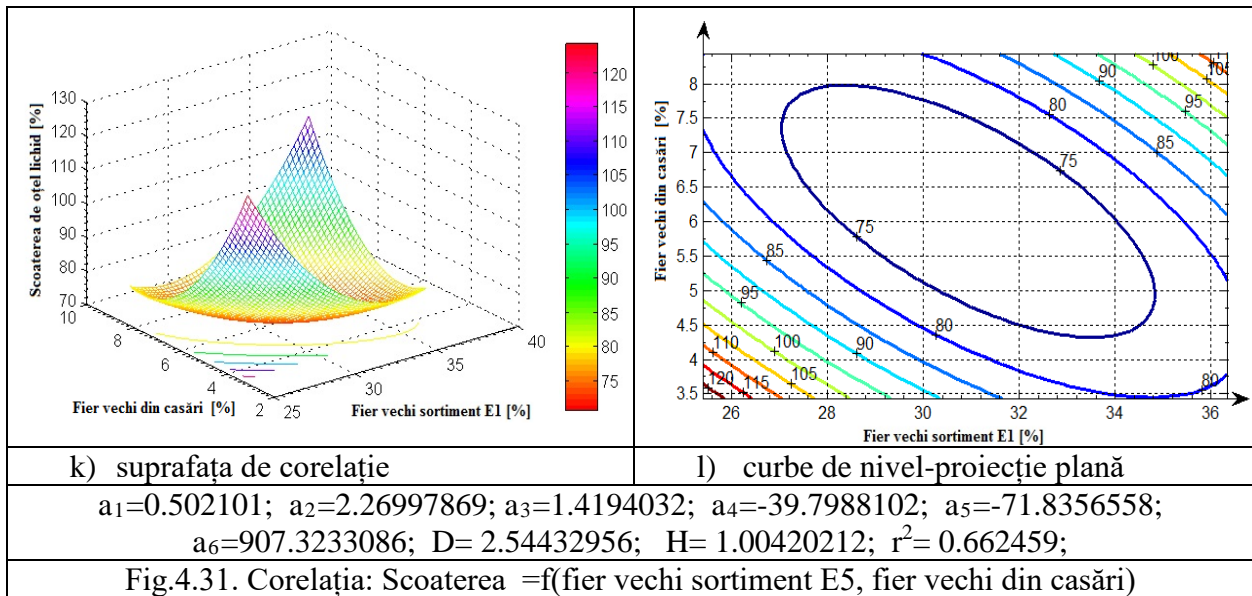
De asemenea, au fost obținute și ecuații de corelație triplă, dar deoarece aceste hipersuprafețe nu poate fi reprezentate în spațiul cu 4 dimensiuni, s-a recurs la înlocuirea succesivă a câte unei variabile independente cu valoarea ei medie, generând astfel suprafețe, care aparțin spațiului cu 3 dimensiuni și care pot fi reprezentate și interpretate de tehnologi (o corelație triplă generează trei corelații duble, prezentate în lucrarea atât sub formă analitică cât și grafică) [69,71,73].

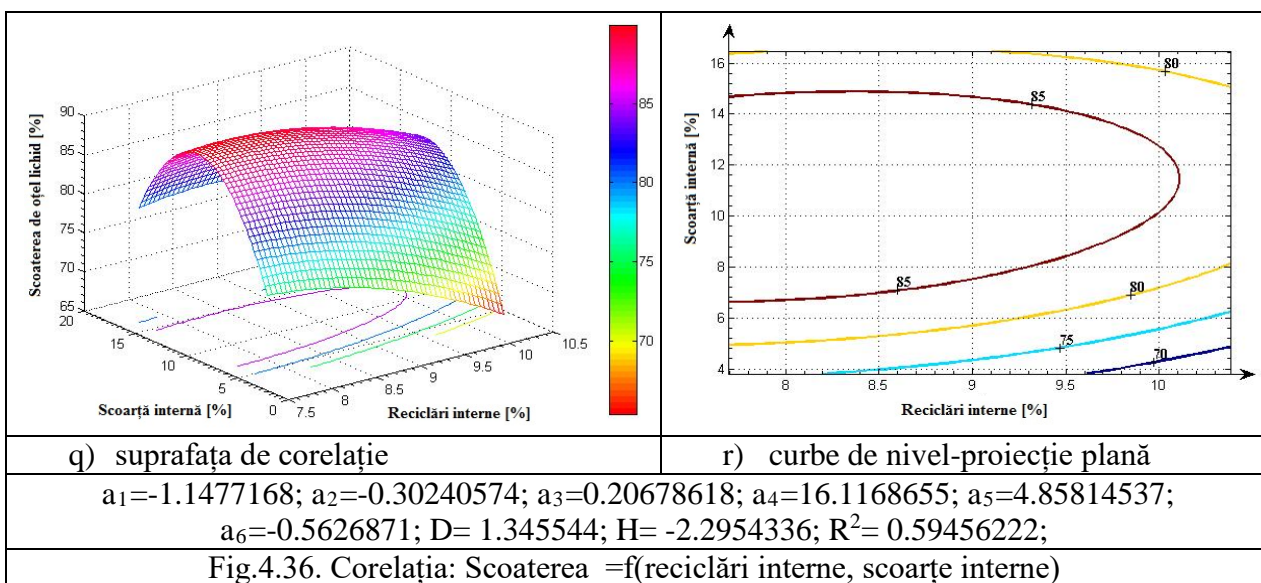
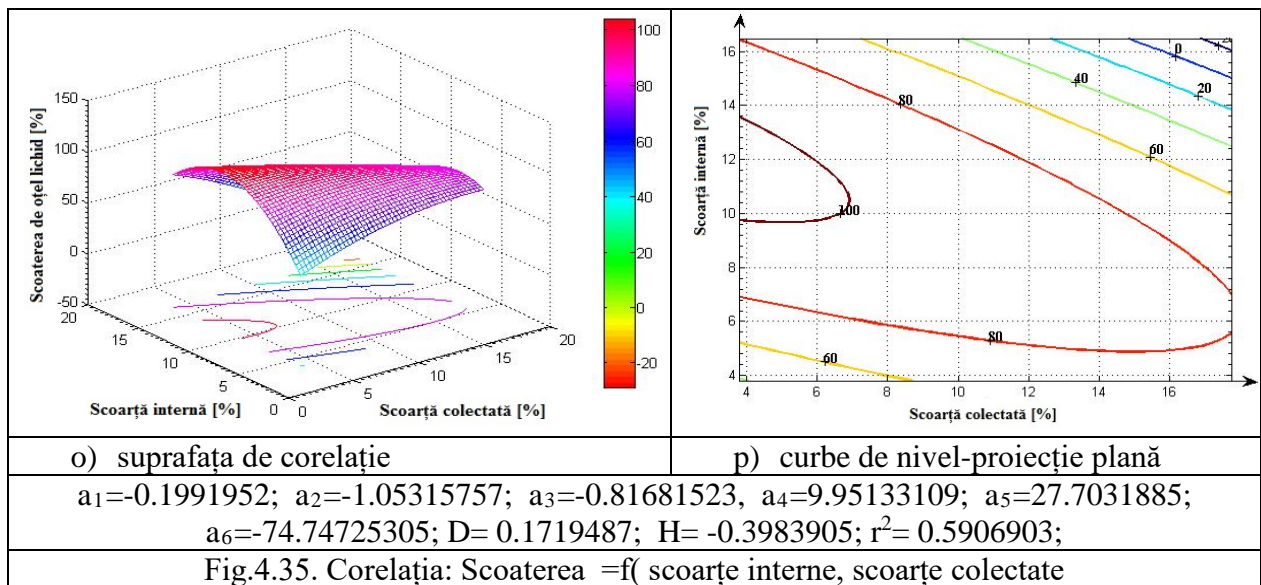
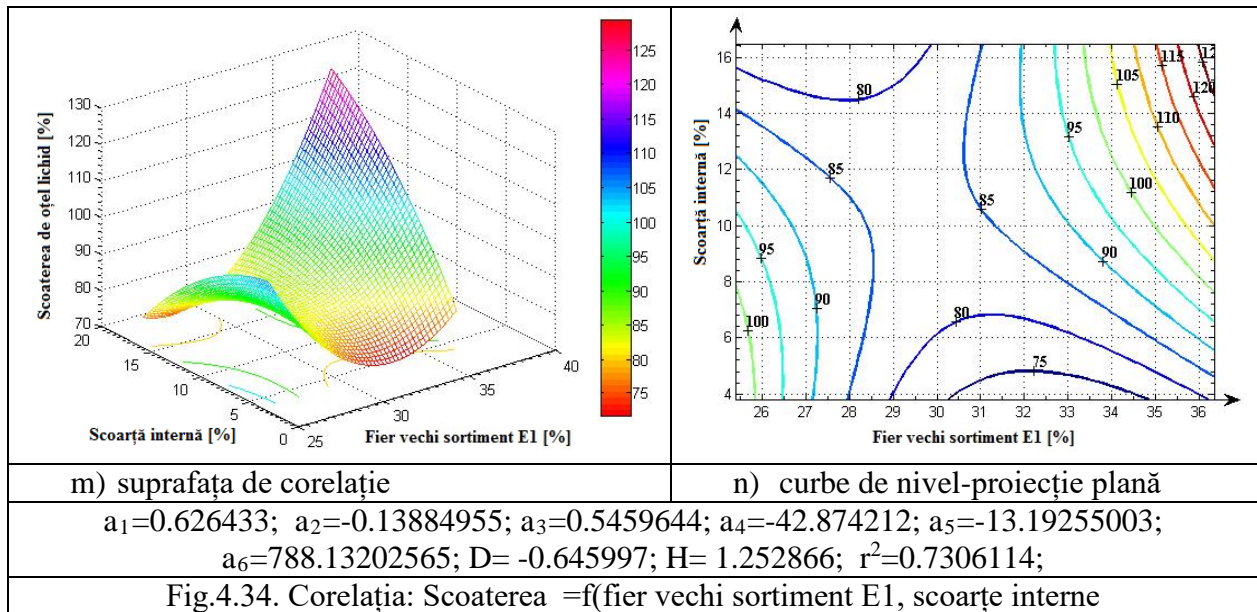
##### 4.2.2.1. Rezultate privind corelațiile duble

Referitor la corelațiile duble, în lucrare sunt prezentate cele obținute după ecuația (4.1) pe motiv că sunt mai simple, numai într-un singur caz, sunt prezentate și cele obținute după ecuațiile (4.2) și (4.3), atât sub formă analitică, cât și grafică, respectiv fig.4.38 și fig. 4.39. De menționat că în toate cazurile au fost prezentate cele mai semnificative corelații. În continuare sunt prezentate rezultatele obținute.









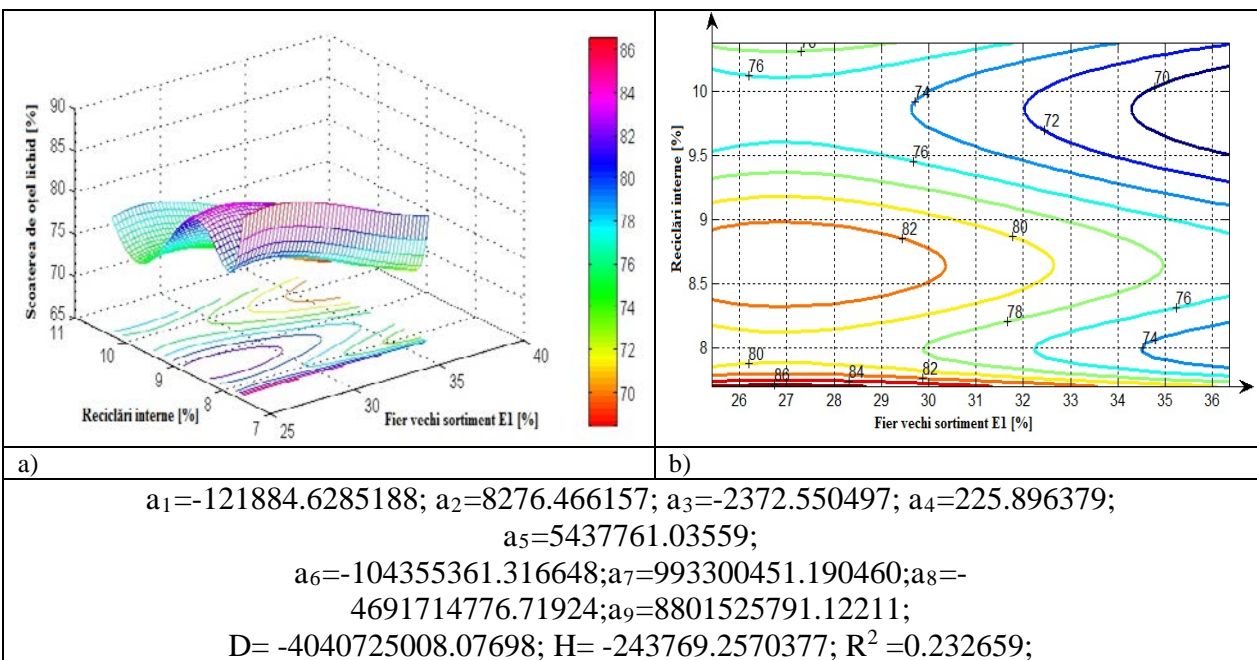
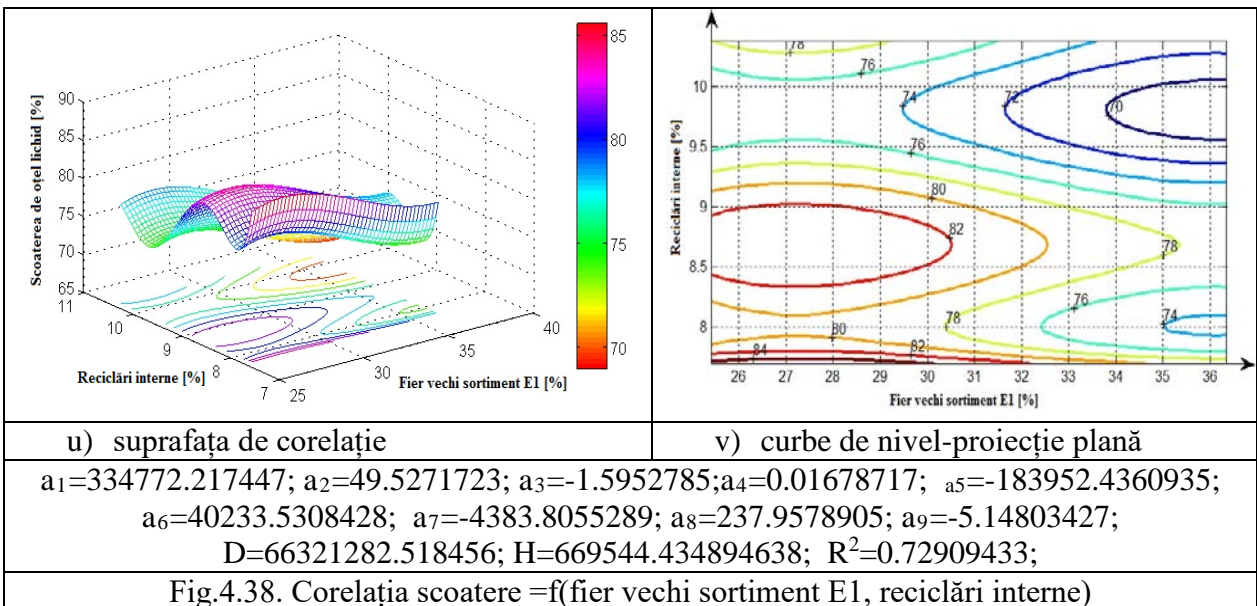
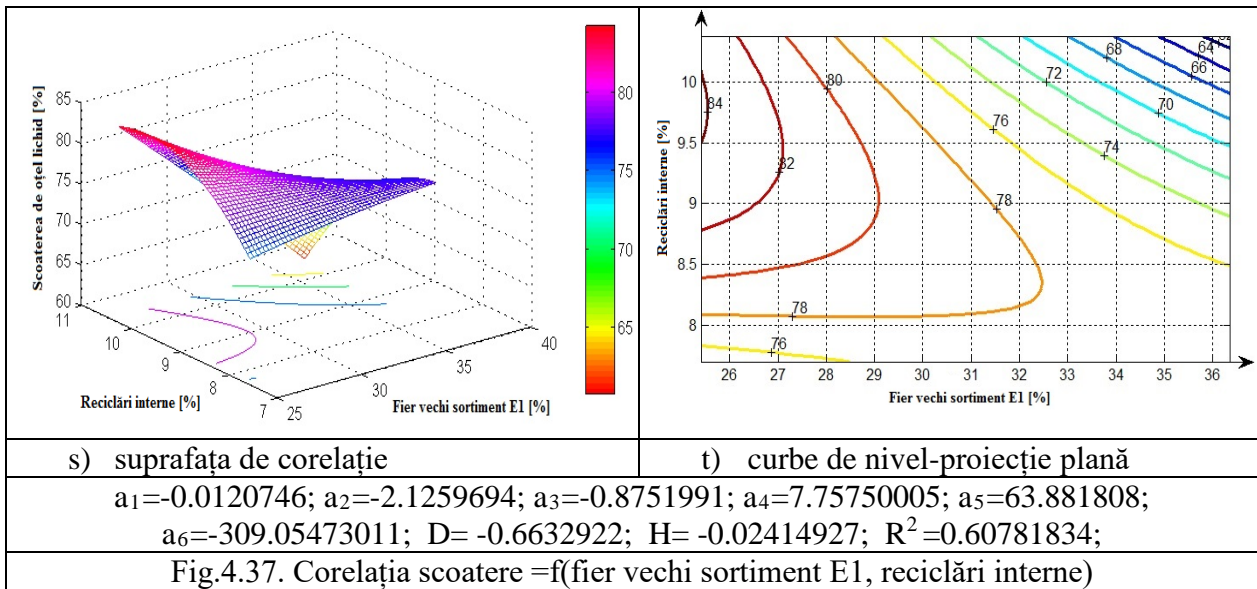




Fig.4.39 Corelația scoatere =f(fier vechi sortiment E1, reciclări interne)

**4.2.2.3. Rezultate privind corelațiile triple**

În acest caz corelația triplă este de forma:

$$u = a_1x^2 + a_2y^2 + a_3z^2 + a_4xy + a_5xz + a_6yz + a_7x + a_8y + a_9z + a_{10}$$

(4.4)

unde,

u= scoaterea de oțel lichid, % - parametru dependent;

x,y,z = proporția de componenți metalici în șarja cuptorului cu arc electric, %-parametri independenți.

În continuare se prezintă corelația triplă pentru:

x= proporția de fier vechi sortiment E1, %;

y= proporția de fier vechi sortiment E3, %;

z= proporția de fier sortiment reciclări interne, %;

Ecuatia de corelație triplă are forma:

$$u = 0,1494x^2 - 0,0225y^2 - 0,1217z^2 - 0,0062xy + 0,2764xz + 0,5695yz - 11,8615x - 4,0911y - 202,927z + 410,1359; \text{ Coeficientul de corelație: } R^2 = 0.3630 \quad (4.5)$$

În continuare sunt prezentate ecuațiile de corelație dublă, suprafețele de regresie și proiecția în planul orizontal a curbelor de nivel.

Ecuatia suprafeței de regresie:  $y = f(y,z, x=x_{med}=E1_{mediu} = 32,25\%)$ :

$$u = -0,0225y^2 - 0,1217z^2 + 0,5695yz - 4,2879y - 11,5937z + 184,8248; \quad (4.6)$$

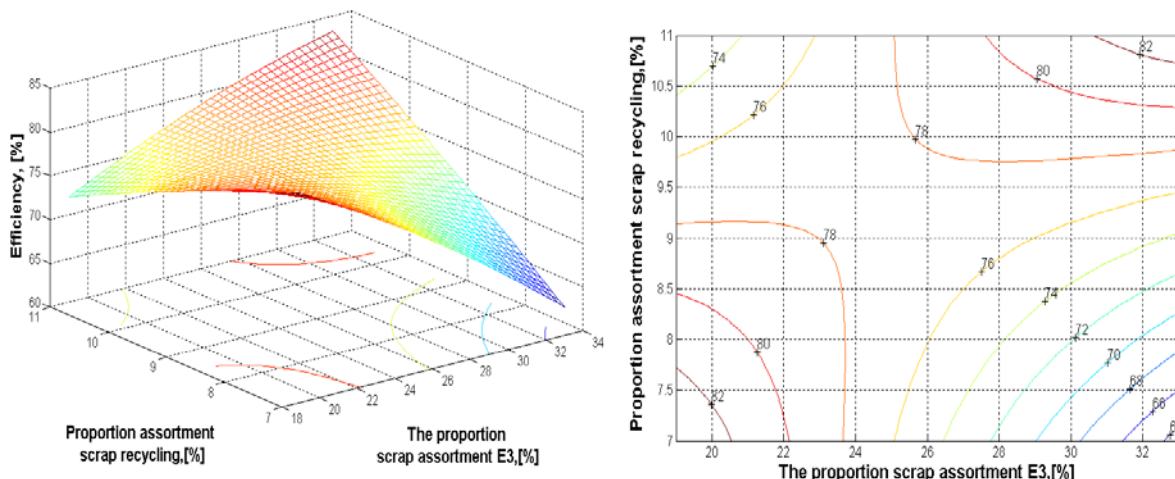
Coeficientul de corelație :  $R^2 = 0,969$ .

Suprafața de corelație prezintă punct staționar-punct șea de coordonate:

Fier vechi sortiment E3  $y = 24.3986\%$ ;

Sortiment fier reciclări  $z = 9.4586\%$ ;

Scoaterea de oțel lichid  $u = 77.6957\%$ ;



a) suprafața de regresie;

b) curbe de nivel proiecție plană

Fig. 4.40 Corelația scoatere =f(sortiment E3,sortiment reciclări)

Ecuatia suprafeței de regresie:  $u = f(x,z); y = y_{med} = 24,912\%$ :

$$u = 0,1494x^2 - 0,1217z^2 - 0,0062xz - 12,0123x - 6,4961z + 297,8032 ; \quad (4.7)$$

Coeficientul de corelație  $R^2 = 0.7819$ .

Suprafața de corelație prezintă punct staționar - punct șea de coordonate:

Fier vechi sortiment E1  $x = 31.6453\%$ ;



- component, mai ales a celor din reciclări (în mod deosebit categoria scoarțe și casări) [69,71,73];
- din datele prezentate în figurile 1-8 se constată o variație în limite mari a scoaterii de metal lichid, fapt explicabil prin gradul de pregătire a fiecărui sortiment de fier vechi precum și a proporției de material nemetalic;
  - creșterea în încărcătură a proporțiilor sortimentele de fier vechi E1, E3 și E5 conduc la creșterea scoaterii, explicabil prin calitatea acestora și de asemenea gradul de pregătire, de conținutul de materiale nemetalice;
  - de dorit ar fi o încărcătură cu 25-40% sortiment E1 (fig 4.16), 25-30% sortiment E3 (fig. 4.15), de dorit suma celor două componente peste 60%, ceea ce conduce la o scoatere de peste 82% [69,71,73];
  - de asemenea utilizarea scoarțelor din comerț în proporție de 18-20% conduce la o scoatere de 75-92%, acest sortiment fiind bine controlat și avansat pregătit (se impun condiții severe la recepție);
  - de asemenea pentru proporții în încărcătură de 8-10% reciclări interne și 3,5 – 5% sortiment E100 se obțin valori îmbunătățite pentru scoatere, aceste sortimente putând fi relativ ușor controlate;
  - prin respectarea instrucțiunilor tehnologice se poate influența scoaterea în sensul creșterii acesteia prin utilizarea în proporție de 4-7 % a sortimentului provenit din casări (un grad avansat de pregătire, sortare, eliminare parte nemetalică);
  - o problemă mai deosebită apare la utilizarea scoarțelor interne, mai ales cele care provin de pe halda de zgură, deoarece nu sunt suficient prelucrate (mărunțite), ceea ce conduce la conținuturi variabile (în limite mari) a părții nemetalice [69,71,73];
  - scoaterea scade cu creșterea greutateii șarjei solide mai ales peste 115-120t, fapt explicabil tehnologic prin calitate mai puțin corespunzătoare a încărcăturii metalice, fiind necesar a fi evacuată o cantitate mai mare de zgură pe durata topirii și afinării;
  - scoaterea scade cu creșterea numărului de încărcături metalice (benă echivalent cu o încărcătură metalică), respectiv de la 3 la 4 sau chiar la 5, situație generată de proporția mai mare în încărcătură a fierului vechi ușor și/sau insuficient pregătit dimensional [69,71,73];
  - diagramele obținute în programul MATLAB (atât în cazul corelațiilor duble, cât și a celor triple) asigură posibilitatea alegerii structurii încărcăturii în limite largi, pentru asigurarea unor valori spre limita superioară pentru scoatere, având în vedere și condițiile de aprovizionare cu sortimente de încărcătură feroasă, astfel:
    - o din diagrama prezentată în fig. 4.25 o încărcătură cu 30% sortiment feros E1 și 18% scoarțe din comerț, poate conduce la o scoatere de oțel lichid în medie de 86% [69,71,73];
    - o o încărcătură metalică cu 30% sortiment feros E1 și 9% sortiment feros E5 poate conduce la o scoatere de oțel lichid în medie de 84% (cu condiția ca sortimentul scoarțe interne să fie avansat procesat;

- în cazul corelațiilor triple, din reprezentarea grafică din fig. 4.42 se constată că pentru o participație de 37% sortiment feros E1 și 23% sortiment feros, poate conduce la o scoatere de oțel lichid de peste 82%, evident dacă restul sortimentelor de încărcătură metalică au o calitate corespunzătoare [69,71,73];
- este evident că din analiza diagramelor de corelație, reprezentate grafic, în mod deosebit proiecția în plan a curbelor de nivel se poate stabili o componență a încărcăturii, care să conducă spre obținerea unor valori superioare pentru scoaterea de oțel lichid (în condițiile date pentru disponibilul de sortimente metalice existente în depozit, respectiv de condițiile de aprovizionare);

Pe baza celor analizate și în funcție de posibilitățile de aprovizionare cu diferite sortimente de încărcătură metalică (de disponibilul din depozit) pentru condițiile actuale (se au în vedere atât considerente tehnologice și economice, cât și privind mediul) următoarea componență a încărcăturii metalice: sortiment E1- 30-40%; sortiment E3 -20-25%; sortiment E5- 5-10%; sortiment E100- 4-6%; scoarțe feroase din comerț 10-20% ; scoarțe interne 10-20%; reciclări interne 8-10%; casări 4-6% [69,71,73].

Referitor la structura actuală a încărcăturii se consideră că prezintă interes următoarele observații:

- nu s-a folosit în încărcătură burete de fier, aglomerat avansat redus, pelete metalizate, brichete metalizate deoarece nu se produc pe plan național iar importul nu este convenabil economic;
- literatura de specialitate oferă suficiente date referitoare la producerea acestor sortimente feroase din deșeuri siderurgice, cu efecte favorabile atât tehnologic cât ecologic;
- echiparea societăților producătoare de oțel cu instalații de reciclare a prafului de oțelărie, ținătorului și zguri feroase, ar asigura un sortiment feros de compoziție cunoscută în structura încărcăturii, avantajos și din punct de vedere economic și ecologic [69,71,73];
- încărcătura utilizată pe durata experimentărilor nu a fost de cea mai bună calitate, dar a permis reducerea stocurilor de fier vechi din casări (în mod deosebit din caroserii), fier vechi ușor, scoarțe din zguri etc;
- la nivelul unei societăți, se poate analiza din punct de vedere economic, având în vedere o serie de considerente atât de ordin tehnologic, cât și ecologic, dacă este convenabil utilizarea unui sortiment feros în încărcătură cu conținut de fier mai scăzut (50-60%); trebuie avut în vedere cheltuielile determinate de restricțiile impuse de mediu pe de o parte, iar pe de altă parte că deșeurile menționate existente la societățile care nu mai produc oțel pe flux integrat nu mai pot fi reciclate pentru elaborarea fontei [69,71,73].

## CAPITOLUL 5

### CERCETĂRI PRIVIND INFLUENȚA STRUCTURII ÎNCĂRCĂTURII METALICE ASUPRA CONSUMULUI SPECIFIC DE ELECTROZI

#### 5.1. Alimentarea cu energie electrică a cuptorului cu arc electric

##### 5.1.1. Circuitul secundar a cuptorului electric cu arc.

Circuitul electric a cuptorului electric cu arc de la transformator până la arcul electric constituie circuitul secundar. De la transformator până în afara clădirii acestuia se folosesc bare de cupru de secțiune dreptunghiulară cu înălțime  $h$  și grosime  $d$  ( $h > d$ ) [59,60,61,62,63,64].

Legătura între barele de cupru și conductorii portelectrodului se face prin intermediul unor cabluri flexibile, acestea fiind prinse la conductorii portelectrod la unul din capetele acestuia, celălalt capăt asigură legătura cu capul de prindere a electrodului [59,60,61,62,63,64].

##### 5.1.2. Electrozi

Electrozii reprezintă ultima componentă a circuitului secundar a instalației electrice de la cuptoarele cu arc electric, ei conduc curentul electric alternativ de la capetele de prindere până la încărcătură, acesta trebuind să se repartizeze cât mai uniform pe secțiunea electrodului, ceea ce depinde de caracteristicile și de diametrul acestuia [59,60,61,62,63,64].

Caracteristicile electrozilor depind de proprietățile chimice și fizice ale materialelor din care sunt confecționați și de metoda de fabricație.

În prezent, pentru fabricația electrozilor se utilizează ca materii prime cocs metalurgic, antracit, cocs petrol, materiale cu conținut mic de cenușă și care se prepară prin concasare, încălzire la  $1200^{\circ}\text{C}$  în cuptor rotativ în atmosferă reducătoare, măcinare și sortare granulometrică. Sorturile granulometrice se amestecă în diferite proporții/rapoarte (în funcție de materialele disponibile și de diametrul electrodului), într-un tambur cu pereți dublii cu circulație de abur, cu adaos de gudron de uleiă deshidratat ca liant.

În finalul acestui proces rezultă o pastă din care prin extrudare la o presă hidraulică rezultă electrozii cruzi, care în continuare sunt copti (încălziți timp îndelungat) într-un cuptor fără accesul aerului, pentru cocsificarea liantului și eliminarea materiilor volatile, rezultând electrozi de cărbune (amorf). Dacă după coacere electrozii bruți se împachetează în praf de cărbune, constituind rezistența unui cuptor electric fără acces de aer, în care temperatura depășește  $2200^{\circ}\text{C}$ , în decurs de 12 zile carbonul amorf trece în grafit și se obțin în final electrozii de grafit, compacți și fără contracție sensibilă [59,60,61,62,63,64].

În continuare electrozii sunt supuși răcirii cu respectarea obligatorie a unei diagrame de răcire, astfel încât în electrod să nu apară tensiuni termice.

După terminarea operației de răcire, electrozii se strunjesec la diametru precis/prescris/prevăzut în proiect (200...610mm la electrozii de grafit, excepțional la electrozi cu conductibilitate electrică mare) și la lungimi definite (1830 sau 2100mm și excepțional la 3000mm) și li se filetează capetele pentru prelungirea în serviciu, pe măsură ce aceștia se consumă.

Piese de legătură (niplurile) au formă cilindrică sau conică și se execută din același material ca și electrozii. Niplul conic se înșurubează mai ușor și se rupe mai greu (mai ales când face corp comun cu electrodul), însă necesită o supraveghere mai atentă deoarece se deșurubează (autodeșurubează) mai ușor decât cel cilindric, datorită vibrațiilor care se produc în timpul topirii [59, 60, 61, 62, 63, 64].

La aprecierea comportării electrodului în rolul de conductor servesc proprietățile lui și anume [59, 60, 61, 62, 63, 64]:

- conductivitatea electrică respectiv rezistența electrică specifică mai mică  $\rho = 7 - 12 \Omega/\text{mm}^2 \text{ m}$  la  $25^\circ\text{C}$ , comparativ cu electrozii de cărbune;
- densitatea de curent admisibilă  $\Delta$ , care scade cu creșterea diametrului electrodului (poate ajunge până la  $50\text{A}/\text{cm}^2$ ), deci pierderile electrice (sub formă de căldură) sunt mai mici decât la electrozi de cărbune;
- coeficientul de dilatare, mai mic la electrozi de grafit, care se deformează neglijabil la creșterea temperaturii (nu plesnesc);
- conductibilitatea termică, mai mare la electrozi de grafit  $0,3\text{kcal}/\text{kg}$  ( $1,254\text{kJ}/\text{kg}$ ) la  $100^\circ\text{C}$  față de  $0,20\text{kcal}/\text{kg}$  ( $0,836\text{kJ}/\text{kg}$ ) la electrozi de cărbune, deci nu se încălzesc prea puternic cât timp densitatea de curent este normală;
- temperatura de început de ardere în aer este de circa  $550^\circ\text{C}$  pentru electrozi de grafit și de  $400^\circ\text{C}$  pentru cărbune amorf (mai poros).

Pentru buna funcționare a cuptorului cu arc electric, respectiv a procesului de elaborare a oțelului, are importanță deosebită și alegerea diametrului electrozilor corespunzător capacității cuptorului deci ținând seama de puterea transformatorului ( $P_t$ ) și de intensitatea ( $I$ ) a curentului pe fază (acestea fiind corelate cu diametrele indicate anterior pentru electrozii de grafit) [59, 62, 63, 64].

În prezent se folosesc aproape exclusiv electrozi de grafit, ceea ce permite utilizarea din plin a transformatoarelor puternice cu care sunt echipate cuptoarele moderne.

Diametrul mare al electrodului este avantajos deoarece topesc cratere largi, deci se micșorează durata topirii (ca urmare și a șarjei), pe fundul vetrei se adună suficientă baie metalică și zgură, evitându-se astfel ca vatra să fie deteriorată de electrozi la topire, dar cresc cheltuielile cu instalația de susținere și reglare a electrozilor [59, 60, 61, 62, 63, 64].

Consumul specific de electrozi poate fi micșorat și prin măsuri ca: ungerea cu carbură de calciu (carbid  $\text{CaC}_2$ ), magnezită, var sau corund, împachetare în tablă cheltuielile necesitate de asemenea operații fiind acoperite prin scăderea

consumului specific [59,60,61,62,63,64].

## 5.2. Influența structurii încărcăturii asupra consumului specific de electrozi

O influență însemnată asupra consumului specific de electrozi, îl are structura încărcăturii metalice, calitatea și gradul de pregătire a acesteia, precum și modul de conducere a procesului tehnologic. În acest sens, s-a urmărit pentru un număr de 98 de șarje parametrii menționați anterior. Prin utilizarea unei încărcături curate, fără fier vechi avansat ruginit și scoarțe cu grad redus de pregătire, precum și raport corespunzător între cantitățile de fier vechi greu, mijlociu și ușor, va conduce la creșterea scoaterii de oțel lichid, respectiv la reducerea consumului specific de energie electrică și de electrozi.

În practica curentă, în încărcătura cuptoarelor electrice cu arc, se introduc și scoarțe feroase proprii (rezultate pe fluxurile tehnologice din cadrul societății industriale) precum și din comerț, de asemenea și fier vechi cu diferite conținuturi de rugină, pământ, beton refractar, materiale plastice etc. și nu întotdeauna cu raport acceptabil între cantitățile de fier vechi greu, mijlociu și ușor. Ca urmare, se poate considera că prezintă interes studiul influenței încărcăturii asupra consumului specific de electrozi. În sensul menționat, datele obținute privind structura încărcăturii metalice, au fost corelate cu consumul specific de electrozi și prelucrate în programele de calcul EXCEL și MATLAB.

### 5.2.1. Rezultate obținute la prelucrarea datelor în programul EXCEL

În cadrul acestei prelucrări s-a urmărit obținerea unei corelații între consumul specific de electrozi (kg/t) și consumul specific de sortiment metalic (kg/t încărcătură metalică), exprimate prin funcții polinomiale de gradul 1-4, exponențiale, logaritmice și putere, acestea fiind analizate atât din punct de vedere a coeficientului de corelație, cât și a sensului tehnologic.

În fiecare caz, corelațiile sunt prezentate atât sub formă analitică, cât și grafică: figurile 5.1.-5.7.

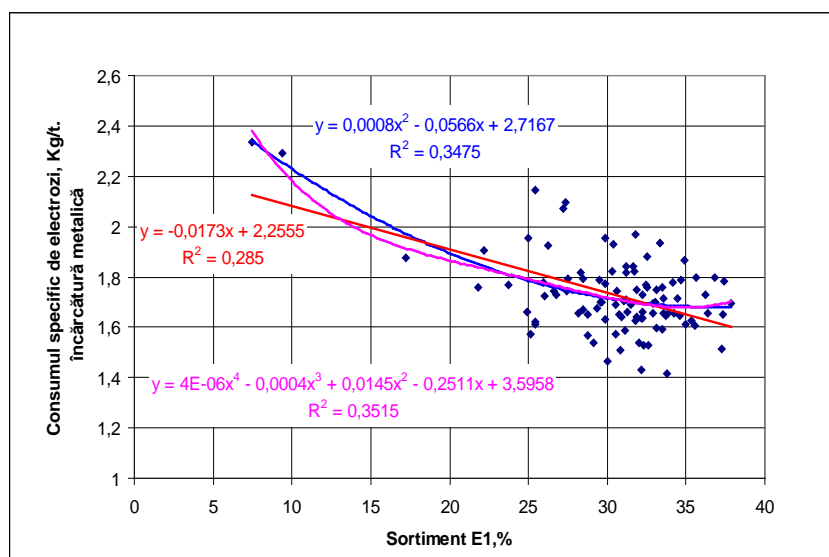


Figura 5.1. Corelația  $C_{s.ez.} = f(\%E_1)$

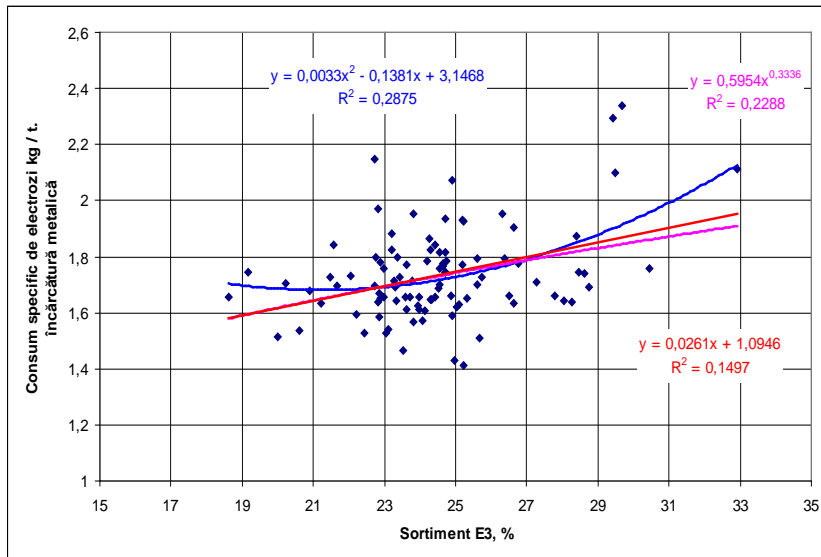


Figura 5.2. Corelația  $C_{s.ez.} = f(\%E_3)$

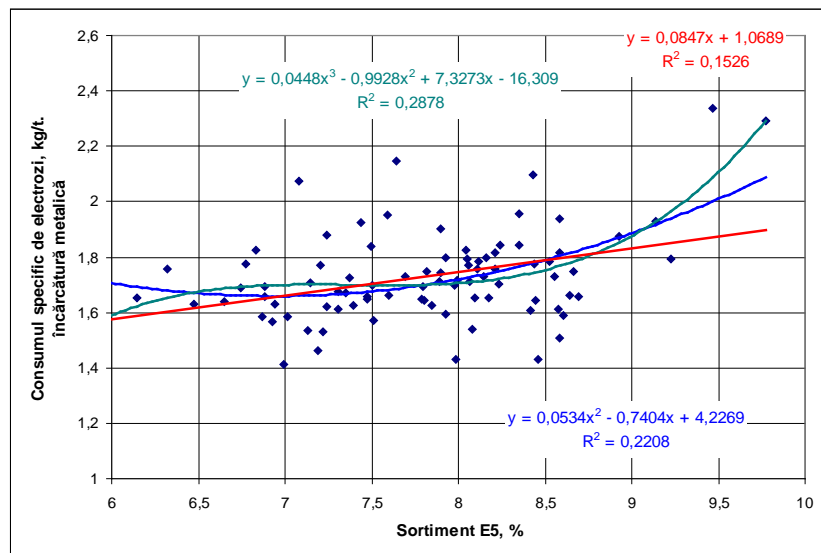


Figura 5.3. Corelația  $C_{s.ez.} = f(\%E_5)$

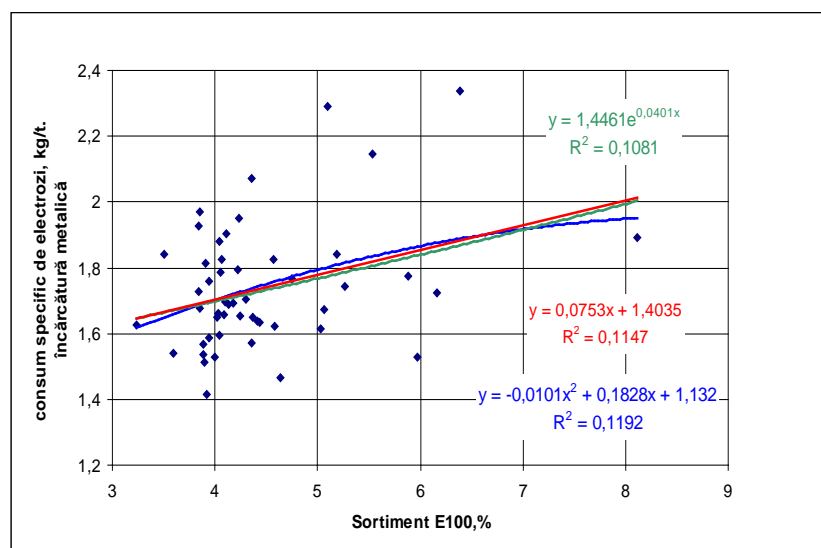


Figura 5.4. Corelația  $C_{s.ez.} = f(\%E_{100})$



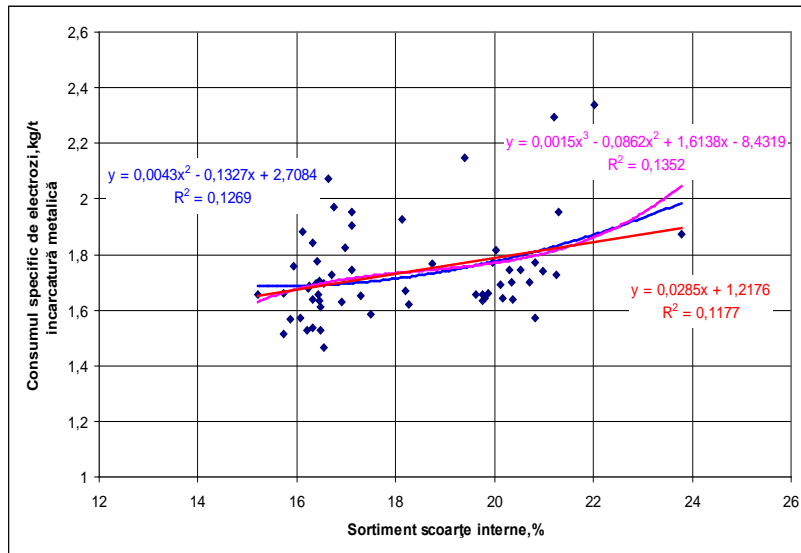


Figura 5.5. Corelația  $C_{s.ez.} = f(\% \text{ Scoarțe interne})$

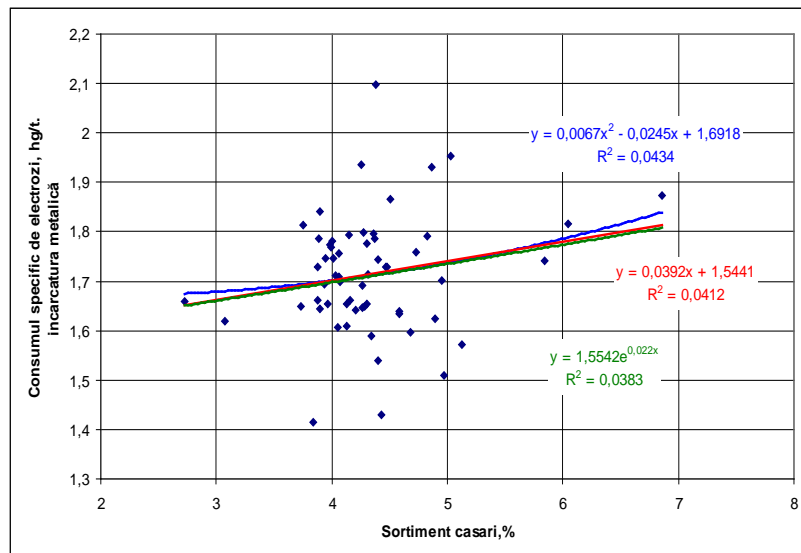


Figura 5.6. Corelația  $C_{s.ez.} = f(\% \text{ Casări})$

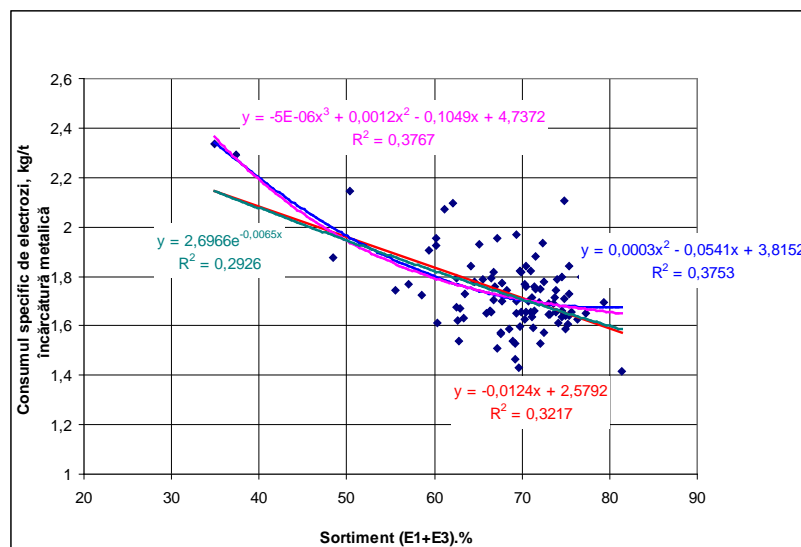


Figura 5.7. Corelația  $C_{s.ez.} = f(\% E_1 + E_3)$

### 5.2.2. Rezultate obținute la prelucrarea datelor în programul MATLAB

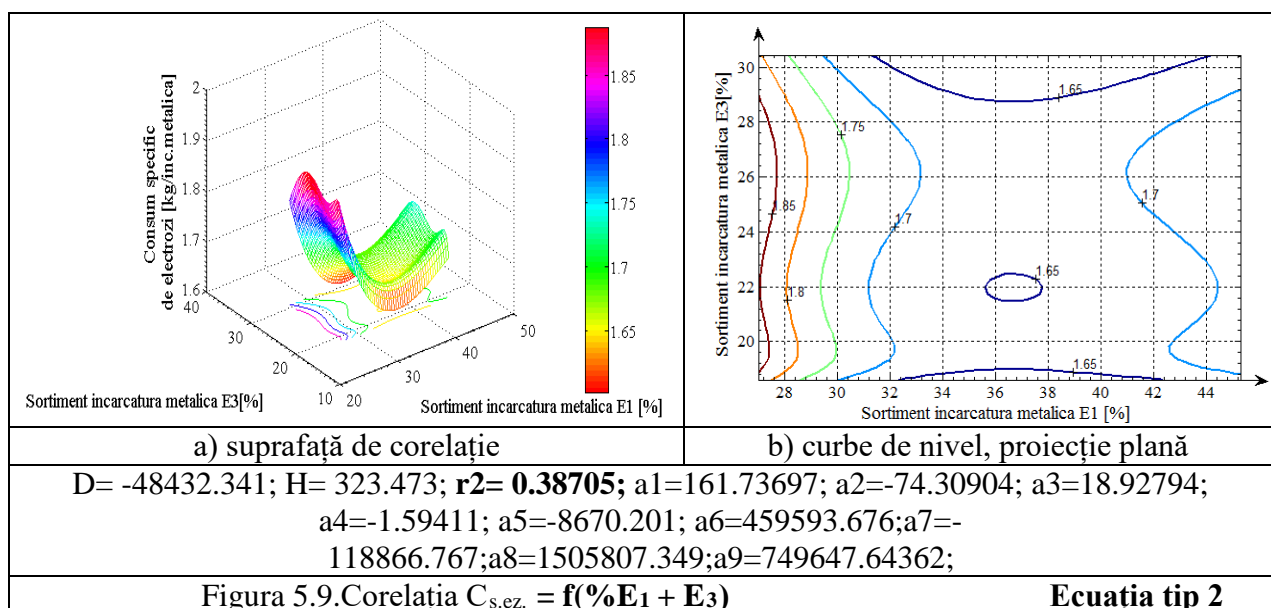
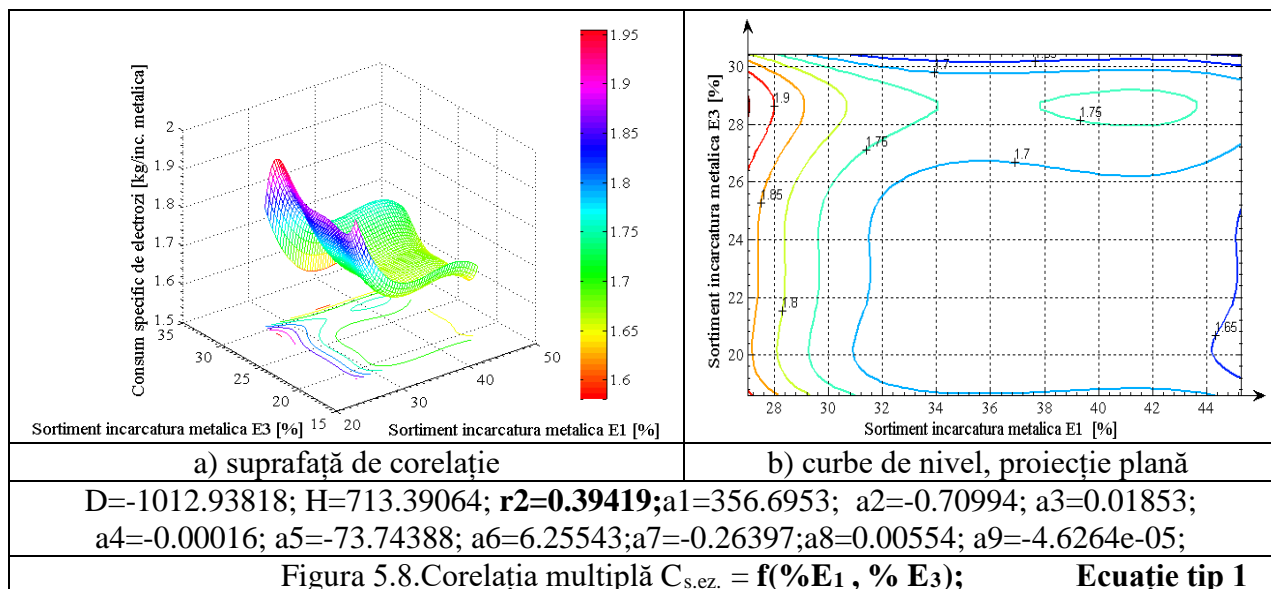
Pentru prelucrarea datelor în programul MATLAB s-au utilizat trei tipuri de ecuații de corelație cu două variabile independente, de forma:

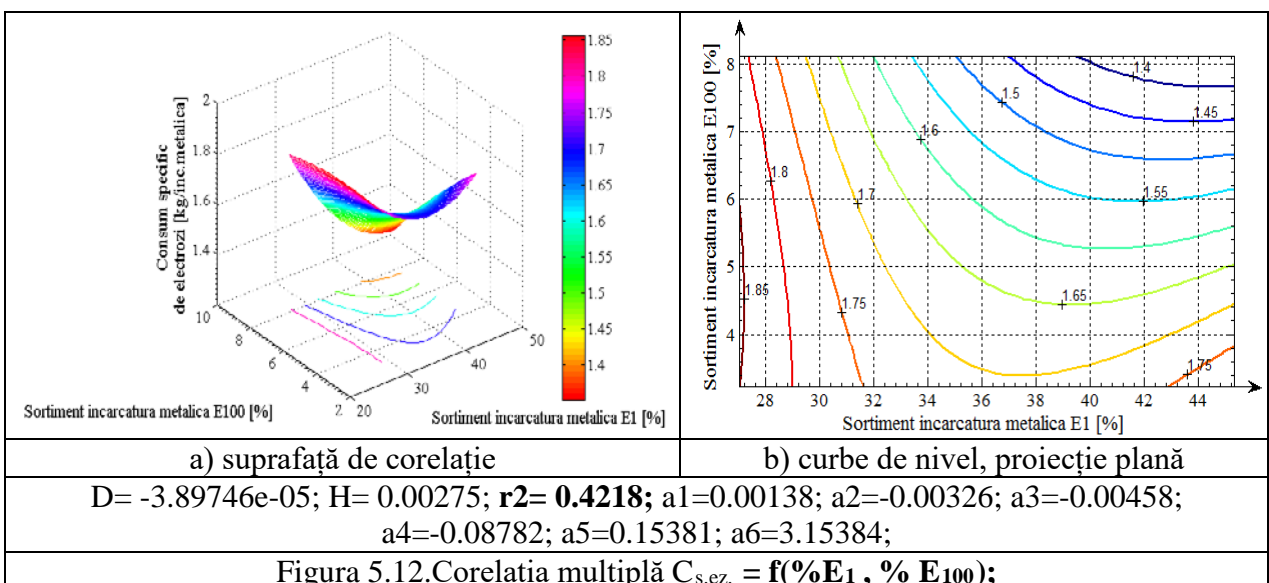
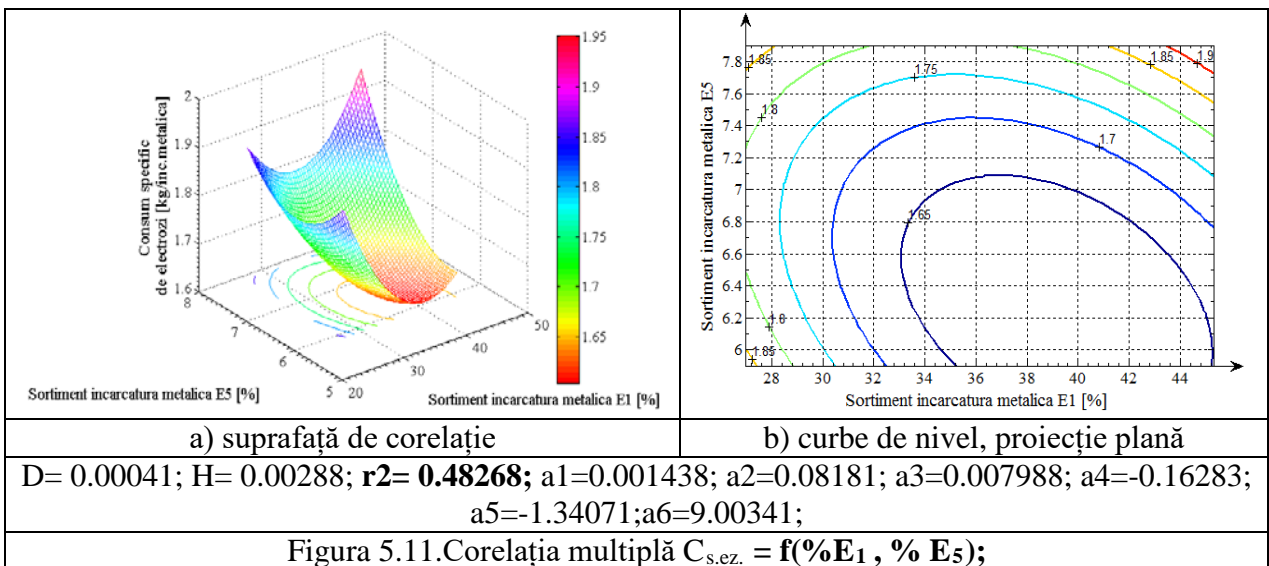
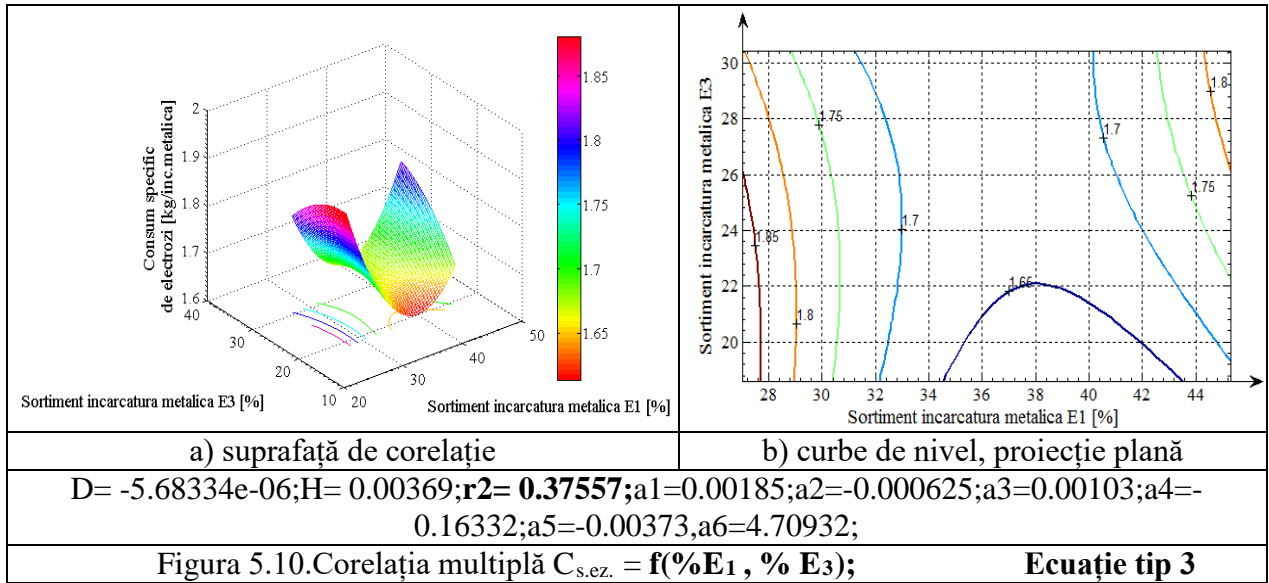
$$z1=a(1)*x^2+a(2)*y^2+a(3)*x*y+a(4)*x+a(5)*y+a(6) \tag{5.1}$$

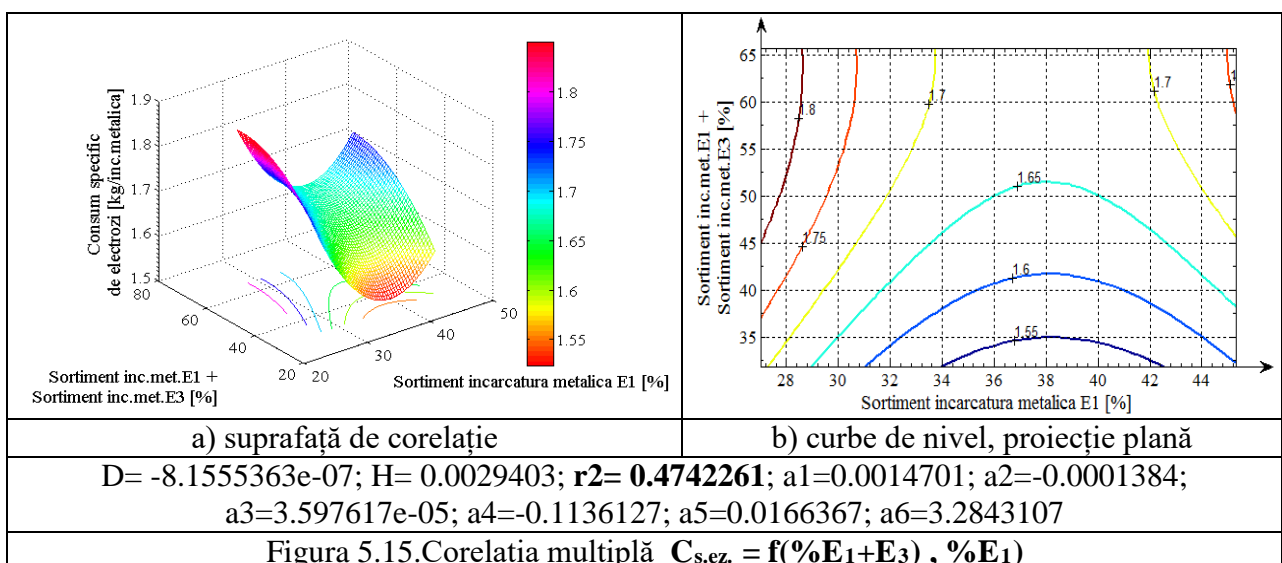
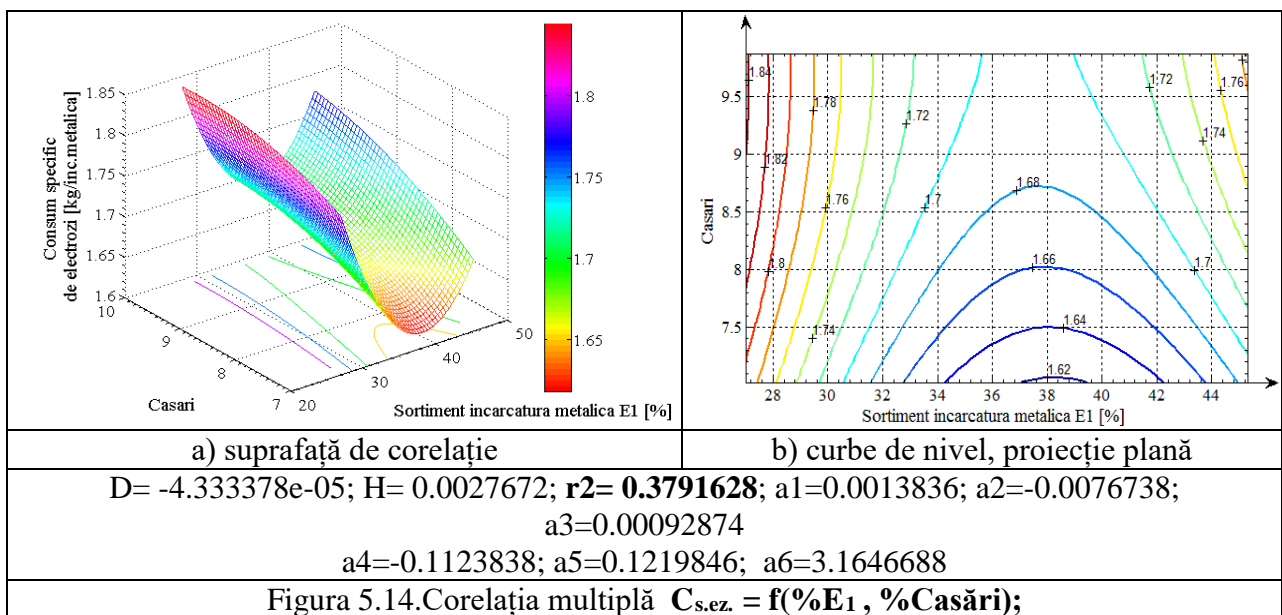
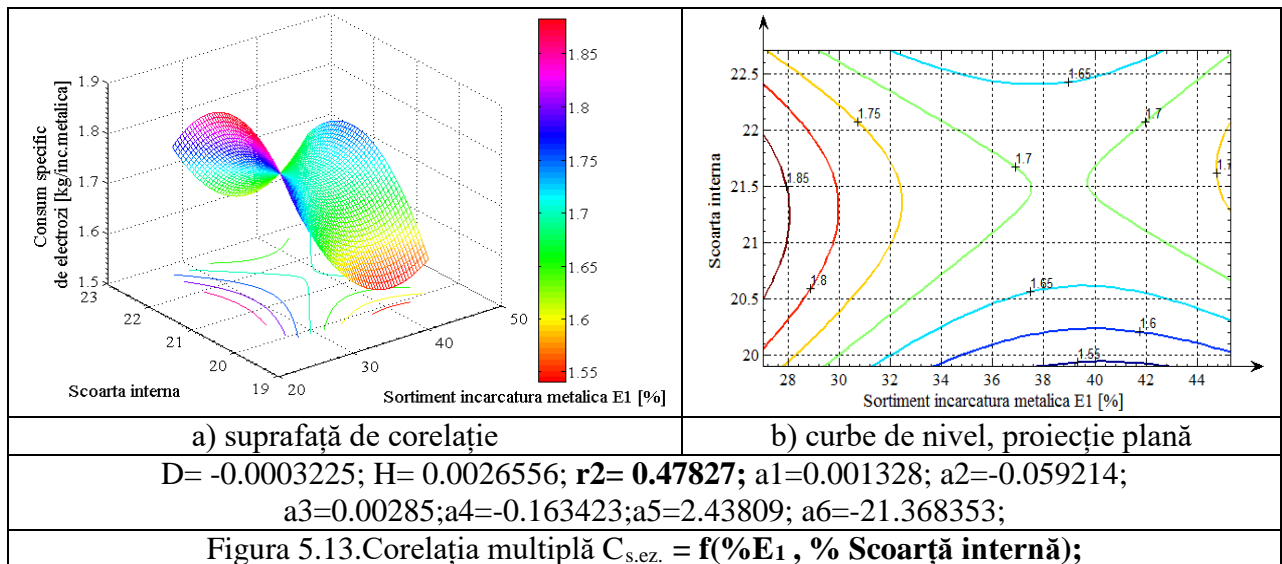
$$z=a(1)+a(2)*\log(x)+a(3)*\log(x)^2+a(4)*\log(x)^3+a(5)/y+a(6)/(y^2)+a(7)/(y^3+a(8)/(y^4)+a(9)/(y^5) \tag{2}$$

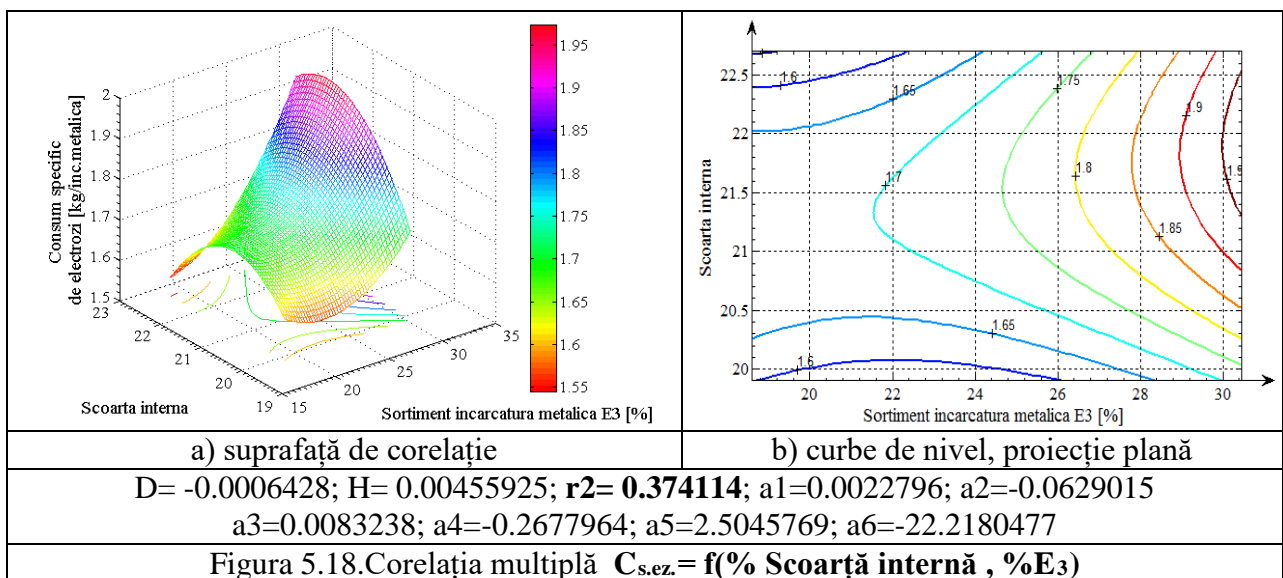
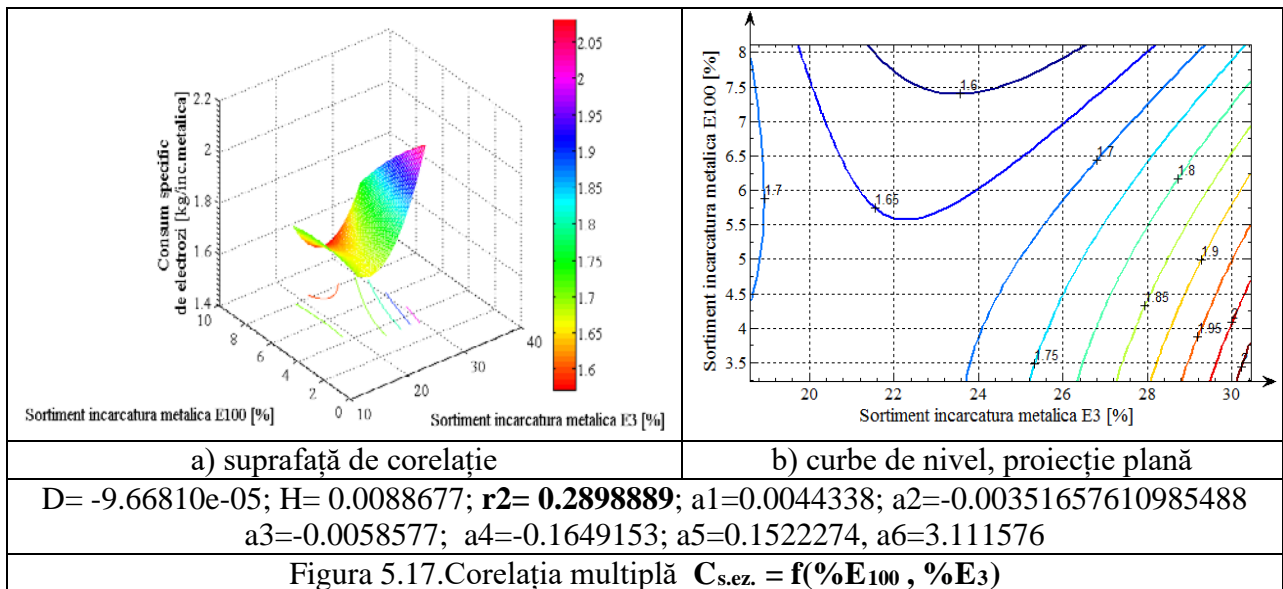
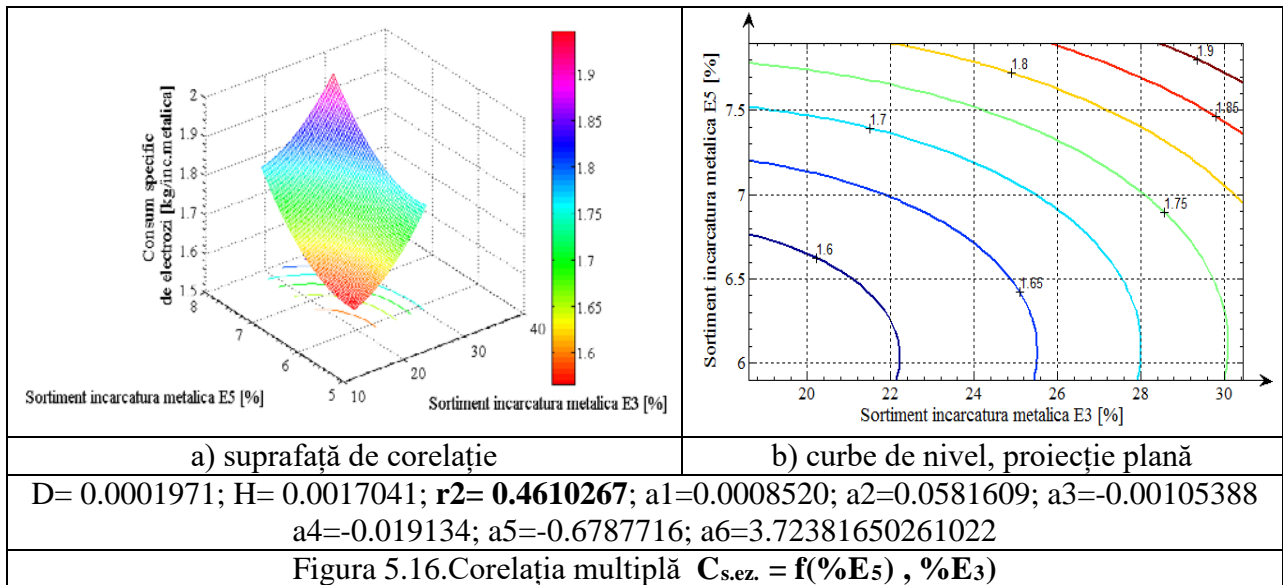
$$z=a(1)+a(2)*x+a(3)*x^2+a(4)*x^3+a(5)*y+a(6)*y^2+a(7)*y^3+a(8)*y^4+a(9)*y^5 \tag{3}$$

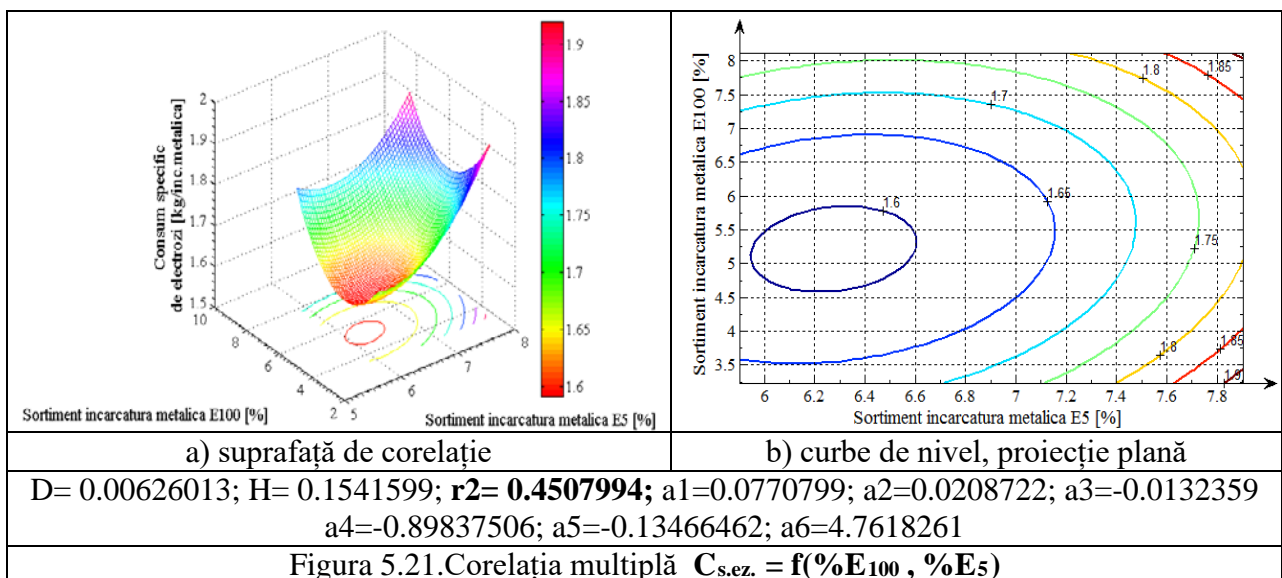
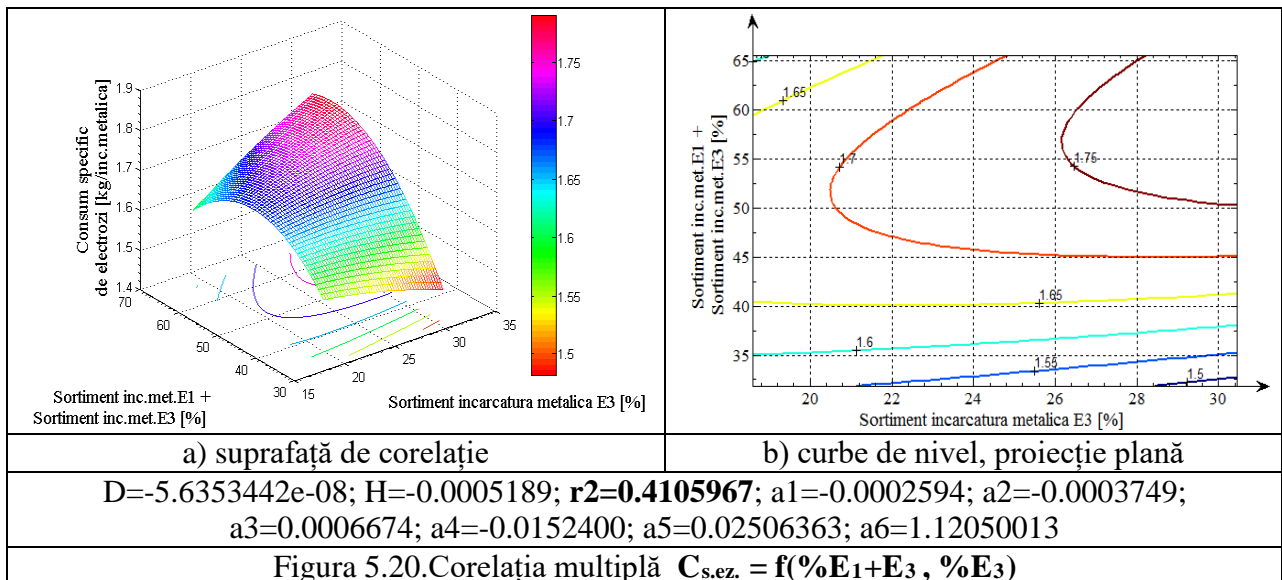
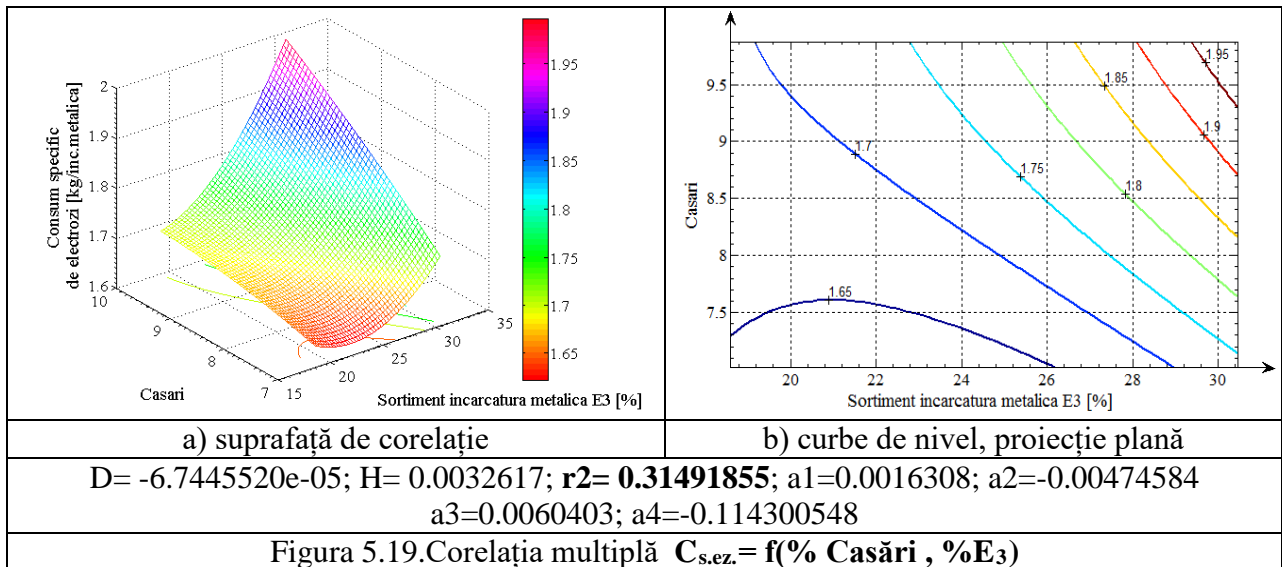
În continuare se prezintă rezultatele obținute la prelucrarea datelor după ecuația de tip 1 în figura 5.8. și numai în figurile 5.9 și 5.10. după ecuațiile de tip 2 și 3. În anexă sunt prezentate și cele mai semnificative corelații după ecuațiile de tip 2 și 3.

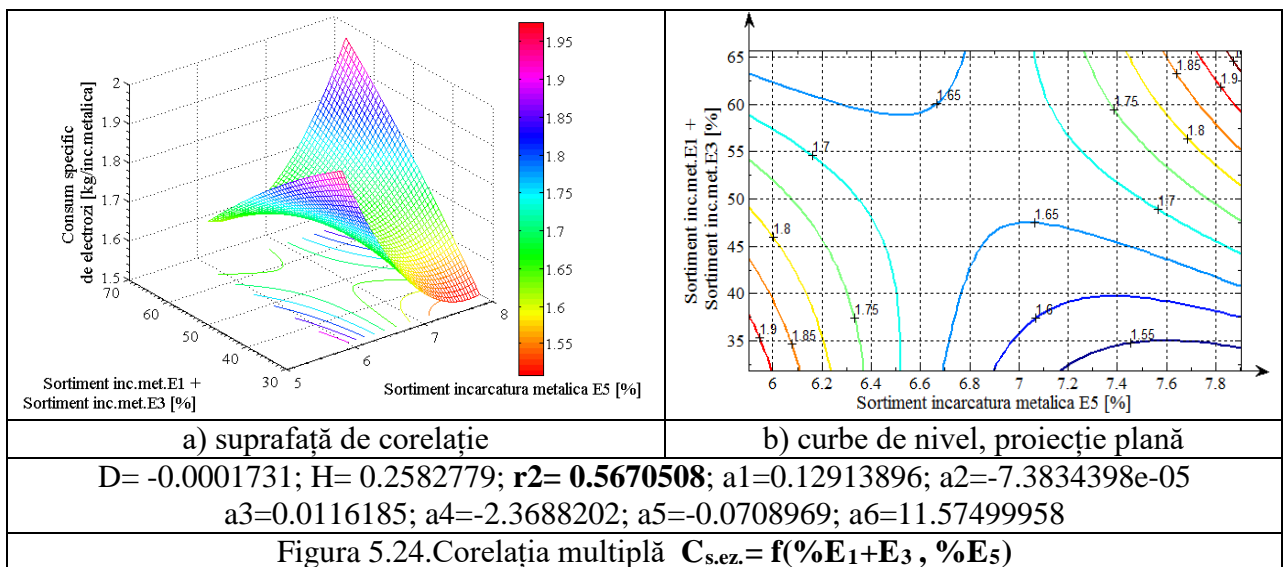
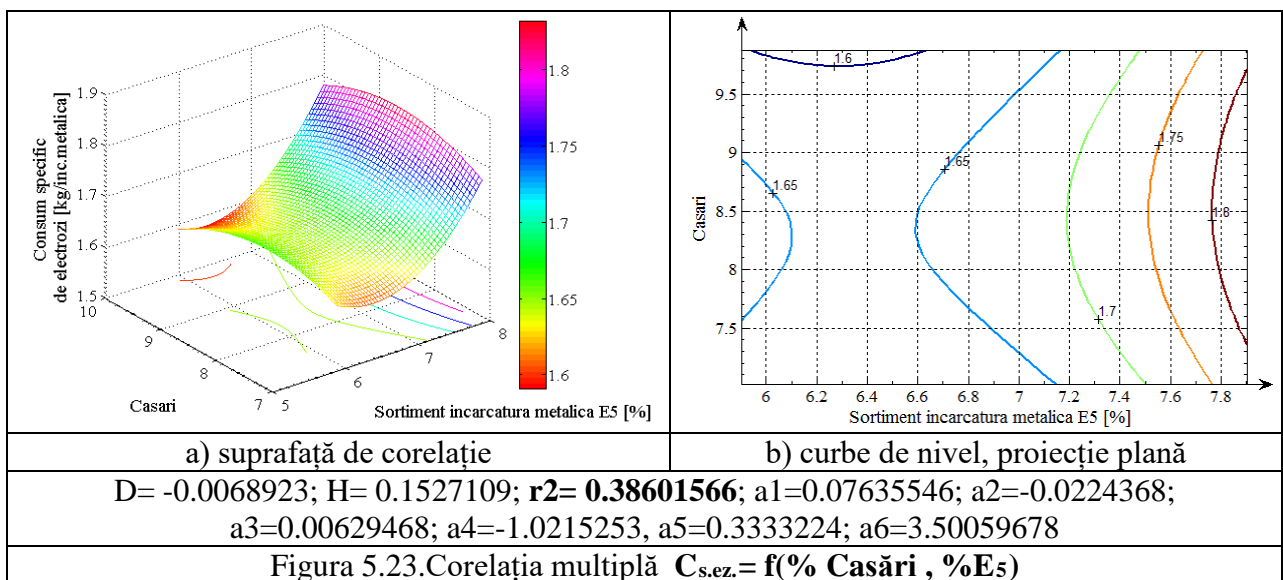
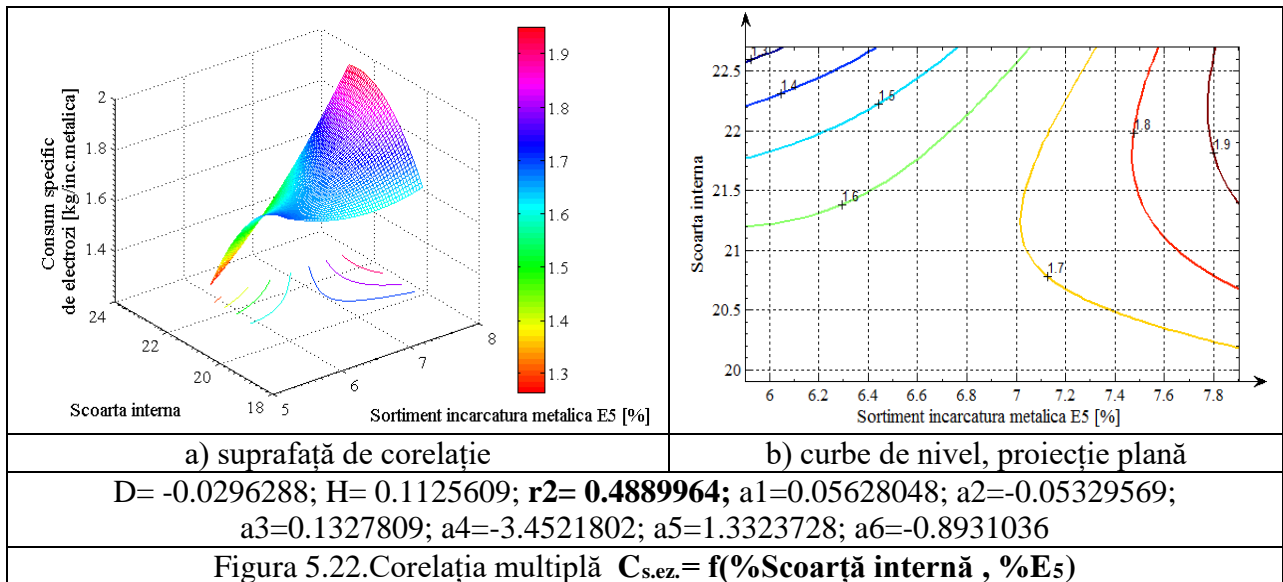


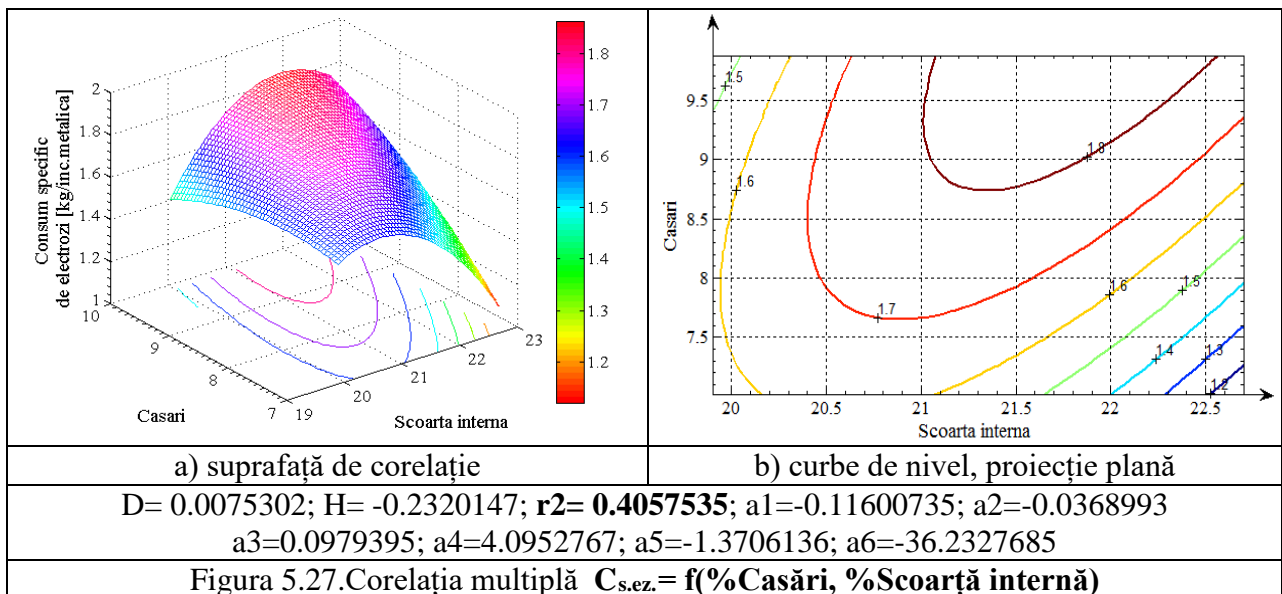
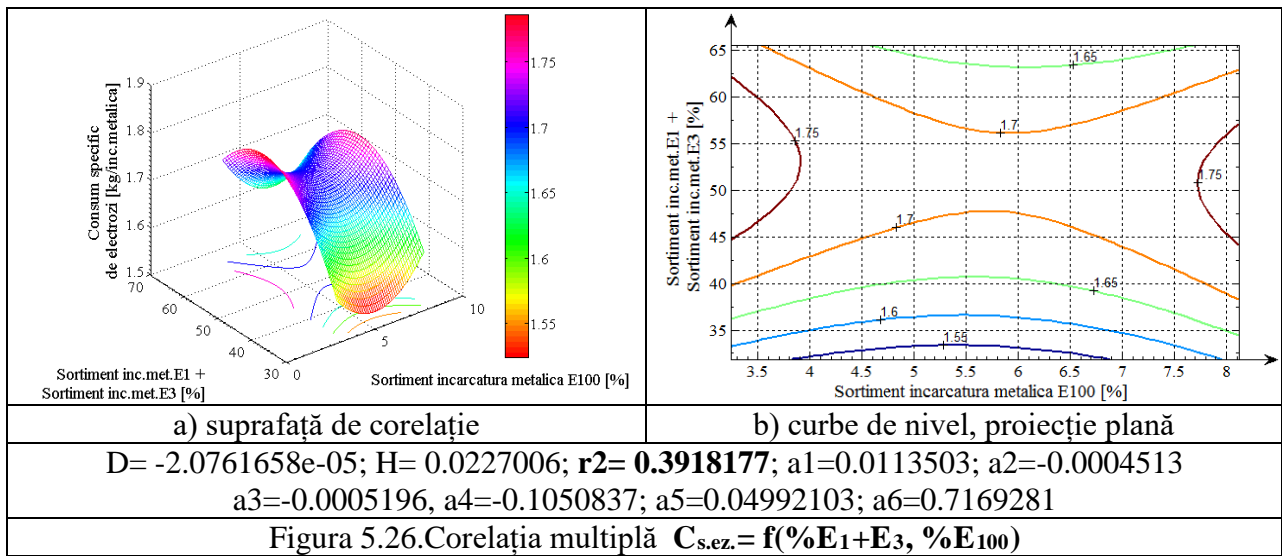
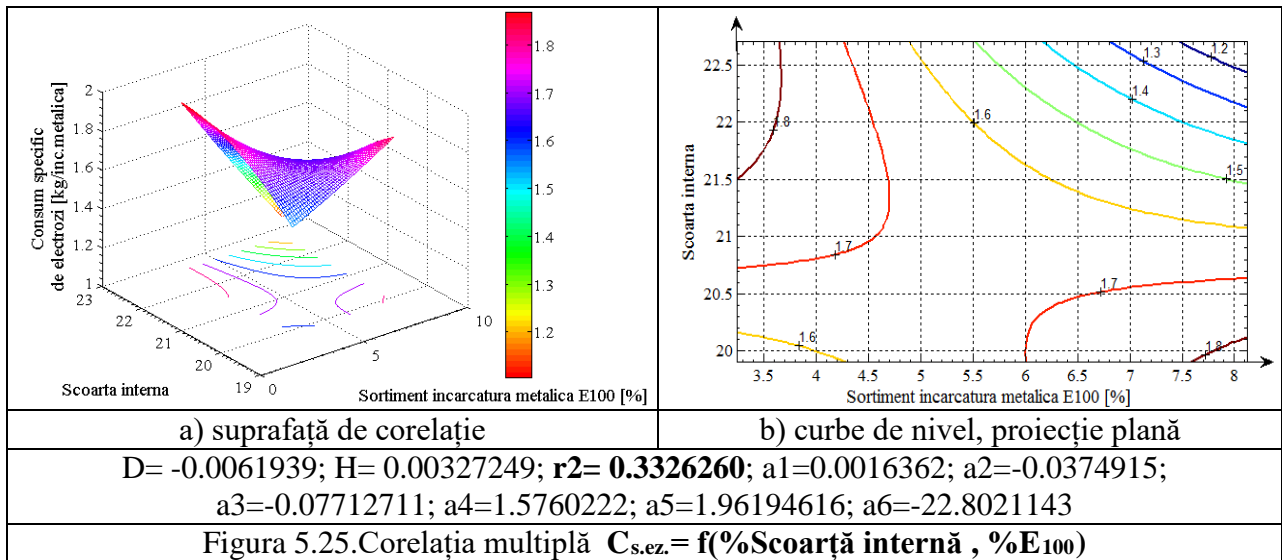




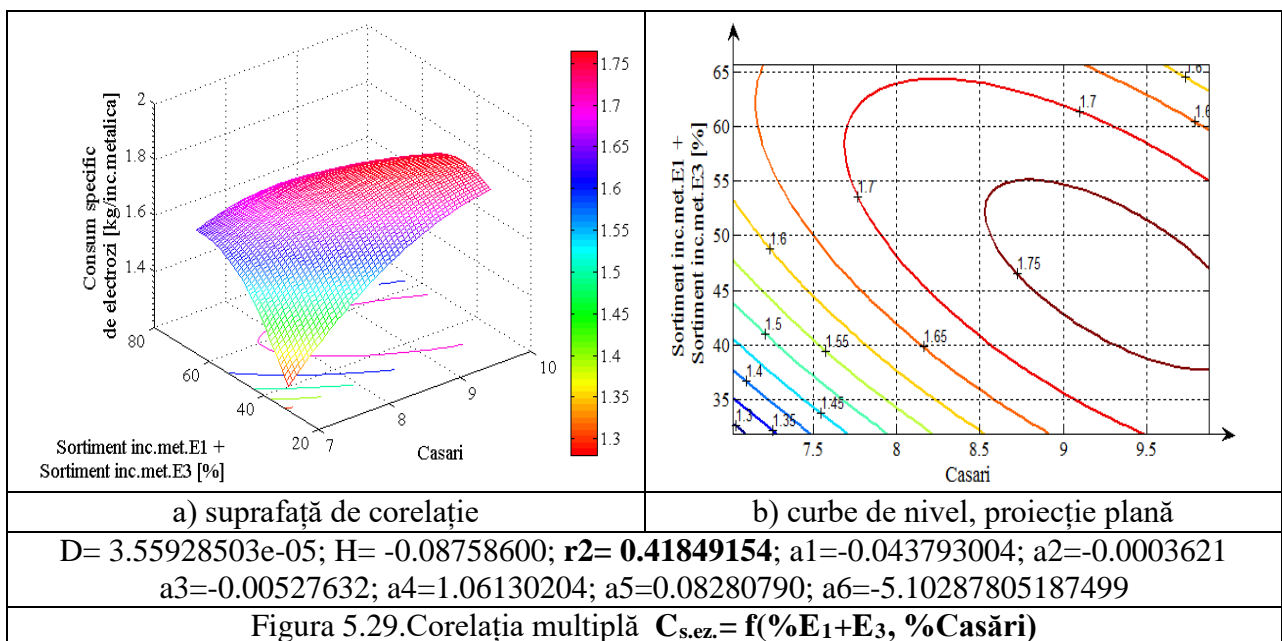
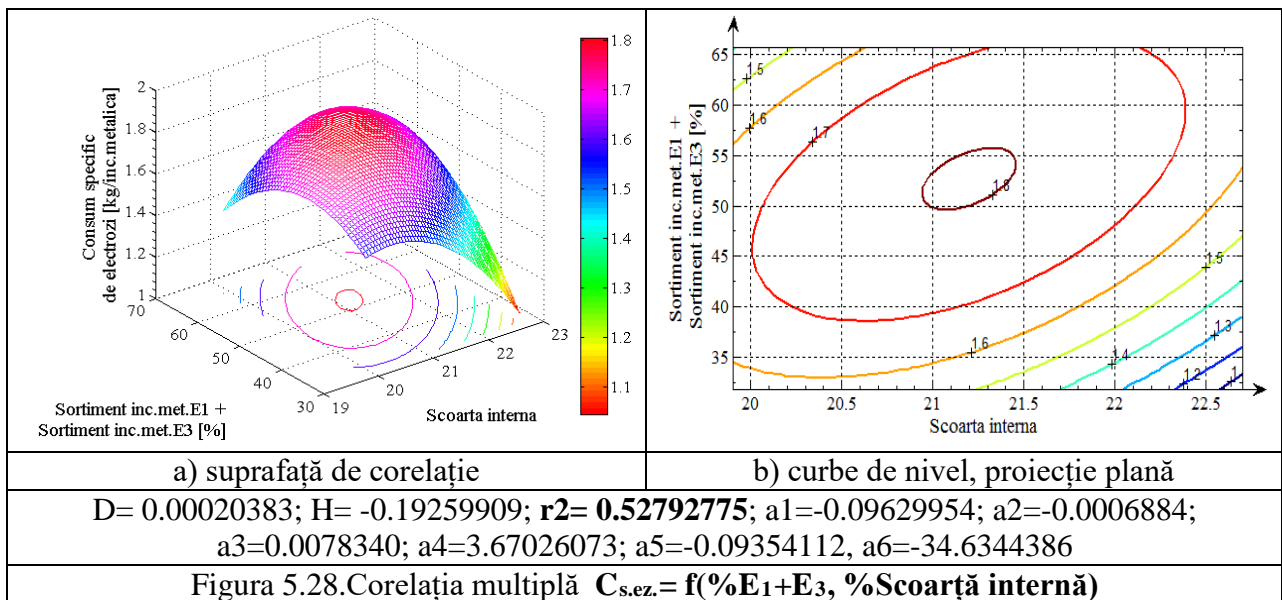












### 5.3. Analiza rezultatelor obținute

#### 5.3.1. Analiza rezultatelor obținute la prelucrarea datelor în programul EXCEL

Pe baza analizei rezultatelor obținute, exprimate atât sub formă analitică cât și grafică rezultă că structura încărcăturii respectiv proporția sortimentelor feroase influențează consumul specific de electrozi (kg/t încărcătură metalică).

Din figura 5.1. rezultă o scădere a consumului specific de electrozi odată cu creșterea sortimentului feros E1 ajungând până la valori apropiate de 1,4 kg/tonă.

Scăderea este bine redată după corelații polinomiale de gradul 2 și 3.

Din figura 5.2 rezultă că există o corelație între consumul specific de electrozi și sortimentul de fier vechi E3, cu o ușoară tendință de creștere odată cu creșterea proporției acestui sortiment în încărcătura metalică. Recomandat este ca acest sortiment să fie cuprins între 19-29%.

Din figura 5.3 se observă de asemenea o ușoară tendință de creștere a consumului specific de electrozi odată cu creșterea proporției sortimentului E5 în încărcătura metalică. Tendința de creștere se manifestă la proporții de peste 8,5% a acestui sortiment astfel încât este de dorit să nu se depășească această proporție.

Din analiza diagramei, respectiv a corelațiilor obținute se observă că pentru o proporție de 6-8,5% sortiment E5, consumul specific de electrozi variază între 1,6 și 1,8 kg/tonă, ceea ce putem considera ca fiind o medie a acestuia pe intervalul respectiv, evident există o variație mare a consumului specific de electrozi între 1,4 până la 2,2 kg/tonă.

Analizând corelația 5.4 se observă că există o ușoară tendință de creștere a consumului specific de electrozi cu creșterea proporției sortimentului E100. Acest sortiment de fier vechi variază de regulă între 3 și 6%, astfel încât pe ansamblu consumul specific de electrozi este mai puțin influențat.

Din datele prezentate în figura 5.5 rezultă că există o creștere a consumului specific de electrozi odată cu creșterea proporției de scoarțe. Tehnologic acest lucru se explică prin structura scoarțelor, mai precis prin faptul că nu poate fi controlat sterilul produs de acestea (zgură), precum și a gradului de pregătire nu întotdeauna cel dorit.

Referitor la diagrama din fig.5.6 se constată că există o dispersie foarte mare a consumului specific de electrozi, fapt confirmat și de diagramele de corelație (au valori mici pentru coeficienții de regresie).

Analizând diagrama din fig.5.7 în care s-a luat în calcul sortimentele E1 și E3, se constată o reducere a consumului de electrozi odată cu creșterea cumulată a acestor 2 sortimente. Tehnologic poate fi explicat și prin gradul avansat de pregătire a încărcăturii, și pe de altă parte a calității acestora.

### **5.3.2 Analiza rezultatelor obținute la prelucrarea datelor în programul MATLAB**

Corelațiile obținute reprezintă o posibilitate de urmărire a influenței structurii încărcăturii metalice asupra consumului specific de electrod. În fiecare diagramă sunt prezentate curbele de nivel (proiecția plană), respectiv domeniile de variație pentru consumul specific de electrozi (suprafața cuprinsă între două curbe de nivel).

De exemplu analizând datele din figura 5.10 se poate observa la o proporție de 32-45% sortiment de fier vechi E1 și 21-26% fier vechi E3 se poate obține un consum specific de electrozi sub 1,7kg/t, iar la o creștere a proporției de fier vechi E3 la 30%, acest parametru crește la 1,75kg/t încărcătură metalică. Rezultate foarte apropiate se obțin și în cazul prelucrării aceluiași date după ecuațiile de tip 2 și 3, ceea ce confirmă viabilitatea acestor corelații.

Din figura 5.11 se observă cum un consum specific de electrozi sub 1,75% se poate obține la un consum de sortiment E1 în limitele 32-45% și E5 între 6-7,4%.

Din figura 5.12 la aceeași proporție de E1 menționată mai sus, indiferent de proporția de sortiment E100 consumul specific de electrozi este sub 1,75%.

Referitor la datele prezentate în figurile 5.13 și 5.14 la proporția de sortiment E1 în limitele 32-40% consumul specific de electrozi este sub 1,75% indiferent de proporția sortimentului scoarțe, respectiv casări.

Din datele prezentate în figura 5.15 se constată că pentru proporția de sortimente E1 30-45% și E1+E3 până la 65% consumul de electrozi este de sub 1,75%.

Similar pot fi analizate și pentru celelalte corelații domeniile de variație pentru a obține un anumit consum specific de electrozi (respectiv sub o anumită limită superioară).

În toate diagramele domeniile de variație pentru a obține un consum specific de electrozi de sub 1,75 kg/tonă încărcătură metalică sunt prezentate hașurat.

#### 5.4. CONCLUZII

Din analiza rezultatelor cercetărilor efectuate și a observațiilor obținute pe durata urmăririi șarjelor rezultă o serie de concluzii și anume:

- Consumul specific de electrozi este în mare măsură influențat de structura încărcăturii metalice și de stare de prezentare și pregătire a acestora;
- Pe baza reprezentărilor grafice a corelațiilor obținute în programul de calcul Excel și Matlab au putut fi stabilite proporțiile componentelor încărcăturii metalice pentru a obține un consum specific de electrozi sub 1,75 kg/tonă de încărcătură metalică (1,4-1,75) cât mai apropiat de cel prevăzut;
- În urma analizei reprezentărilor grafice, pentru obținerea unui consum specific de electrozi sub 1,75kg/tonă de încărcătură metalică se recomandă următoarea componență a structurii metalice: E1 32-45%, E3 21-26%, E5 și E100 sub 8%, scoarțe sub 20% și casări sub 10%;
- din punct de vedere tehnologic faptul că scoarțele de zgură (în mod deosebit cele de proveniență internă) nu sunt avansat pregătite și au conținut de fier variabil, se poate aprecia că acestea conduc la un consum mai ridicat de electrozi o dată cu creșterea proporțiilor acestora în încărcătură;
- O situație similară se întâlnește uneori și în cazul fierului vechi provenit din casări;
- Cercetările pot fi îmbunătățite prin raportarea consumului specific de electrozi la oțelul lichid.

## CAPITOLUL 6

### CERCETĂRI PRIVIND INFLUENȚA ÎNCĂRCĂTURII METALICE ASUPRA CONSUMULUI DE ENERGIE ELECTRICĂ

#### 6.1. Considerații tehnologice

În cercetările efectuate s-a avut în vedere analiza structurii încărcăturii cuptoarelor cu arc electric asupra consumului specific de energie electrică (kWh/t oțel lichid). Datele urmărite la un număr de 98 șarje, au avut în vedere participarea în încărcătură a fiecărui sortiment de "fier vechi", acestea fiind considerate parametri independenți și consumul de energie electrică, considerat parametru dependent. După cum s-a mai precizat în capitolele anterioare elaborarea oțelului a avut loc la o oțelărie electrică echipată cu un cuptor cu arc electric tip EBT, capacitate 100t, instalații de procesare în oală LF și VD și instalație de turnare continuă (blumuri, țagle, bare) cu 5 fire [69,70,71].

Prin prelucrarea datelor în programele de calcul EXCEL și MATLAB s-au obținut corelații între parametrii analizați, rezultatele fiind prezentate analitic și grafic. Pe baza analizei corelațiilor se alege structura optimă a încărcăturii (în condiții date de aprovizionare) în vederea obținerii unui consum de energie acceptabil din punct de vedere tehnico-economic[69,70,71].

#### 6.2. Prelucrarea datelor în programul EXCEL

##### 6.2.1. Rezultate obținute

Prin prelucrarea datelor în programul de calcul EXCEL au fost obținute corelații exprimate prin funcții polinomiale de gradul 1, 2 și 3, prezentate în continuare atât sub formă analitică cât și grafică.

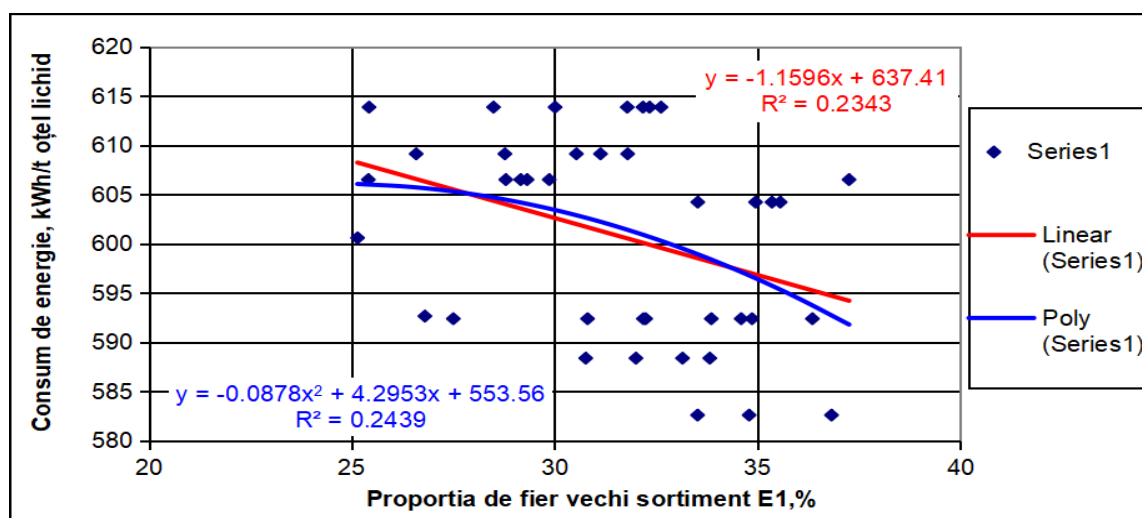


Figura 6.1. Variația consumului specific de energie în funcție de proporția de sortiment de fier vechi E1

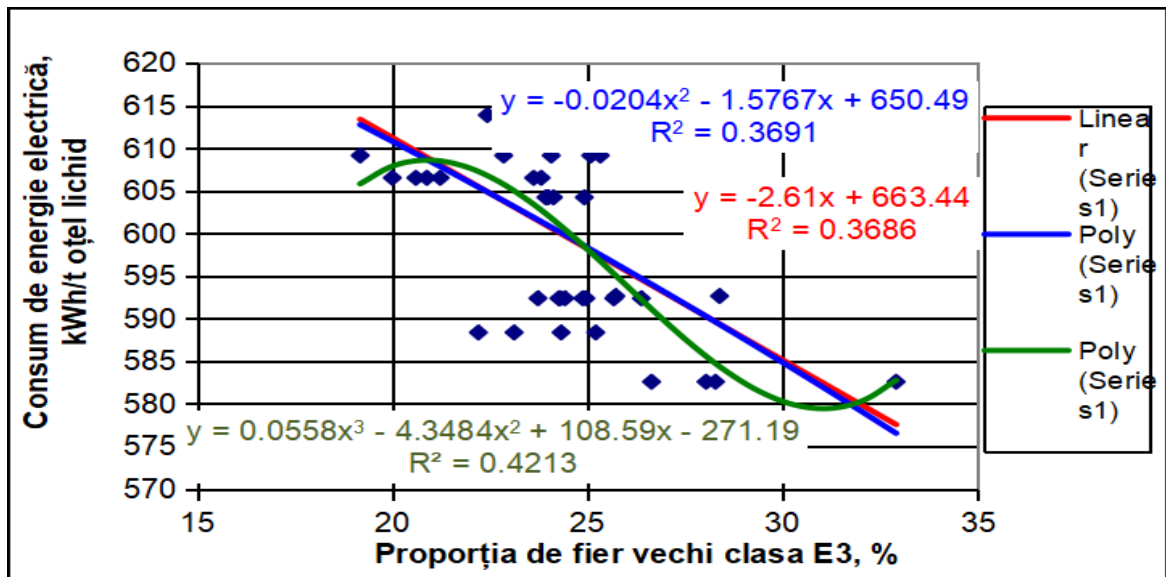


Figura 6.2. Variația consumului specific de energie în funcție de proporția de sortiment de fier vechi E3

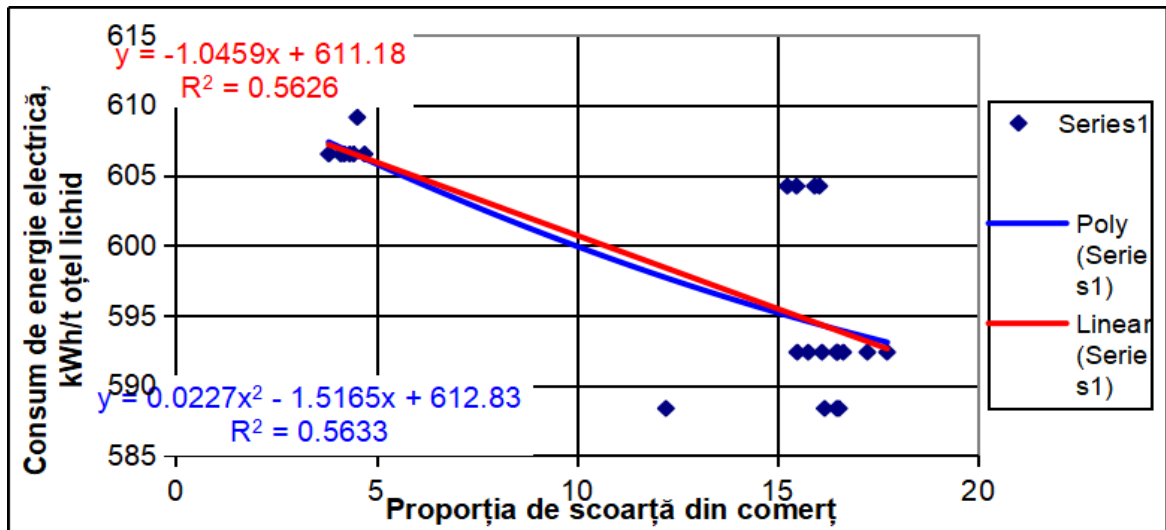


Figura 6.3. Variația consumului specific de energie în funcție de proporția de sortiment scoarță din comerț

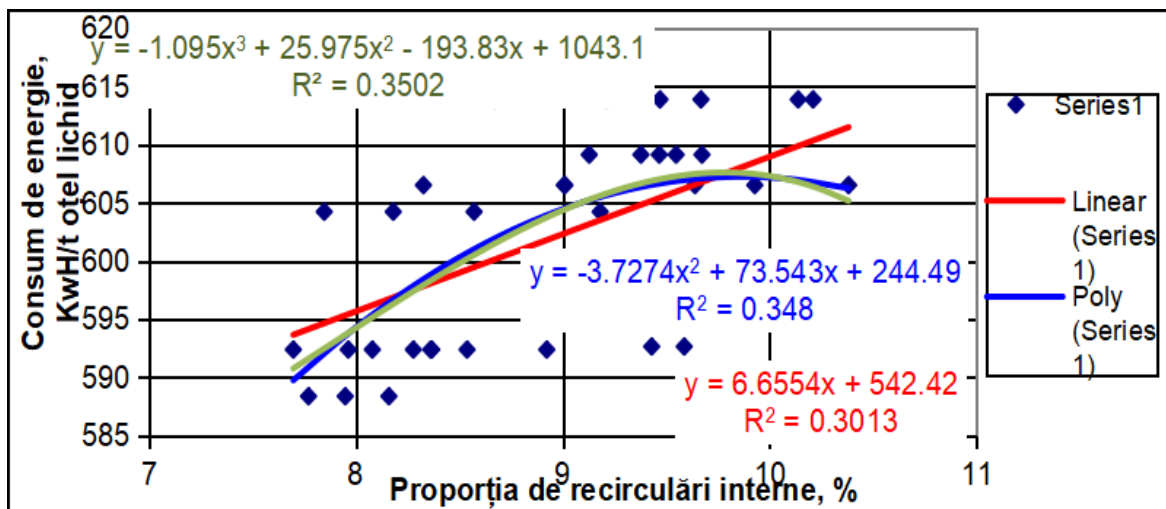


Figura 6.4. Variația consumului specific de energie în funcție de proporția de sortiment de recirculări interne

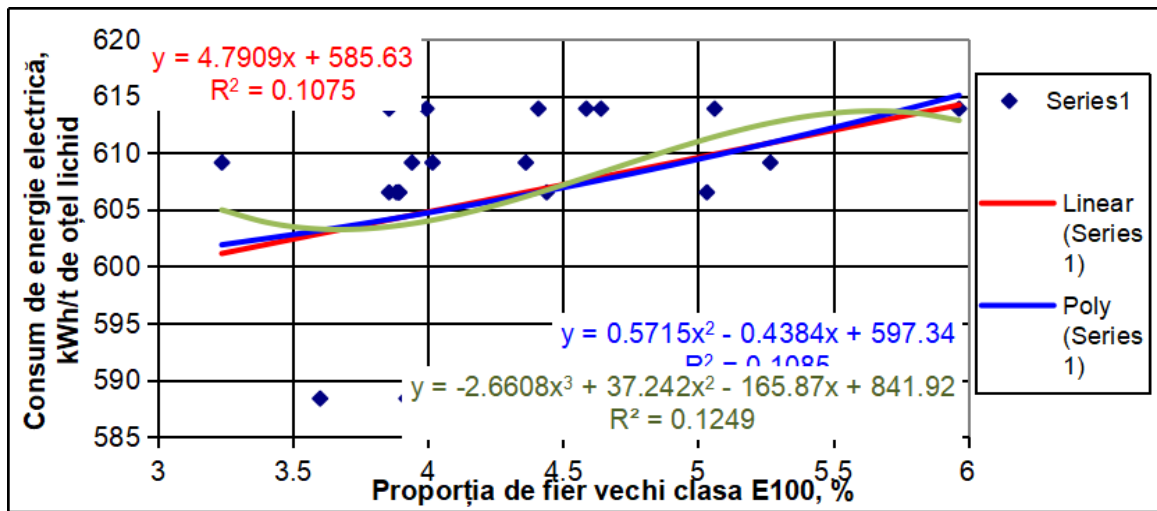


Figura 6.5. Variația consumului specific de energie în funcție de proporția de sortiment de fier vechi clasa E100

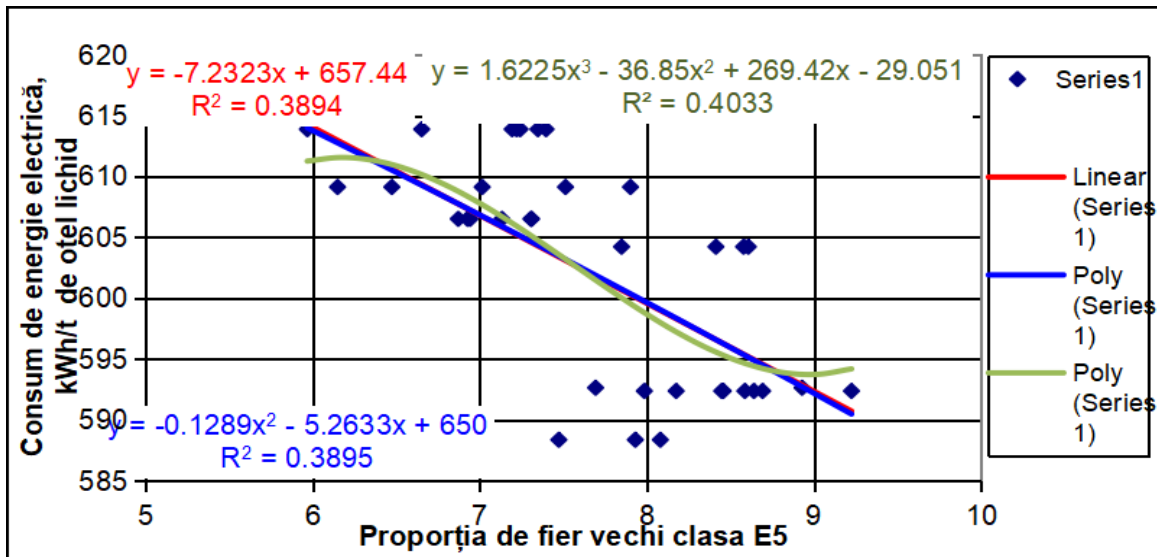


Figura 6.6. Variația consumului specific de energie în funcție de proporția de sortiment de fier vechi clasa E5

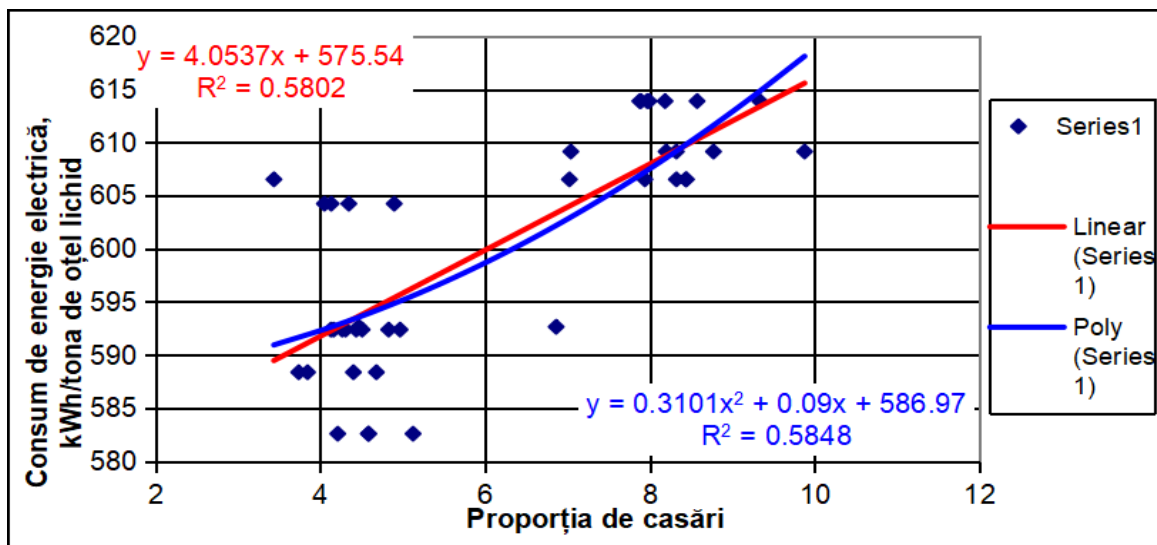


Figura 6.7. Variația consumului specific de energie în funcție de proporția de sortiment de fier vechi din casări

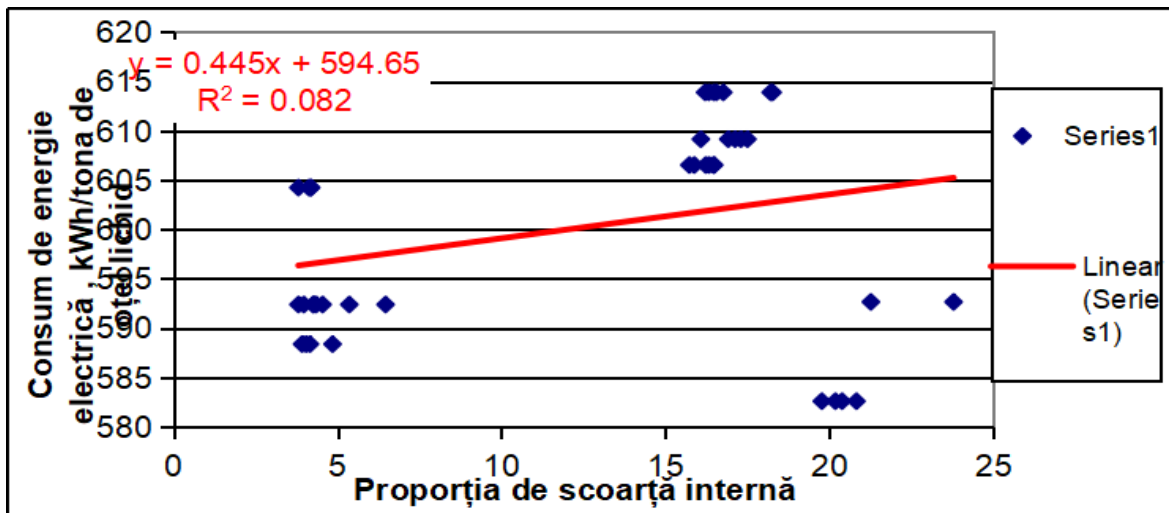


Figura 6.8. Variația consumului specific de energie în funcție de proporția de sortiment de fier vechi clasa scoarță internă

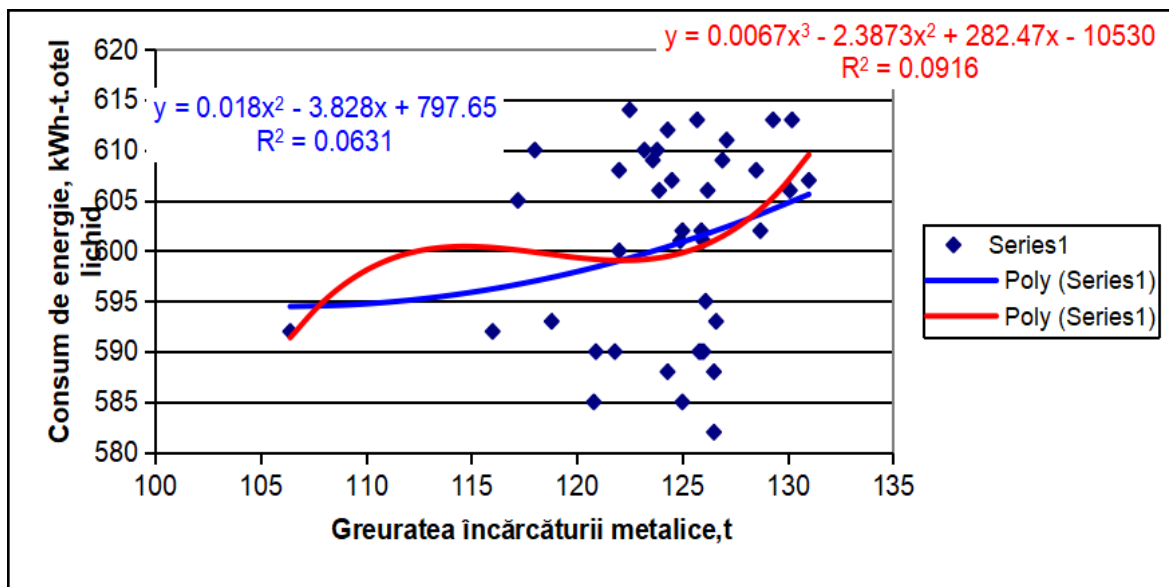


Figura 6.9. Variația consumului specific de energie în funcție greutatea șarjei

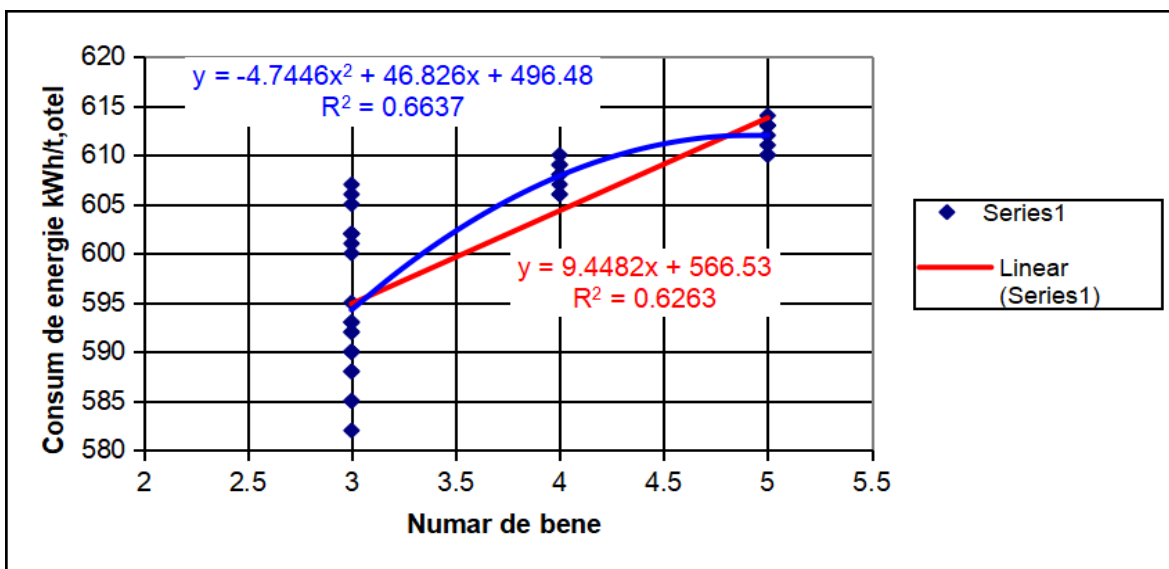


Figura 6.10. Variația consumului specific de energie în funcție de numărul de încărcături

### 6.3. Prelucrarea datelor în programul MATLAB

La prelucrarea datelor în programul MATLAB au fost luați în calcul următorii parametri:

**Dependent:**

- V - consumul specific de energie electrică, kWh/t. oțel lichid;

**Independenți:**

- x - proporția de sortiment feros E1, %;
- y - proporția de sortiment feros E3, %;
- z - proporția de sortiment reciclări, %;
- t - proporția de sortiment casări, %.

Au fost obținute ecuații de corelație triplă (forma generală relația 6.1.), din care prin precizările menționate în capitolul 4 au derivate ecuațiile duble, reprezentabile în spațiul tridimensional [70,71].

**Corelația triplă**  $v=f(x,y,z)$ , forma generală:

$$v=a_1x^2+a_2y^2+a_3z^2+a_4xy+a_5xz+ayz+a_7x+a_8y+a_9z+a_{10} \tag{6.1}$$

$$v=0.0649x^2-0.0070y^2-0.2979z^2-0.1385xy+0.7140xz+0.4754yz-7.2570x-1.5564y-23.1133z+839.8026; R^2 =0.7576 \tag{6.2.}$$

**Corelații duble:**

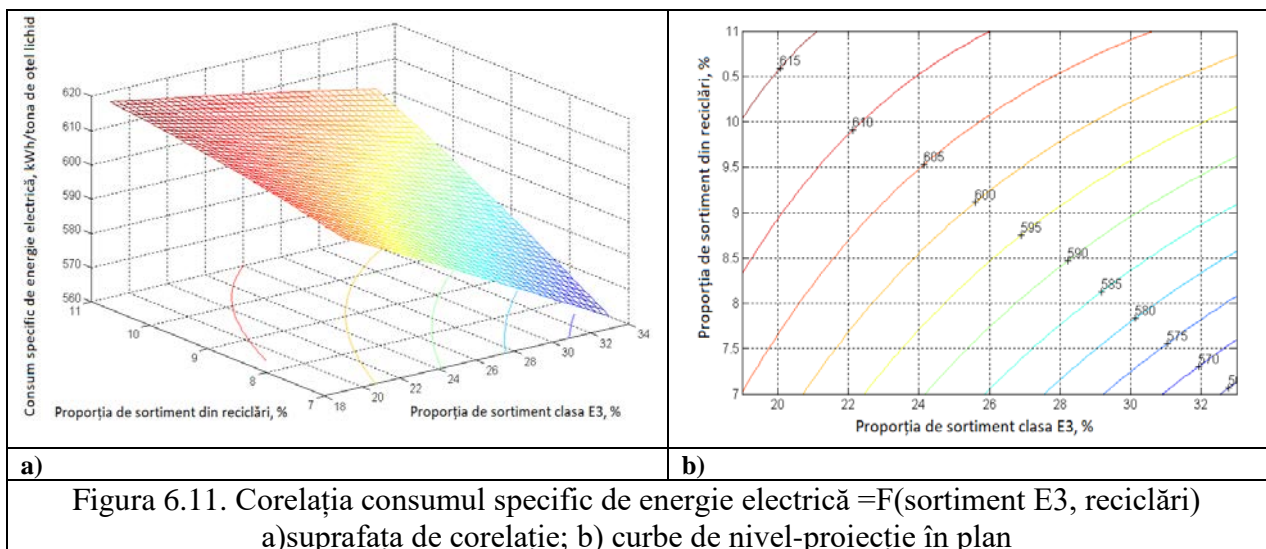
$$V=f(y,z,x_{med}=38,32\%) =-0.0070y^2 -0.2979z^2+0,4754yz-5,9156y-0,6399z+675.706; \text{ Coeficient de corelație: } R^2 =0.7015; \tag{6.3}$$

Punct staționar, punct de șa de coordonate:

$$y=\text{sortiment feros E3}=17.5943\%$$

$$z=\text{sortiment feros reciclat}=12.9636$$

$$v= \text{consum specific de energie electrică} = 619.5180\text{kWh/t oțel lichid}$$



$$v= f(x,z,y=y_{med}=23,35\%) =0.0649x^2-0.2979z^2+0.7140xz-10.6121x-11.5972z+797.9796 \tag{6.4}$$

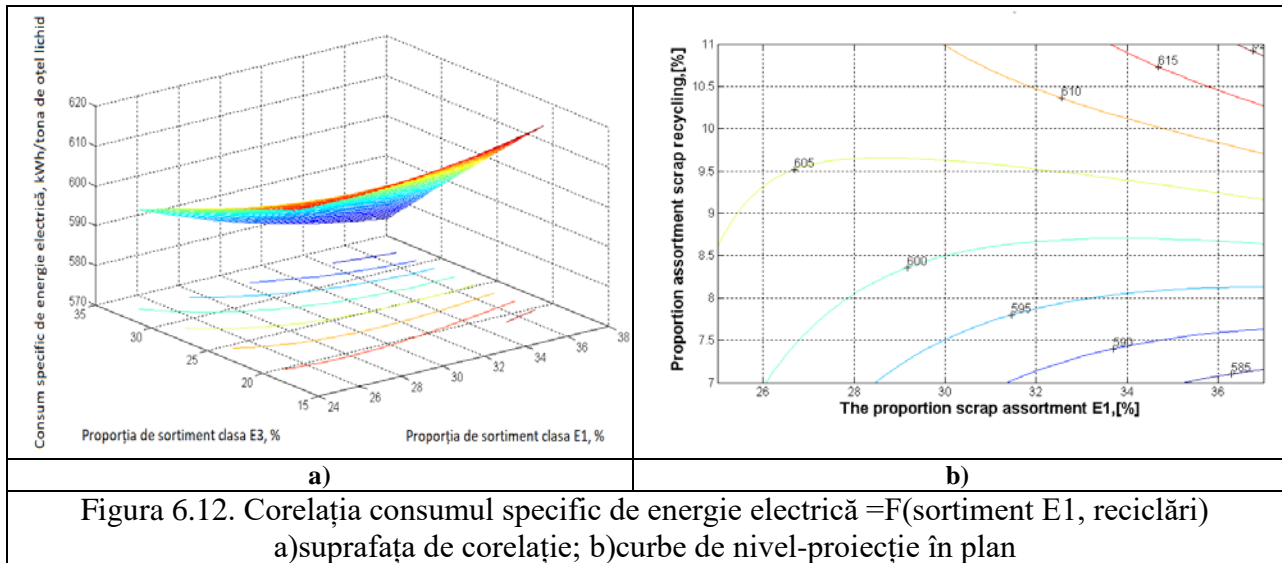
Punct staționar, punct sea de coordonate:

$$x= \text{sortiment feros } =E1=24,8709\%;$$

$$z=\text{sortiment feros reciclat}=10.3399 \ %;$$



$v$ =consumul specific de energie electrică=606,0567kWh/toțel lichid;



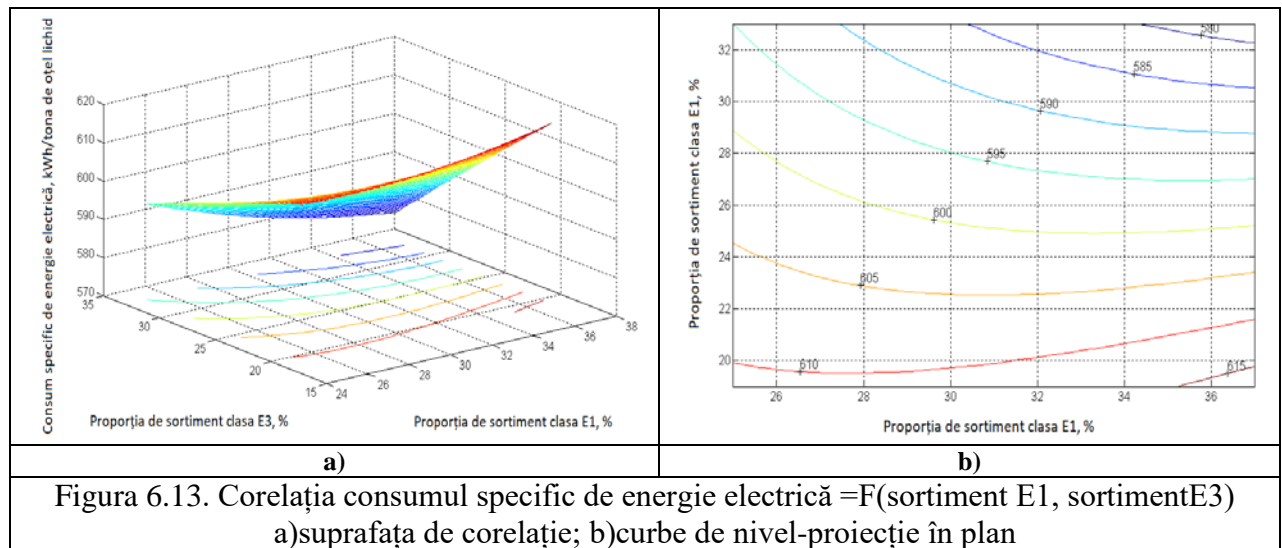
$$v=f(x,y,z=z_{med}=12,08\%)=0.0649x^2-0,0070y^2-0.1385xy+0.8845x+2.6864y+609.7860; \text{ Coeficientul de corelație } R^2 = 0.4930; \quad (6.5)$$

Punct staționar, punct de șa de coordonate [69,70,71]:

$x$  = sortiment feros E1=18.3043;

$y$  = sortiment feros E3=10.7745;

$u$ -consumul specific de energie electrică=616.1637 kWh/toțel lichid



**Corelația triplă**  $v=f(x,y,t)$

$$v= -0.2324 x^2+ -0.4081y^2 -0.6718t^2 -0.7097xy-0.6523xt-1.3860 yt +36.7104 x+50.7092y +67.1469t-825.8760; \quad r^2 =0.8763 \quad (6.6)$$

**Corelații duble**

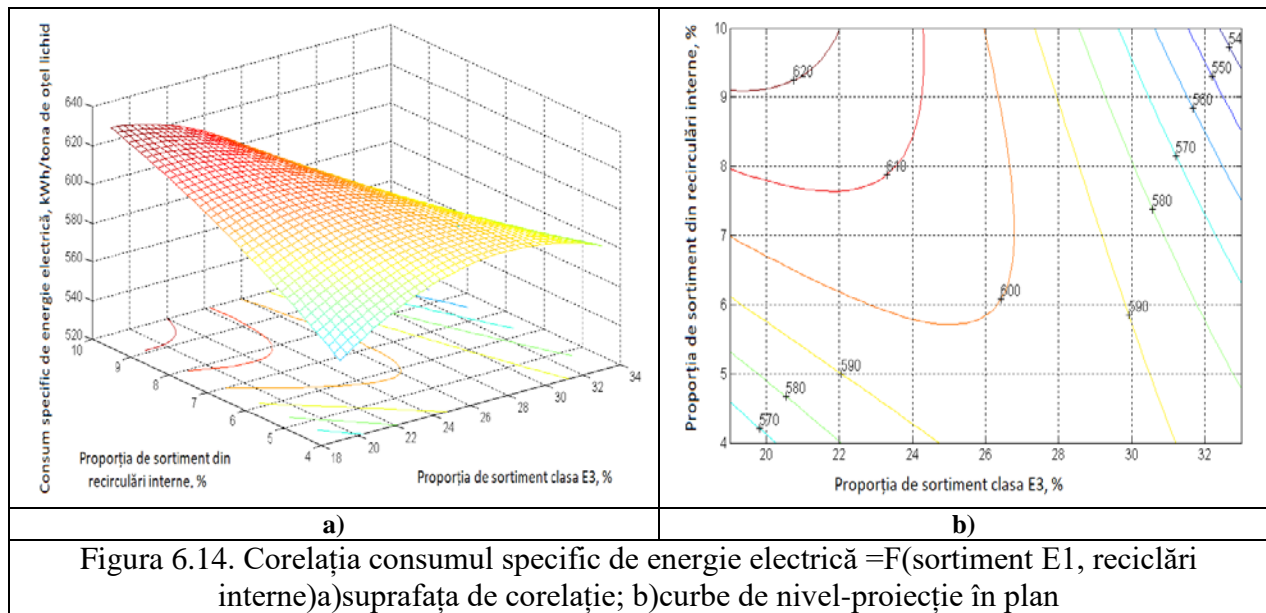
$$v(y,t,x-x_{med})=-0.4081y^2-0.6718t^2-1.3860yt+28.3701y+46.6145t+99.3815; \quad \text{Coeficient de corelație: } R^2 =0.7256 \quad (6.7)$$

Punct de maxim, de coordonate:

$y$ = sortiment feros =E3=32,1316%

$t$ =reciclări interne= 2,5485%;

u = Consumul specific de energie electrică 591,2632 kWh/t. oțel lichid [69,70,71].



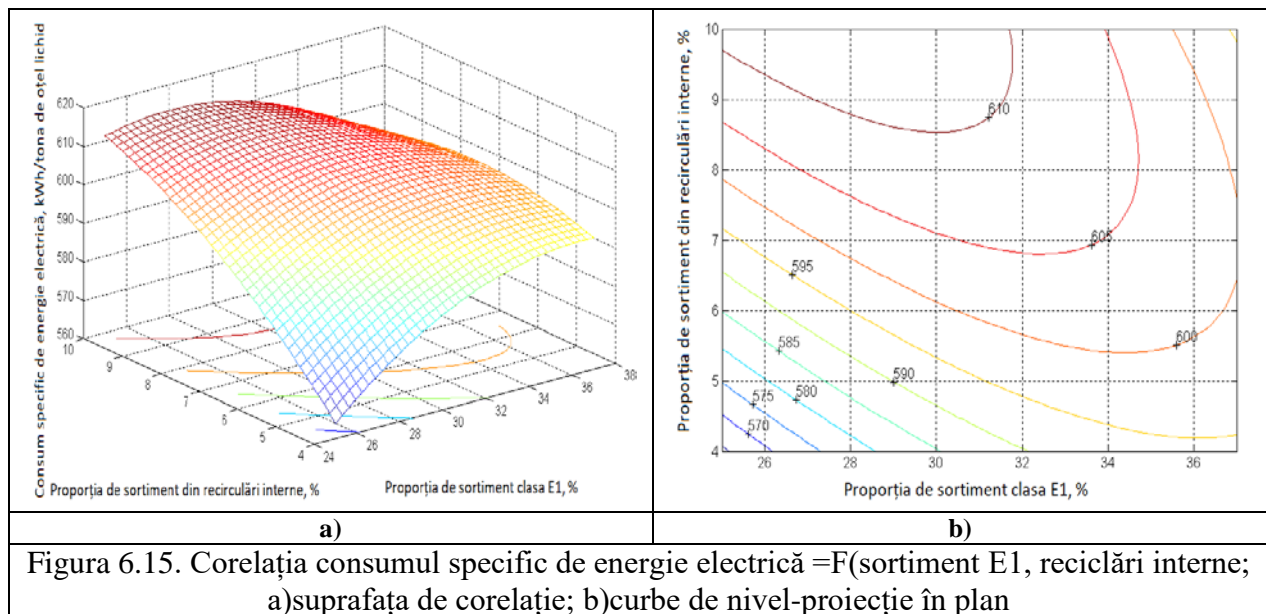
$$v(x,t, y=y_{med}) = -0.2324 x^2 - 0.6718 t^2 - 0.6523 xt + 19.5170 x + 33.5714t + 163.0792; \quad R^2 = 0.7230 \quad (6.8)$$

Punct de maxim de coordonate:

x= sortiment fieros E1 = 21.7334 %;

t= sortiment fieros reciclări interne = 14.4351 %

v = Consumul specific de energie electrică 617.4669 kWh/t. oțel lichid [69,70].



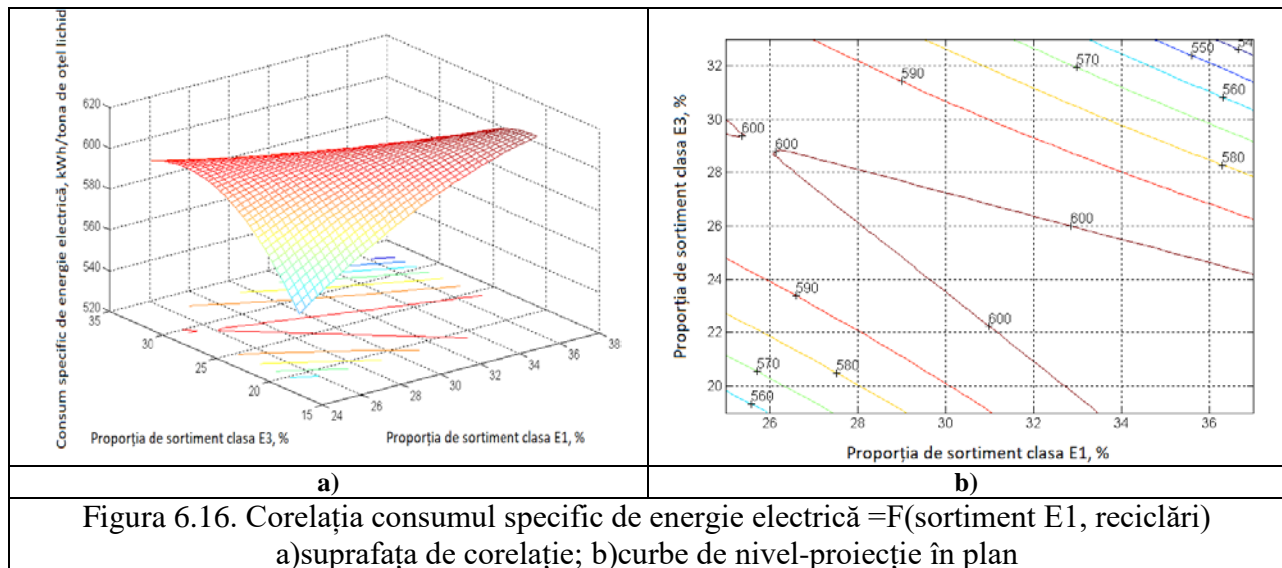
$$v(x,y, t=t_{med}) = -0.2324 x^2 + -0.4081 y^2 - 0.7097xy + 32.6170x + 42.0122 y - 430.9804; \quad \text{Coeficientul de corelație: } R^2 = -0.786 \quad (6.9)$$

Punct staționar (șea, de coordonate:

x= sortiment de fier vechi E1 = 25,6972%;

y= sortiment fier vechi E3 = 29,1296%;

v= consumul specific de energie electrică = 600,0017 kWh/t. oțel lichid



#### 6.4. Analiza rezultatelor obținute la prelucrarea datelor în programele de calcul EXCEL și MATLAB

Din analiza tehnologică a corelațiilor obținute în programul EXCEL și în mod deosebit exprimate sub formă grafică rezultă următoarele concluzii:

- principalele componente feroase din încărcătura metalică, sortiment E1, sortiment E3, scoarțe feroase din comerț și sortiment feros E5 (figurile 6.1; 6.2; 6.3 și 6.6) prin care se asigură 65-87% din totalul șarjei, prin creșterea proporției lor se obține o reducere a consumului specific de energie electrică [69,70,71];
- asigurarea proporțiilor pentru acești componenți în limitele prezentate în subcapitolul 4.2.3., asigură obținerea unui consum specific de energie electrică sub 600kWh/t de oțel lichid;
- componenții menționați anterior prezintă avantajul că în general sunt avansați pregătiți și au de regulă conținut redus de fracție nemetalică (beton, pământ, refractare etc.) [69,70,71];
- s-a observat o creștere a consumului specific de energie electrică o dată cu creșterea în încărcătură a ponderii sortimentelor: E100, reciclări interne, casări și scoarțe interne (figurile 6.4; 6.5; 6.7 și 6.8), dar menținerea acestora în limitele prezentate în subcapitolul 4.2.3., asigură (și în această situație) obținerea unui consum specific de energie electrică sub 600kWh/tona de oțel lichid;
- tehnologic această creștere se explică printr-un control mai puțin eficient la aceste sortimente feroase mai ales asupra conținutului de fracție neferoasă adus de scoarțe și insuficienta pregătire a lor (nu sunt suficient mărunțite și sortate magnetic)[69,70,71];
- referitor la reciclările interne și casări, în mod deosebit ultimul sortiment, acestea nu sunt suficient procesate atât sub aspectul sortării după compoziția chimică, dimensional cât și a greutateii specifice[69,70,71];
- referitor la corelația prezentată în figura 6.9 se observă că o creștere a greutateii șarjei, în mod deosebit peste 125t (115 la 135t) rezultă o creștere a

consumului specific de energie electrică, fapt posibil generat de cantitatea de component nemetalic din încărcătură și care se regăsește în zgură, iar consumul specific de energie este raportat la cantitate de oțel lichid;

- din corelația prezentată în figura 6.10 rezultă că utilizarea în componența șarjei a unei încărcături avansat pregătite dimensional și curată (cu mai puțin de 2% fracție nemetalică, asigură încărcarea cuptorului din 3 bene cu obținerea unui consum specific de energie electrică sub 607 kWh/tona de oțel lichid (582 – 607);

- în cazul încărcăturii cuptorului din 4 bene consumul de energie electrică crește la 605-610 kWh/tona de oțel lichid, iar din 5 bene ajunge până la 615 kWh/tona de oțel lichid, creștere cauzată de calitatea încărcăturii și de pierderile de căldură pe durata operației tehnologice de încărcare [69,70,71];

- rezultatele obținute în programul de calcul MATLAB sunt foarte bine corelate cu cele obținute în EXCEL și permit o determinare/corelare/alegere în limite mai bine corelate pentru sortimentele feroase din încărcătură, de exemplu: în figura 6.11 pentru stabilirea proporțiilor de E1 și E3 în vederea obținerii unui consum specific de energie electrică sub 600 kWh/tona de oțel lichid, mai precis în limitele 590-595 kWh/tona de oțel lichid, valorile pentru sortimentele feroase E1 și E3, trebuie să fie astfel alese încât valorile pentru consumul de energie să fie situate în domeniul hașurat;

- pentru exemplificarea celor prezentate anterior (tot în diagrama din figura 6.11) se consideră că există un disponibil mai mare de sortiment feros E1 (și mai mic de E3), astfel încât se poate lucra cu 36% din acest sortiment, ceea ce conduce la o proporție de E3 de 28%, respectiv punctul A(36;28); la un disponibil mai mare de sortiment E1 și mai mic de E1, poate fi ales punctul B(26,32), adică compunerea unei încărcături cu 26% sortiment E1 și 32% sortiment E3 [69,70,71].

În același mod pot fi analizate și alte domenii din diagramele (corelațiile) prezentate.

## CAPITOLUL 7

### POLUAREA SOLULUI ÎN INCINTA OȚELĂRIILOR ELECTRICE ȘI ANALIZA DEPUNERILOR PE SOL A PULBERILOR REZULTATE DIN GAZELE DE LA OȚELĂRIILE CU CUPTOARE CU ARC ELECTRIC

#### 7.1. Considerații privind poluarea chimică a mediului

Poluarea mediului reprezintă o realitate a zilelor noastre, ea întâlnindu-se atât în zonele industriale cât și la nivelul așezărilor urbane (în măsură mai mică în mediul rural). Dacă poluarea naturală nu poate fi prevăzută și în acest context, doar într-o mică măsură poate fi controlată, poluarea artificială este indusă de activitatea umană (indiferent de tipul activității întreprinse) și depinde doar de noi limitarea efectelor sesizate la nivel aer – apă – sol. Cea mai mare parte a informațiilor cunoscute de oameni se referă la poluarea clasică, rezultată în urma activităților de producție industrială, agricultură, transporturi, turism etc. Din aceste considerente, și eforturile care se fac pentru limitarea efectelor poluării fizice, chimice și biologice sunt mai vizibile. În schimb, efecte deloc neglijabile rezultă și datorită poluării neconvenționale cum ar fi: poluarea sonoră, prin vibrații, electromagnetică, radioactivă, luminoasă etc.[70,71,74].

O primă definiție a poluării a fost dată la Conferința Mondială ONU asupra mediului (1972), definiție ce consideră poluarea drept „modificarea componentelor naturale sau prezența unor componente străine, ca urmare a activității omului și care provoacă prin natura lor, prin concentrația în care se găsesc și prin timpul cât acționează, efecte nocive asupra sănătății, creează disconfort sau împietează asupra diferitelor utilizări ale mediului la care acestea putea servi în forma sa anterioară”.

Prin această definiție se recunoaște oficial faptul că cea mai intensă poluare este consecința activității antropice [65,66,74].

Poluarea reprezintă contaminarea mediului înconjurător cu materiale care interferează cu sănătatea umană, calitatea vieții sau funcția naturală a ecosistemelor (organismele vii și mediul în care trăiesc, biotop). Chiar dacă uneori poluarea mediului înconjurător este un rezultat al cauzelor naturale cum ar fi erupțiile vulcanice, cea mai mare parte a substanțelor poluante provine din activitățile umane [65,66,67,74].

Din punct de vedere a surselor de generare există:

- poluare naturală: erupțiile vulcanice, furtunile de praf, incendiile naturale, inundații, cutremure;
- poluare artificială a apărut odată cu dezvoltarea primelor așezări urbane, sub influența factorului antropic.

În funcție de natura poluantului, poluarea poate fi fizică, chimică sau biologică [74,75].

După mediul în care acționează poluanții, poluarea are loc:

- la nivelul aerului, reprezentând prezența în atmosferă a unor substanțe străine de compoziția normală a acestuia, care în funcție de compoziția și concentrație lor, precum și timpul de acțiune, provoacă tulburări în echilibrul natural, afectând sănătatea și confortul omului sau mediul de viață al florei și faunei [4,70,74];

- la nivelul solului, sub forma reziduurilor de toate felurile care nu au fost evacuate în ape sau aer, fiind depuse pe suprafața uscatului și afectând acolo unde solurile sunt mai fertile sau peisajul adecvat. Solul este locul unde se întâlnesc toți poluanții, pulberile din aer, gazele toxice transformate de ploaie în atmosferă, astfel că solul este cel mai expus efectelor negative ale acestor substanțe [5,70,74];

- la nivelul apei, când, în urma introducerii unor substanțe solide, lichide, gazoase, radioactive – apele suferă modificări fizice, chimice sau biologice, susceptibile de a le face improprie sau periculoase pentru sănătatea publică, pentru viața acvatică, pentru pescuitul industrial, pentru industrie și turism.

Poluarea aerului prin intermediul activităților industriale (metalurgie, energie electrică obținută în termocentrale pe bază de cărbune, păcură și gaz metan, chimie, material de construcții etc.), transporturilor, accidentelor tehnologice, arderea substanțelor organice, activitatea urbană și rurală (încălzirea tradițională a locuințelor, arderea deșeurilor menajere etc.).

În unele regiuni cu industrializare accentuată, dar în care nu există interes față de calitatea mediului, există o degradare maximă a acestuia ca urmare a combinării factorilor care generează poluarea,

Industria la momentul actual reprezintă principalul poluant la scară mondială.

Una din ramurile industriale de primă importanță pentru economia unei țări o reprezintă industria metalurgică și în mod deosebit componenta siderurgică (elaborarea și prelucrarea oțelului) [74].

Modernizarea industriei siderurgice a avut în permanență în vedere reducerea gradului de poluare a mediului.

Cantitățile mari de praf evacuate în siderurgie pot fi exemplificate prin situația în uzinele de elaborarea oțelului (oțelării), unde în procesele tehnologice de elaborare a oțelului se formează 10-15kg praf/t oțel la convertizoarele cu oxigen și 15-25kg/t praf/t oțel la cuptoarele cu arc electric (CAE) [74].

În cazul elaborării oțelului în cuptoarele cu arc electric se întâlnesc toate mecanismele de producere a prafului metalurgic, astfel:

- volatilizarea sub formă de particule foarte fierbinți, ca de exemplu la contactul arc electric - topitură sau jet de oxigen - topitură;
- proiectări mecanice de topitură metalică la contactul arc electric - topitură sau jet de oxigen - topitură;
- proiectări (antrenări) de picături lichide de către bulele oxidul de carbon {CO}, care ca urmare a fierberii intense a băii metalice se ridică de la vatră la suprafața acesteia, ies în atmosfera agregatului antrenând picături de oțel;

- emisia directă de particule solide la introducerea unei încărcături solide peste baia metalică sau la contactul băii metalice cu diferite jeturi de materiale pulverulente [70,74].

De menționat, că față de cele prezentate anterior, trebuie adăugate modificările suferite de praf pe traseul captare – epurare – evacuare: schimbări fizice (transformări de fază, aglomerări) și transformări chimice (reacții între fazele transportate). Ca urmare se poate deduce că în procesul de elaborare a oțelului (ca și în cazul elaborării altor aliaje metalice) nu se are în vedere doar un "praf mecanic" ci de un sistem dispers complex datorită provenienței (multitudine de surse, inclusive unele datorate operaționalizării tehnologiilor), compozițiilor, dimensiunilor, structurilor mineralogice, granulometrice etc. Într-un asemenea context se poate considera ca avem de-a face cu *praf tehnologic* [70,74].

În condițiile noilor tehnologii de elaborare a oțelului în cuptoarele cu arc electric (echiparea cu transformatoare de mare putere, atenția a fost concentrată asupra a două aspecte evaluate, principale în mecanismul de generare a prafului de oțelărie:

- proiectarea de către bulele de oxid de carbon {CO}, care părăsesc intens baia metalică (fierberea intensă) a particulelor de topitură în atmosfera cuptorului (fenomen similar se produce și la barbotarea cu gaze inerte);
- proiectarea de particule fierbinți de către jetul de oxigen suflat prin lance (sau chiar prin țevă consumabilă) a picăturilor de baie metalică;
- modificările chimico-structurale ale prafului de traseul de evacuare.

Referitor la primul aspect se poate considera că există două situații și anume:

- ieșirea intensă a bulelor de oxid de carbon sau gaz inert din baie cu formarea unui jet de picături emis în spațiul de lucru al cuptorului;
- ieșirea forte intensă a gazelor menționate mai sus, mai ales la suflarea intensă a acestora în baia metalică și antrenarea unei pelicule de baie metalică de la suprafața interfazică [74].

Poluarea mediului în urma depunerilor mecanice a pulberilor se referă la fenomenul de sedimentare pe sol a pulberilor de praf rezultate în urma activităților industriale, cele mai periculoase sunt acelea care conțin particule de metale toxice.

Depunerile de pulberi determină:

- scăderea intensității de asimilare clorofiliană prin reducerea radiației luminoase ce pătrunde până la pigmenți implicați în acest proces;
- apariția țesuturilor de necroză pe frunze în care nu mai are loc asimilarea clorofiliană.

Efectul mecanic al depunerilor de suspensii afectează regimul schimburilor de gaze ale plantelor, conducând la reducerea ritmului de dezvoltare a acestora, scăderea producției sau obținerea uneia de calitate inferioară [4,70,74].

De asemenea, acumularea metalelor grele în sol peste limitele normale, are un efect nefavorabil asupra activității microbiologice și implicit asupra unor plante de cultură care sunt destinate consumului, fiind astfel posibilă transferarea metalelor grele în organismele vii. În general, datorită reacției alcaline, metalele grele în exces se află prezente în sol sub formă de precipitate, în acest caz pericolul translocării fiind redus [72,74].

## 7.2. Cercetări și rezultate privind poluarea chimică a mediului în zona oțelărilor echipate cu cuptoare cu arc electric

### 7.2.1. Prezentarea cadrului tehnologic

În prezentul capitol se analizează componența pulberilor depuse în diferite puncte în arealul (în vecinătatea) cuptorului electric cu arc (EAF) tip EBT de capacitate 100 tone. Depunerile au avut loc după ieșirea gazelor din instalația de epurare, de menționat că nu au fost cazuri de nefuncționare a instalațiilor de desprăfuire pe durate de peste 90min, dar au fost cazuri de funcționare neconforme și o poluare accidentală datorată aprinderii sacilor filtranți (sacii de praf).

Aceste tipuri de cuptoare fiind echipate cu transformatoare de putere foarte mare, sunt indicate pentru utilizarea intensivă pe durata topirii, iar afinarea (reducerea carbonului din oțelul topit) de regulă are durată scurtă 10-15 minute.

Pentru intensificarea procesului de topire se utilizează oxigen atât pentru arzătoare cât și pentru lănci. Ca urmare a suflării oxigenului în baia metalică, temperatura băii crește, ceea ce conduce la formarea fumului brun care conține oxizi ai metalelor existente în încărcătura agregatului (parțial unele metale se oxidează și trec în fumul brun) [70,74].

În cadrul cercetărilor s-au urmărit depunerile de pulberi în 7 puncte de colectare/prelevare, situate la diferite distanțe de sursa de generare (Cuptorul cu arc electric EBT) tabelul 7.1.

Tabelul 7.1 Poziția față de sursa de poluare a punctelor de prelevare probe sol

Nr.crt	Poziția post prelevare probă	Distanța de la sursa de poluare, [m]
1-S6	Limita incinta poarta intrare OE2	150 m NV
2-S7	La sud de depozitul de fier vechi descoperit	100 m
3-S8	La nord de secția OE2 lângă GA-TC	100 m
4-S9	La est de OE2 în vecinătatea LS3 (sârmă)	150 m
5- S10	La est de platforma LPU (profile ușoare)	2000 m
6- S11	La vestul platformei Laminor LPG	1500 m
7- S12	Limita incinta poarta Laminoare	500 m S

Valorile maxime admisibile (limitele normale, alertă și prag de intervenție) sunt prezentate în tabelul 7.2

Tabelul 7.2 Valorile limită a conținutului de poluanți

Element	Concentrație mg/kg							
	Cd	Cr	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	HCP
Valoare normală	1	30	20	100	20	900	20	-
Valoare alertă	5	300	250	700	250	2000	200	1000
Valoare intervenție	10	600	500	1500	1000	4000	500	2000

Cercetarea a fost efectuată pe baza datelor obținute din analiza chimică a probelor prelevate pentru o perioadă de 9 ani (2009-2017), cu luarea în considerare pentru fiecare component urmărit și la fiecare punct de prelevare a valorilor anuale.

În continuare se prezintă sub formă grafică analiza variației conținutului pentru fiecare element urmărit și punct de colectare, acestea fiind însoțite și de analiza tehnologică.



### 7.2.2. Prelucrarea datelor, rezultate obținute

#### 7.2.2.1. Punctul de colectare probe sol - S6

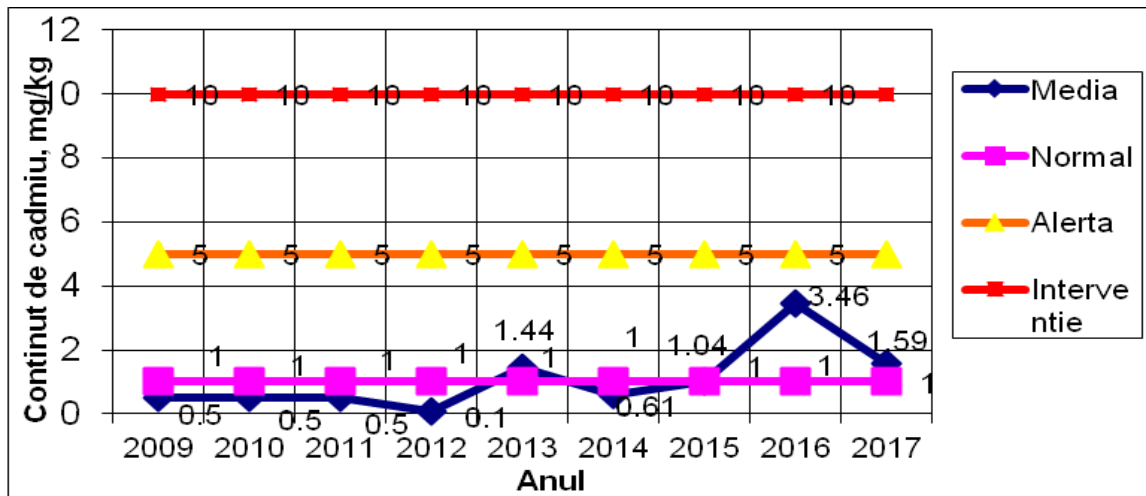


Figura 7.1. Variația conținutului de cadmiu

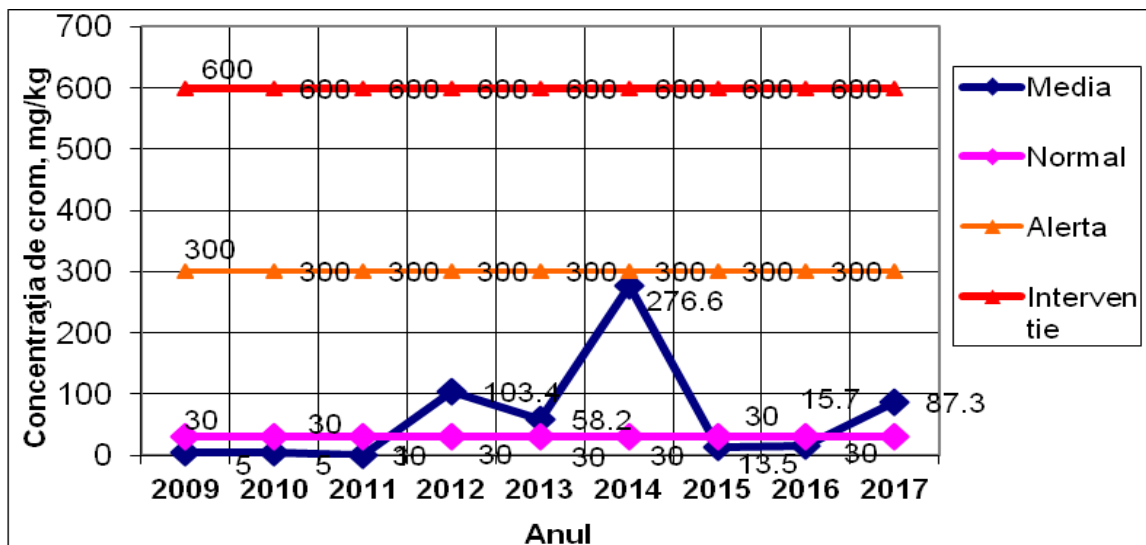


Figura 7.2. Variația conținutului de crom

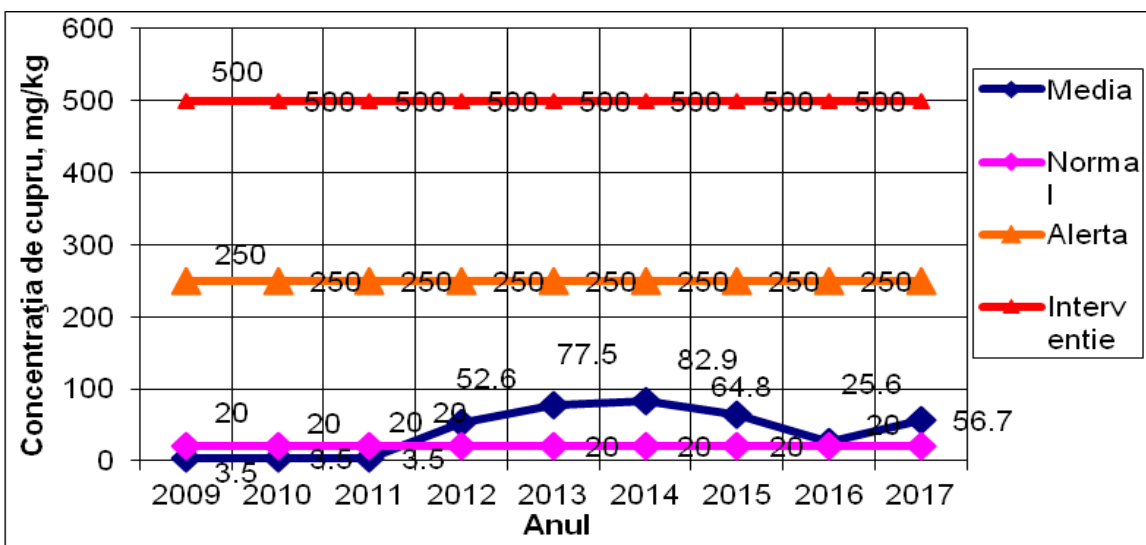


Figura 7.3. Variația conținutului de cupru

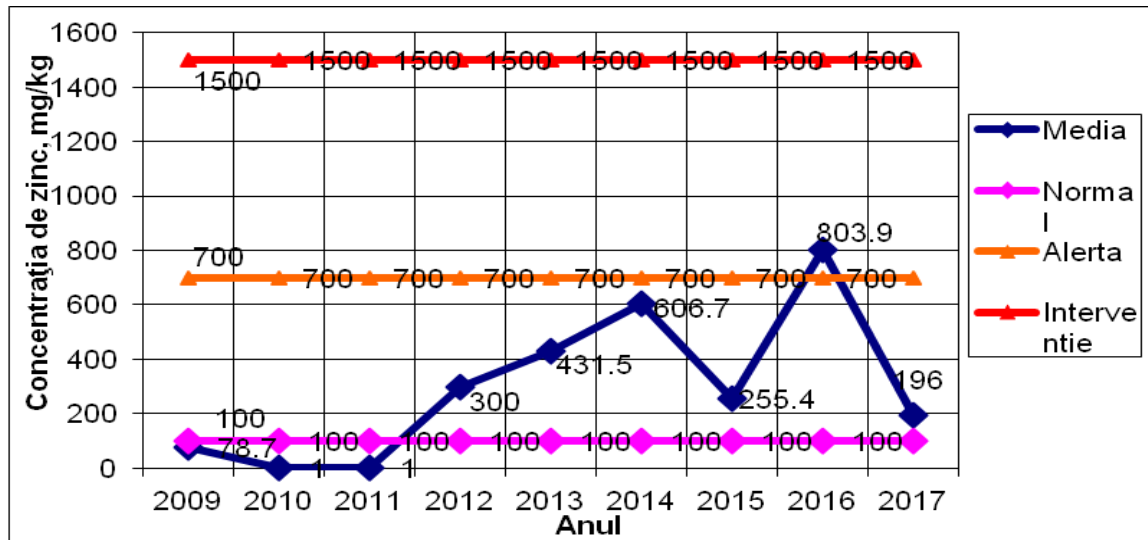


Figura 7.4. Variația conținutului de zinc

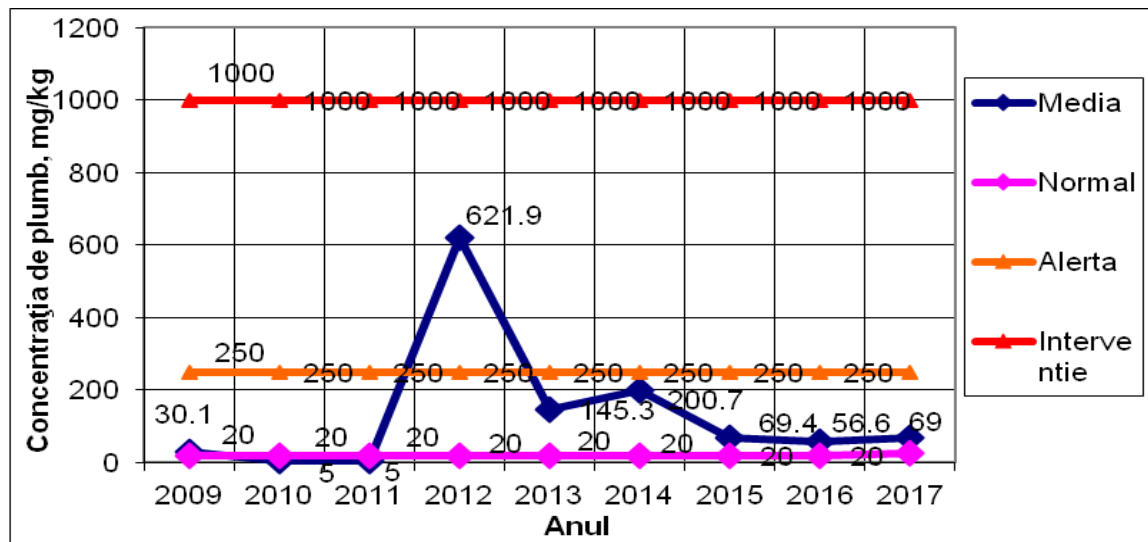


Figura 7.5. Variația conținutului de plumb

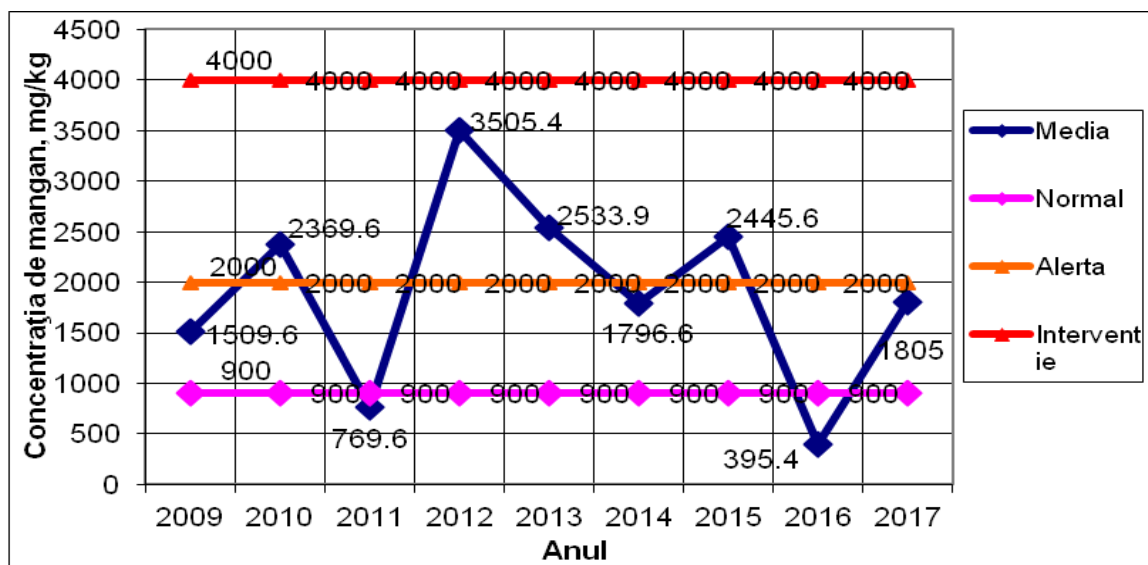


Figura 7.6. Variația conținutului de mangan

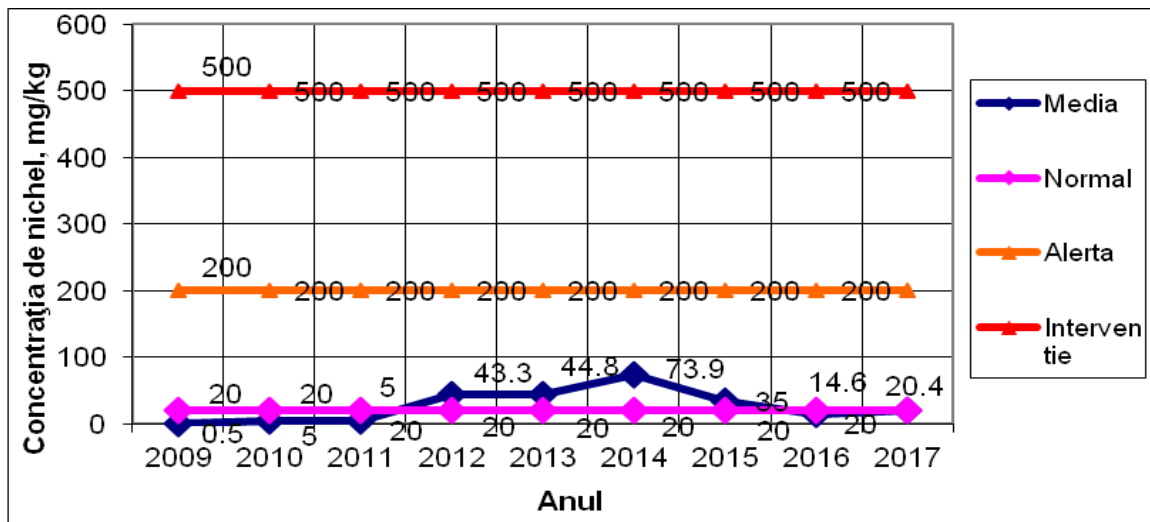


Figura 7.7. Variația conținutului de nichel

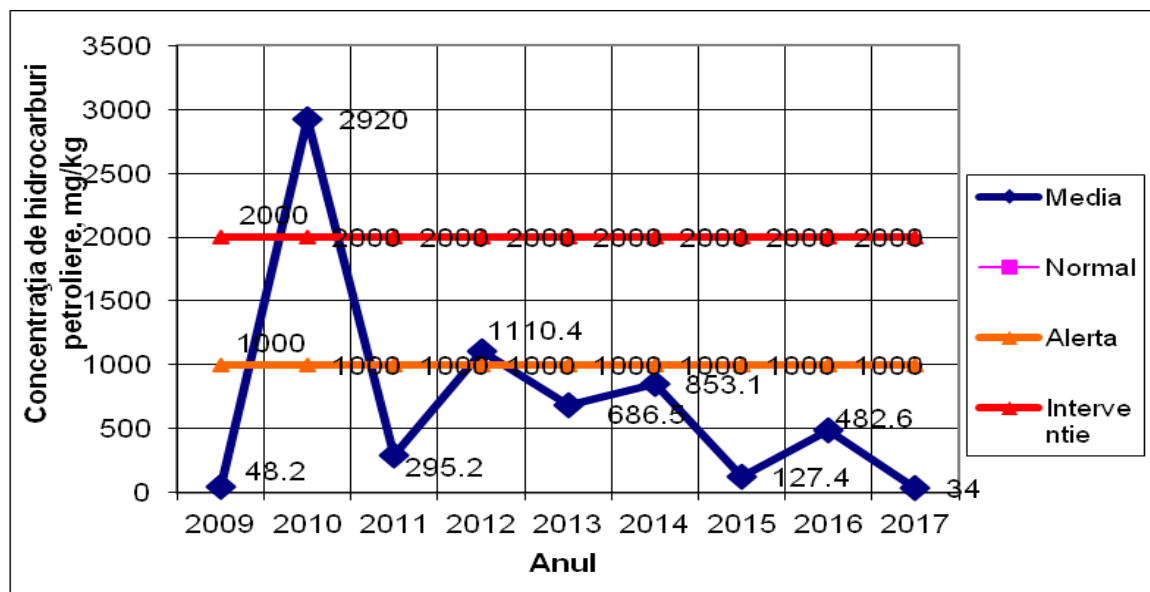


Figura 7.8. Variația conținutului de hidrocarburi petroliere

### 7.2.2.2. Punctul de colectare probe sol - S7

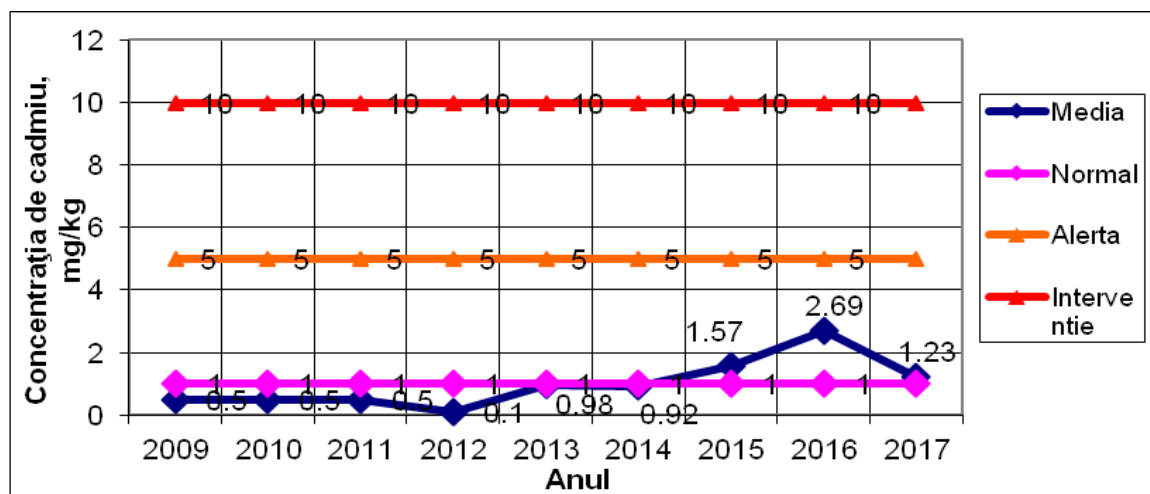


Figura 7.9. Variația conținutului de cadmiu

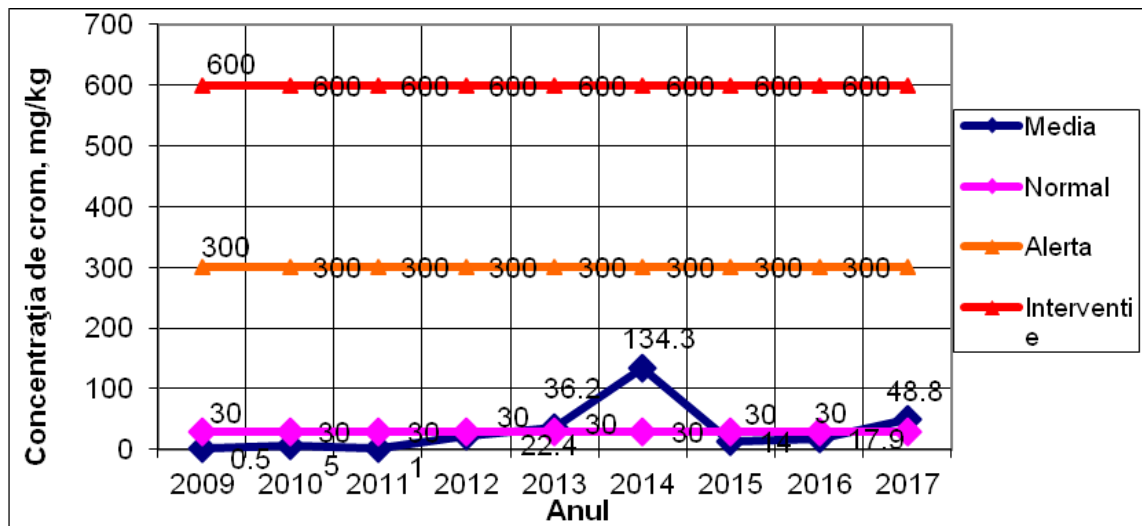


Figura 7.10. Variația conținutului crom

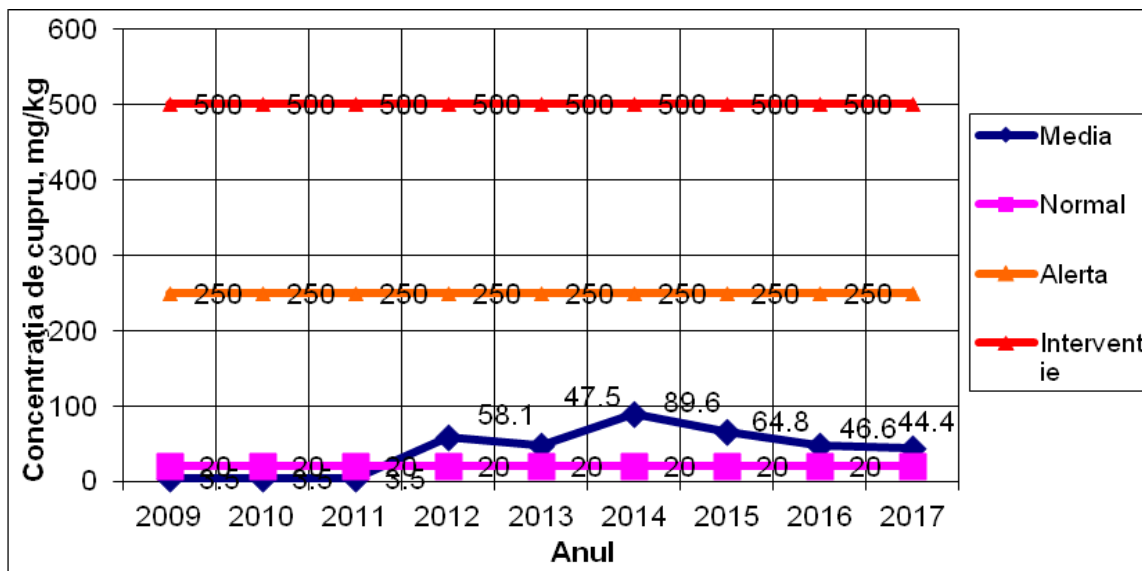


Figura 7.11. Variația conținutului cupru

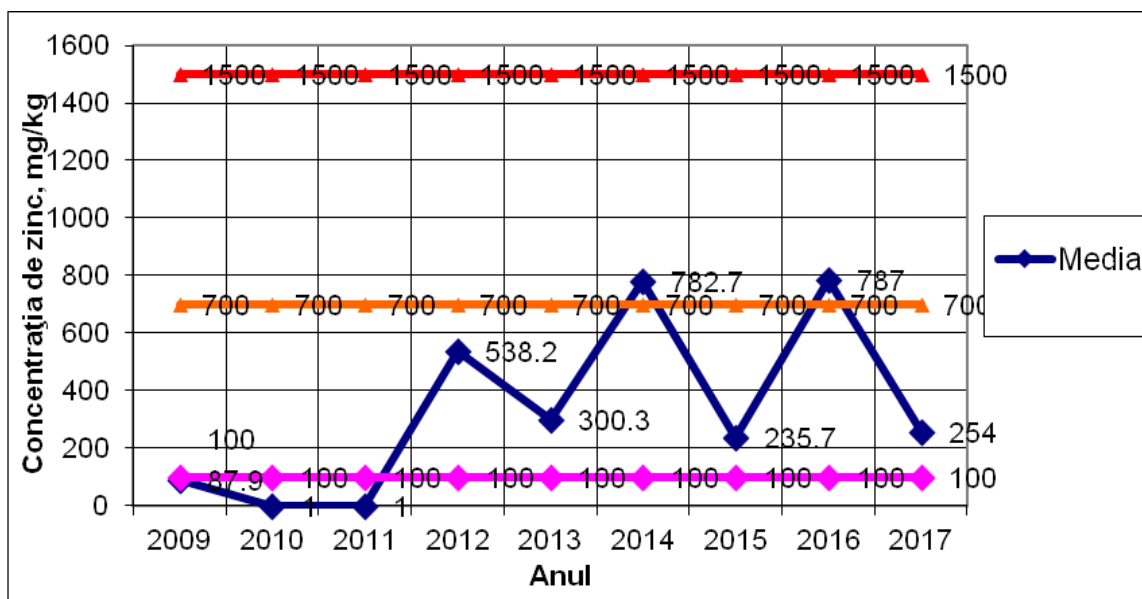


Figura 7.12. Variația conținutului zinc

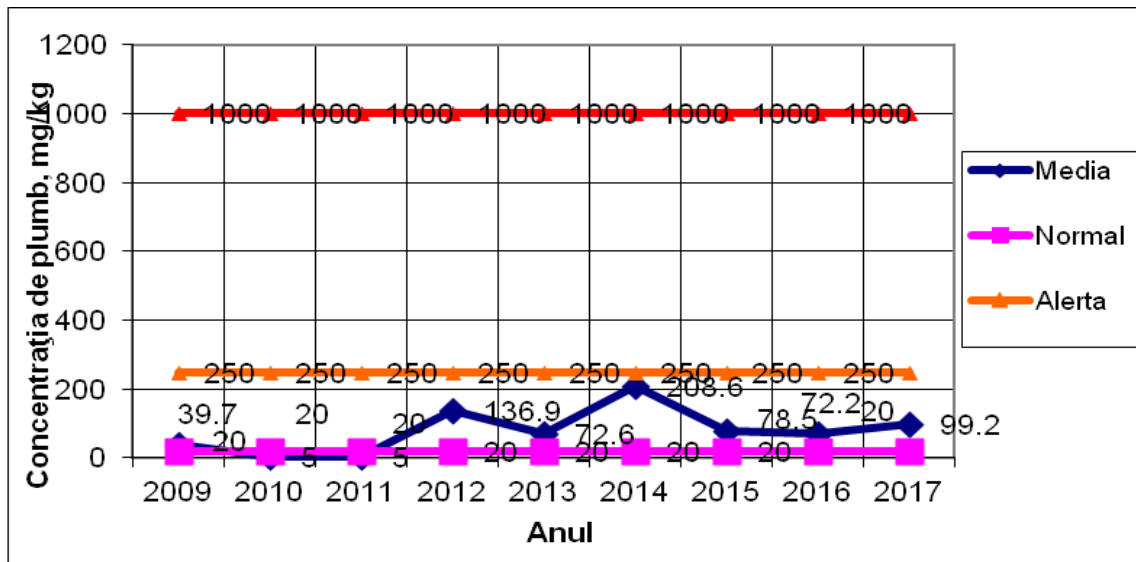


Figura 7.13. Variația conținutului plumb

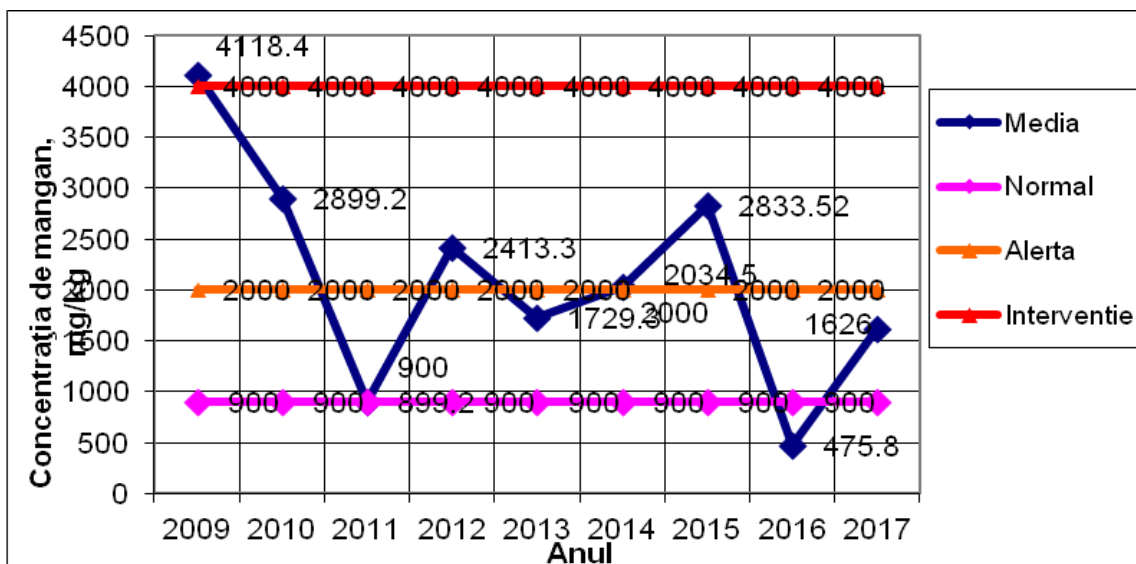


Figura 7.14. Variația conținutului mangan

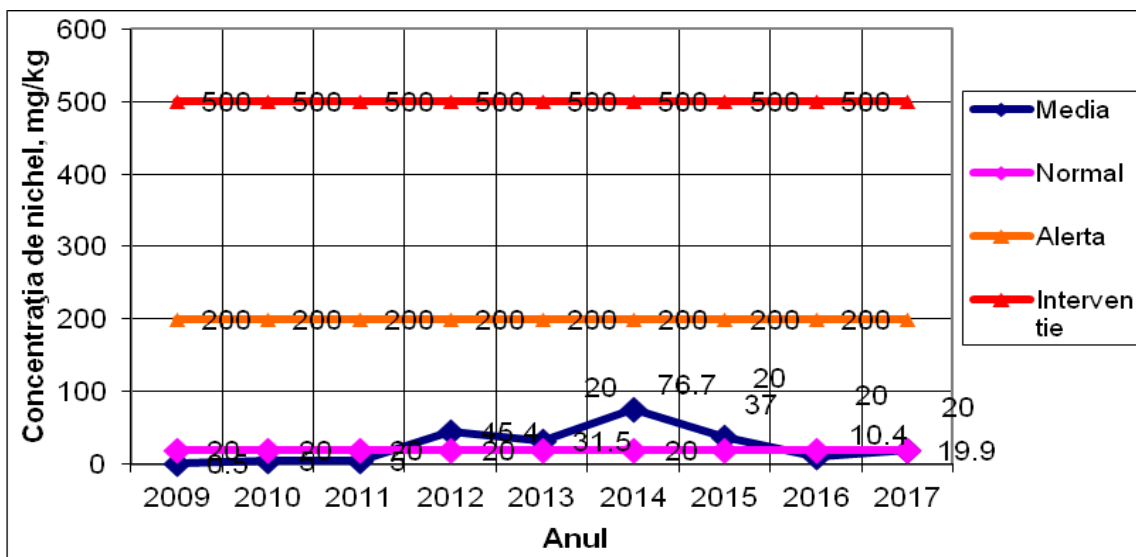


Figura 7.15. Variația conținutului nichel

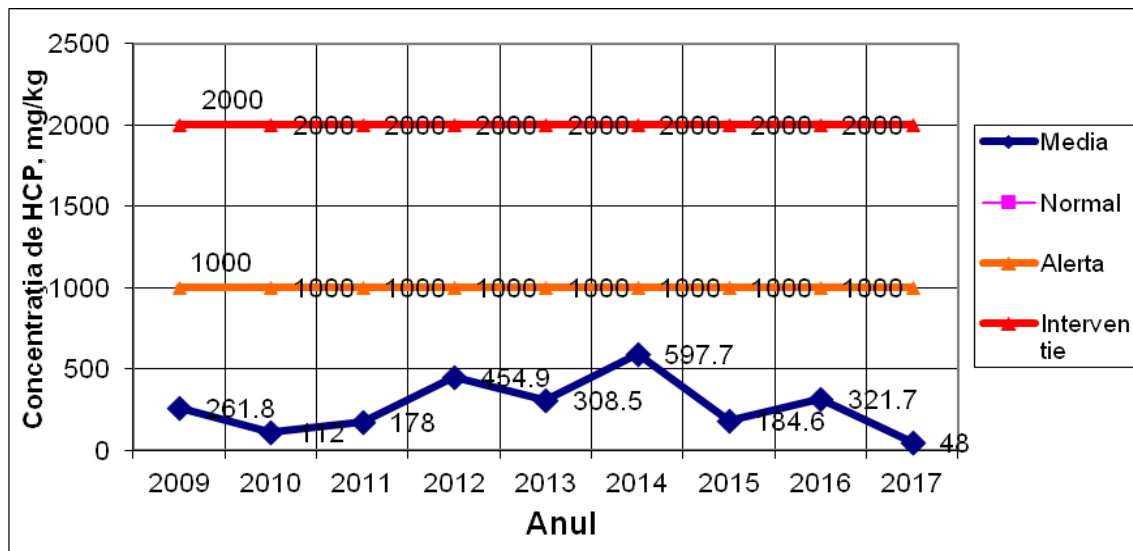


Fig.7.16. Variația conținutului HCP

### 7.2.2.3. Punctul de colectare probe sol - S8

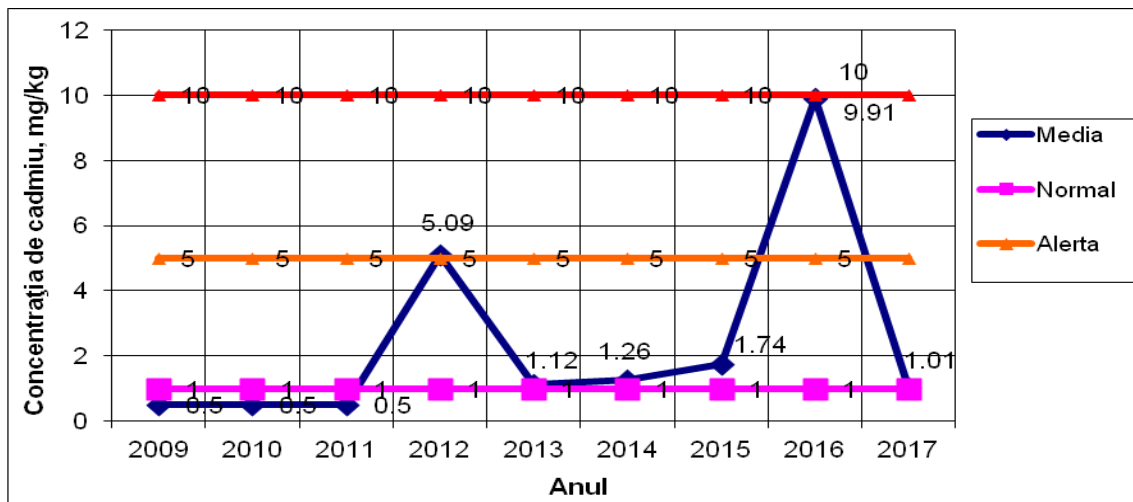


Figura 7.17. Variația conținutului cadmiu

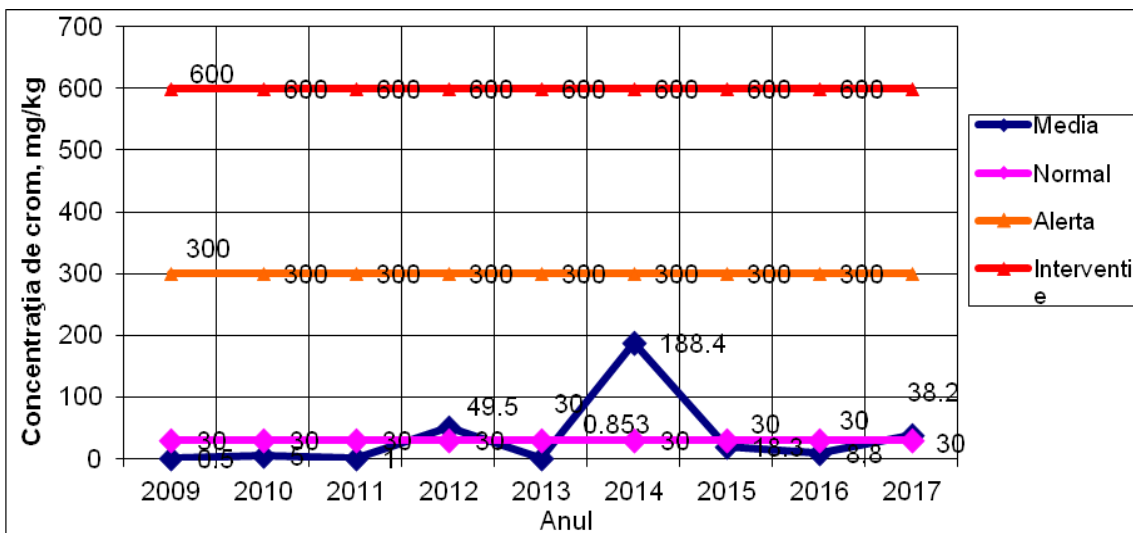


Figura 7.18. Variația conținutului crom

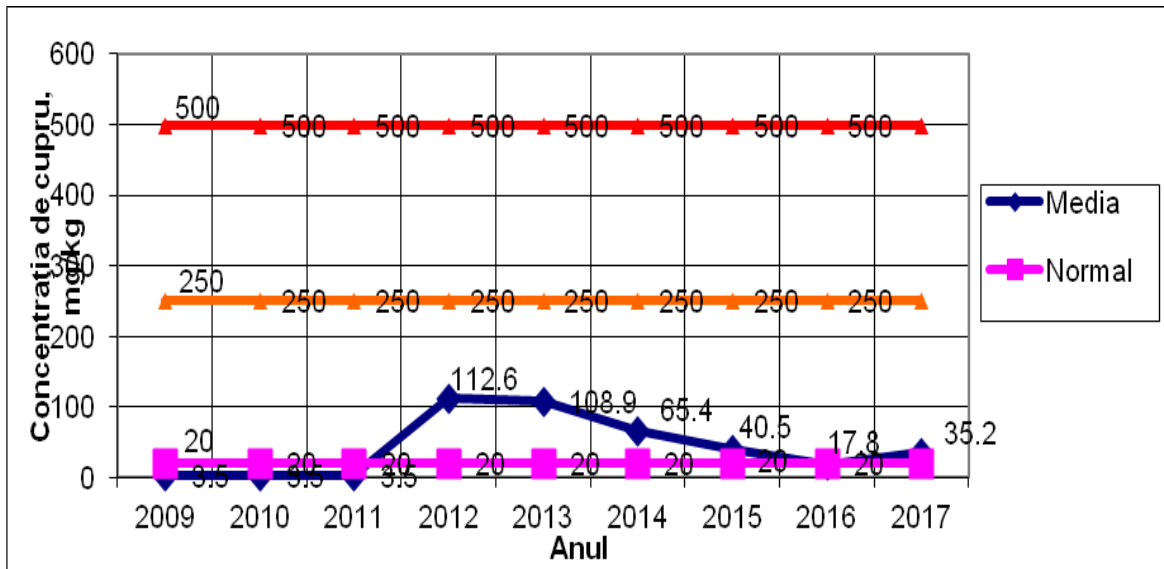


Figura 7.19. Variația conținutului cupru

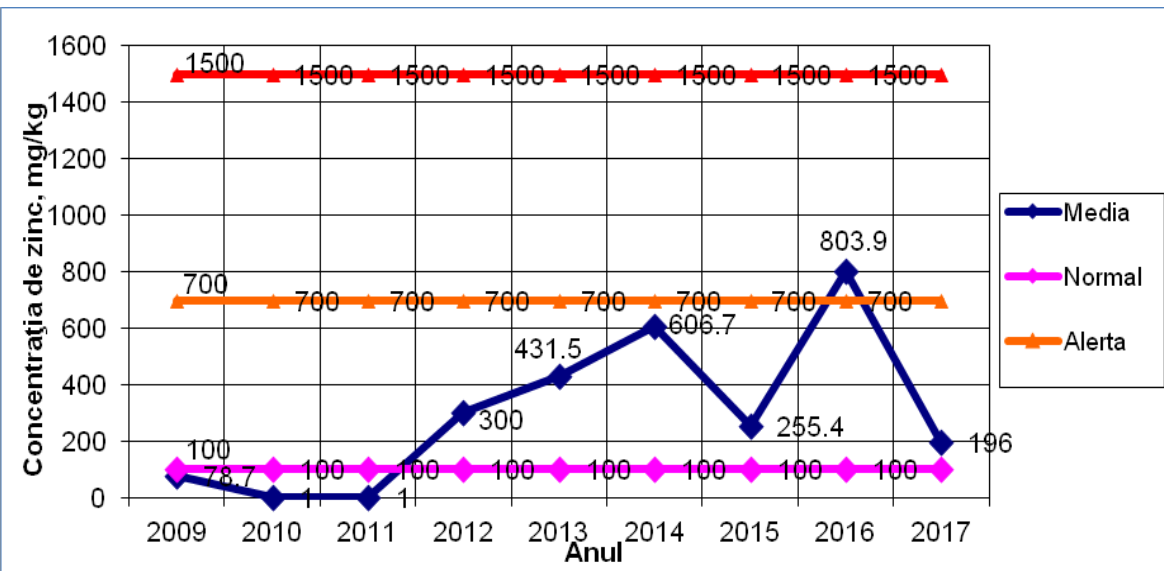


Figura 7.20. Variația conținutului zinc

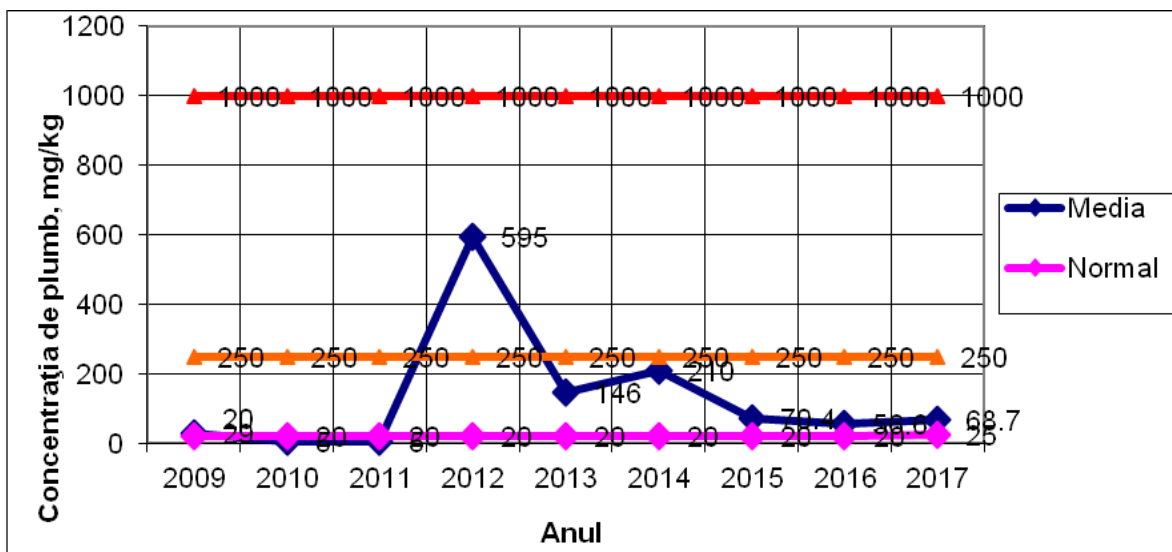


Figura 7.21. Variația conținutului plumb

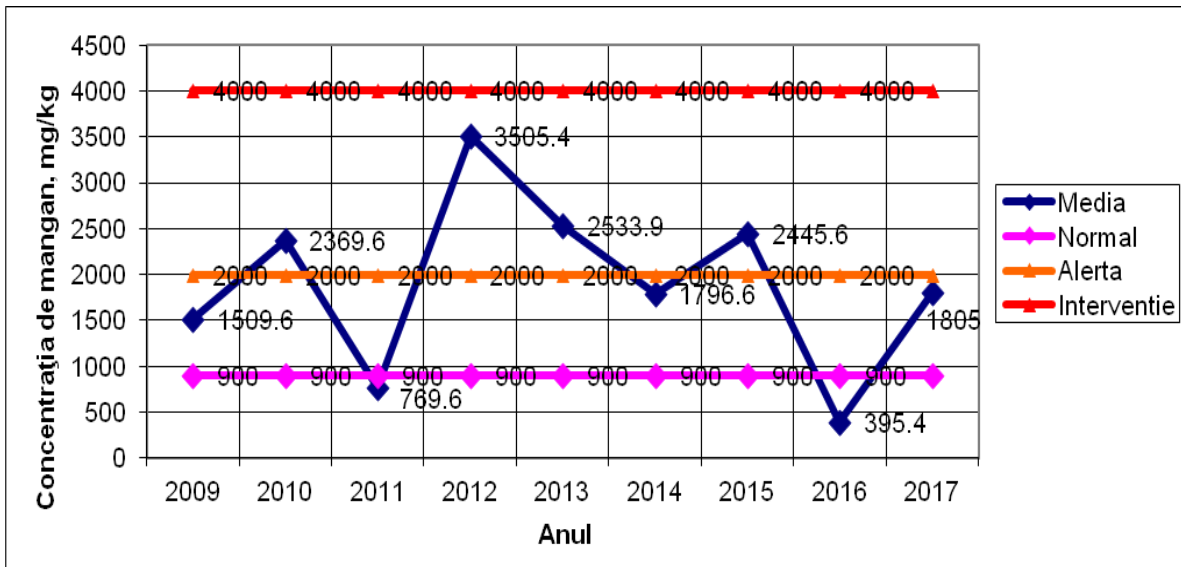


Figura 7.22. Variația conținutului mangan

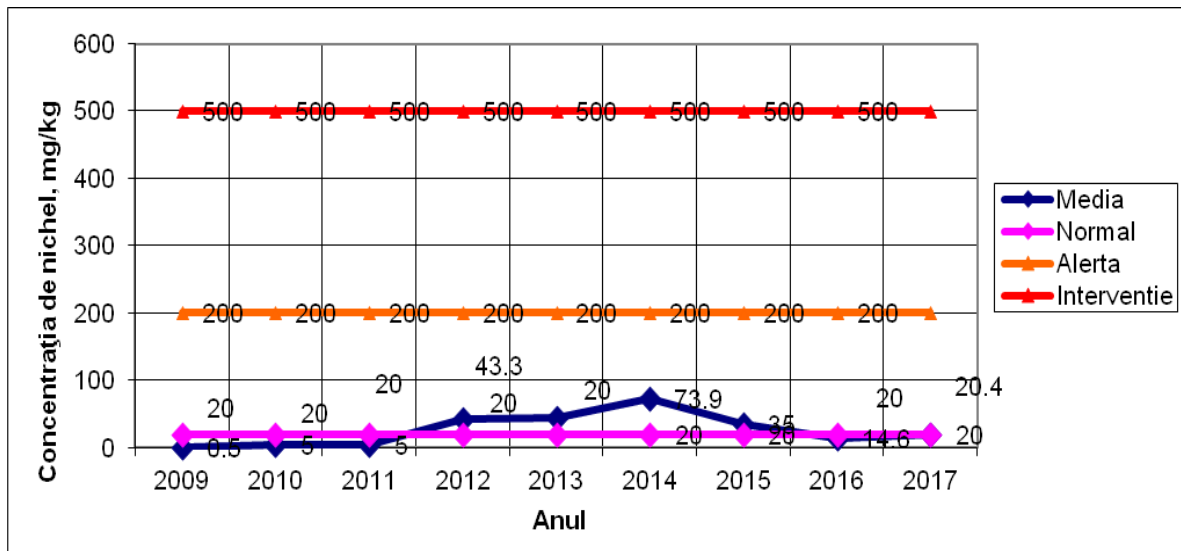


Figura 7.23. Variația conținutului nichel

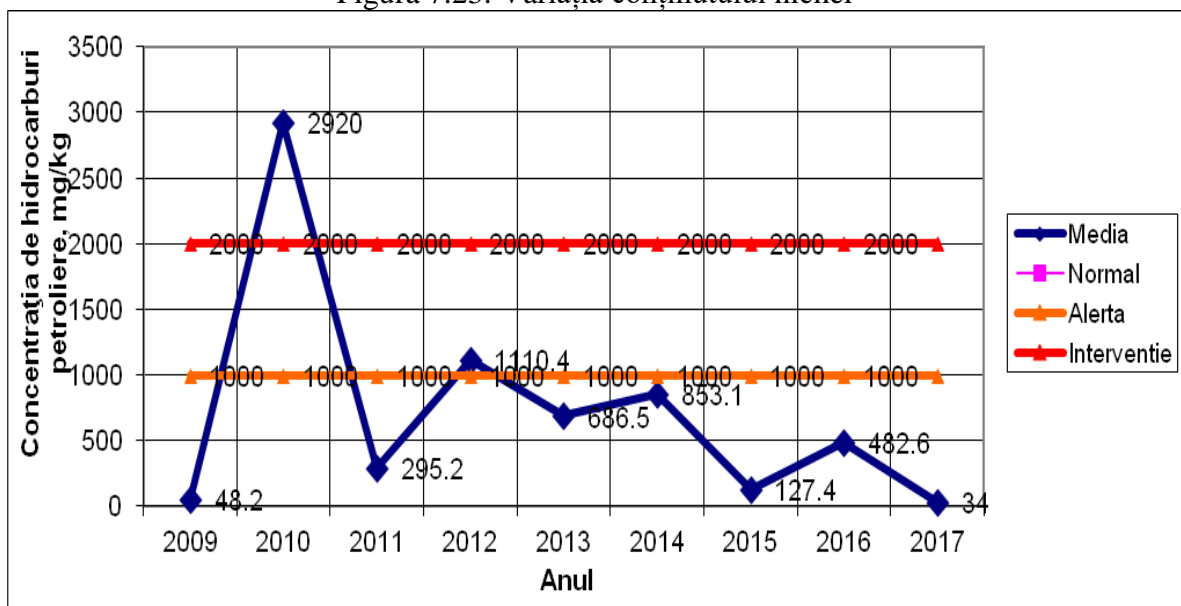


Figura 7.24. Variația conținutului de hidrocarburi petroliere



### 7.2.2.4. Punctul de colectare probe sol - S9

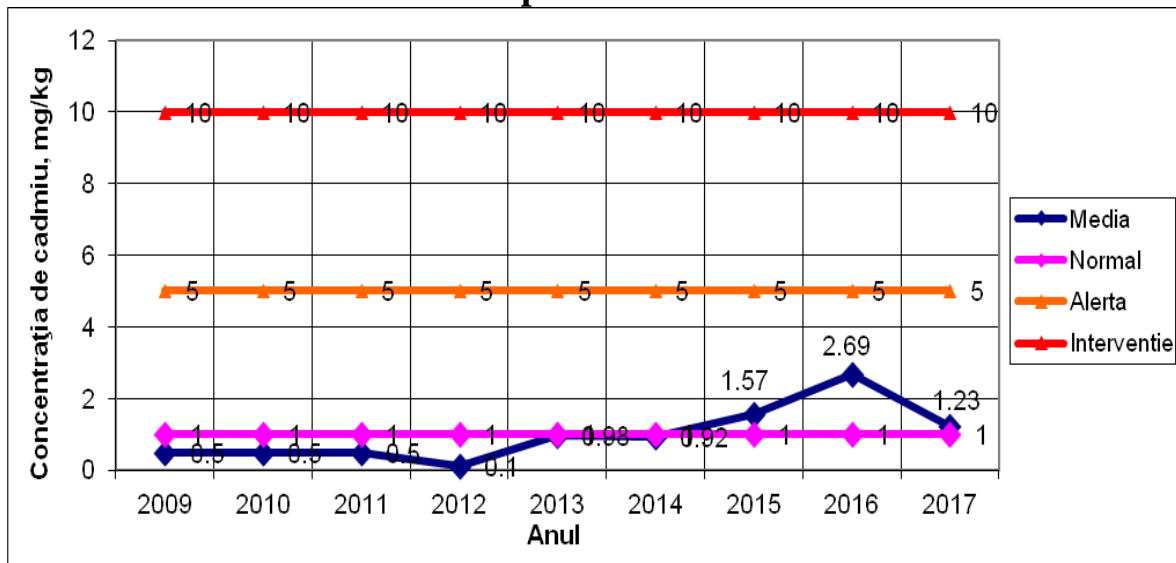


Figura 7.25. Variația conținutului cadmiu

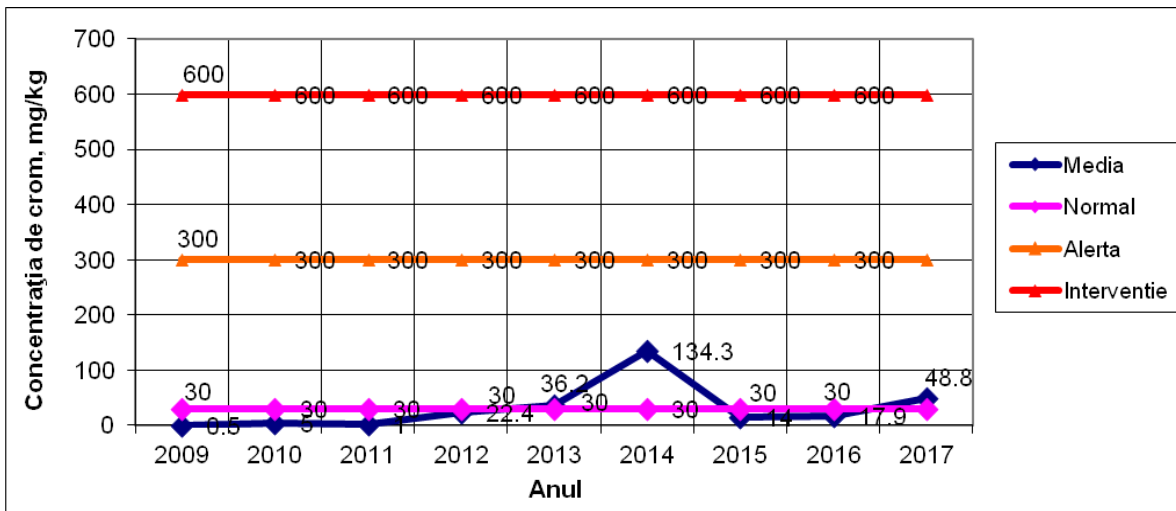


Figura 7.26. Variația conținutului crom

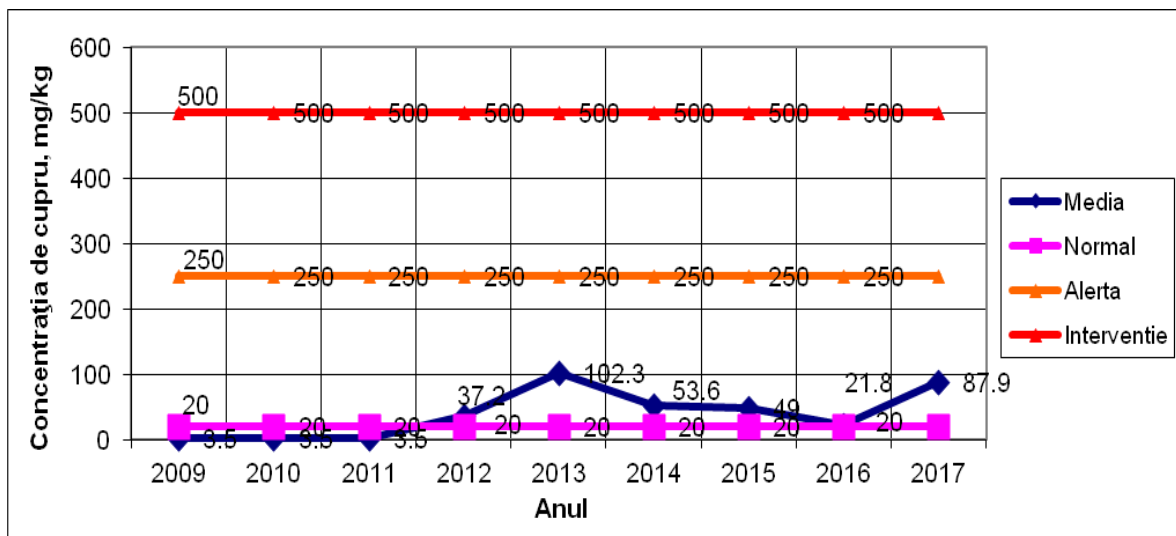


Figura 7.27. Variația conținutului cupru

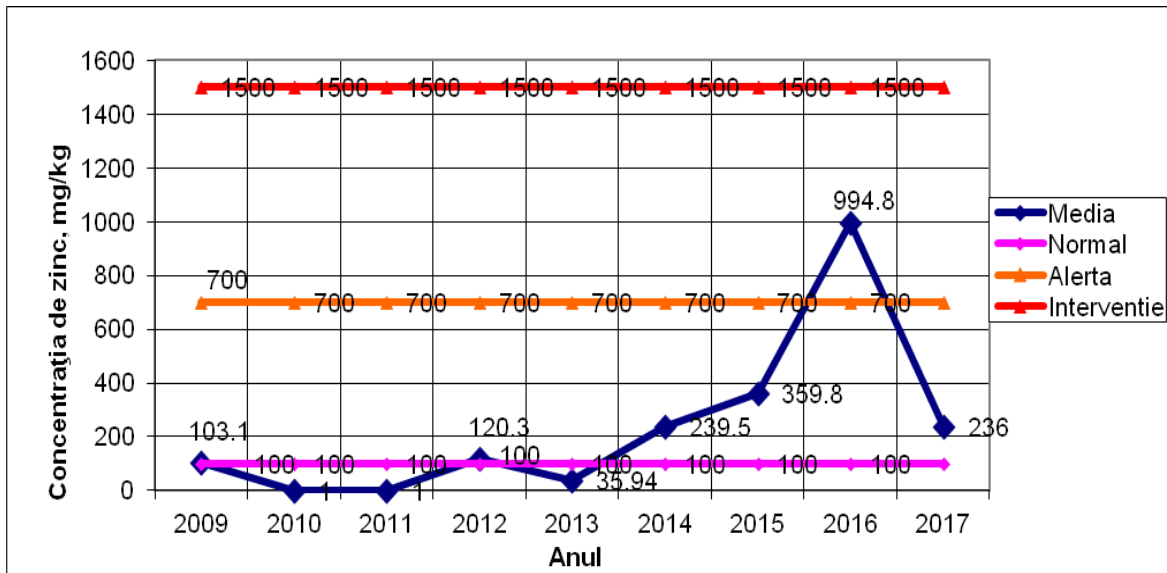


Figura 7.28. Variația conținutului zinc

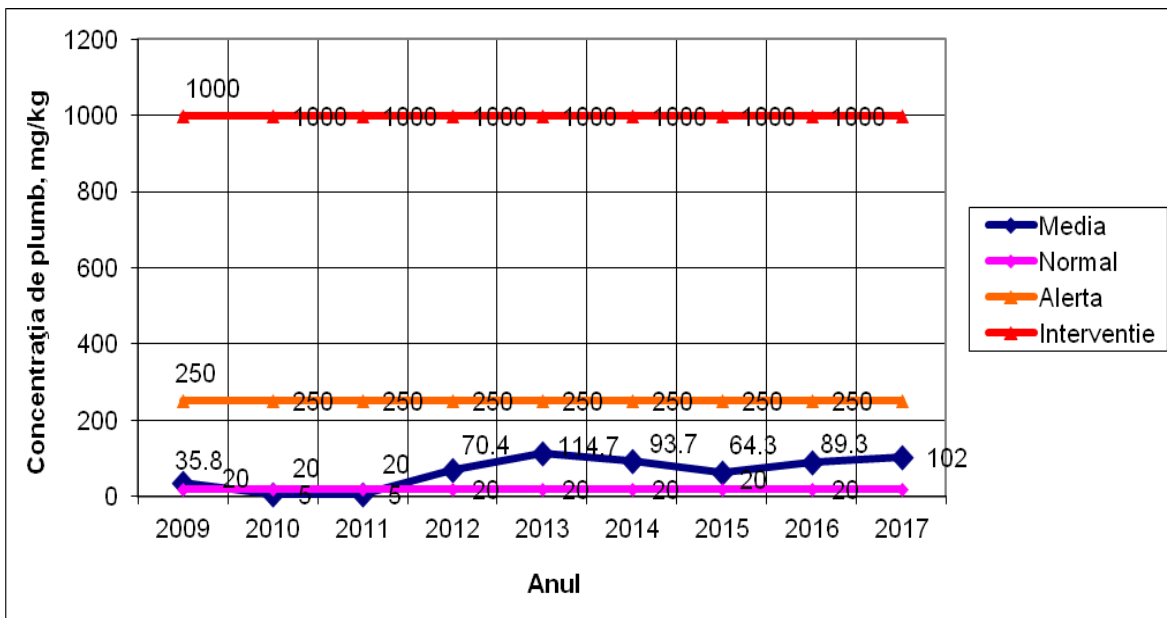


Figura 7.29. Variația conținutului plumb

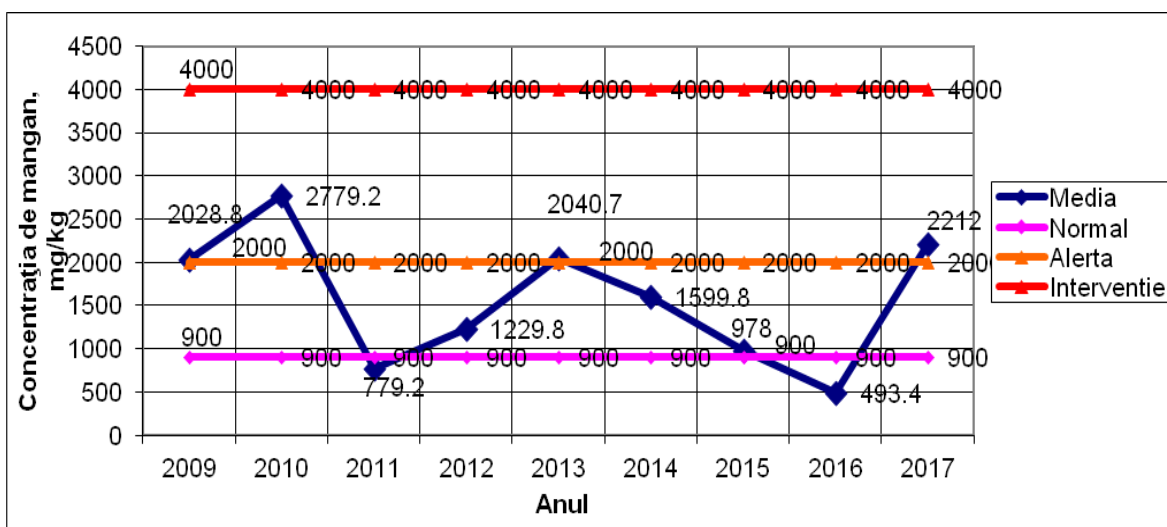


Figura 7.30. Variația conținutului mangan

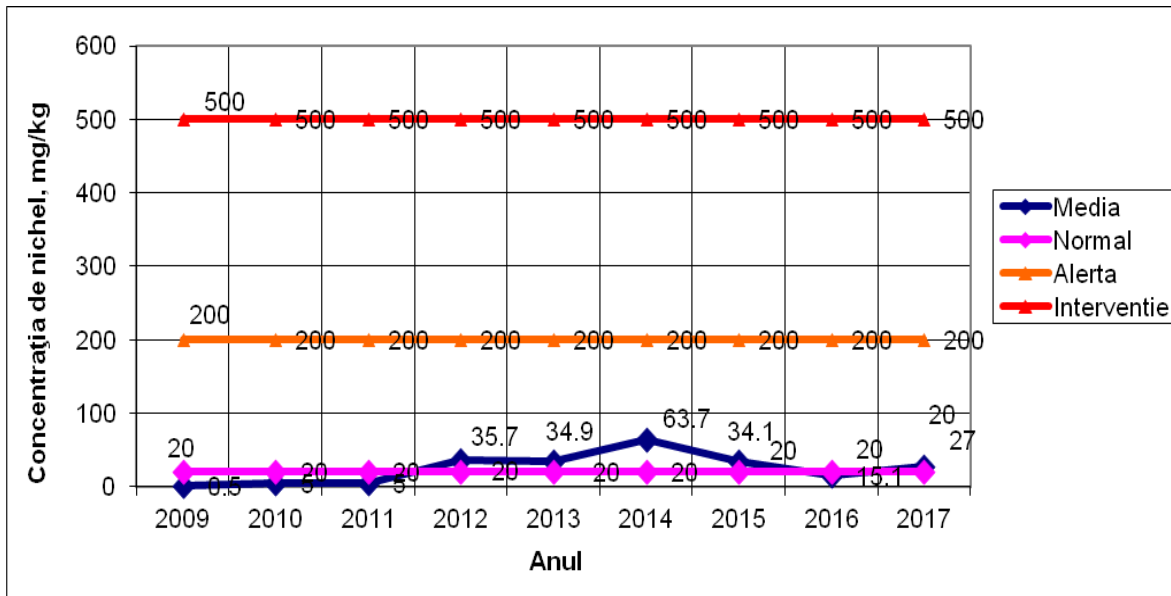


Figura 7.31. Variația conținutului nichel

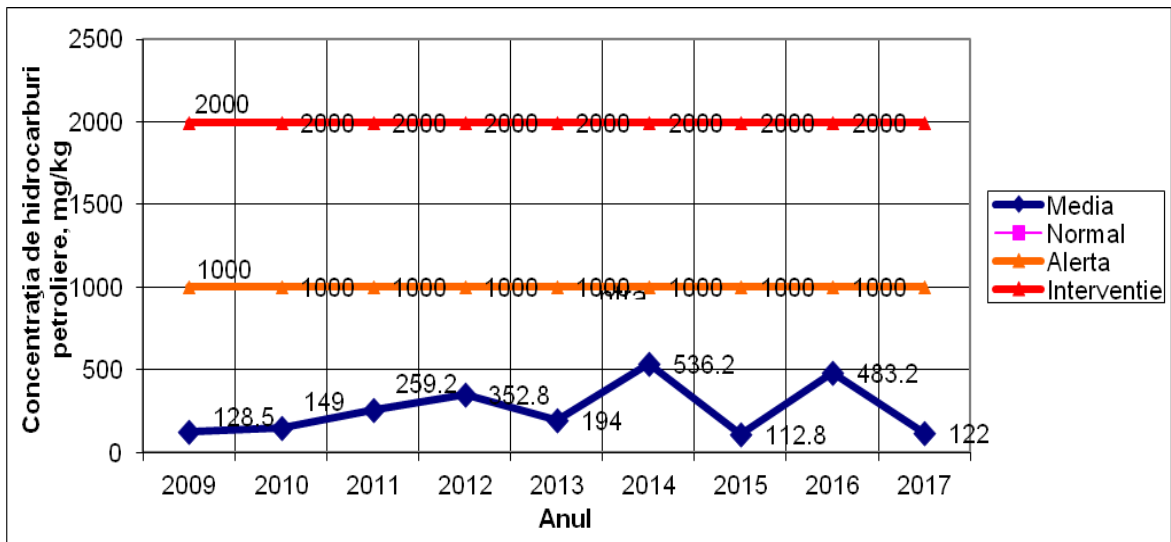


Figura 7.32. Variația conținutului hidrocarburi petroliere

### 7.2.2.5. Punctul de colectare probe sol - S10

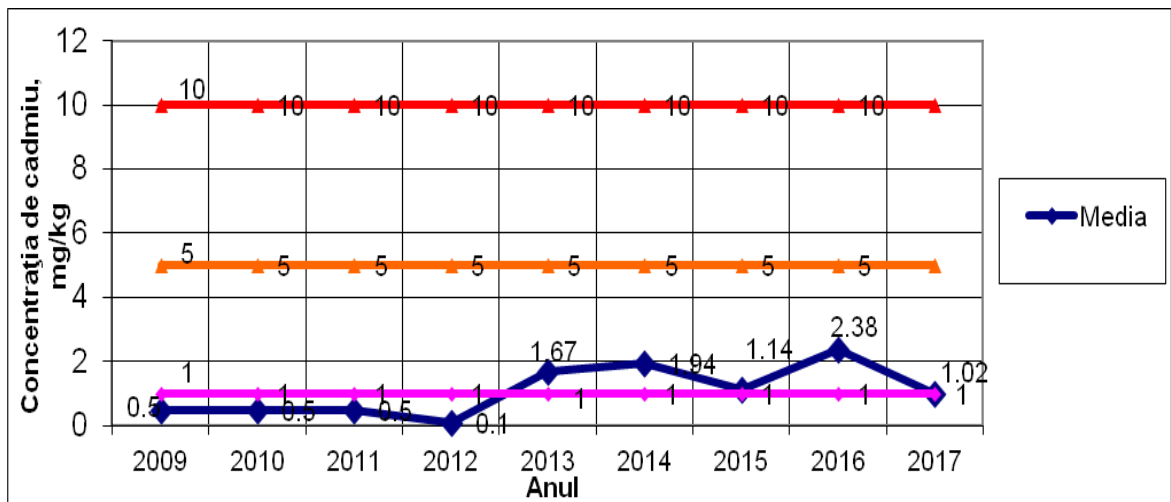


Figura 7.33. Variația conținutului cadmiu

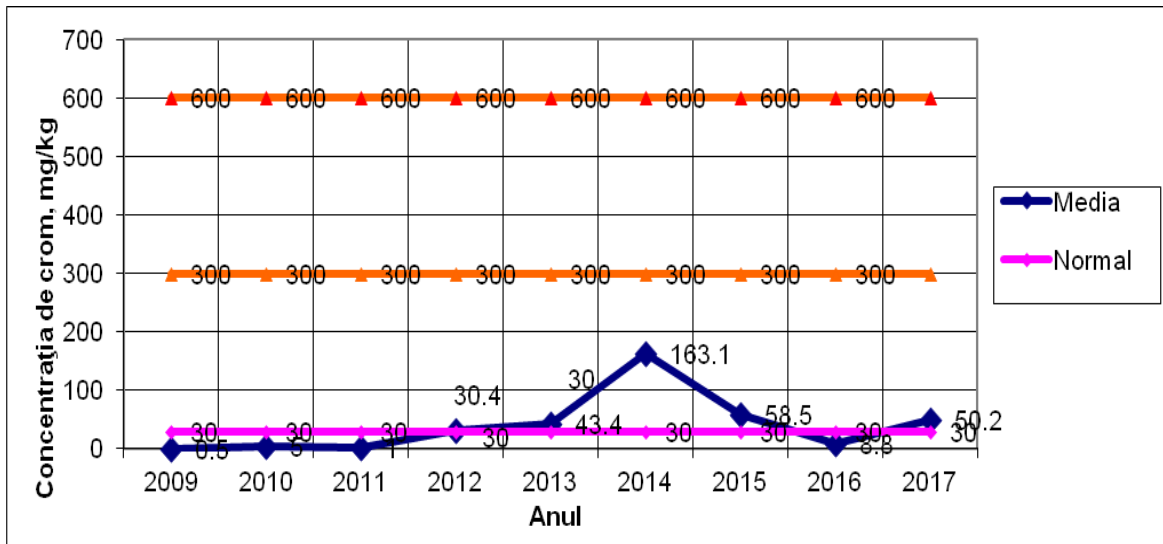


Figura 7.34. Variația conținutului crom

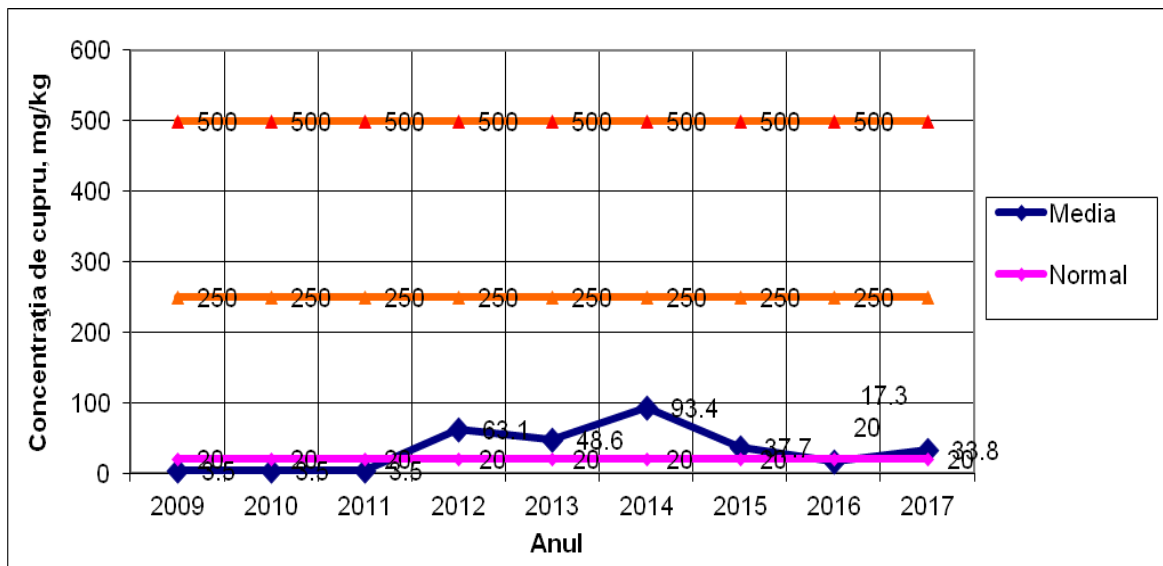


Figura 7.35. Variația conținutului cupru

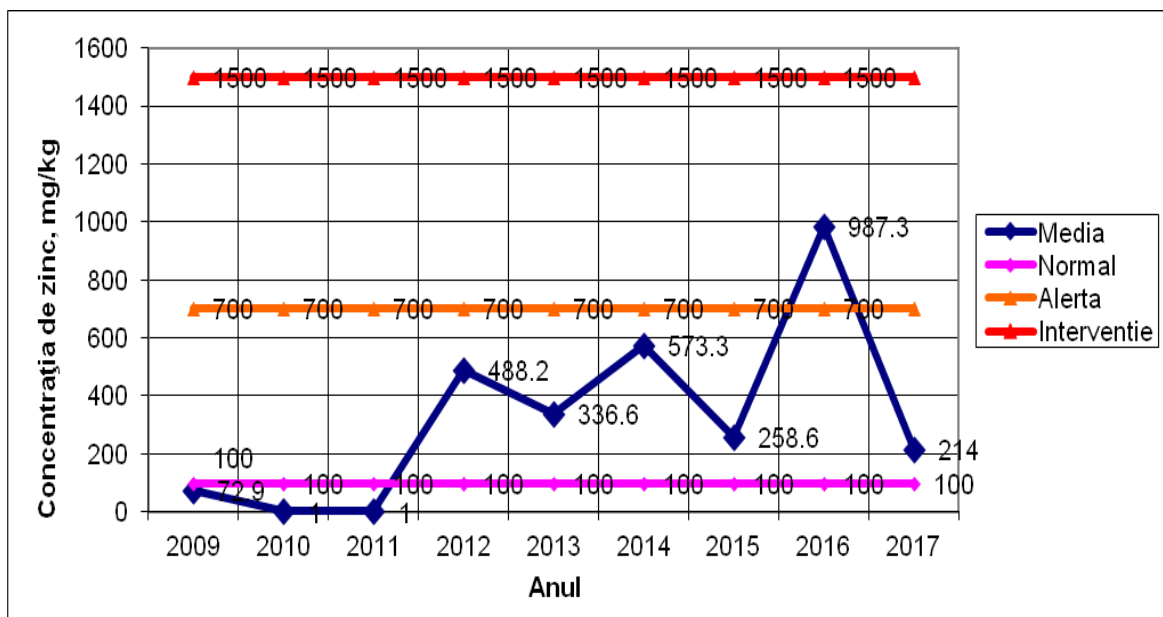


Figura 7.36. Variația conținutului zinc

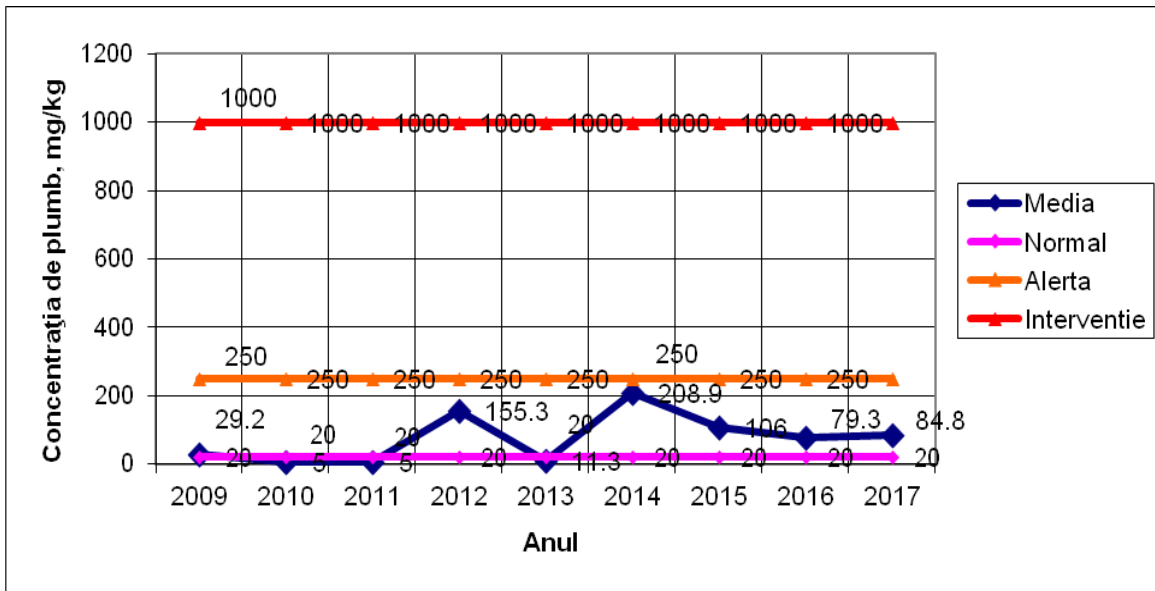


Figura 7.37. Variația conținutului plumb

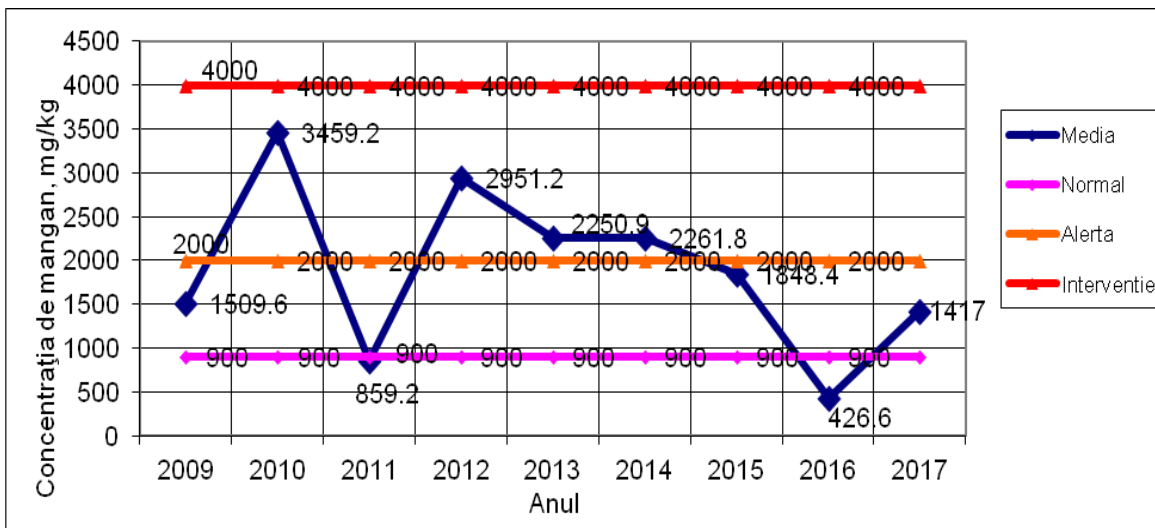


Figura 7.38. Variația conținutului mangan

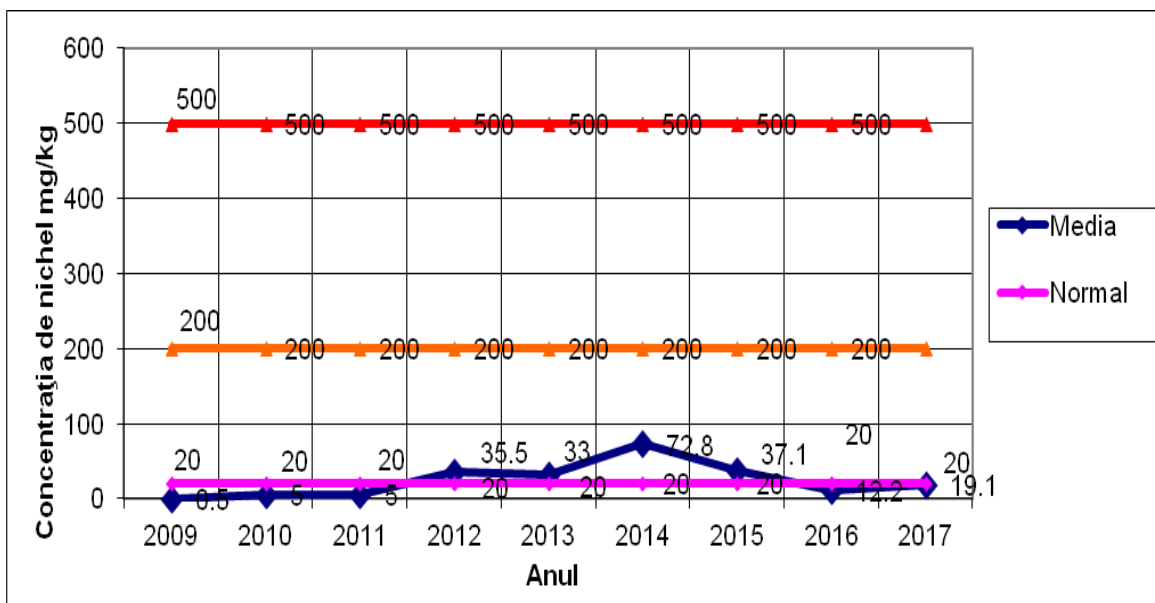


Figura 7.39. Variația conținutului nichel

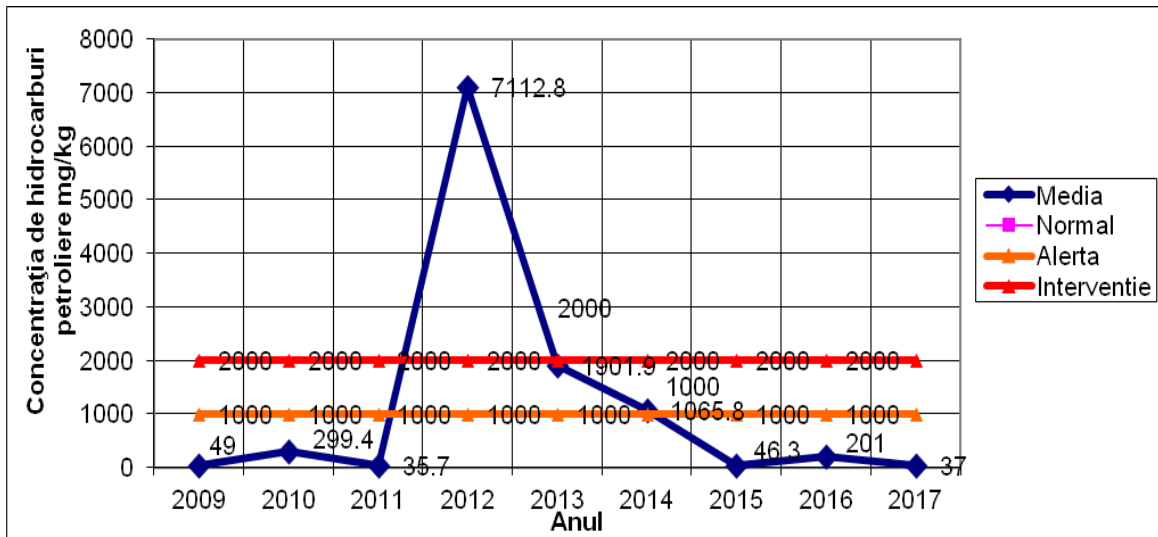


Figura 7.40. Variația conținutului de hidrocarburi petroliere

### 7.2.2.6. Punctul de colectare probe sol - S11

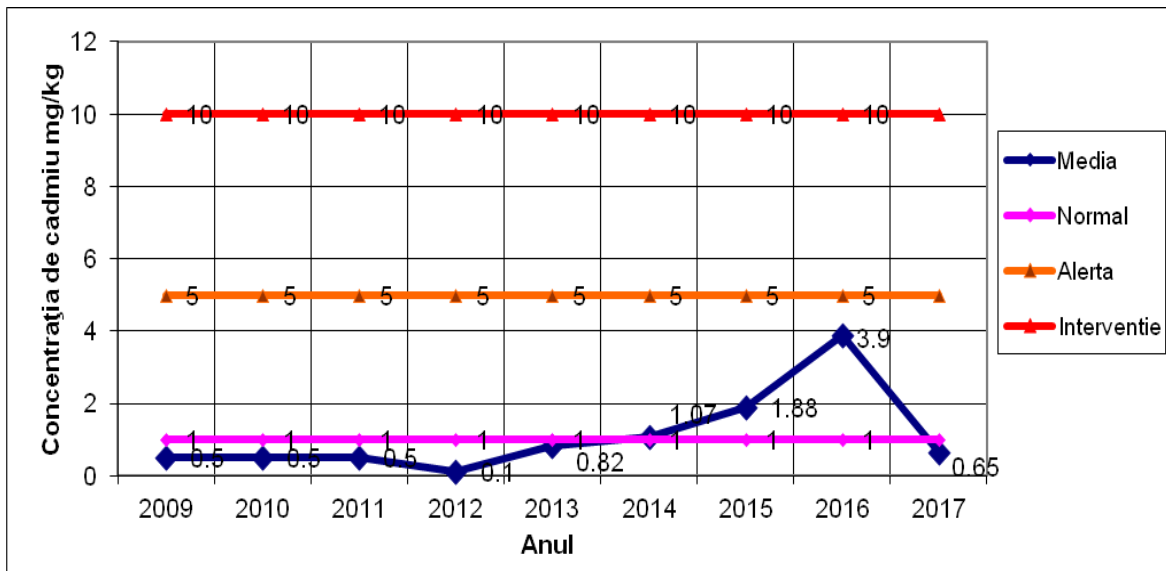


Figura 7.41. Variația conținutului cadmiu

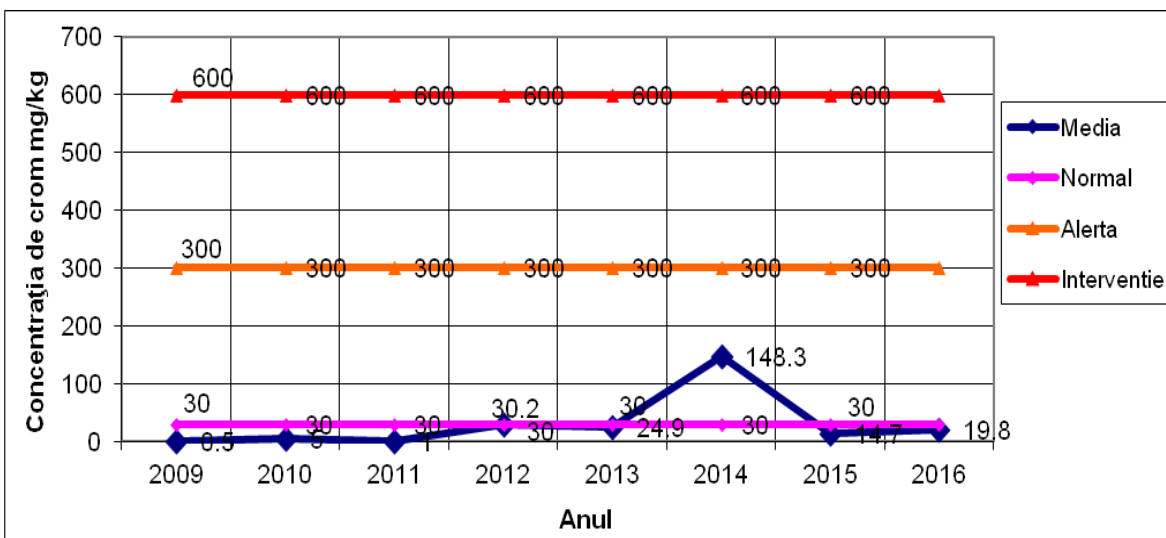


Figura 7.42. Variația conținutului crom

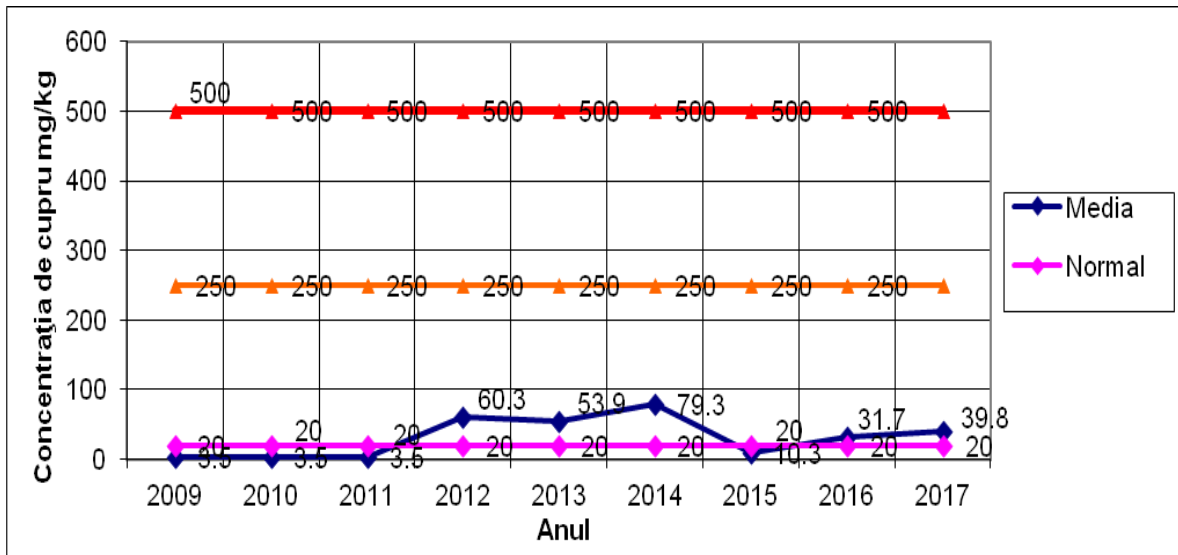


Figura 7.43. Variația conținutului cupru

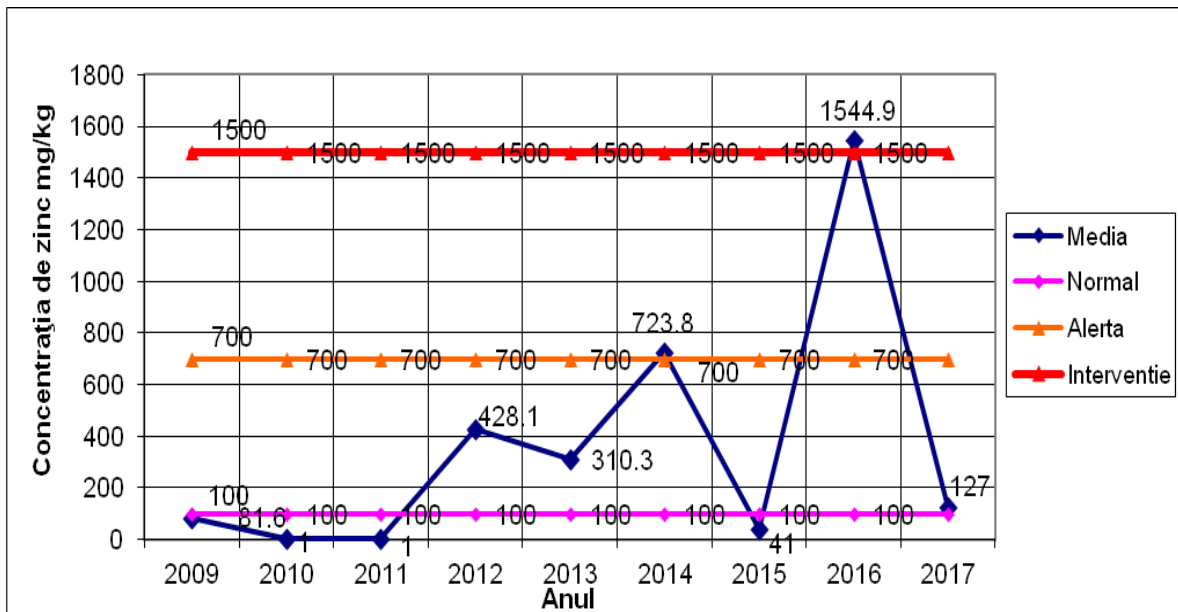


Figura 7.44. Variația conținutului zinc

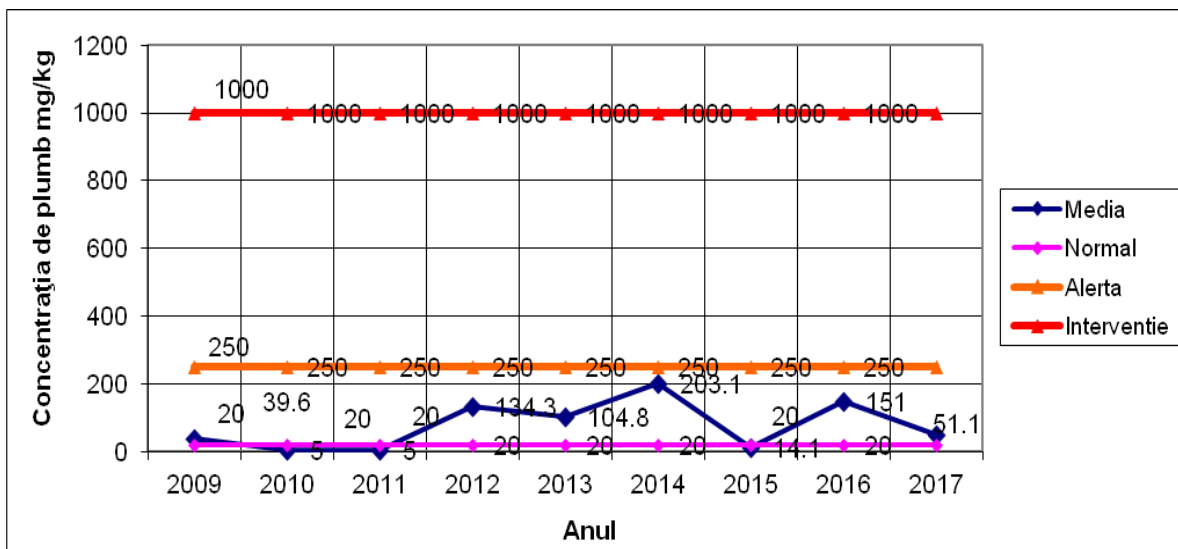


Figura 7.45. Variația conținutului plumb

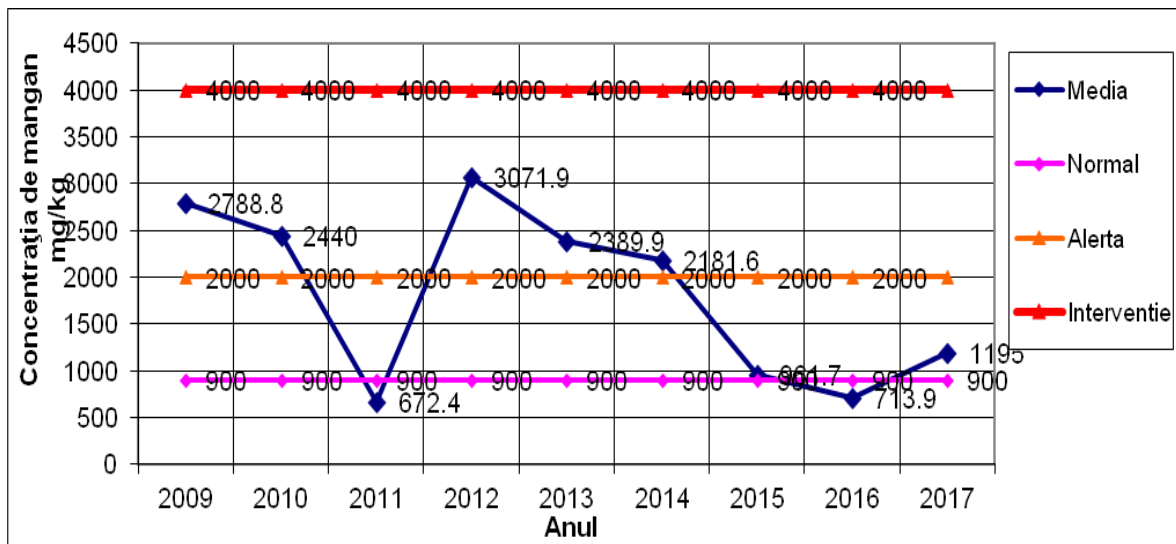


Figura 7.46. Variația conținutului mangan

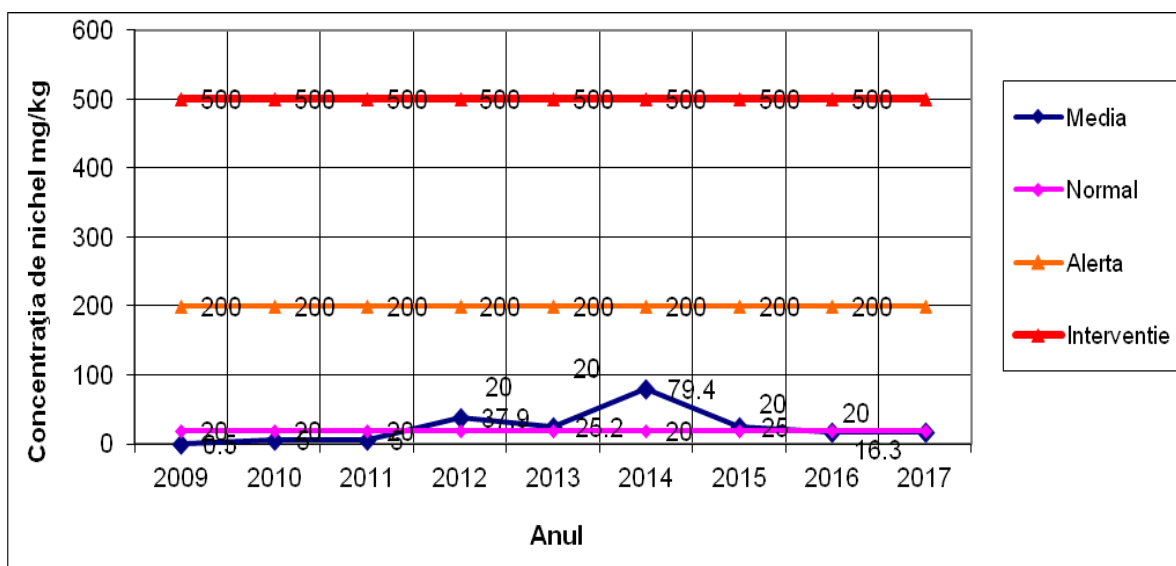


Figura 7.47. Variația conținutului nichel

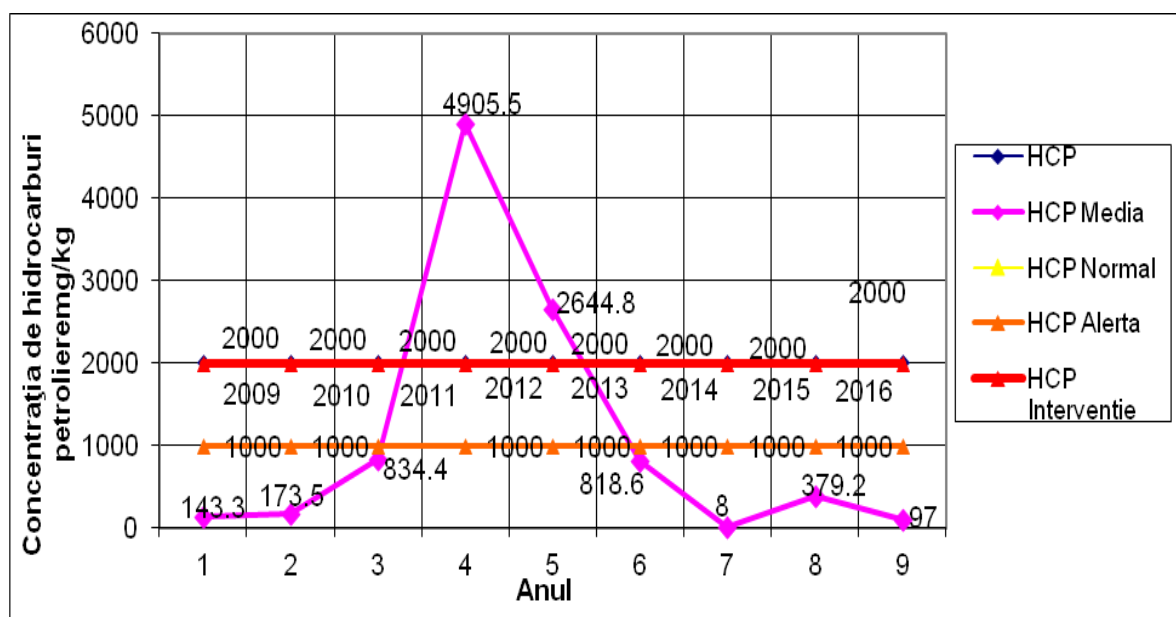


Figura 7.48. Variația conținutului hidrocarburi petroliere



### 7.2.2.7. Punctul de colectare probe sol - S12

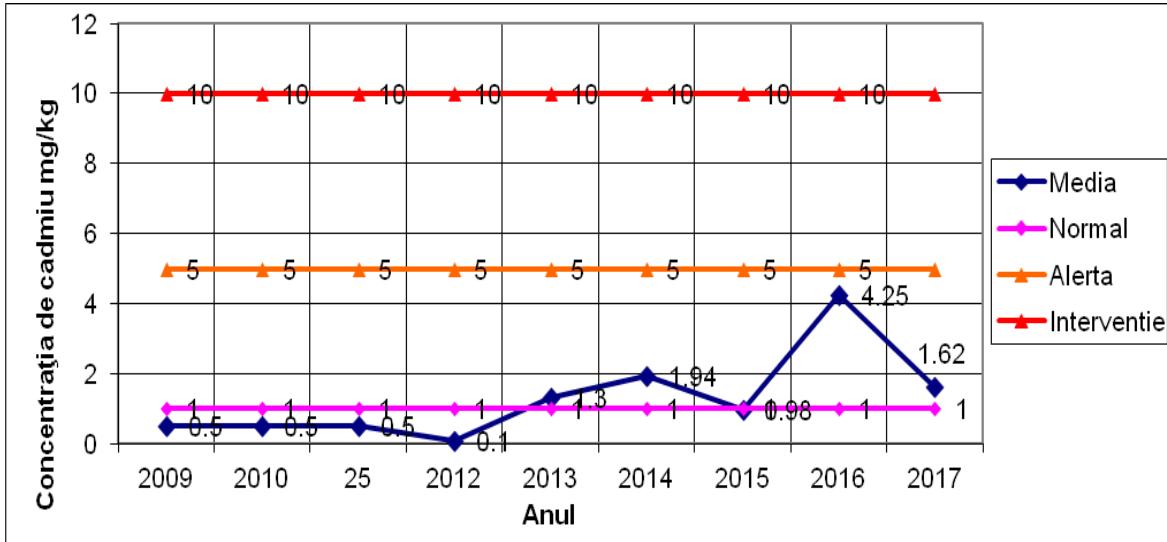


Figura 7.49. Variația conținutului de cadmiu

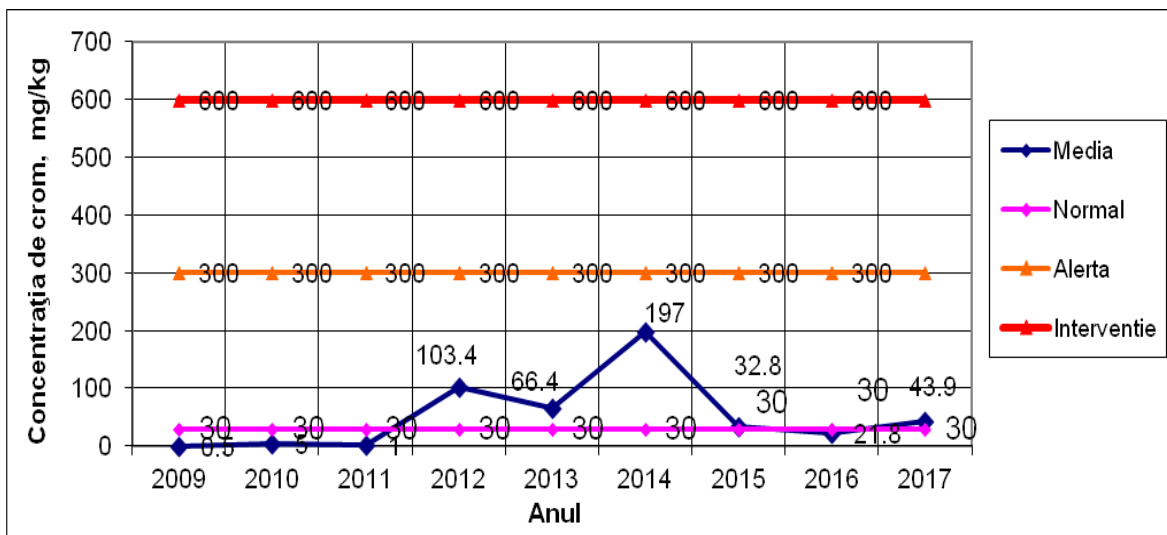


Figura 7.50. Variația conținutului de crom

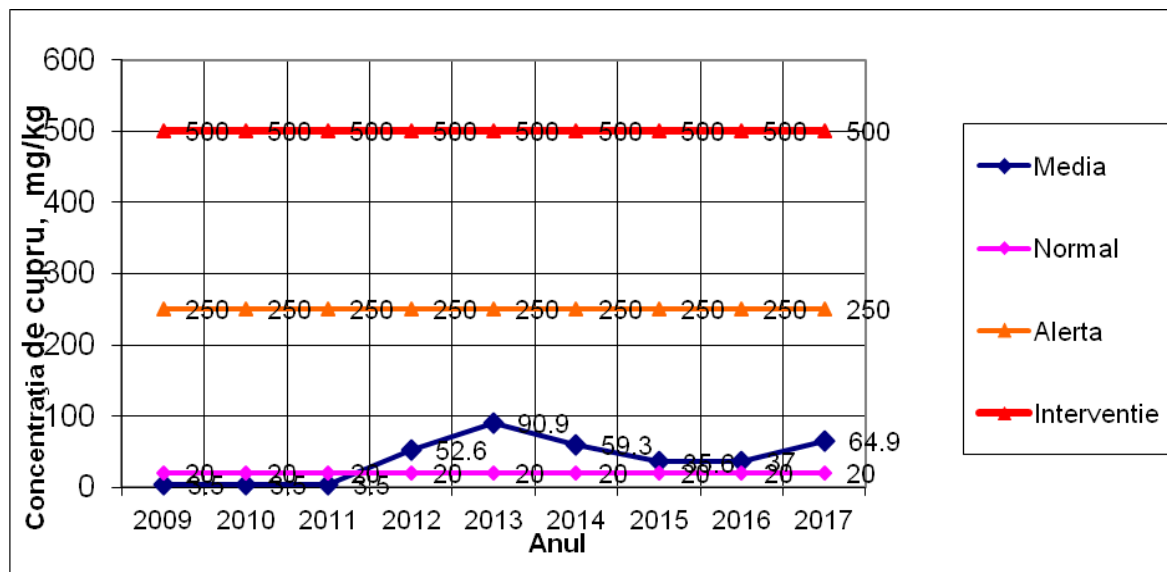


Figura 7.51. Variația conținutului de cupru

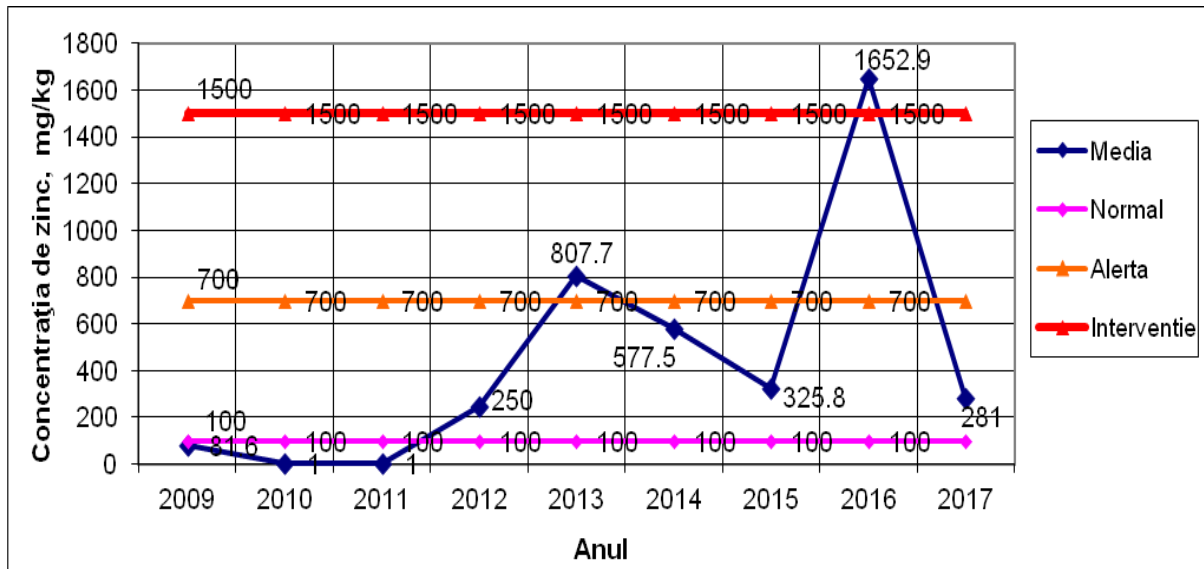


Figura 7.52. Variația conținutului de zinc

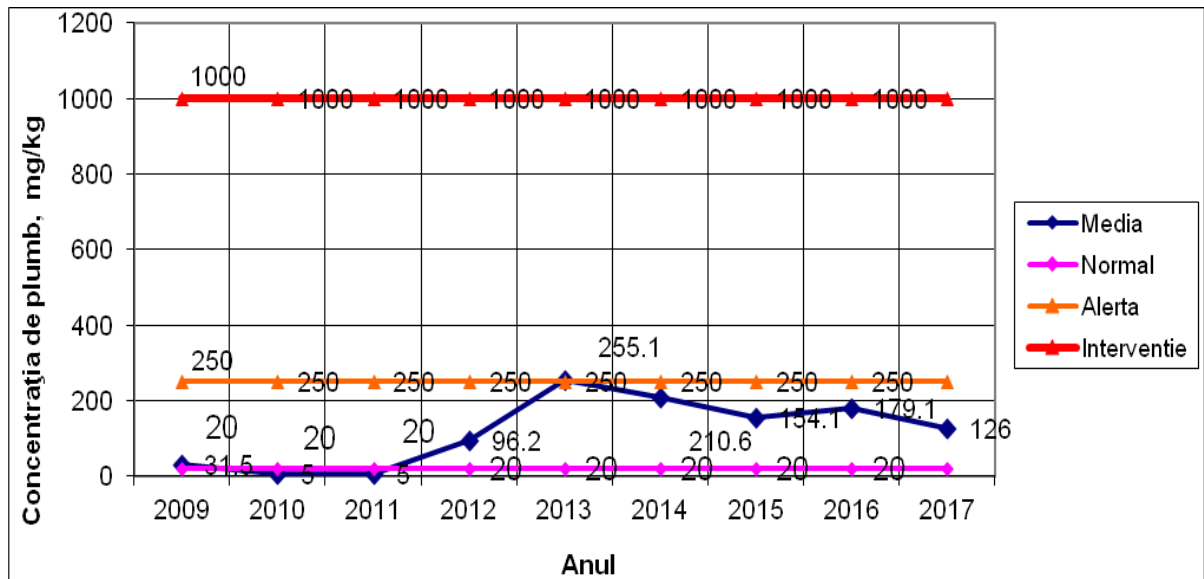


Figura 7.53. Variația conținutului plumb

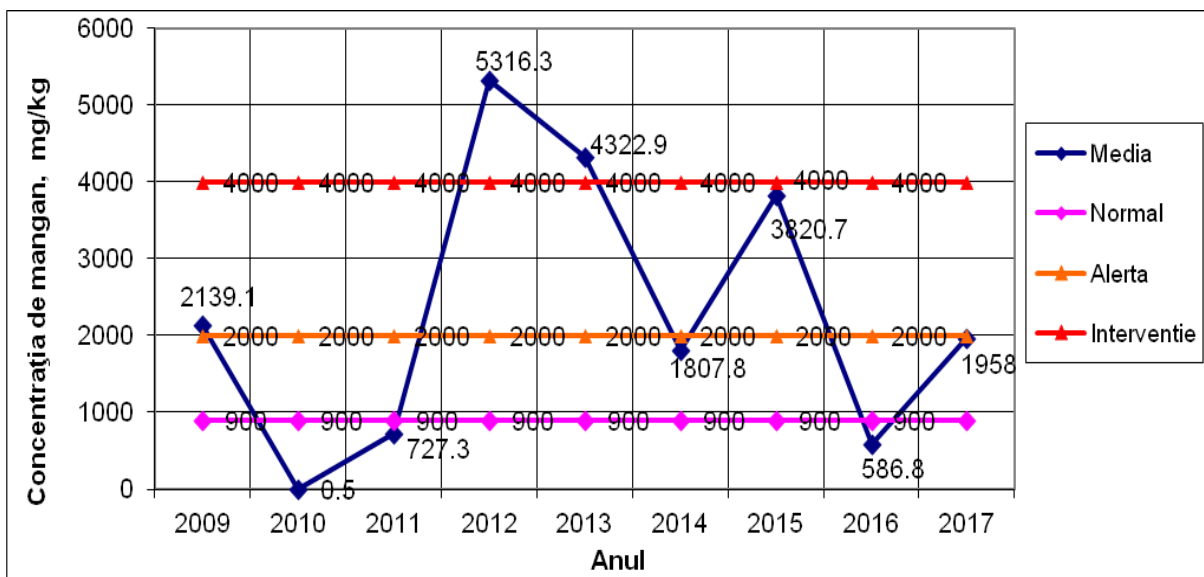


Figura 7.54. Variația conținutului de mangan

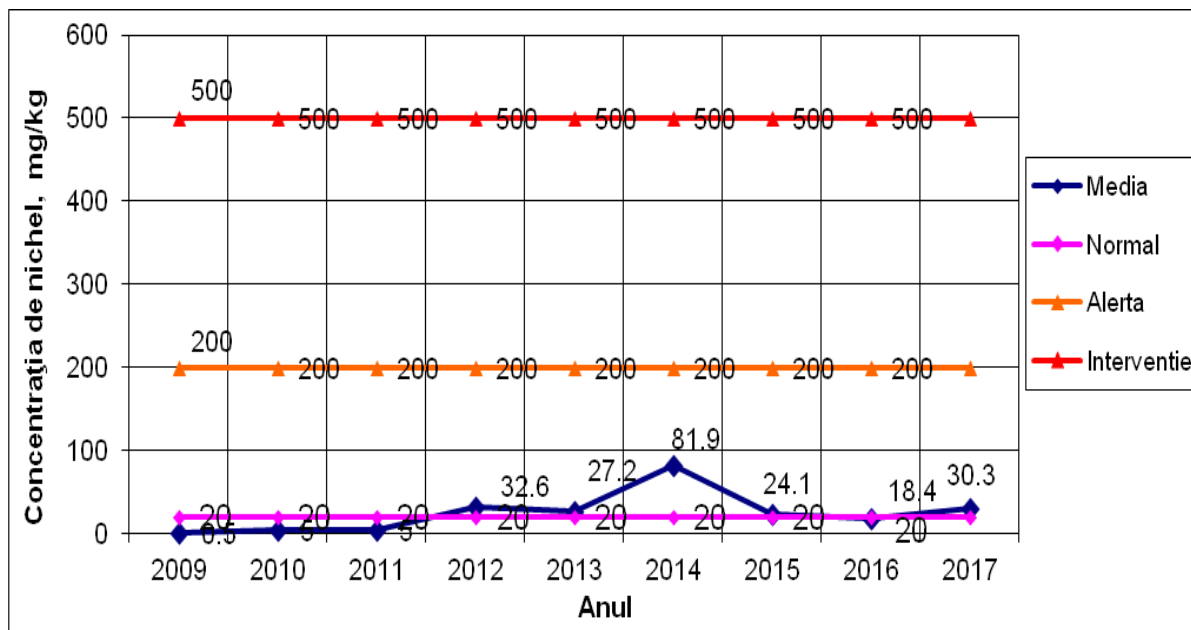


Figura 7.55. Variația conținutului de nichel

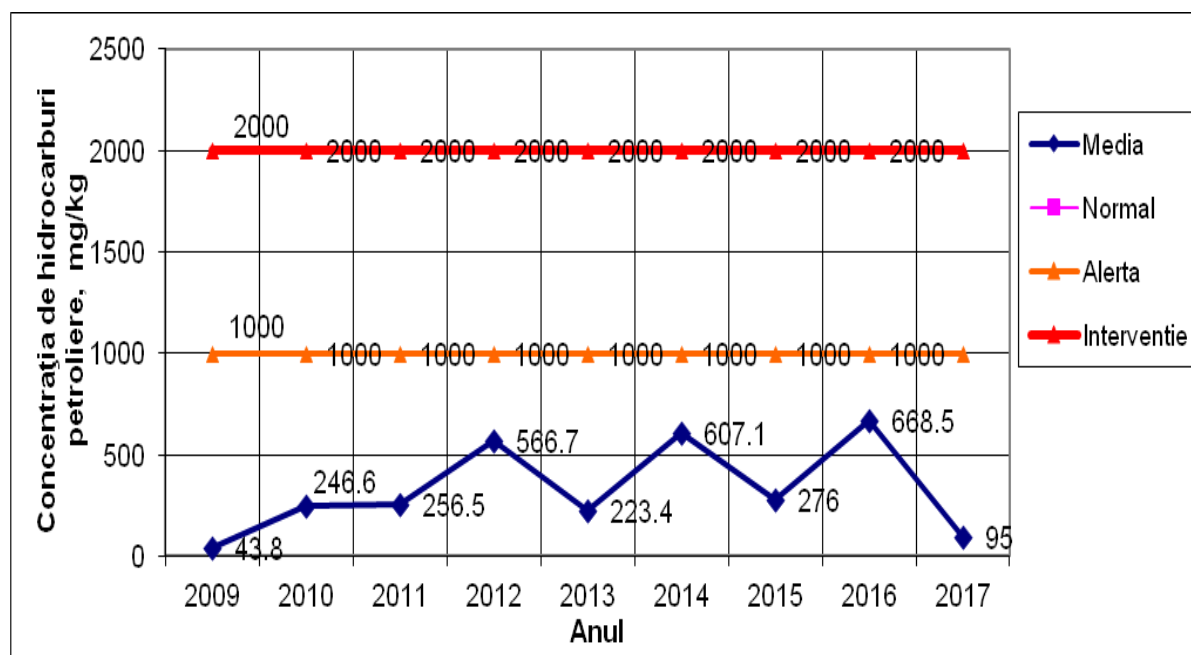


Figura 7.56. Variația conținutului de hidrocarburi petroliere

Aceste tabele sunt de un real folos, deoarece analizate simultan cu reprezentările grafice (figurile 7.1-7.56) permit o foarte bună interpretare tehnologică a fenomenului de poluare chimică.

În continuare se prezintă în tabelele 7.3- 7.10 valorile medii referitoare la conținutul componentului urmărit, pe fiecare punct de colectare și analiza tehnologică a rezultatelor obținute.

Tabelul 7.3. Variația valorilor medii pentru elementul cadmiu

Nr. crt	Punct	Limite	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	S6	<1	+	+	+	+	-	+	-	-	-
		1-5	-	-	-	-	1,44	-	1,04	3,46	1,59
		5-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	S7	<1	+	+	+	+	+	+	-	-	-
		1-5	-	-	-	-	-	-	1,57	2,69	1,23
		5-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	S8	<1	-	+	+	+	+	+	-	-	-
		1-5	-	-	-	-	1,12	1,26	1,74	-	1,01
		5-10	5,09	-	-	-	-	-	-	9,91	-
4	S9	<1	-	+	+	+	+	+	1,57	2,69	1,23
		1-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		5-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	S10	<1	+	+	+	0,1	-	-	-	-	-
		1-5	-	-	-	-	1,67	1,94	1,14	2,38	1,02
		5-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	S11	<1	+	+	+	0,1	-	-	-	-	+
		1-5	-	-	-	-	1,67	1,07	1,88	3,91	-
		5-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	S12	<1	+	+	+	0,1	+	-	+	-	-
		1-5	-	-	-	-	-	1,94	-	4,25	1,62
		5-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelul 7.4. Variația valorilor medii pentru elementul Crom

Nr crt	Punct	Limite	Anul								
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	S6	<30	+	+	+	-	-	-	+	+	-
		30-300	-	-	-	103,4	58,2	276,6	-	-	87,3
		300-600	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	S7	<30	+	+	+	+	-	-	+	+	-
		30-300	-	-	-	-	36,2	143,3	-	-	48,8
		300-600	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	S8	<30	+	+	-	+	0,853	-	+	+	-
		30-300	-	-	49,5	-	-	188,4	-	-	38,2
		300-600	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	S9	<30	+	+	+	-	-	+	+	+	-
		30-300	-	-	-	36,2	143,3	-	-	-	48,8
		300-600	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	S10	<30	+	+	+	-	-	-	-	+	-
		30-300	-	-	-	30,4	43,4	163,1	58,5	-	50,2
		300-600	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	S11	<30	+	+	+	-	+	-	+	+	+
		30-300	-	-	-	30,2	-	148,3	-	-	-
		300-600	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	S12	<30	+	+	+	-	-	-	-	+	-
		30-300	-	-	--	103,4	66,4	197	32,8	-	43,9
		300-600	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelul 7.5. Variația valorilor medii pentru elementul Cupru

Nr. crt	Punct	Limite	Anul								
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	S6	<20	+	+	+	-	-	-	-	-	-
		20-250	-	-	-	52,6	77,5	82,9	64,8	25,6	56,7
		250-500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	S7	<20	+	+	+	-	-	-	-	-	-
		20-250	-	-	-	58,1	47,5	89,6	64,8	46,6	44,4
		250-500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	S8	<20	+	+	+	-	-	-	-	+	-
		20-250	-	--	-	112,6	108,9	65,4	40,5	-	35,2
		250-500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	S9	<20	+	+	+	-	-	-	-	-	-
		20-250	-	-	-	37,2	102,3	53,6	49	21,8	87,9
		250-500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	S10	<20	+	+	+	-	-	-	-	+	-
		20-250	-	-	-	63,1	48,6	93,4	27,7	-	33,8
		250-500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	S11	<20	+	+	+	-	-	-	+	-	-
		20-250	-	-	-	60,3	53,9	79,3	-	31,7	39,8
		250-500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	S12	<20	+	+	+	-	-	-	-	-	-
		20-250	-	-	-	52,8	90,9	59,3	35	37	64,9
		250-500	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelul 7.6. Variația valorilor medii pentru elementul Zinc (Zn)

Nr. crt	Punct	Limite	Anul								
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	S6	<100	+	+	+	-	-	-	-	-	-
		100-700	-	-	-	300	431,5	606,7	255,4		196
		700-1500	-	-	-	-	-	-	-	803,9	-
2	S7	<100	+	1	1	-	-	-	-	-	-
		100-700	-	-	-	538,2	300,3		235,7	-	254
		700-1500	-	-	-	-	-	782,7	-	787	-
		>1500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	S8	<100	+	1	1	-	-	-	-	+	-
		100-700	-	-	-	300	431,5	606,7	255,4	-	196
		700-1500	-	-	-	-	-	-	-	803,9	-
		>1500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	S9	<100		1	1	-	+	-	-	-	-
		100-700	103,1	-	-	120,3	-	239,5	359,8	-	236
		700-1500	-	-	-	-	-	-	-	994,8	-
5	S10	<100	+	1	1	-	-	-	-	+	-
		100-700	-	-	-	488,2	336,6	573,3	258,6		214
		700-1500	-	-	-	-	-	-	-	987,3	-
6	S11	<100	+	1	1	-	-	-	+	-	-
		100-700	-	-	-	428,1	310,3	-	-	-	127
		700-1500	-	-	-	-	-	723,8	-	-	-
		>1500	-	-	-	-	-	-	-	1544,9	-
7	S12	<100	+	1	1	-	-	-	-	-	-
		100-700	-	-	-	250	-	577,5	325,8	-	281
		700-1500	-	-	-	-	807,7	-	-	-	-
		>1500	-	-	-	-	-	-	-	1652,9	-

Tabelul 7.7. Variația valorilor medii pentru elementul Plumb (Pb)

Nr.crt	Punct	Limite	Anul								
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	S6	<20	+	5	5	-	-	-	-	-	-
		20-250	30,1	-	-	-	145,3	200,7	69,4	56,6	69
		250-1000	-	-	-	621,9	-	-	-	-	-
2	S7	<20	-	5	5	-	-	-	-	-	-
		20-250	39,7	-	-	136,9	72,6	208,6	78,5	72,2	99,2
		250-1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	S8	<20	-	5	5	-	-	-	-	+	-
		20-250	29	-	-	-	146	210	70,4	56,6	68,7
		250-1000	-	-	-	595					
4	S9	<20	-	5	5	-	+	-	-	-	-
		20-250	35,8	-	-	70,4	114,7	93,7	64,3	89,3	102
		250-1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	S10	<20	-	5	5	-	+	-	-	+	-
		20-250	29,2	-	-	155,3	-	208,9	106	79,3	84,8
		250-1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	S11	<20	-	5	5	-	-	-	+	-	-
		20-250	39,6	-	-	134,3	104,8	203,1	-	151	51,5
		250-1000	-	-	-		-	-	-	-	-
7	S12	<20	+	5	5						
		20-250	31,5	-	-	96,2					
		250-1000	-	-	-		255,1	210,6	154,6	179,1	126



Tabelul 7.8. Variația valorilor medii pentru elementul Mangan (Mn)

Nr crt	Punct	Limite	Anul									
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
1	S6	<900			769,6						395,4	
		900-2000	1509,6					1796				1805
		2000-4000		2369,6		3505,4	2534		2446			
2	S7	<900			899,2						475,8	
		900-2000					1729,3					1626
		2000-4000		2899,2		2413,3		2034	2834			
		>4000	4118,4									
3	S8	<900			769,6						395,6	
		900-2000	1509,6					1797				1805
		2000-4000		2368,6		3505,4	2533,9		2446			
4	S9	<900			779,2					978	413,4	
		900-2000				1230		1600				
		2000-4000	2029	2779			2041					2212
5	S10	<900			859,2						426,6	
		900-2000	1509,6						1848			1417
		2000-4000		3459,2		2951,2	2250,9	2262				
6	S11	<900			779,2					978	493,4	
		900-2000				1239,8		1590				
		2000-4000	2028,8	2779,2			2040,7					2212
7	S12	<900			859,2						426,6	
		900-2000	1509,6						1849			1417
		2000-4000		3459,2		2951,2	2250,9	2262				

Tabelul 7.9. Variația valorilor medii pentru elementul Nichel (Ni)

Nr. crt	Punct	Limite	Anul								
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	S6	<20	0,5	+	+		-	-	-	14,8	-
		20-200	-	-	-	43,3	44,8	73,9	35	-	20,4
		200-500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	S7	<20	0,5	+	+		-	-	-	10,4	-
		20-200	-	-	-	45,4	31,5	76,7	37	-	19,9
		200-500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	S8,S6	<20	0,5	+	+		-	-	-	14,8	-
		20-200	-	-	-	43,3	44,8	73,9	35	-	20,4
		200-500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	S9	<20	0,5	+	+		-	-	-	15,1	-
		20-200	-	-	-	35,7	34,9	63,7	34,1	-	27
		200-500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	S10	<20	0,5	+	+		-	-	-	12,2	19,1
		20-200	-	-	-	35,5	33	73,8	37,1	-	
		200-500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	S11	<20	0,5	+	+		-	-	-	16,3	20
		20-200	-	-	-	37,9	25,2	79,4	25	-	
		200-500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	S12	<20	0,5	+	+		-	-	-	18,4	
		20-200	-	-	-	32,6	27,2	81,9	24,1	-	30,3
		200-500	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelul 7.10. Variația valorilor medii pentru elementul HCP

Nr.crt	Punct	Limite	Anul								
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	S6	<500	48,2	-	295,2	-	-	-	127,4	482,6	34
		500-1000	-	-	-	-	686,5	853,1	-	-	-
		1000-2000	-	-	-	1110,4	-	-	-	-	-
		>2000	-	2920	-	-	-	-	-	-	-
2	S7	<500	261,8	112	178	454,9	308,5	-	184,6	321,7	48
		500-1000	-	-	-	-	-	597,7	-	-	-
3	S8	<500	48,2	-	295,2	-	-	-	127,4	482,6	34
		500-1000	-	-	-	-	686,5	853,1	-	-	-
		1000-2000	-	-	-	1110,4	-	-	-	-	-
		>2000	-	2920	-	-	-	-	-	-	-
4	S9	<500	128,5	149	259,2	352,8	194	-	112,8	483,2	122
		500-1000	-	-	-	-	-	536,2	-	-	-
5	S10	<500	49	299,4	35,7	-	-	-	46,3	201	37
		500-1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		1000-2000	-	-	-	-	1901,9	1065,8	-	-	-
		>2000	-	-	-	7111,8	-	-	-	-	-
6	S11	<500	143,3	173,5	-	-	-	-	8	379,2	97
		500-1000	-	-	834,4	-	-	818,6	-	-	-
		1000-2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		>2000	-	-	-	4905	2644	-	-	-	-
7	S12	<500	43,8	246,6	350,5	-	223,4	-	276	-	95
		500-1000	-	-	-	566,7	-	607,1	-	668,5	-

### **7.3. Analiza rezultatelor obținute**

Pe baza datelor prezentate în figurile 7.1.-7.56. împreună cu cele din tabelele 7.3-7.10. s-a efectuat o analiză tehnică privind compoziția pulberilor depuse la punctele de prelevare.

#### **7.3.1. Punctul de prelevare S6**

##### **Parametrul Cadmiu**

Referitor la conținutul de cadmiu nu s-a depășit valoarea de alertă, doar în patru cazuri au fost valori peste cele normale (1mg/kg) și anume: în anul 2013 s-a înregistrat valoarea de 1,44mg/kg, în anul 2015 s-a înregistrat valoarea 1,04mg/kg, în anul 2016 s-a înregistrat valoarea de 3,46mg/kg, iar în anul 2017 s-a înregistrat valoarea de 1,59mg/kg. Ar fi posibil să fie o eroare de analiză deoarece în încărcătura metalică a cuptorului cu arc electric ajunge foarte rar fier vechi cu conținut de cadmiu.

##### **Parametrul Crom**

Referitor la conținutul de crom se constată că în anul 2014 s-a înregistrat o valoare de 276,6 mg/kg care este o valoare apropiată de pragul de alertă de 300 mg/kg, ceea ce din punct de vedere tehnologic, se explică prin faptul că în anul respectiv pe lângă oțel nealiat s-a elaborat și cantități semnificative de oțel aliat cu crom, la care s-au utilizat pentru aliere ferocrom. Pe de altă parte, instalația de desprăfuire nu a funcționat conform cu normele tehnologice, datorită deteriorării conductelor orizontale de răcire a gazelor înainte de intrarea în instalația de captare/epurare prevăzută cu saci filtrați. Acest fapt a condus la emisii fugitive mărite, iar datorită curenților de aer preponderent spre N-V s-a înregistrat o cantitate mai mare de praf depus pe sol.

##### **Parametrul Cupru**

Referitor la conținutul de cupru se constată că în 6 ani (2012-2017) din cei 9 analizați conținutul de cupru a fost peste valoarea normală de 20mg/kg, fiind cuprins între 25-83mg/kg dar sub valoarea de alertă de 259mg/kg. Deoarece în perioada 2009-2017 nu au fost elaborate oțeluri microaliate cu cupru, prezența acestuia poate fi justificată ca urmare a unei nesortări corespunzătoare a încărcăturii metalice (separarea din deșeurile feroase a celor cu cupru, aluminiu, etc.).

##### **Parametrul Zinc**

Tot în anul 2014 s-a înregistrat valoarea de 606,7 mg/kg fiind o valoare apropiată de pragul de alertă de 700mg/kg, cauza principală fiind deteriorarea conductei orizontale, ceea ce a dus la funcționarea neconformă a instalației de desprăfuire. De asemenea, în anul 2016 s-a înregistrat o valoare de 803,9 mg/kg care a depășit pragul de alertă de 700mg/kg, cauza fiind în primul rând calitatea necorespunzătoare a fierului vechi din comerț, mai precis acesta conținând cantități mari de tablă zincată (precum și alte materiale metalice zincate, de ex. țevă, sârmă, etc.).

##### **Parametrul Plumb**

În anul 2012 valoarea înregistrată a depășit pragul de alertă. Pe baza analizei structurii încărcăturii metalice poate fi considerată prelevarea neconformă,

deoarece în următorul an fără nici o acțiune din partea operatorului valoarea a scăzut sub pragul de alertă. Nu este exclusă posibilitatea utilizării unei încărcături metalice necorespunzătoare (sortiment de fier vechi colectat din exterior insuficient pregătit, în sensul că acesta să fi avut elemente din plumb sau aliaje din plumb (ex. acumulatori auto, țevi alimentare cu apă, țevi industria chimică, etc.). De menționat, că în anii 2010-2011 conținutul de plumb a fost sub cel considerat normal în valoare de 5mg/kg față de cel considerat de alerta care are valoarea de 250 mg/kg.

O valoare apropiată de pragul de alertă s-a obținut și în anul 2014, cauzele fiind aceleași ca în cazul cromului și zincului, pe de o parte fiind conducta orizontală de desprăfuire deteriorată, iar pe de altă parte nepregătirea corespunzătoare a fierului vechi (gradul scăzut de sortare a materialelor metalice neferoase). Operatorul atât extern cât și intern nu are posibilități de sortare avansată datorită cantităților mari de deșuri utilizate.

### **Parametrul Mangan**

Și în cazul acestui parametru s-a constatat depășirea pragului de alertă, putând fi considerate următoarele cauze:

- deteriorarea instalației de desprăfuire;
- situarea punctului de prelevare în apropierea buncărelor de descărcare a feromanganului precum și a faptului că de multe ori structura granulometrică a acestuia nu este corespunzătoare, în sensul că are un conținut mai ridicat de praf;
- este posibil ca banda transportoare care asigură încărcarea feromanganului să fi funcționat în perioada prelevării probei.

De menționat, că în cazul acestui parametru valoarea de alertă de 2000mg/kg este depășită în 2010 când s-a înregistrat valoarea de 2369,6 mg/kg, în anul 2012 s-a înregistrat valoarea de 3505,4 mg/kg fiind apropiată de valoarea de intervenție de 4000mg/kg, în anul 2013 s-a înregistrat valoarea de 2533,90mg/kg și în anul 2015 s-a înregistrat valoarea de 2445,6mg/kg care sunt situate de asemenea peste pragul de alertă de 2000mg/k. De menționat, că în anii 2014 și 2017 au fost înregistrate valori foarte apropiate de pragul de alertă 1796,6mg/kg, respectiv 1805mg/kg. În două cazuri anul 2011 și 2016 conținutul a fost sub pragul considerat normal de 900mg/kg.

Ca urmare considerentele menționate referitor la valorile pentru acest parametru pot fi considerate fundamentate tehnologic.

### **Parametrul Nichel**

Referitor la conținutul de nichel doar în 5 cazuri s-a depășit ușor valorile normale de 20mg/kg, ele fiind sub 74mg/kg, valoarea de alertă fiind de 200mg/kg.

### **Parametrul Hidrocarburi Petroliere**

Având în vedere faptul că punctul de colectare S6 este amplasat în apropierea drumului de acces în incinta mijloacelor de transport a feroaliajelor, a fierului vechi, materiale auxiliare și oxigen lichid, valorile înregistrate se datorează doar datorită intervențiilor poluărilor accidentale care au avut loc. În zonă nu există alt factor poluant care să justifice poluarea solului cu hidrocarburi (conducte, rezervoare, etc.).

### **7.3.2. Punctul de prelevare S7**

#### **Parametrul Cadmiu**

La fel ca în cazul depunerilor prelevate de la punctul S6, valorile sunt sub limita de alertă de 5mg/kg, valori peste cele considerate normale de 1mg/kg au fost doar în 3 cazuri: în anul 2015 s-a înregistrat valoarea de 1,57mg/kg; în anul 2015 s-a înregistrat valoarea de 2,69mg/kg și în anul 2017 s-a înregistrat valoarea 1,23mg/kg. Având în vedere aceste valori și faptul că nu se utilizează încărcături cu conținut de cadmiu se poate considera că este o eroare analitică.

#### **Parametrul Crom**

Referitor la conținutul de crom există o corespondență cu valorile de la punctul S6, dar mai reduse cu 30-50%, ele fiind situate între valoarea normală de 30mg/kg și cea de alertă de 300mg/kg și doar în 3 cazuri s-a depășit valoarea normală: în anul 2013 s-a înregistrat valoarea de 36,2 mg/kg, în anul 2014 s-a înregistrat valoarea de 143,3mg/kg, iar în anul 2015 s-a înregistrat valoarea de 48,8mg/kg.

Din punct de vedere tehnologic fenomenele sunt aceleași ca cele prezentate la punctul S6.

#### **Parametrul Cupru**

Referitor la conținutul de cupru se constată că situația este aproape similară cu cea de la punctul S6 atât ca valori cât și ca ani de referință.

#### **Parametrul Zinc**

Referitor la acest parametru în anul 2014 și 2016 a fost depășită valoarea de alertă de 700mg/kg și anume s-au înregistrat următoarele valori de 782,7mg/kg și 787mg/kg, valori bine corelate cu cele de la punctul S6. De asemenea în 4 cazuri au fost depășite valorile normale, acestea fiind cuprinse între 250-540mg/kg. Din punct de vedere tehnologic fenomenele sunt aceleași ca cele prezentate la punctul S6.

#### **Parametrul Plumb**

La acest punct nu s-a înregistrat pentru plumb valori peste limita de alertă, dar există o corelație cu valorile de la punctul S6, aceste valori sunt cuprinse între cele normale și de alertă cu excepția celor din 2010-2011. Explicația tehnologică constă în aceea că încărcătura nu a fost suficient pregătită din punct de vedere a sortării materialelor metalice neferoase.

#### **Parametrul Mangan**

În acest caz în anul 2009 a fost depășită valoarea de intervenție de 4000mg/kg, conținutul în probă fiind de 4118,4mg/kg.

În alți 4 ani s-a depășit valoarea de alertă de 2000mg/kg, valorile fiind cuprinse între 2030-2900mg/kg. Doar în 2 cazuri valorile au fost sub cea normală de 900mg/kg. Din punct de vedere tehnologic cauzele sunt la fel ca cele prezentate la punctul S6.

#### **Parametrul Nichel**

Situația este similară cu cea prezentată la punctul S6.

#### **Parametrul Hidrocarburi Petroliere**

Având în vedere faptul că punctul de colectare S7 este amplasat în apropierea drumului de acces în incinta mijloacelor de transport a feroaliajelor, a fierului vechi, materiale auxiliare și oxigen lichid, valorile înregistrate se datorează doar poluărilor accidentale datorită intervențiilor acestora. În zonă nu există alt factor poluant care să justifice poluarea solului cu hidrocarburi (conducte, rezervoare, etc.).

### **7.3.3. Punctul de prelevare S8**

#### **Parametrul Cadmiu**

Valoarea înregistrată în anul 2009 de 5,05mg/kg este peste limita de alertă de 5mg/kg și cea înregistrată în anul 2016 de 9,91mg/kg este foarte aproape de limita de intervenție de 10mg/kg, sunt nejustificate având în vedere datele prezentate la punctul S6 și S7. Este posibilă o eroare analitică sau o impurificare a probei prelevate.

#### **Parametrul Crom**

Referitor la conținutul de crom nu s-a depășit limita de alertă, valorile în anii 2011 și 2017 sunt puțin peste valoarea normală de 30mg/kg, iar în anul 2014 s-a înregistrat valoarea de 188,4mg/kg față de valoarea de alertă de 300mg/kg. Există o corelație cu valorile de la punctul S6 și S7. Din punct de vedere tehnologic explicațiile sunt similare cu cele prezentate la punctele de prelevare S6 și S7.

#### **Parametrul Cupru**

În anul 2012 și 2013 au fost înregistrate valori duble pentru acest parametru și mai mici în anii 2014-2015-2017, dar în toate cazurile mult sub valoarea de alertă de 250mg/kg. În ceilalți ani valorile au fost mult sub valoarea pentru limita normală de 20mg/kg.

#### **Parametrul Zinc**

Referitor la zinc situația este foarte apropiată de punctul S6 și S7.

#### **Parametrul Plumb**

Conținutul de plumb la probele prelevate din acest punct se găsește într-o situație similară cu cea de la punctul S6.

#### **Parametrul Mangan**

La probele prelevate din acest punct nu s-a depășit valoarea de intervenție, dar în 4 cazuri s-a depășit valoarea de alertă, iar în 3 cazuri au fost sub valoarea de alertă dar peste valoarea normală și în 2 cazuri sub valoarea normală.

Având în vedere și zona de amplasament al punctului S8 explicațiile tehnologice sunt similare cu cele prezentate anterior.

#### **Parametrul Nichel**

Referitor la parametrul nichel situația este foarte apropiată ca la punctele anterioare S6 și S7.

#### **Parametrul Hidrocarburi Petroliere**

Depășirea valorii de alertă a avut loc în anul 2012 când s-a înregistrat valoarea de 1110, 4mg/kg, iar în anul 2010 s-a depășit valoarea de intervenție de 2000mg/kg înregistrându-se valoarea de 2920mg/kg, această depășire se explică prin faptul că în acea zonă există o parcare pentru autocamioanele care aprovizionează societatea cu materii prime și auxiliare, așteptând să fie cântărite

înainte și după descărcare. În zonă nu există altă sursă de poluare cu hidrocarburi petroliere (HCP). De menționat că în urma restructurării societății siderurgice ponderea mare a aprovizionării se face pe sistem auto și mai puțin feroviar.

#### **7.3.4. Punctul de prelevare S9**

##### **Parametrul Cadmiu**

Din punct de vedere a cadmiului rezultatele sunt foarte apropiate de cele prezentate la punctele anterioare și evident cauzele fiind aceleași.

##### **Parametrul Crom**

În privința cromului doar în 2 cazuri, și anume în anii 2012 și 2017 valorile s-au situat puțin peste valoarea normală de 30mg/kg și într-un singur caz de 143,3 mg/kg, în rest situându-se sub valoarea normală. Tehnologic aceste valori sunt explicabile ca și în celelalte cazuri la punctele de prelevare S6-S7-S8, și trebuie avut în vedere faptul că punctul de prelevare este amplasat într-o zonă deschisă care se află sub influența curenților de aer.

##### **Parametrul Cupru**

Situația este similară ca în cazul punctelor de prelevare S6-S7-S8.

##### **Parametrul Zinc**

Din punct de vedere al depășirii valorii de alertă situația este asemănătoare cu cea de la punctele de prelevare S6-S7-S8, valoarea acestui parametru este mai mare fiind de 994,8mg/kg. În alte 5 cazuri s-a depășit valoarea medie dar semnificativ sub valoarea de alertă.

În rest analiza tehnologică este similară cu cele prezentate anterior.

##### **Parametrul Plumb**

Referitor la parametrul plumb se constată valori semnificativ mai mici decât în cazurile anterioare, ceea ce înseamnă că în încărcătura metalică a cuptorului cu arc electric au ajuns foarte puține deșeuri cu plumb.

##### **Parametrul Mangan**

Referitor la mangan nu s-a depășit valoare de intervenție de 4000mg/kg, dar s-a depășit valoarea de alertă de 2000mg/kg în anul 2010 când s-a înregistrat valoarea de 2779,2mg/kg, în anul 2017 s-a înregistrat valoarea de 2212mg/kg, și foarte puțin au existat depășiri a valorii de alertă în anii: 2009 când s-a înregistrat valoarea de 2028,8mg/kg, și în anul 2013 când s-a înregistrat valoarea de 2040,70mg/kg. De asemenea, în anul 2011 și anul 2016 valorile au fost sub cele normale de 900mg/kg. Motivările tehnologice sunt similare cu cele de la punctul de prelevare S7.

##### **Parametrul Nichel**

În privința acestui parametru nichel situația este asemănătoare cu cele prezentate în cazurile anterioare.

##### **Parametrul Hidrocarburi Petroliere**

Referitor la (HCP) hidrocarburi petroliere în toți anii valorile s-au situat sub valoarea de alertă de 1000mg/kg și doar într-un singur an 2014 s-a depășit valoare de 500mg/kg, ceea ce reprezintă 50% din valoarea de alertă și anume de 536,2 mg/kg. Motivațiile tehnologice sunt similare cu cele prezentate la punctul S7.



### **7.3.5. Punctul de prelevare probe S10**

#### **Parametrul Cadmiu**

Referitor la acest parametru situația este similară cu cea prezentată pentru punctul de prelevare S6.

#### **Parametrul Crom**

În nici un an nu s-a depășit valoarea de alertă, ba mai mult în 4 ani valorile au fost sub cele normale. Există o corelație pentru anul 2014 cu punctele de prelevare S6-S7-S8 ceea ce confirmă faptul elaborării unor oțeluri aliate în acest an.

#### **Parametrul Cupru**

În 5 ani (2012-2013-2014-2015-2017) valorile înregistrate au fost peste cele normale, dar mult sub cele de alertă de 250mg/kg, iar în restul anilor sub cele normale de 20 mg/kg. Se poate considera că a existat o bună sortare a deșeurilor de fier vechi cu privire la cupru.

#### **Parametrul Zinc**

Deși acest punct de prelevare este situat la o distanță considerabilă de sursa de poluare, platforma fiind deschisă (prin dezafectarea și demolarea vechilor laminoare au dispărut obstacolele care contribuiau la diminuarea poluării, nu mai exista nici vegetație care să formeze bariere în fața fluxului poluant), se constată depășirea pragului de alertă de 700mg/kg în anul 2016 când valoarea înregistrată a fost de 987,3mg/kg, moment când a avut loc un incident care a determinat arderea sacilor filtranți rezultatul fiind o poluare accidentală (gazele au fost emise în atmosferă o perioadă mai lungă fără filtrare, cuptorul a fost oprit la finalizarea șarjei, dar din motive de siguranță și sănătate exhaustoarele nu s-au oprit decât după ce hala a fost aerisită în totalitate).

#### **Parametrul Plumb**

Referitor la plumb nu s-a depășit valoarea de alertă, valorile efective fiind mult sub cea de alertă de 250mg/kg.

#### **Parametrul Mangan**

Referitor la mangan nu s-a depășit valoare de intervenție, dar s-a depășit valoarea de alertă în anii 2010, 2012, 2013 și 2014. Explicațiile tehnologice sunt similare cu cele de la punctul S8.

#### **Parametrul Nichel**

Ca și în celelalte cazuri nu s-a depășit valoarea de alertă, datele obținute sunt mult sub această valoare (uneori chiar sub valoarea normală).

#### **Parametrul Hidrocarburi petroliere (HCP)**

În ceea ce privesc (HCP) hidrocarburi petroliere în anul 2012 în zona de amplasare a acestui punct au avut loc lucrări de dezafectare a laminoarelor de profile ușoare (LPU) și mijlocii (LPM), astfel încât poluarea care s-a produs s-a datorat utilajelor care efectuau lucrări de dezafectare în această zonă. În rest nu au existat alte surse de poluare.

### **7.3.6. Punctul de prelevare probe S11**

#### **Parametrul Cadmiu**

Referitor la cadmiu nu s-a depășit valoarea de alertă de 5mg/kg, ba mai mult au fost situații când valorile au fost sub limita normală. Motivațiile tehnologice sunt cele prezentate în cazurile anterioare.

#### **Parametrul Crom**

În privința cromului situația este similară cazurilor prezentate anterior, existând o bună corelație în privința valorilor pentru anii monitorizați (urmăriți).

#### **Parametrul Cupru**

În privința cuprului la fel se constată o bună corelație cu punctele anterioare ceea ce dovedește o bună recuperare a cuprului din deșeurile de fier vechi.

#### **Parametrul Zinc**

Referitor la parametrul zinc se constată că în anul 2016 s-a înregistrat valoarea de 1544,9mg/kg în proba prelevată și ca urmare s-a depășit pragul de intervenție de 1500mg/kg. În acest caz trebuie avut în vedere și amplasarea punctului de prelevare la vest de laminorul de profile grele (LPG) și fiind situat mai aproape de sursa de generare.

#### **Parametrul Plumb**

În cazul plumbului situația este similară cu cea prezentată anterior (la celelalte puncte de prelevare).

#### **Parametrul Mangan**

Nu au existat depășiri pentru limita de intervenție, dar au existat depășiri pentru limita de alertă de 2000mg/kg și anume: în anul 2009 s-a înregistrat valoarea de 2028,8mg/kg, în anul 2010 s-a înregistrat valoarea de 2779,2mg/kg și în anul 2013 s-a înregistrat valoarea de 2040,7mg/kg. Motivațiile tehnologice sunt similare cu cele prezentate anterior.

#### **Parametrul Nichel**

Se află în situație similară cu punctele de prelevare anterioare.

#### **Parametrul HCP (hidrocarburi petroliere)**

Situație similară cu cea prezentată la punctul S10.

### **7.3.7. Punctul de prelevare S12**

#### **Parametrul Cadmiu**

La parametrul cadmiu nu a fost depășită limita de alertă, explicațiile tehnologice fiind prezentate ca și la celelalte puncte.

#### **Parametrul Crom**

Acest parametru corespunde foarte bine cu datele prezentate anterior, valorile acestuia sunt situate mult sub limita de alertă, ceea ce conduce la aceleași motivații tehnologice prezentate anterior.

#### **Parametrul Cupru**

Valorile prezentate sunt bine corelate cu cele obținute la punctele de prelevare S6-S11, ceea ce confirmă o bună sortare a fierului vechi în ceea ce privește cuprul.

#### **Parametrul Zinc**

Pentru parametrul zinc se constată o depășire a valorii de intervenție, motivațiile fiind cele prezentate în cazul anterior la punctul de prelevare S11.

#### **Parametrul Plumb**

Referitor la plumb doar o singură dată s-a depășit valoarea de alertă, dar aceasta este bine corelată cu valorile obținute în acel an pentru celelalte puncte. Ar fi fost posibil utilizarea unui fier vechi necorespunzător sortat din punct de vedere al plumbului, pe de o parte, dar nu este exclusă nici o eroare de analiză chimică.

#### **Parametrul Mangan**

Referitor la acest parametru situația este similară cu cea prezentată pentru punctul S11.

#### **Parametrul Nichel**

În ceea ce privește parametrul Nichel situația este similară cu cea prezentată pentru punctele de prelevare S6-S11.

#### **Parametrul Hidrocarburi Petroliere**

În privința hidrocarburilor petroliere (HCP) nu s-a depășit pragul de alertă de 1000mg/kg, fapt determinat de amplasamentul punctului S12.

### **7.4. Concluzii**

Analizând rezultatele cercetării efectuate rezultă următoarele concluzii:

- punctele de colectare și prelevare a probelor au fost bine alese având în vedere amplasarea sursei de generare a poluării, a distanțelor față de sursă cât și orientarea acestora din punct de vedere al curenților de aer;
- componentele analizate au fost bine stabilite având în vedere structura încărcăturii cuptorului (partea metalică și nemetalică), precum și folosirea intensă a oxigenului atât pentru arzătoare cât și pentru baia metalică (intensificare proceselor de oxidare);
- există o corelație între elementele metalice din probele analizate și cele din structura încărcăturii metalice de exemplu pentru crom, mangan, zinc, etc.;
- se poate considera că există preocupare pentru o bună pregătire a încărcăturii metalice în sensul că este avansat recuperat din deșeurile cuprului (avantaje economice foarte mari) și într-o mare măsură și plumbul (ar putea crește gradul de recuperare);
- de asemenea a existat o bună sortare a fierului vechi din punct de vedere al gradului de aliere (explicat prin conținuturile reduse de crom și nichel);
- referitor la zinc se poate considera că s-a îmbunătățit foarte mult pregătirea încărcăturii metalice (sortare-dozare), dar procesul de sortare trebuie continuat;
- referitor la poluarea cu hidrocarburi petroliere (HCP), aceasta a fost foarte puțin influențată de procesele tehnologice, și mai mult de procesele de restructurare economică (mai ales prin dezafectarea completă a unor fluxuri tehnologice) a fostului combinat siderurgic;
- de menționat că din observațiile vizuale referitoare la structura încărcăturii deșeurilor de aluminiu sunt recuperate în proporție de 98-100%.

## CAPITOLUL 8

### CERCETĂRI PRIVIND POLUAREA SONORĂ A MEDIULUI ÎN ZONA OȚELĂRIILOR ELECTRICE

#### 8.1. Considerații generale privind poluarea sonoră a mediului

##### 8.1.1. Poluarea acustică

**Poluarea acustică** denumită și **poluare fonică** sau **poluare sonoră**, este o componentă a poluării mediului, produsă de zgomote [65,66,67].

Zgomotul este definit ca un complex de sunete fără un caracter periodic, cu insurgență dezagreabilă aleatoare, care afectează starea psihologică și biologică a oamenilor și a altor organisme din natură. Caracteristicile fizice sau obiective ale zgomotului privesc tăria sau intensitatea sonoră, durata și frecvența. Intensitatea este caracterul cel mai important care depinde de trăsăturile sursei, de distanță și posibilitățile de transmitere sau multiplicare. Ea se măsoară în decibeli (dB) sau foni [65].

Decibelul este unitatea de măsură fiziologică de percepție de către urechea umană a celei mai slabe excitații sonore. S-a admis că cifra 80 pe scara de decibeli, sau pe scara de foni, reprezintă pragul la care intensitatea sunetului devine nocivă.

Expunerea excesivă la zgomot intens și pe perioade lungi de timp determină surditatea [65].

În studiile de poluare acustică, pentru determinarea aproape a oricărui tip de zgomot, în mod special pentru domeniile industriale, protecția mediului și zgomot aeroportuar, se utilizează sonometrele care măsoară nivelul de presiune acustică. Cu ajutorul acestora, prin măsurări repetate, se poate obține o hartă de zgomot a unei localități sau zone [65, 66, 67], pentru cazul studiat Anexa 5-Capitolul 8.

Sursele de poluare acustică în mediul industrial sunt: compresoarele și turbocompresoarele, ventilatoarele și turbosuflantele, instalațiile de ventilare, conductele prin care se vehiculează fluide cu viteze mari, pompele și electropompele, centrale termoelectrice, ventilatoare, generatoarele de energie electrică, compresoarele cu piston pentru furnizarea aerului comprimat, arzătoarele de la cazanele de abur, cuptoarele industriale (sursa cea mai importantă de zgomot o constituie arzătoarele, ventilatoarele de tiraj forțat, supapele de reglare și suflantele), cuptoarele cu arc electric, utilajele de deformare plastică, utilajele pentru prelucrarea deșeurilor metalice (sonete, zdrobitare, spargere prin dinamitare, mori cu ciocane, concasoare etc), utilajele pentru producerea confecțiilor metalice etc. În localități, sursele de poluare fonică sunt clasificate în [65]:

- surse fixe, incluzând zonele rezidențiale, industriale, de construcții și demolare;

- surse mobile, care sunt date de rețeaua de transport urban de suprafață, aeroporturi. La reuniunea de la Paris din anul 1990, s-a stabilit că transporturile

rutiere constituie principala sursă de zgomot în societatea modernă, circa 80% din poluarea fonică a unui oraș fiind zgomotul emis de autovehicule.

### **8.1.2. Efectele nocive ale poluării sonore asupra omului**

Potrivit unui studiu publicat de Organizația Mondială a Sănătății (OMS), poluarea acustică produsă de trafic (autovehicule, trenuri și avioane) stă la originea unor boli, disfuncții și morți premature. Zgomotul produs de mijloacele de transport poate provoca diverse tulburări, de la insomnie la infarct, probleme de învățare și acufene (țuituri în urechi) Potrivit studiului, zgomotul provocat de traficul rutier este „al doilea factor de mediu favorizant al îmbolnăvirilor”, după poluarea atmosferică [65, 66, 67,68].

Alte efecte negative ale zgomotului asupra omului constau în spasme stomacale, tresărirea și reținerea respirației, tensionarea musculaturii, dilatarea pupilelor sau chiar moartea, dacă această poluare acustică depășește pragul de 180dbA [65, 66, 67,68].

În anul 2015 se estima că aproximativ 10000 de persoane mor anual, în întreaga lume, din cauza afecțiunilor asociate poluării sonore, în mod deosebit din marile orașe [66,68].

Limitele auzului uman în privința intensității sunetului sunt: pragul inferior, sub care sunetele nu mai sunt sesizate de urechea umană este definit prin 0 decibeli, iar limita superioară este de 140 de decibeli. Dincolo de aceasta limită, sunetele nu mai pot fi auzite corect, deoarece intensitatea este prea mare și distorsionează perceperea auditivă, producând senzații dureroase. Supradimensionarea intensității unor sunete sau zgomote peste limitele fiziologice admise (trecerea dincolo de pragul durerii) sau expunerea pe timp îndelungat la poluare fonică, au drept consecință deteriorarea și compromiterea aparatului auditiv [65,66,68].

Zgomotul afectează performanțele intelectuale; la nivel mic poate fi stimulat, la nivel mare perturbă gândirea, creează neplăcere, angoasă și agresivitate, mai ales dacă depășește 80dB.

Zgomotul produce perturbarea somnului: insomnie, agitație nocturnă, somn profund neodihnitor; probleme de trezire, stări de teamă, disconfort ce duc la diminuarea atenției, tulburări de echilibru și vizuale. Apar afecțiuni nervoase: iritabilitate, oboseală generală, solicitare nervoasă, stare nevrotică gravă, depresie și se pot declanșa crize de epilepsie și isterie precum și tulburări cardiovasculare, cu afectarea funcțiilor circulatorii, schimbări ale ritmului inimii și ale presiunii sanguine – vasoconstricție, hipertensiune arterială.

Zgomotul excesiv încetinește tranzitul intestinal; afectează echilibrul neurovegetativ, scade motricitatea gastrointestinală, apare nevroza stomacală și afecțiuni digestive grave [65,66,67,68].

Poluarea sonoră duce la creșterea excitabilității neuromusculare și a activității glandelor endocrine; hipertonie musculară, modificări sudorale și glandulare. La intensități foarte mari apar înțepături, junghiuri, crampe, dureri și la 130dB probleme de echilibru și nistagmus (mișcări involuntare, sacadate ale ochilor).

### 8.1.3. Efectele nocive ale poluării sonore asupra altor organisme vii

Pe 24 septembrie 2002, nave ale NATO au efectuat un exercițiu între Insulele Canare și strâmtoarea Gibraltar. În aceeași zi, 14 balene cu cioc au eșuat pe plajele vecine. La autopsierea acestora s-au constatat leziuni la nivelul urechii interne. Principalii vinovații au fost sonarele militare de joasă frecvență, utilizate pentru detectarea submarinelor. Din anii 1990, mai multe eșuări, în majoritate ale balenelor cu cioc, au fost corelate cu exerciții navale în cursul cărora au utilizat sonare de mare putere. Concluzia a fost clară: sunetele foarte puternice pot provoca moartea marilor cetacee [65,66,67,68].

S-a constatat că vrăbiile își ajustează cântecele când trăiesc în mediul urban, folosind note mai înalte față de cele din mediul rural, pentru că altfel cântecul lor s-ar pierde în zgomotul de joasă frecvență a vieții urbane. Ele își modifică repertoriul de-a lungul vieții, pentru a putea să facă față zgomotului produs de oameni.

Zgomotele intense au determinat reducerea numărului de animale și păsări din habitatul lor obișnuit și migrarea spre zone cu zgomot mult mai redus, fenomen accentuat și de poluarea chimică, mai ales că aceste tipuri de poluări se produc în același areal [65,66].

### 8.1.4. Măsuri de reducere a poluării acustice

În Uniunea Europeană, limita actuală a zgomotului ce provine din traficul rutier este de 74 de decibeli pentru cele mai multe dintre automobile, dar Comisia Europeană intenționează să reducă această limită, în 2 etape, până la 68 de decibeli [65,66,67,68].

Măsurile de combatere a zgomotelor se impun ca o necesitate de prim ordin, se referă la: ecranarea sursei de zgomot și protecția urechii omului, a locuinței și a spațiului în care își desfășoară activitatea.

Informațiile prezentate duc la concluzia că realizarea unor hărți de zgomot pentru fiecare oraș este o măsură imperios necesară, care poate oferi informații utile factorilor de decizie în identificarea zonelor urbane cu înalt grad de poluare fonică și riscul deloc neglijabil ca acestea să afecteze populația, pe termen lung.

Pentru reducerea zgomotelor din mediile industriale se utilizează ecrane fonoizolante, interpușe între sursa de zgomot și personalul uman uneori chiar și pe plafonul halei.

Se recomandă rotația personalului și protecția individuală cu antifoane.

Din punct de vedere constructiv se pot face schimbări în structura și arhitectura halelor cu realizarea de incinte specifice, cu pereți din materiale fonoizolante și cu fundații speciale pentru mașini. O bună izolare sonoră o produce și folosirea carcaselor la mașini și utilaje în timpul funcționării, iar acolo unde este posibil utilizarea suspensiilor elastice (resorturi metalice, cauciuc, fibre de sticlă, pâslă, mase plastice, plută, azbest).

Materialele de construcție care contribuie la reducerea zgomotelor sunt: plăcile de lemn, vata de sticlă, covoarele, ușile, ferestrele duble, zidăria de beton, zidăria de cărămidă. În jurul fabricilor sau de-a lungul autostrăzilor, perdelele

forestiere constituite din arbori și arbuști au capacitatea de a reduce zgomotul cu circa 10dB, la fiecare 50m.

În urma măsurătorilor s-a stabilit că cele mai înalte nivele de zgomot se întâlnesc în halele industrial, de aceea, orice activitate industrială trebuie amplasată în afara aglomerărilor urbane, mai ales dacă peste o intensă poluarea sonoră se suprapune și o intensă poluare chimică.

## 8.2. Cercetări și rezultate privind poluarea sonoră în zona oțelăriilor echipate cu cuptoare cu arc electric

### 8.2.1. Prezentarea cadrului generator de zgomot

Procesele din industria siderurgică respectiv cele de elaborare-turnare și laminare a oțelului pe lângă faptul că generează o intensă poluare cu suspensii solide și gaze, generează și o poluare sonoră.

Ca urmare a restructurării industriei siderurgice din Romania după 1990, în anul 1999 a fost complet dezafectată și oțelăria Siemens-Martin II de la Hunedoara (ultima din cele patru: Reșița, Oțelu Roșu și OSM I și OSM II. Ca urmare a acestui proces în Romania (la fel ca la nivel mondial) pentru producerea oțelului în unități siderurgice au rămas în funcțiune convertizoarele cu oxigen și cuptoarele cu arc electric (turnătoriile sunt echipate cu cuptoare cu arc electric și cuptoare electrice cu inducție respectiv cu inducție). În aceste condiții, unitățile siderurgice dotate cu cuptoare cu arc electrice, în mod deosebit cele echipate cu transformatoare de mare putere (lucrează în regim UHP și SHP) generează cea mai mare poluare sonoră.

Cercetările aferente elaborării prezentei teze de doctorat au avut în vedere determinarea analiza intensității zgomotului din arealul unei oțelării electrice echipată cu cuptor cu arc electric (tip EBT) de capacitate 100 tone și instalații de procesare în oală (LF și VD). Oțelul elaborat a fost turnat sub formă semifabricate pe o instalație de turnare continuă cu cinci fire.

Cercetările efectuate au avut în vedere determinarea intensității zgomotului în diferite puncte (locații), în număr de 6, din arealul oțelăriei electrice (unele corespunzătoare celor pentru determinarea poluării chimice la nivelul solului). Poziționarea acestor locații având ca reper sursa de zgomot sunt prezentate în tabelul 8.1

Tabelul 8.1 Poziția locațiilor de determinare a intensității zgomotului

Nr. crt.	Poziția post determinare zgomot	Distanța de la sursa de poluare, m poziția,N,S,E,V,NV.Sv.....
1	Limita incinta poarta OE2 oțelărie	150 m
4	Limita incinta zona instalației de desprăfuire	150 m
5	Limita incinta poarta intrare Laminoare	500 m
6	Limita incinta lângă stația de reglare presiune gaz	750 m SE
7	Limita incinta pârâul PETAC (lângă punctual de colectare P20)	2500 m S
8	Limita incinta lângă Atelierul de Recondiționare Cilindri (lângă Laborator)	2000 m SE
Zgomot Valoare Admisibilă 65 dB (A)		

### 8.2.2 Prezentarea rezultatelor experimentale

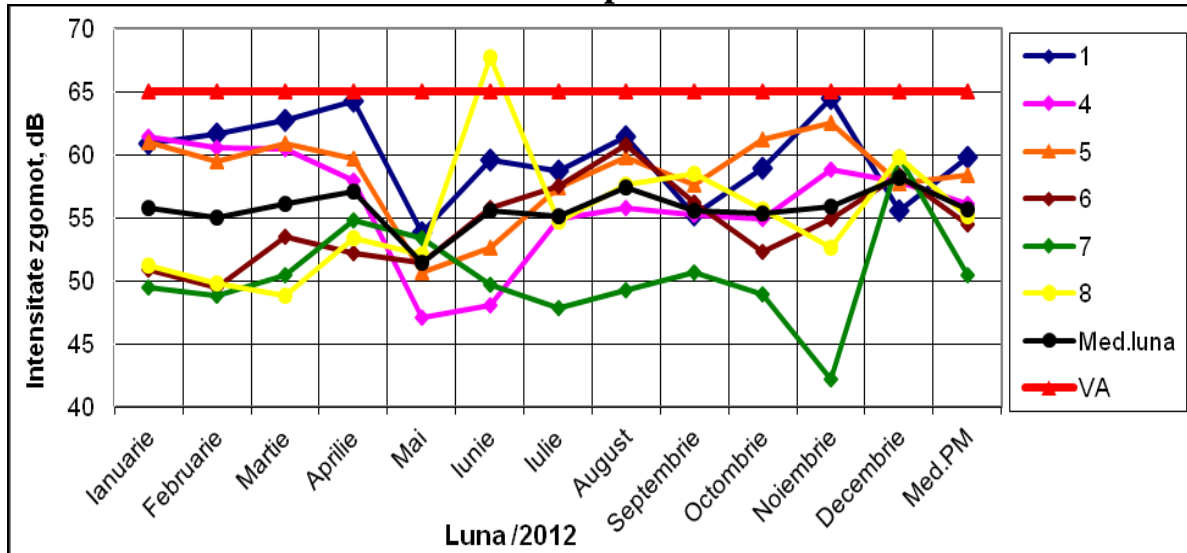


Fig.8.1. Evoluția intensității medii lunare a zgomotului pe anul 2012

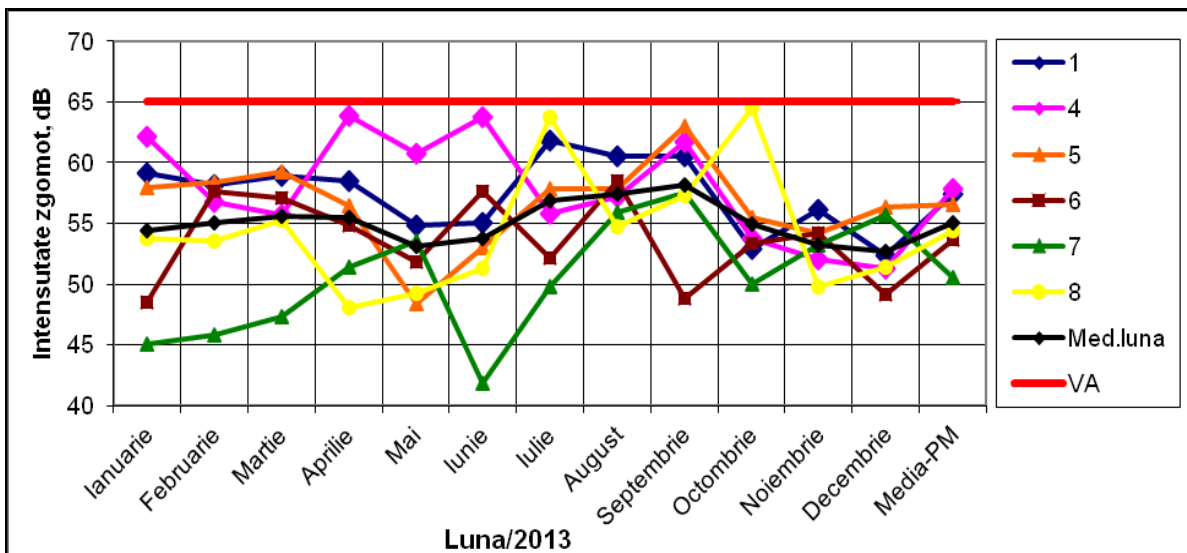


Fig.8.2. Evoluția intensității medii lunare a zgomotului pa anul 2013

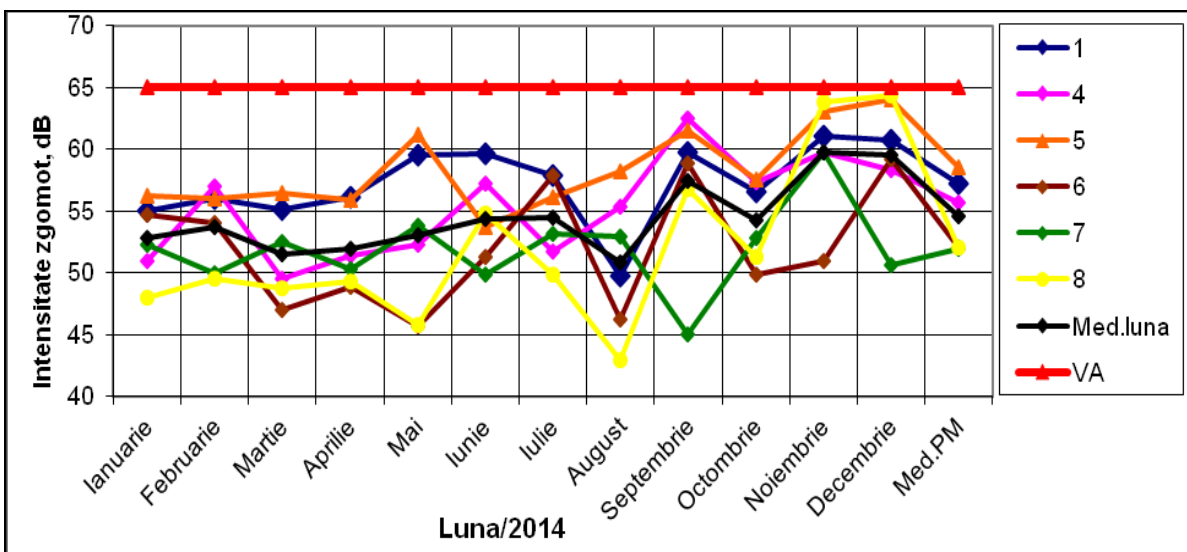


Fig.8.3. Evoluția intensității medii lunare a zgomotului pe anul 2014



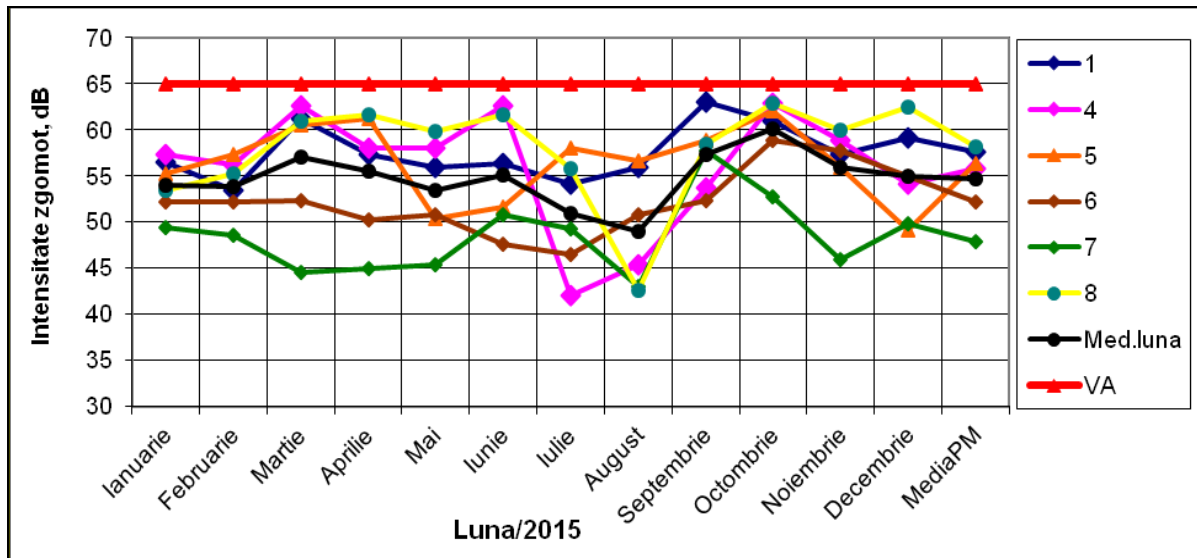


Fig.8.4. Evoluția intensității medii lunare a zgomotului pe anul 2015

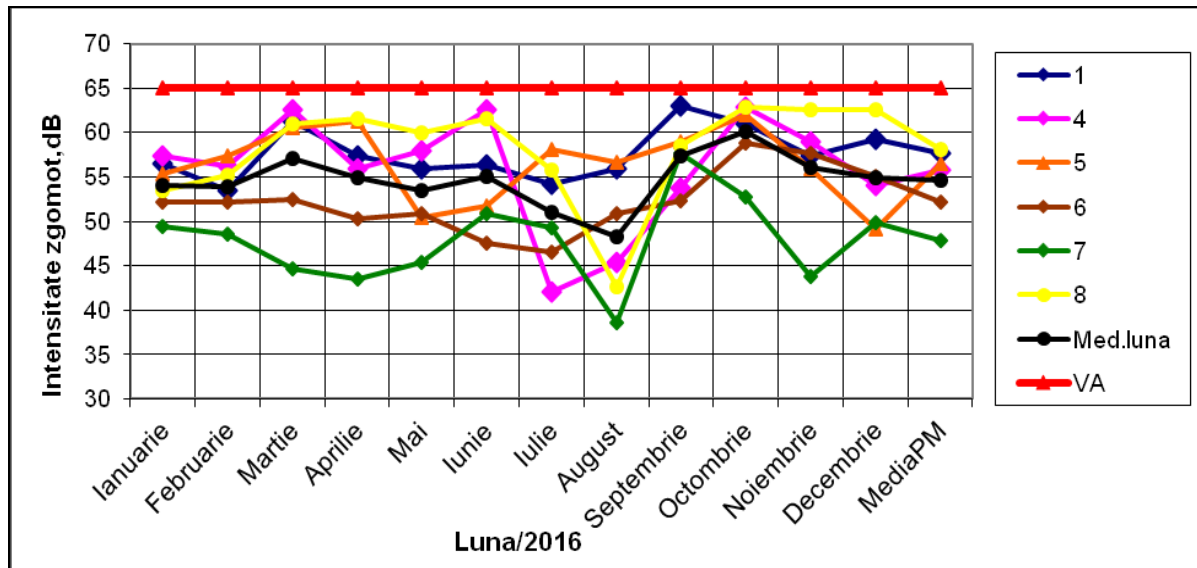


Fig.8.5. Evoluția intensității medii lunare a zgomotului pe anul 2016

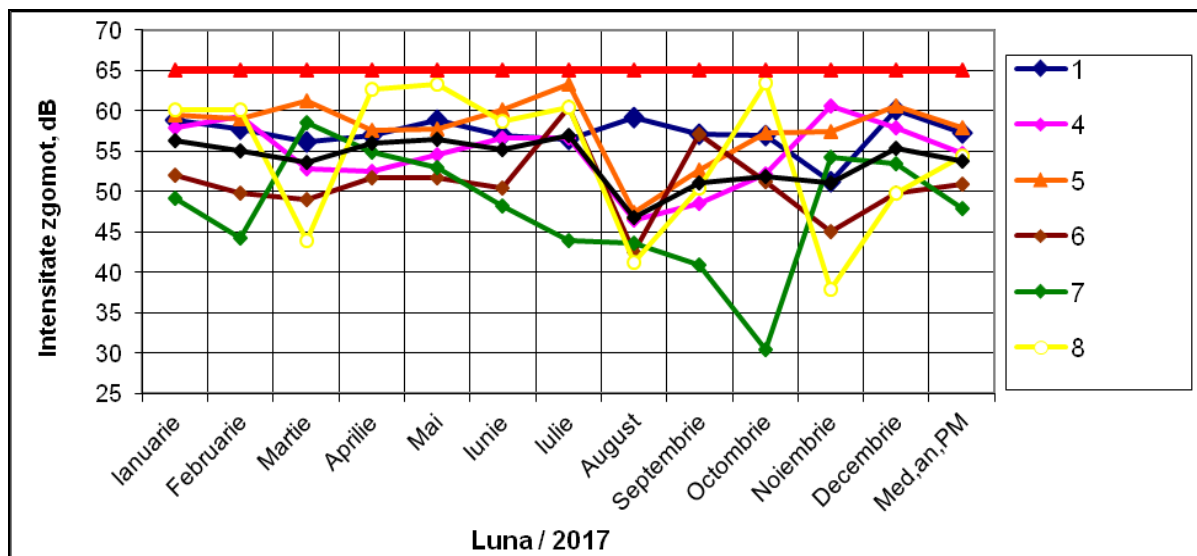


Fig.8.6. Evoluția intensității medii lunare a zgomotului pe anul 2017

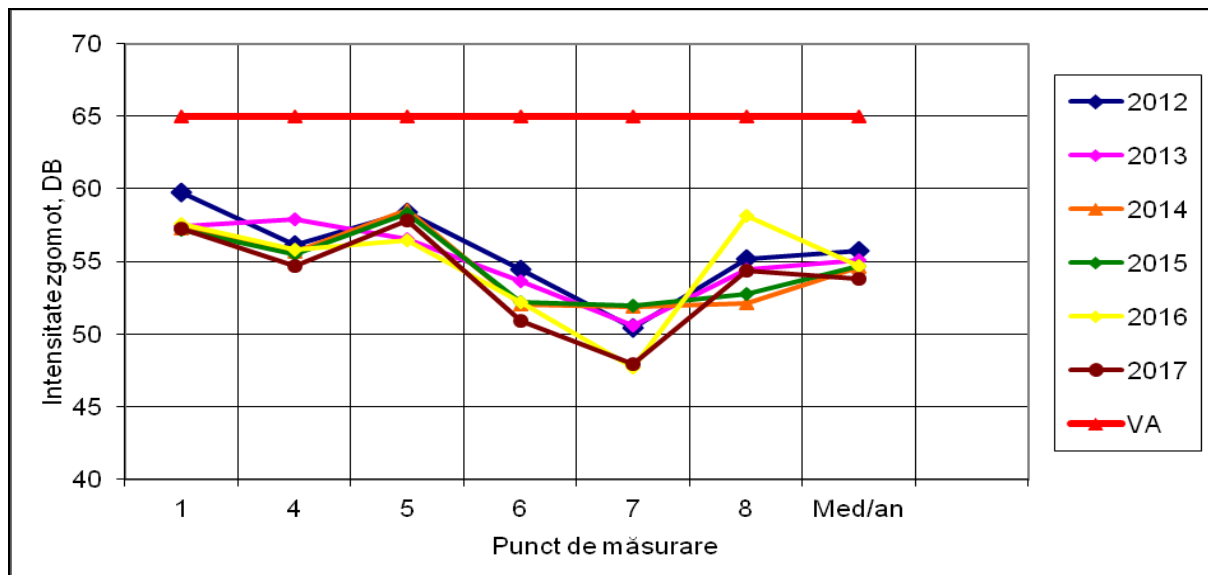


Fig.8.7. Variația valorilor medii în punctele de măsurare pe perioada 2012-2017

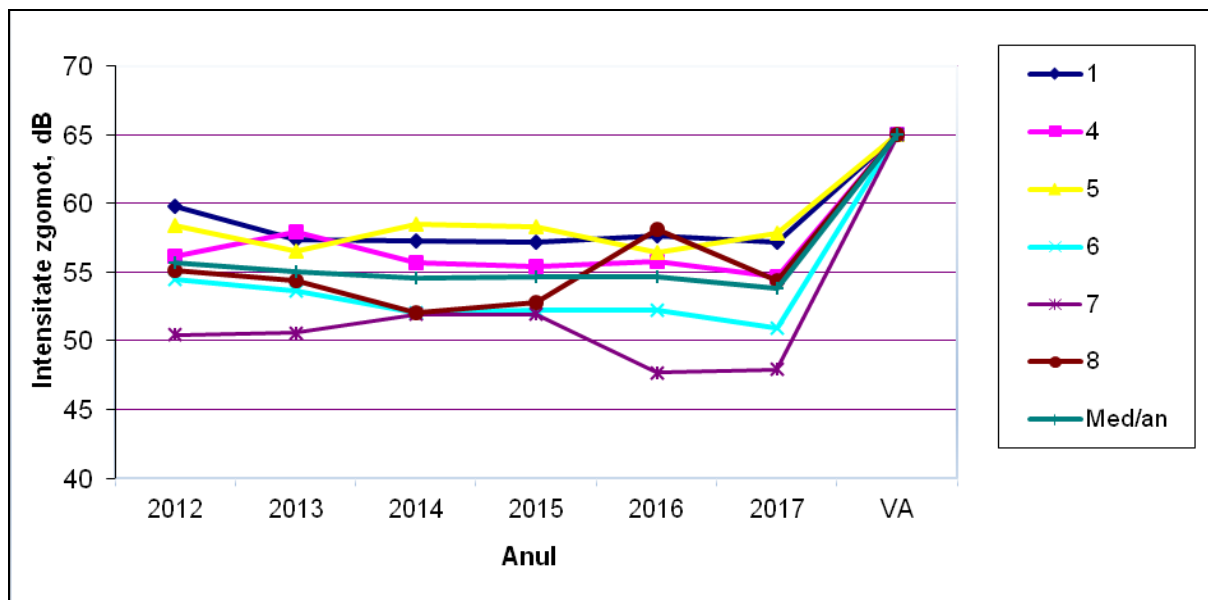


Fig.8.8. Variația valorilor medii pe perioada urmarită 2012-2017 la punctele de determinare

### 8.2.3 Analiza rezultatelor obținute

#### 8.2.3.1. Punctul de măsurare intensitate zgomot S1

Se constată că în lunile aprilie și noiembrie 2012 valoarea intensității zgomotului a fost foarte apropiată de 65dB, situație care s-a mai repetat în septembrie 2015 și noiembrie 2016. Tehnologic, fenomenul poate fi explicat prin structura încărcăturii metalice a cuptorului cu arc electric, gradul de pregătire a fierului vechi greu, ordinea de încărcare a fierului vechi în benă, regimul electric utilizat la topire, precum și distanța mică (150m) până la sursa de zgomot, în rest valorile pentru acest punct de măsurare au fost sub 65dB.

#### 8.2.3.2. Punctul de măsurare intensitate zgomot S4

În cazul punctului de măsurare S4 se constată valori mai mari de 65dB, chiar valori apropiate de limita de alertă, în luna ianuarie 2013 -62dB, martie, iunie și octombrie 2015 valori de 63dB, în aprilie și iunie 2015 în ambele cazuri 64,5dB, și

în martie-iunie-octombrie 2016- 63dB. Tehnologic explicațiile sunt similare cu cele prezentate pentru punctul S1, mai ales că distanța de amplasare față de sursa de poluare este aceeași (diametral opus), cu observația că în acest caz nu există surse de obturare a sunetului.

#### **8.2.3.3. Punctul de măsurare intensitate zgomot S5**

Valorile intensității zgomotului în cazul acestui punct s-au apropiat uneori de valoarea admisibilă, de exemplu 63 și 64dB în noiembrie și decembrie 2014, de 63dB în octombrie 2015 și de 64dB în octombrie 2016. În majoritatea cazurilor aceste valori sunt cuprinse în limitele 45-60dB, fiind situații în care intensitatea acestuia a scăzut la valori apropiate de 42dB (iulie 2015 și 2015). Se pot remarca valori mai scăzute pentru intensitatea zgomotului cauzate atât de distanța mai mare de la sursa de generare a zgomotului la punctul de măsurare, cât și existenței între acestea a unor clădiri industriale.

#### **8.2.3.4. Punctul de măsurare intensitate zgomot S6**

Valorile obținute pentru intensitatea zgomotului la acest punct de măsurare nu depășesc 60dB, dar nici nu scad sub valoarea de 45dB, situația fiind determinată de distanța de amplasare (750m) a punctului de măsurare față de sursa de generare.

#### **8.2.3.5. Punctul de măsurare intensitate zgomot S7**

Referitor la punctul S7 s-a constatat că s-au obținut cele mai mici valori astfel: 42dB - noiembrie 2012, 42dB iunie 2013, 45dB septembrie 2014, 43dB august 2015, 39dB august 2016 și de 30,5dB octombrie 2017. Pe lângă gradul de pregătire a încărcăturii metalice, o mare influență are amplasarea a punctului de măsurare a intensității zgomotului față de sursa de generare (2500m), precum și existența între acestea a unor clădiri industriale (dezafectate, dar nu demolate), aceasta fiind și cauza pentru care valorile la acest punct sunt întotdeauna mai mici decât în cazul altor puncte.

#### **8.2.3.6. Punctul de măsurare intensitate zgomot S8**

Din analiza datelor prezentate pe perioada 2012-2017 s-a constatat că doar într-un singur an s-a depășit valoarea admisă pentru intensitatea zgomotului (65dB) și anume în anul 2012 luna iunie la punctul de măsurare 8. Valoarea intensității fiind de 68dB. Aceasta a fost cauzată de nepregătirea corespunzătoare a fierului vechi pe de o parte, iar pe de altă parte proporției de fier vechi în încărcătura metalică ceea ce a condus uneori la nerespectarea ordinii de încărcare, dar este posibilă o suprapunere cu alte surse generatoare de zgomot.

De asemenea s-a constatat tot pentru punctul de determinare S8 că și în anul 2013 în luna iunie și octombrie valorile au fost foarte apropiate de limita admisă de avertizare 64dB și respectiv 65dB.

În anul 2014, în luna noiembrie și decembrie valorile au fost foarte apropiate de cea de avertizare 64dB și 64,5dB. Au fost cazuri când pentru acest punct s-au obținut valori scăzute ale intensității, de exemplu( în anul 2014 luna august 43dB)

mai mici decât în oricare punct. De asemenea tot în luna august 2015, s-a obținut aceeași valoare de 43dB, în rest la celelalte puncte valorile au variat între 45dB și 64dB.

Analizând datele din figura 8.7 se constată că cele mai mari valori medii pe perioada urmărită s-au obținut în cazul punctului S1 și cele mai mici pentru punctul S7, acestea fiind cuprinse între 48-60dB. Cele mai mici medii anuale au fost în anul 2017 și cele mai mari în anul 2012, situația fiind explicabilă tehnologic prin îmbunătățirea atât a gradului de pregătire a încărcăturii cât și a funcționării în condiții mai bune a sistemului de etanșare a carcasei cuptorului cu arc electric.

Este foarte bine sesizabilă reducerea zgomotului, media anuală pe perioada 2017 de la 56dB la 53dB, fiind clar observată reducerea (diminuarea) de la un an la altul.

Din figura 8.8. se constată că în nici un an și în nici un punct nu s-a depășit valoarea medie anuală peste 60dB, iar ele fiind peste 50 dB cu excepția punctului 7 unde a fost de 47,5dB în anii 2016 și 2017.

### 8.3. Concluzii

Din analiza valorilor intensității zgomotului determinată în diferite puncte (8) a structurii încărcăturii metalice și a gradului de pregătire a încărcăturii și distanța de amplasare față de sursa de generare rezultă următoarele concluzii:

- gradul de pregătire și structura încărcăturii metalice, ordinea introducerii și repartizării încărcăturii metalice și nemetalice în benă, regimul electric al cuptorului, în mod deosebit pe durata topirii, influențează intensitatea zgomotului;

- cu cât sursa de măsurare a intensității zgomotului este amplasată la distanță mai mare față de sursa de generare, intensitatea zgomotului se reduce;

- cuptoarele electrice cu arc tip EBT, fiind prevăzute cu sisteme de ecranare fonică, o bună funcționare a acestora (în primul rând continuă) reduc substanțial intensitatea zgomotului;

- intensitatea zgomotului este influențată și de construcțiile existente între punctul de măsurare și sursa de generare, mai ales dacă acestea nu sunt generatoare de zgomot (situație existentă în cazul analizat, practic acestea sunt hale industriale dezafectate, unele partial, altele complet), precum și a unor “perdele vegetale” (pe diferite suprafețe și de diferite înălțimi).

## CAPITOLUL 9

### VERIFICAREA INDUSTRIALĂ A REZULTATELOR CERCETĂRII EFECTUATE

#### 9.1. Cadru experimental

Prin verificarea industrială a rezultatelor cercetării s-a urmărit utilizarea unei încărcături de bună calitate atât din punct de vedere a componenței, conținut de materiale nemetalice, metale neferoase și avansat pregătit din punct de vedere a șarjării (adus la dimensiuni convenabile șarjării: cel greu spart, cel mijlociu tăiat, și cel ușor balotat). Verificarea a fost făcută pentru 6 șarje, din care la 5 cu încărcătură de calitate îmbunătățită, în ponderea sortimentelor a scăzut proporția de scoarțe, în mod deosebit cele interne, sortimentul casări și reciclări interne, crescând în schimb proporția sortimentelor E1 și E3. La șarja 6 s-a utilizat pentru comparație o încărcătură cu o proporție semnificativ mai redusă a sortimentelor E1 și E3, constante sortimentele E5 și E100 și mărită proporția pentru celelalte componente.

Componența încărcăturii, cu referire atât la cea metalică, cât și nemetalică (materiale pentru formarea zgurei, carburarea băii, dezoxidarea băii, etc.) durata operațiilor tehnologice sunt prezentate în tabelul 9.1.

Ca și în cazul celor 98 de șarje analizate în capitolele 4-8, elaborarea și turnarea au fost făcute la aceeași oțelărie, același agregat, mai precis respectând același flux tehnologic și aceleași instrucțiuni tehnologice.

Pentru efectuarea experimentărilor menționate, pregătirea încărcăturii pentru cele 6 șarje a fost din timp pregătită, și programate la toate cele 6 șarje aceeași marcă de oțel, lucru realizabil prin faptul că experimentările au avut în vedere nu numai verificarea rezultatelor, ci și preocuparea unității siderurgice pentru îmbunătățirea procesului de elaborare sub aspect tehnologic, economic și ecologic (în sensul creșterii scoaterii de metal, consumului de energie electrică și de electrozi, a gradului de poluare, precum și a cheltuielilor de fabricație).

#### 9.2. Analiza rezultatelor obținute la experimentările efectuate

Analizând datele din tabelul 9.1 referitoare la structura încărcăturii metalice se constată următoarele:

- pentru șarjele 1-5, la care încărcătura este compusă din sortimente feroase de calitate bună și foarte bună, avansat pregătite, scoaterea de metal a fost cuprinsă între 89-95%;

- pentru aceleași șarje, consumul specific de energie electrică a fost cuprins între 550-590 kWh/t oțel lichid, explicațiile tehnologice fiind similare cu cele prezentate anterior, importanță foarte mare având și faptul că încărcătura fiind avansat pregătită, a permis încărcarea cuptorului din 3 bene, ceea ce a redus pierderile de căldură cauzate de rabaterea bolții, pe de o parte, iar pe de altă parte reducerea duratei topirii, deci și a șarjei;

Tabelul 9.1. Structura încărcăturii (metalice și nemetalice)

Nr. șarjă Exper.	Structura încărcăturii metalice																		Oțel lichid	Scoat. metal
	E1		E3		E5		E100		SC.C		SC.I		REC. int.		Casări		TOTAL			
	t	%	t	%	t	%	t	%	t	%	t	%	t	%	t	%	t	%		
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	39,5	29,04	36,4	31,14	6,1	5,22	5,4	4,62	6,4	5,47	7,5	6,42	9,3	7,96	5,5	4,71	116,9	100	109,9	94,01
2	40,3	33,75	35,2	29,48	6,4	5,36	5,3	4,44	7,8	6,53	8,4	7,04	10,6	8,91	6,4	5,36	119,4	100	108,7	91,04
3	38,7	31,13	37,7	30,48	6,1	4,93	5,6	4,53	8,2	6,63	8,2	6,63	10,4	8,41	6,8	5,50	123,7	100	111,2	89,89
4	37,8	30,78	40,3	32,80	6,3	5,15	5,2	4,15	8,7	7,11	8,1	6,42	9,8	8,01	7,2	5,58	122,4	100	109,7	89,63
5	41,6	34,35	34,5	28,49	6,2	5,12	5,1	4,21	9,3	7,68	8,2	6,77	8,5	7,02	7,7	6,36	121,1	100	110,1	90,92
6	28,8	22,62	28,7	22,62	7,9	6,21	6,5	5,11	10,1	7,87	21,6	16,91	11,9	9,34	11,8	9,34	127,3	100	108,6	85,32

SC.C –scoarțe comert; SC.I – scoarțe intern; Reciclări interne

Tabelul 9.1.(continuare)

Nr. Șarjă Exper.	Incărcătură metalică			Materiale auxiliare										Operații tehnologice				
	Feroaliaje			Fondați				Carburant			Gaz injector/lance			C <sub>SEE</sub>	Durata operat. Tehnol.			
	FeMn	SiMn	FeSi	Var	TopexCa	Topex	MS	Cocs	Gra.L	C.inj.L	O <sub>2</sub> .ij	O <sub>2</sub> L	CH <sub>4</sub>	.	A+Î	T.	A+E	Tot
0	21	22	23	34	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m.c.	m.c.	m.c.	kWh/t	min	min	min	min
1	354	435	356	3100	480	220	615	900	125	675	2535	426	435	552	11	41	25	67
2	376	427	423	3250	462	235	586	900	136	634	2450	438	413	561	13	44	23	80
3	492	465	457	3650	415	325	564	900	156	765	2765	469	498	573	12	46	24	82
4	465	438	412	3545	480	345	548	890	138	754	3258	523	476	586	12	45	25	82
5	376	476	464	3780	445	310	574	900	138	675	3125	512	465	574	11	43	24	68
6	546	542	512	4250	510	395	664	920	150	858	3565	652	564	602	15	48	25	88

Gra.L- grafit injectat in baie prin lance; C.inj.L-carbon injectat in baie prin lance; O<sub>2</sub>.ij. Consum oxigen la injectoare; O<sub>2</sub>L-consum oxigen la lance; CH<sub>4</sub>- consum gaz metan injectoare; A+Î –durata ajustare +încărcare; T-durata topire; A+E durata afinare +evacuare; T- durata totală a șarjei; C<sub>SEE</sub> –consum specific de energie electrică kWh/tona oțel lichid;

- lucrând cu o încărcătură avansat pregătită pentru șarjare, transformatorul poate fi utilizat spre limita puterii maxime, ceea ce conduce la reducerea duratei șarjei, respectiv la creșterea productivității;
- în cazul șarjei nr.6 la care încărcătura a fost de calitate bună/ acceptabilă, scoaterea a fost de 80,52% și consumul specific de energie electrică de 602kWh/t oțel lichid;
- pentru ceilalți parametri tehnologici nu există diferențe semnificative;
- în concluzie rezultatele cercetărilor efectuate se confirmă.

## **PARTEA III**

### **CONCLUZII FINALE. CONTRIBUȚII ORIGINALE. DISEMINAREA REZULTATELOR**



## CAPITOLUL 10

### CONCLUZII FINALE. CONTRIBUȚII ORIGINALE. DIRECȚII DE CONTINUARE A CERCETĂRILOR

#### 10.1. Concluzii finale recapitulative

Din analiza studiilor și cercetărilor efectuate la nivel industriale, ies în evidență o serie de concluzii finale, astfel:

- 1) În prezent pe plan național, societățile siderurgice sunt echipate cu convertizoare cu oxigen, cuptoare cu arc electric, instalații de procesare în oală (LF și VD), instalații de turnare continuă și, după caz, diferite tipuri de laminoare, instalații de deformare plastică la cald și rece;
- 2) Oțelării cu convertizoare cu oxigen funcționează la o singură societate SC ARCELORMITTAL Galați iar oțelării echipate cu cuptoare cu arc electric în următoarele societăți: SC ARCELORMITTAL Hunedoara, S.C. TMK Reșița; COS Târgoviște;
- 3) Prezentarea bine documentată a sortimentelor feroase care compun șarja, atât din punct de vedere calitativ cât și a tehnologiilor de procesare, încărcătura fiind formată dintr-un număr relativ mare de componenți, funcție de posibilitățile de aprovizionare, de prețul de cost, de starea de pregătire în vederea șarjării, de conținutul de metale neferose și de materiale nemetalice;
- 4) Sunt bine documentate referirile la valorificarea deșeurilor din componente electrice și electronice, precum și a autovehiculelor scoase din uz, mai ales că dezvoltarea tehnicii a condus și conduce și în viitor la creșterea cantitativă a deșeurilor metalice (feroase) din aceste surse;
- 5) Referitor la utilizarea materialelor prereduse (burete de fier RDI și HBI, pelete metalizate, aglomerat metalizat), acestea sunt bine prezentate, atât sub aspect tehnico-economic cât și din punct de vedere a protecției mediului;
- 6) De asemenea, în sinteză, sunt bine prezentate utilajele și tehnologiile de procesare a deșeurilor metalice în vederea șarjării;
- 7) Din analiza structurii încărcăturii metalice pentru un număr de 98 de șarje elaborate în cuptorul cu arc electric tip EBT, a rezultat că aceasta a avut în componență un număr de 8 sortimente metalice, cu participare în limite mari, dar acceptabile din punct de vedere tehnologic și economic;
- 8) Pondere mare în încărcătură au avut sortimentele E1 și E3; destul de apropiată a fost și ponderea pentru scoarțele feroase externe (provenite din comerț) de calitate bună (condiții severe la recepție);
- 9) Un aport însemnat a reprezentat și proporția de scoarțe interne, atât în cazul celor rezultate în mod frecvent pe fluxul tehnologic de elaborare-turnare, cât și a celor provenite de la procesarea zgurei de pe haldă, cu observația că primul sortiment de scoarțe este mult mai curat (în medie cantități mici de material nemetalic) comparativ cu celălalt (cu proporții mari de zgură, refractare, pământ etc) care uneori are sub 50%Fe (confirmat prin mai multe testări);

- 10) Nu au ridicat probleme deosebite sortimentele de fier E5 și E100;
- 11) În ceea ce privește sortimentele provenite din reciclări și casări, chiar dacă acestea sunt în proporții relativ mici, se acordă atenție deosebită în special celui provenit din casări (conținut de metale neferoase și elemente de aliere);
- 12) Feroaliajele sunt utilizate în limitele tehnologice;
- 13) Referitor la materialele auxiliare (fondanți și fluidificatori) de menționat faptul că se utilizează var, var dolomitic, topex, topexCa, în limitele uzuale aplicabile la tehnologiile actuale;
- 14) Utilizarea arzătoarelor oxigaz a condus la reducerea duratei șarjei, iar adaosul de carbon (praf de cărbune) și oxigen a condus la o bună spumare a zgurei, cu efectele binecunoscute;
- 15) Scoaterea de metal a variat în limite foarte mari, cauzele fiind: numărul mare de sortimente feroase, variația proporțiilor acestora în componența șarjei, calitatea acestora, gradul de pregătire în vederea șarjării;
- 16) Prelucrarea datelor în programul de calcul EXCEL și MATLAB au permis stabilirea unor corelații exprimate atât analitic, cât și grafic și anume: simple (polinomiale de gradul 1-4, exponențiale și putere) în primul caz și duble, exprimate analitic după trei tipuri de ecuații (polinomiale gradul 2 și 5, respectiv combinația polinomială-logaritmică) și grafic (suprafețe de regresie și curbe de nivel) pentru al doilea caz;
- 17) Pe baza corelațiilor obținute a fost stabilită structura optimă a încărcăturii, aceasta putând fi corectată oricând, funcție de disponibilul de material feros;
- 18) Consumul specific de electrozi este unul din principalii indicatori pentru procesul de elaborare a oțelului la cuptoarele cu arc electric, în acest caz acesta fiind corelat cu structura încărcăturii metalice; datele obținute au fost prelucrate în programele de calcul EXCEL și MATLAB obținându-se corelații simple și duble, exprimate analitic și grafic, pe baza acestora fiind analizat indicatorul urmărit;
- 19) Pentru orice proces tehnologic se are în vedere consumul specific de energie, fiind atent analizate posibilitățile de micșorare a acestuia; ca urmare, și în cadrul tezei de doctorat s-a urmărit stabilirea posibilităților de reducere a consumului specific de energie electrică (kWh/t. oțel lichid);
- 20) În analiza efectuată, au fost luați în considerare ca factori de influență asupra consumului specific de energie electrică: structura încărcăturii (sortimente de încărcătură feroasă), greutatea șarjei și numărul de încărcături/bene, ultimul factor fiind bine corelat cu gradul de pregătire a fierului vechi pentru șarjare;
- 21) Datele prelevate pentru analiza tehnologică au fost prelucrate în programele de calcul EXCEL și MATLAB, corelațiile simple și duble exprimate analitic și grafic, pe baza acestora fiind scoase în evidență posibilitățile de reducere a consumului specific de energie electrică;
- 22) Având în vedere poluarea generată de activitățile industriale și, în mod deosebit a celor din siderurgie, a fost analizată poluarea solului cu praf de oțelărie electrică în arealul acesteia;
- 23) Aprecierea poluării a fost evaluată pe baza compoziției chimice, raportarea componentelor fiind exprimată în mg/kg praf; conținutul pentru fiecare

- component este corelat cu structura încărcăturii, amplasarea punctelor de colectare, “barierele” între punctele de colectare și sursa de poluare, condițiile meteorologice etc;
- 24) În analiza efectuată s-a avut în vedere valorile normale, de alertă și de intervenție; de menționat ca în puține cazuri au fost depășite valorile de alertă și mult mai puțin cele de intervenție, putând fi considerate cazuri izolate;
  - 25) Determinările au fost efectuate pentru probe colectate în 7 puncte, pentru fiecare material colectat fiind determinat conținutul pentru 8 componenții depuși pe durata a 7 ani;
  - 26) Pe lângă poluarea chimică, frecvent, multe ramuri industriale produc o poluare sonoră a mediului, situație existentă în cazul oțelăriilor electrice echipate cu cupatoare cu arc electric (tip EBT în regim SHP); determinarea zgomotului s-a efectuat în 6 puncte în arealul oțelăriei, pe o durată de 5 ani, limita admisibilă fiind de 65dB, nefiind depășită în nici o situație;
  - 27) Rezultatele obținute la verificare/ valorificarea industrială a rezultatelor cercetarilor efectuate confirmă valabilitatea acestora.

## 10.2. Contribuții originale

Pe baza studiului literaturii de specialitate, cu referire la tematica tezei de doctorat, a experimentărilor efectuate la nivel de fază industrială, a analizei tehnologice, a rezultatelor obținute și a verificării industriale a acestora, pot fi considerate ca și contribuții personale următoarele:

- 1) Realizarea pe baza studiului literaturii de specialitate privitor la tematica tezei de doctorat a sintezelor:
  - procedee și tehnologii actuale de elaborare și turnare a oțelului;
  - materiale feroase utilizate în procesul de elaborare a oțelului, proveniență, caracteristici calitative, clasificare, metode de pregătire, etc.;
  - tehnologii și utilaje de procesare mecanică a deșeurilor metalice;
  - extinderea gamei de materii prime și auxiliare utilizate în metalurgie/ siderurgie;
- 2) Analiza structurii încărcăturii cuptorului cu arc electric tip EBT, de capacitate 100t, din punct de vedere a sortimentelor feroase, a feroalajelor folosite, a carburantului și oxigenului utilizat (pentru 98 de șarje);
- 3) Stabilirea, pe baza prelucrării datelor industriale în programele de calcul EXCEL și MATLAB, a structurii optime a încărcăturii metalice (funcție și de condițiile de aprovizionare) în vederea creșterii scoaterii de metal;
- 4) Recomandarea corelării structurii încărcăturii metalice cu disponibilul de material feros (funcție de condițiile de aprovizionare, preț de cost, posibilități de pregătire în vederea șarjării, etc.);
- 5) Analiza consumului specific de electrozi în funcție de structura încărcăturii (comparația cu cea optimă);
- 6) Stabilirea corelațiilor de dependență dintre consumul specific de energie electrică, sortimentele de încărcătură metalică, greutate șarjei și numărul de încărcări (comparație cu cea optimă);

- 7) Motivarea/ justificarea utilizării în încărcătura metalică a unor sortimente cu conținut de metal mai redus prin corelarea cu normele de mediu și preț de cost;
- 8) Motivarea necesității pregătirii avansate a încărcăturii din punct de vedere a componentelor nemetalice, sortare după gradul de aliere, dimensiuni și grad de aliere;
- 9) Determinarea compoziției chimice (8 componente) a prafului de oțelărie depus în 7 puncte de colectare (pe perioada 2012-2017) și corelarea acestuia cu structura încărcăturii metalice, factori/ parametri tehnologici, poziționarea punctelor/ surselor de colectare/ depunere față de sursa de generare, condițiile meteorologice, obstacole între cele 2 poziții; în cadrul analizei efectuate s-a avut în vedere limitele normale, de alertă și intervenți;
- 10) Determinarea în 6 puncte a nivelului de zgomot și corelarea acestuia cu încărcătura, gradul de pregătire, amplasament, obstacole/ obstrucție, încasetarea cuptorului (valoarea admisibilă pentru intensitatea zgomotului 65dB);
- 11) Verificarea industrială a rezultatelor cercetării, respectiv structura sortimentală a încărcăturii, ceea ce a confirmat valabilitatea acestora, și anume: sortiment E100- 4-6%; scoarțe feroase din comerț 10-20%; scoarțe interne 10-20%; reciclări interne 8-10%; casări 4-6%.

### 10.3. Direcții de continuare a cercetărilor

Pe baza rezultatelor obținute în cadrul cercetărilor efectuate privind tematica tezei de doctorat, se poate considera că prezintă interes deosebit pentru industria metalurgică/ siderurgică și nu numai, continuarea cercetărilor în următoarele direcții:

- 1) Procesarea la societățile siderurgice producătoare de oțel, a subproduselor țunder, praf de oțelărie și zgură de oțelărie (fracție feroasă), sub formă de produse metalizate (avansat reduse) aglomerat, brichete și pelete, funcție de cantitățile disponibile și introducerea acestora în componența încărcăturilor metalice (furnale, convertizoare cu oxigen, cuptoare cu arc electric etc);
- 2) Valorificarea zgurilor reducătoare (LF și VD) în:
  - procesele siderurgice de aglomerare, brichetare și peletizare (fondant și liant);
  - industria cimentului și materialelor refractare;
  - amendament bazic în agricultură.
- 3) Reciclarea în metalurgie a deșeurilor rezultate din dezmembrarea DEEE (deșuri din echipamente electrice și electronice);
- 4) Valorificarea superioară a materialelor rezultate din dezmembrarea vehiculelor scoase din uz (VSU), în industria metalurgică (cu acordarea unei atenții sporite privind sortarea acestora după gradul de aliere), chimică, materiale de construcții;

5) Valorificarea avansată a sterilului rezultat din industria metalurgică (feroasă și neferoasă), minieră (cărbuni, minereuri, minerale, etc.), chimică, energetică etc., depozitat în halde și iazuri.

---

**DISIMINARE REZULTATE**

- 1. C. D. Păcurar**, T. Hepuț, E. Crișan, “The influence of the structure of the metal load removal from liquid steel in electric arc furnaces“, International Conference on Numerical Analysis and Applied Mathematics ICNAAM 2015, SEP 23-29, Rhodes, Grece, AIP Conference Proceedings, Volume 1738, Article Number 080007, 2016 indexat ISI, (DOI: 10.1063/1.4951842, WOS:000380803300092).
- 2. C. D. Păcurar**, T. Hepuț, M. Ardelean, “Optimizing the structure of metal load in order to reduce electricity consumption in the production of steel“, International Conference on Numerical Analysis and Applied Mathematics ICNAAM 2015, SEP 23-29, Rhodes, Grece, AIP Conference Proceedings, Volume 1738, Article Number 080006, 2016 indexat ISI, (DOI: 10.1063/1.4951841, WOS:000380803300091).
- 3. C. D. Păcurar**, T. Hepuț “Mathematical modeling on the load metal of the electric arc furnace“, Acta Technica Corviniensis - Bulletin of Engineering Hunedoara, vol.9, no.4, pp147-152, 2016 (**EBSCO**).
- 4. C. D. Păcurar**, “Analysis of the EAF metal charge structure“, Acta Technica Corviniensis - Bulletin of Engineering Hunedoara, vol.8, no.2, pp.93-97, 2015 (**EBSCO**).
- 5. C. D. Păcurar**, “Analysis of the EAF metal charge structure of removal of liquid steel to electric ovens EBT type“, Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara, vol.13, no.3, pp.113-118, 2015 (**EBSCO**).
- 6. C. D. Păcurar**, F. Bucur “Monitorizarea factorilor de mediu într-o uzină siderurgică“, HD-48-STUD, Hunedoara, Romania, May 2018.
- 7. C. D. Păcurar**, “Analiza consumurilor de electrozi la elaborarea oțelului în cuptoarele electrice cu arc“, HD-47-STUD, Hunedoara, Romania, May 2017.

**BIBLIOGRAFIE**

1. Pardo, N., Moya J.A., K. Vatopoulos - „Prospective scenarios on energy efficiency and CO2 emissions in the Iron&Steel industry”, Re-edition 2012.
2. Vacu, S., ș.a.- „Elaborarea oțelurilor aliate”, vol. I, București, Editura Tehnică, 1980.
3. Vacu, S., ș.a.- „Elaborarea oțelurilor aliate”, vol II, București, Editura Tehnică, 1983.
4. Rău, A., Cosma, D., Ilin, Gh.- „Elaborarea oțelului în cuptoare electrice cu arc”, București, Editura Tehnică 1967.
5. Rău, A., Tripșa, I.- „Metalurgia oțelului”, București, E.D.P. 1981.
6. Moya J.A., Pardo N.- „The potential for improvements in energy efficiency and CO2 emissions in the EU27 iron and steel industry under different payback periods” (Potențialul de îmbunătățire a eficienței energetice și de reducere a emisiilor de CO2 în industria fierului și oțelului din UE-27 în diferite perioade de amortizare), Journal of Cleaner Production (august 2013).
7. Ecorys, Study on European Energy-Intensive Industries – The usefulness of Estimating Sectoral Price Elasticities (Studiul Ecorys privind industriile mari consumatoare de energie din Europa-Utilitatea estimării elasticității prețurilor sectoriale)
8. Ecorys, FWS Sector Competitiveness- „Study on European Energy-Intensive Industries – The usefulness of Estimating Sectoral Price Elasticities (Studiul Ecorys privind industriile mari consumatoare de energie din Europa-Utilitatea estimării elasticității prețurilor sectoriale)”, Cambridge, Martie 2009.
9. Strategia Europa 2020, Strasbourg [COM(2011) 21 ]
10. Ioana, A., Predescu, C., Sandu, I.F., Sohaciu, M., Galea, G.G., Nicolae, A., - „Conducerea optimală a cuptoarelor cu arc electric”, Editura Fair partners, București 2002.
11. Hepuț, T., Socalici, A., Ardelean, E.- “Cercetări privind protecția mediului în industria siderurgică”, Analele Facultății de Inginerie Hunedoara, Tom II, Fascicola 1, 2000.
12. Taloi, D., Bratu, C., Floian, E., Berceanu, E. - Optimizarea proceselor metalurgice, Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti, 1983.
13. Eurofer Economic and Steel Market Outlook CAP.I
14. Stanciu, S.; Alexandru, I., Gherghe, M.- “Materiale pentru construcții metalice”, Editura Sedcom Libris, Iași.
15. Faur S., Heput T.- “Tehnologia elaborării oțelurilor”, Editura Politehnica Timișoara 1983.
16. Pogea, G., Nicolae, A.- “Extinderea bazei de materii prime la elaborarea oțelurilor în cuptorul electric cu arc”, Teza de Doctorat, UPB 2000.
17. US Environmental Protection Agency SUA

18. Directiva 2009/125/CE
19. Comisia Europeană,- “Plan de acțiune pentru o industrie siderurgică competitivă și durabilă în Europa”, Strasbourg 11.6.2013(COM2013)
20. Moșneguțiu E.F.,- “Gestionarea deșeurilor industriale”, Bacău 2007.
21. [www.wikipedia.ro](http://www.wikipedia.ro)
22. Tripsa N.Kraft,- “Elaborarea oțelului în convertizoare cu oxigen”, Editura Tehnică, București 1970.
23. Crisan E.M., Heput T.,- “Cercetări privind valorificarea în siderurgie a deșeurilor pulverulente și mărunte cu conținut de fier și carbon”, Hunedoara 2013.
24. <http://www.iem.ro/rem/index.php/REM/article/download/46/32>
25. Sponge Iron Industry, Comprehensive Industry Documents, Series: COINDS/66/2006-07,  
([http://www.cpcb.nic.in/upload/NewItems/NewItem\\_102\\_SPONGE\\_IRON.pdf](http://www.cpcb.nic.in/upload/NewItems/NewItem_102_SPONGE_IRON.pdf))
26. I. Tripsa, s.a., Obținerea directă a fierului din minereu, Editura Tehnică, București, 1976
27. Komatina M., Gudeanu H.W, The sticking problem during direct reduction of fine iron ore in the fluidized bed, Metalurgija-Journal of Metallurgy, 2004.
28. MIDREXS haft Brochure,  
(<http://www.midrex.com/uploads/documents/MIDREXShaftBrochure2.pdf>)
29. Iron & Steel Vision 2020, Indian Bureau of Mines, 2011  
(<http://ibm.nic/vision2020.htm>)
30. World Direct Reduction Statistics 2012
31. Heput, T.,- „Tehnologia Elaborării oțelului”, vol.II-Timisoara 1984, editura UPT.
32. Nicolae C.,- „Ingineria producerii fontei în furnal”, Bucuresti 2002, editura Printech.
33. Ayed, P., Russo, P., Solca, M., Manual recepția deșeurilor metalice feroase, ArcelorMittal
34. Avram N., Dezvoltare durabilă în siderurgie prin valorificarea materialelor secundare, editura Printech, Bucuresti 2014.
35. DEEE, C11, Ministerul Economiei și Finanțelor-Direcția Reciclarea Materialelor; Deșeurile de echipamente electrice și electronice - o problemă de mare actualitate, dar și de mare viitor;
36. Metal Recycling – Opportunities, Limits, Infrastructure
37. Predescu, C., Buzatu, M., Sohaciu, M., Matei, E.,- Perspectivă privind reciclarea permanentă a metalelor neferoase-Simpozionul Impactul AQ-ului comunitar asupra echipamentelor și tehnologiilor de mediu 2006.
38. Deșeuri respectiv subproduse în industria siderurgică -UniRomSider 2004-2011
39. <https://www.scrapcarcomparison.co.uk/car-recycling/>
40. <https://junkyarddirectblog.wordpress.com/2013/04/08/salvage-cars/>
41. <https://www.carsguide.com.au/>



42. <https://www.takemyscrapcar.com/>
43. Cercetare, instrucțiuni tehnologice de elaborare, S.C. ARCELORMITTAL S.A. Hunedoara, 2009.
44. Drăgoi, F., Cercetări privind reducerea conținutului de gaze din oțelurile elaborate și tratate pe fluxul tehnologic E.B.T. – LF, teză de doctorat, Universitatea Politehnica Timișoara, 2012.
45. ArcelorMittal, RO\_Flat Carbon Europe\_Update, Revistă pentru clienți Mai 2012.
46. Nica, G., Socalici, A., Ardelean, E., Hepuț, T. (2003). Tehnologii pentru îmbunătățirea calității oțelului, Mirton, Timișoara.
47. Ștefănoiu, R. (2004). Cercetări privind procesele de rafinare a oțelurilor cu gaze inerte, PhD Thesis, Politehnica University of Bucharest.
48. Geantă, V. (2003). Procedee și tehnologii de rafinare a oțelului, Printech, București.
49. Drăgoi, F. (2012). Cercetări privind reducerea conținutului de gaze din oțelul elaborat și tratate pe fluxul tehnologic EBT –TC, PhD Thesis, Politehnica Timișoara.
50. Puțan, A. (2013). Cercetări privind rafinarea oțelului elaborat pe fluxul cuptor cu arc electric - oală cuptor - turnare continuă, PhD Thesis, Politehnica Timișoara.
51. <http://www.toyota-europe.com>
52. [http://www.scrigroup.com/tehnologie/tehnica-mecanica/Pregatirea\\_deseurilor-feroase24442.php](http://www.scrigroup.com/tehnologie/tehnica-mecanica/Pregatirea_deseurilor-feroase24442.php)
53. Socalici, A., Milostean, D.,- “Baza energetica și de materii prime în industria de materiale”, Editura Politehnica, Timișoara 2014.
54. [http://www.teskolaser.com/laser\\_cutting2.htm](http://www.teskolaser.com/laser_cutting2.htm)
55. HG nr. 448/2005 – transpune Directiva Europeană nr. 2002/96, modificată prin Directiva Europeană nr. 2003/ 108 – privind deșeurile de echipamente electrice și electronice;
56. Ordin comun MMGA/MEC nr. 1225/721/2005 pentru aprobarea Procedurii și criteriilor de evaluare și autorizare a organizațiilor colective în vederea preluării responsabilității privind realizarea obiectivelor anuale de colectare, reutilizare, reciclare și valorificare a DEEE, modificat de OM nr. 1269/820/2006;
57. <http://www.granutech.com/>
58. Reciclarea autovehiculelor scoase din uz, metode, tehnici, concluzii.- Universitatea Petro-Gaze Ploiești 2013.
59. Nica, G., Socalici, A., Ardelean, E., Hepuț, T. (2003). Tehnologii pentru îmbunătățirea calității oțelului, Mirton, Timișoara.
60. Ștefănoiu, R. (2004). Cercetări privind procesele de rafinare a oțelurilor cu gaze inerte, PhD Thesis, Politehnica University of Bucharest.
61. Geantă, V. (2003). Procedee și tehnologii de rafinare a oțelului, Printech, București.

62. Profumo, J. F., Tenconi, F., Hill-Cottingham, A. R., Coles J. and Gianolio G (2002) Novel Axial flux Machine for aircraft drive: design and modeling, IEEE Transactions on Magnetics vol. 38, no. 5, p. 3003-3005.
63. Drăgoi, F. (2012). Cercetări privind reducerea conținutului de gaze din oțelul elaborat și tratate pe fluxul tehnologic EBT –TC, PhD Thesis, Politehnica Timișoara.
64. Puțan, A. (2013). Cercetări privind rafinarea oțelului elaborat pe fluxul cuptor cu arc electric - oală cuptor - turnare continuă, PhD Thesis, Politehnica Timișoara.
65. Ardelean, E., Puscas, L., C.,: Poluarea neconvențională a așezărilor urbane
66. <http://ro.wikipedia.org/wiki/Poluare>
67. <http://poluarea.wordpress.com/2010/01/11/date-generale-2/>
68. [http://www.referat.ro/referate/download/Poluarea\\_tipuri\\_de\\_poluare\\_c5fd2.html](http://www.referat.ro/referate/download/Poluarea_tipuri_de_poluare_c5fd2.html)
69. Păcurar, C.D., T. Hepuț, E. Crișan, “The influence of the structure of the metal load removal from liquid steel in electric arc furnaces“, International Conference on Numerical Analysis and Applied Mathematics ICNAAM 2015, SEP 23-29, Rhodes, Grece, AIP Conference Proceedings, Volume 1738, Article Number 080007, 2016 indexat ISI, (DOI: 10.1063/1.4951842, WOS:000380803300092)
70. Păcurar, C.D., T. Hepuț, M. Ardelean, “Optimizing the structure of metal load in order to reduce electricity consumption in the production of steel“, International Conference on Numerical Analysis and Applied Mathematics ICNAAM 2015, SEP 23-29, Rhodes, Grece, AIP Conference Proceedings, Volume 1738, Article Number 080006, 2016 indexat ISI, (DOI: 10.1063/1.4951841, WOS:000380803300091)
71. Păcurar, C.D., T. Hepuț “Mathematical modeling on the load metal of the electric arc furnace“, Acta Technica Corviniensis - Bulletin of Engineering Hunedoara, vol.9, no.4, pp147-152, 2016 (**EBSCO**)
72. Păcurar, C.D., “Analysis of the EAF metal charge structure“, Acta Technica Corviniensis - Bulletin of Engineering Hunedoara, vol.8, no.2, pp.93-97, 2015 (**EBSCO**)
73. Păcurar, C.D., “Analysis of the EAF metal charge structure of removal of liquid steel to electric ovens EBT type“, Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara, vol.13, no.3, pp.113-118, 2015 (**EBSCO**)
74. Păcurar, C.D., F. Bucur “Monitorizarea factorilor de mediu într-o uzină siderurgică“, HD-48-STUD, Hunedoara, Romania, May 2018
75. Păcurar, C.D., “Analiza consumurilor de electrozi la elaborarea oțelului în cuptoarele electrice cu arc“, HD-47-STUD, Hunedoara, Romania, May 2017.

# **ANEXE**

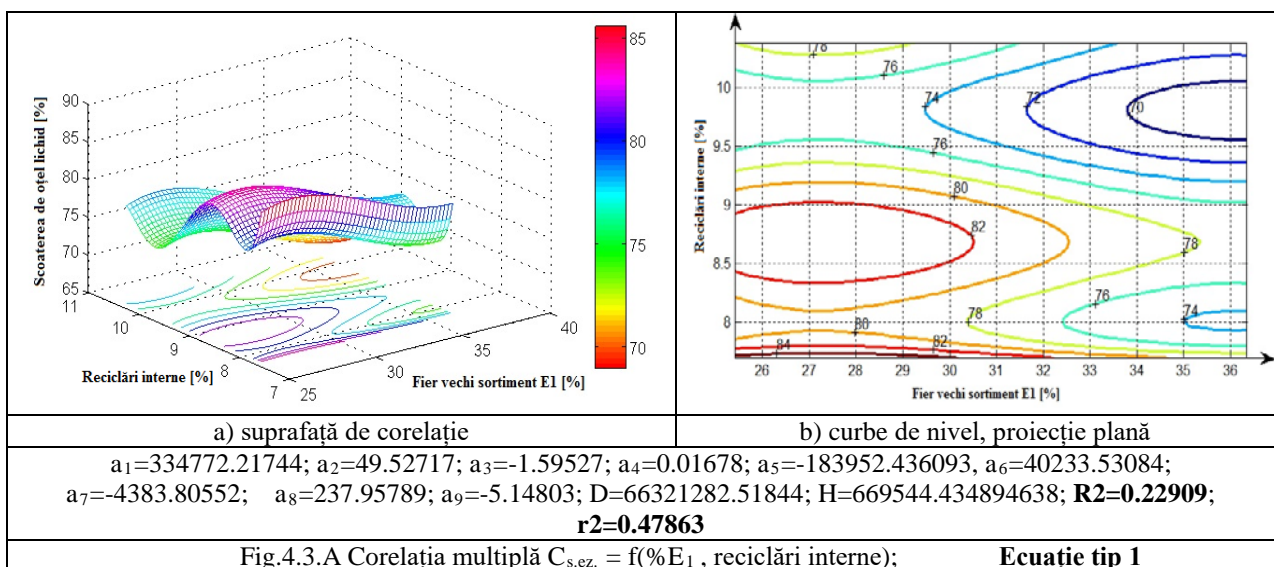
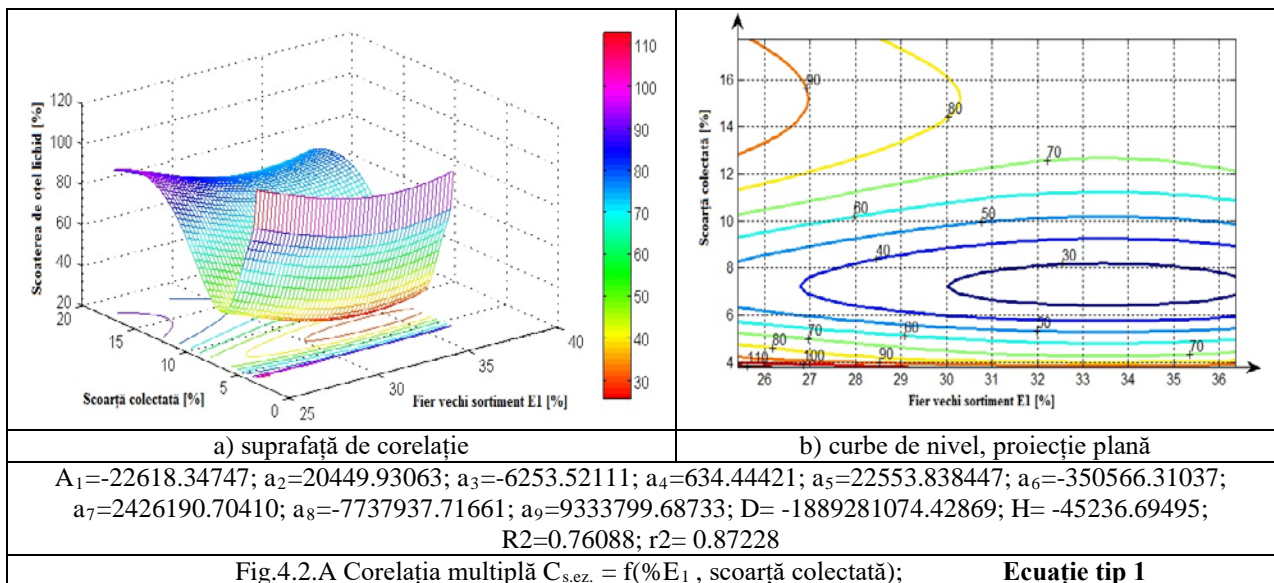
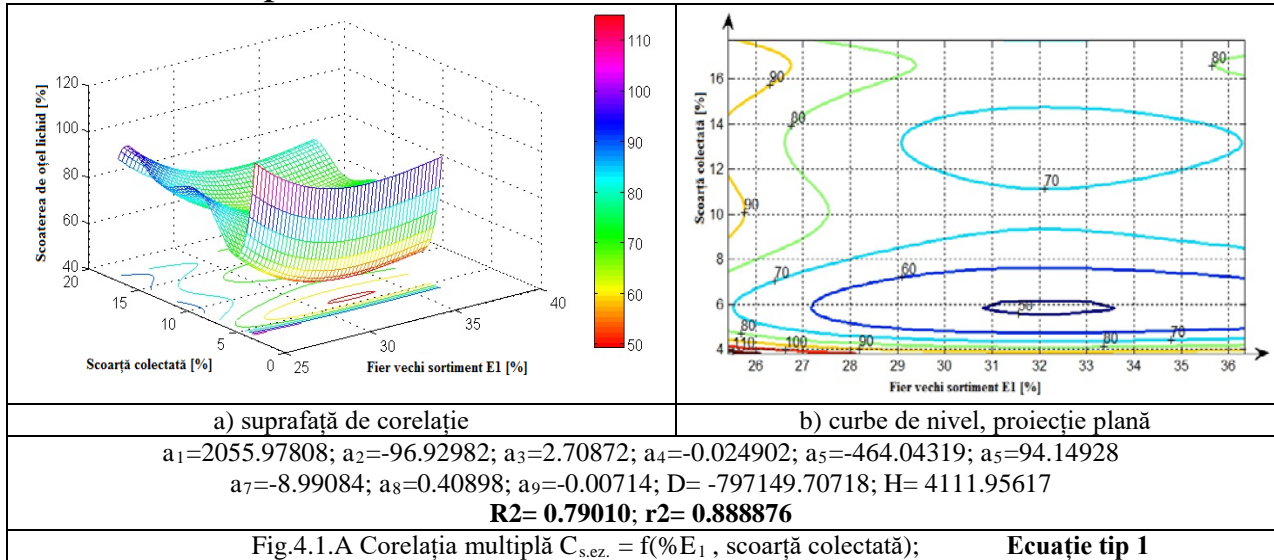
---

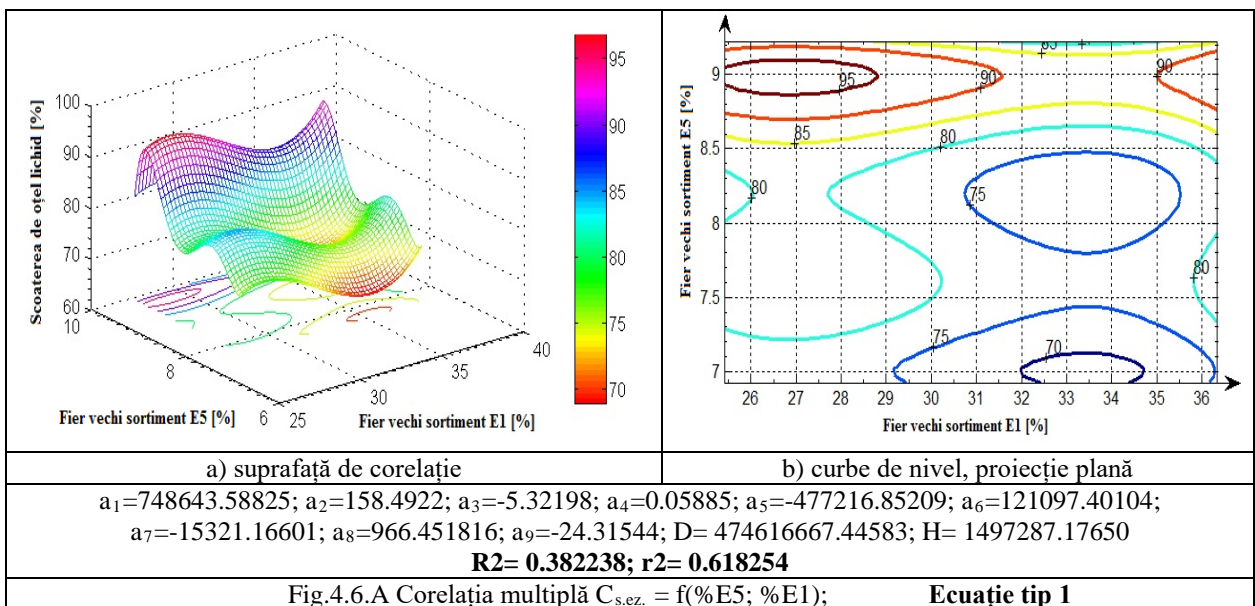
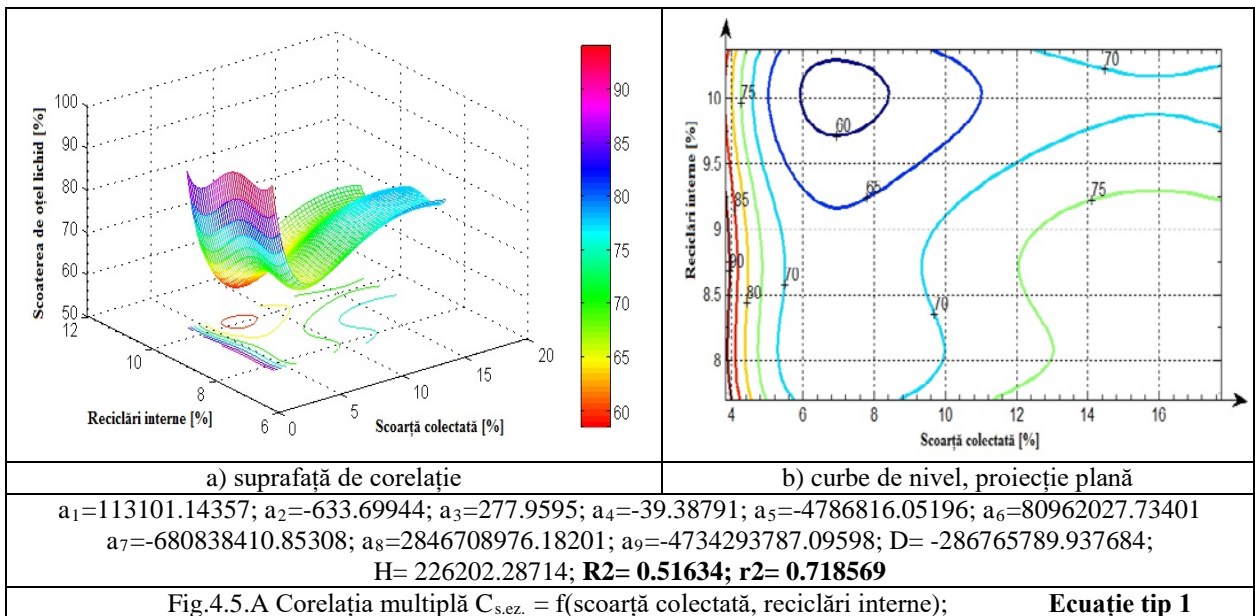
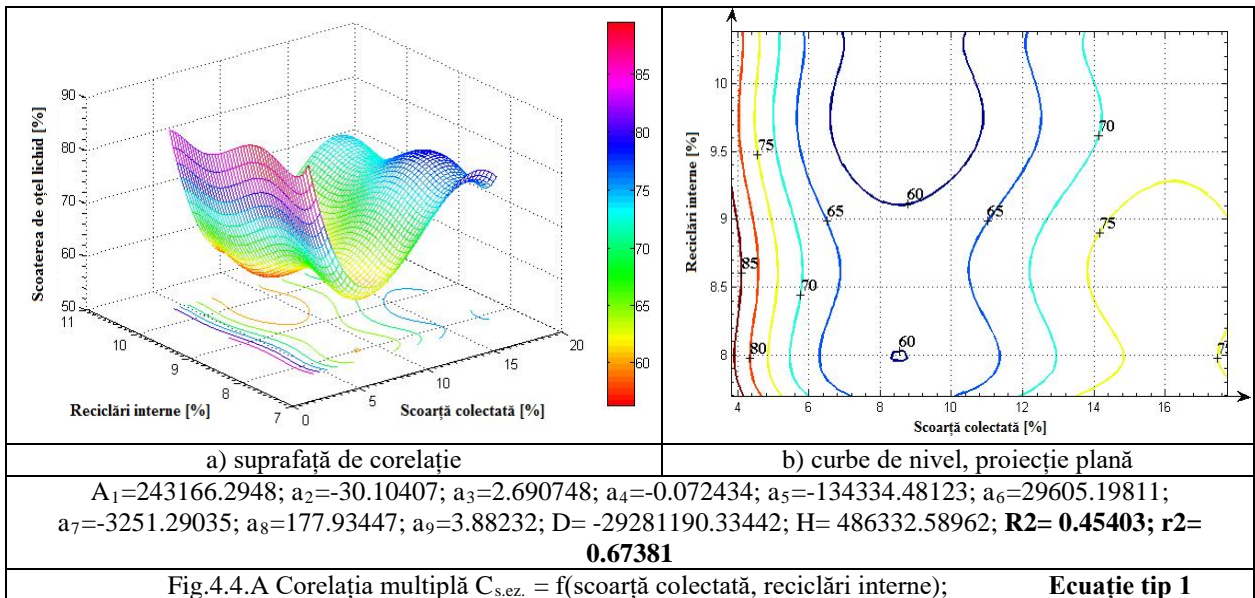
## Anexa la Capitolul 2

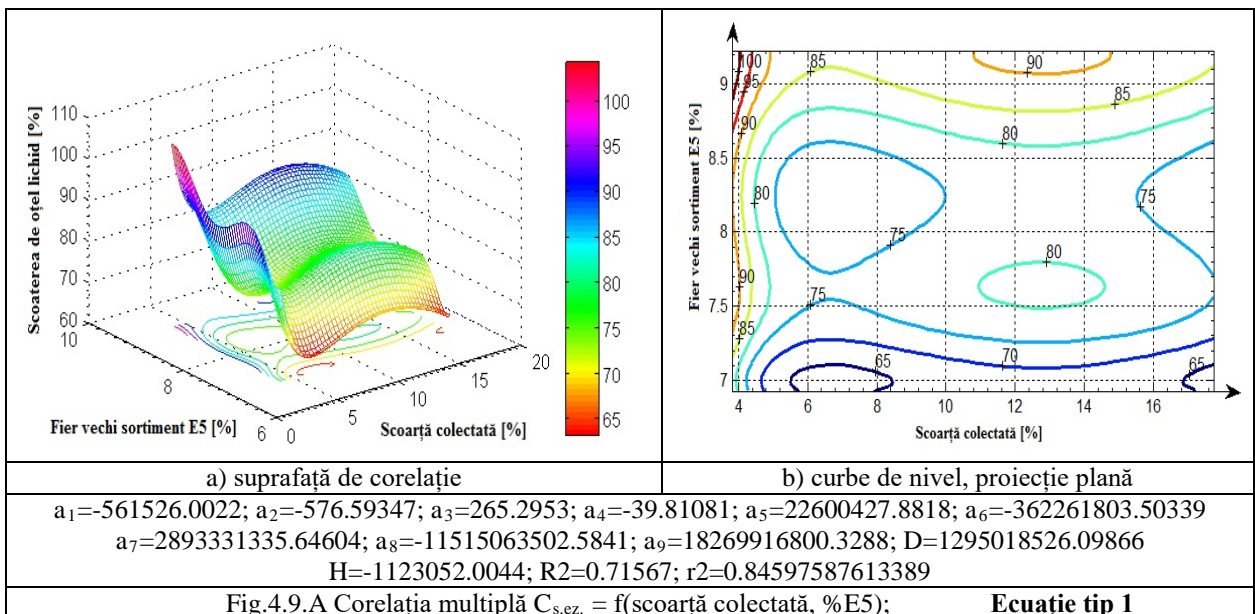
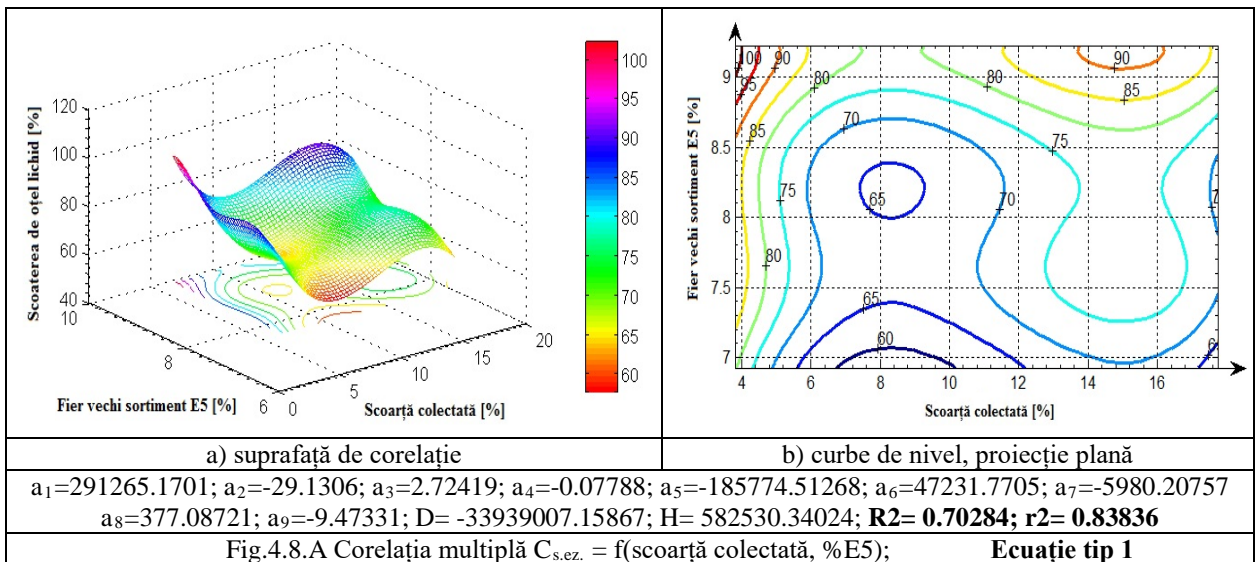
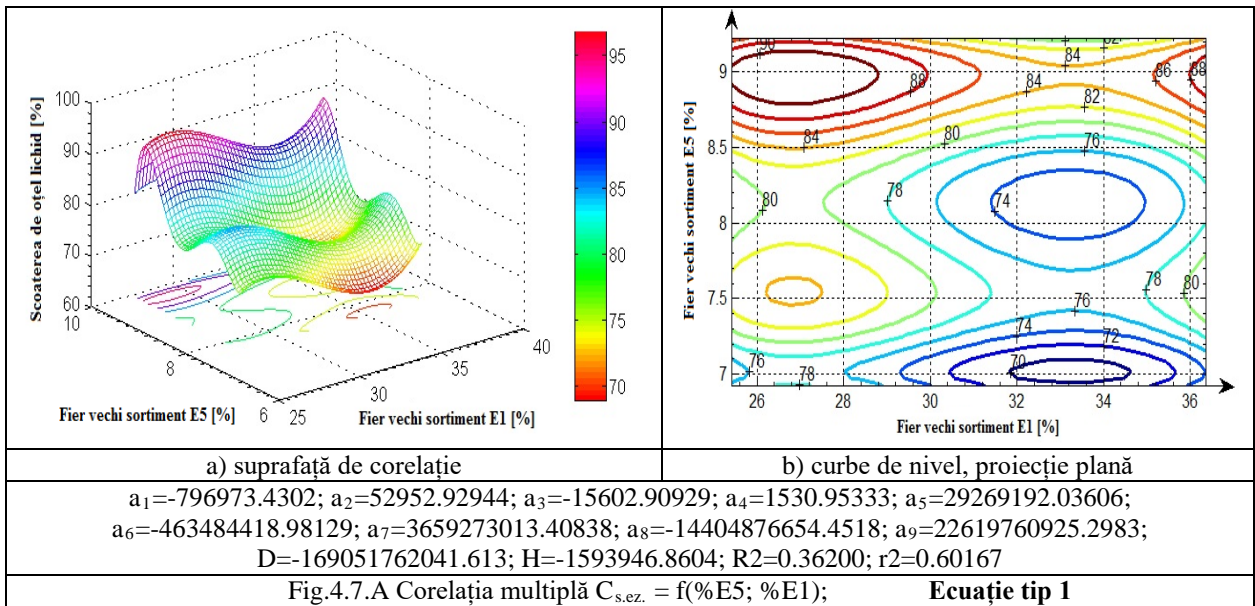
Condiții generale aplicabile tuturor sortimentelor de fier vechi reciclabil

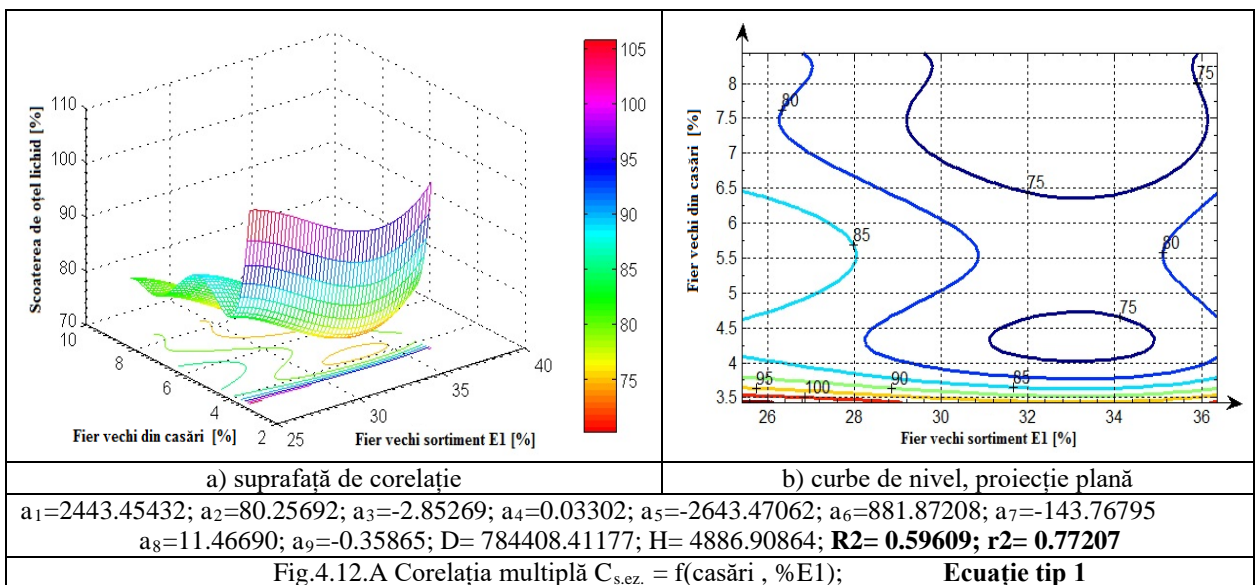
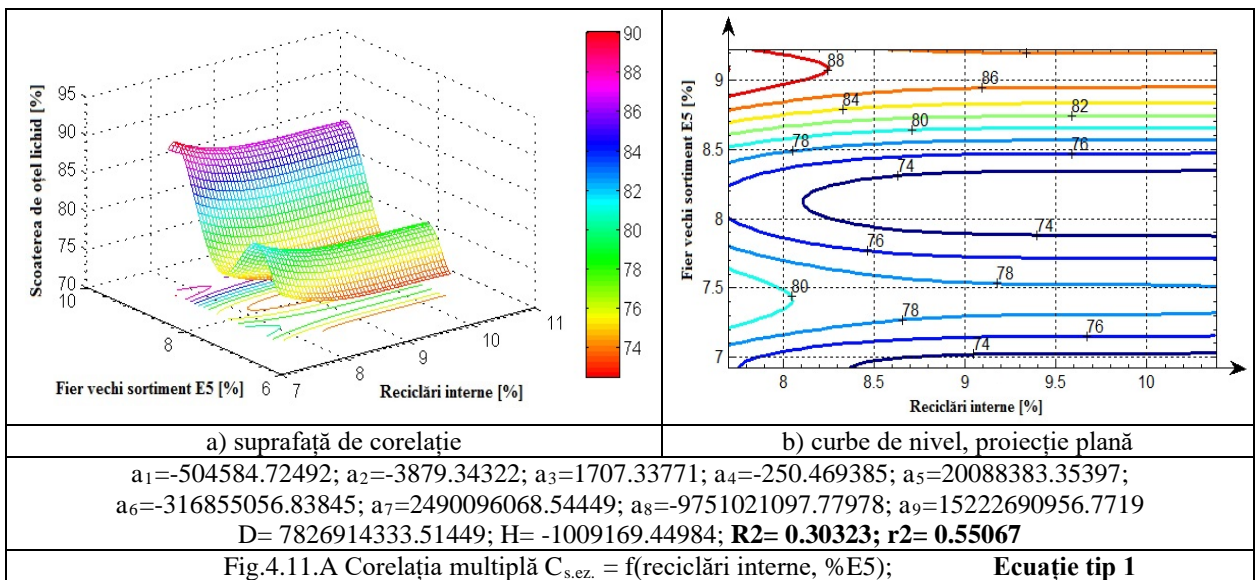
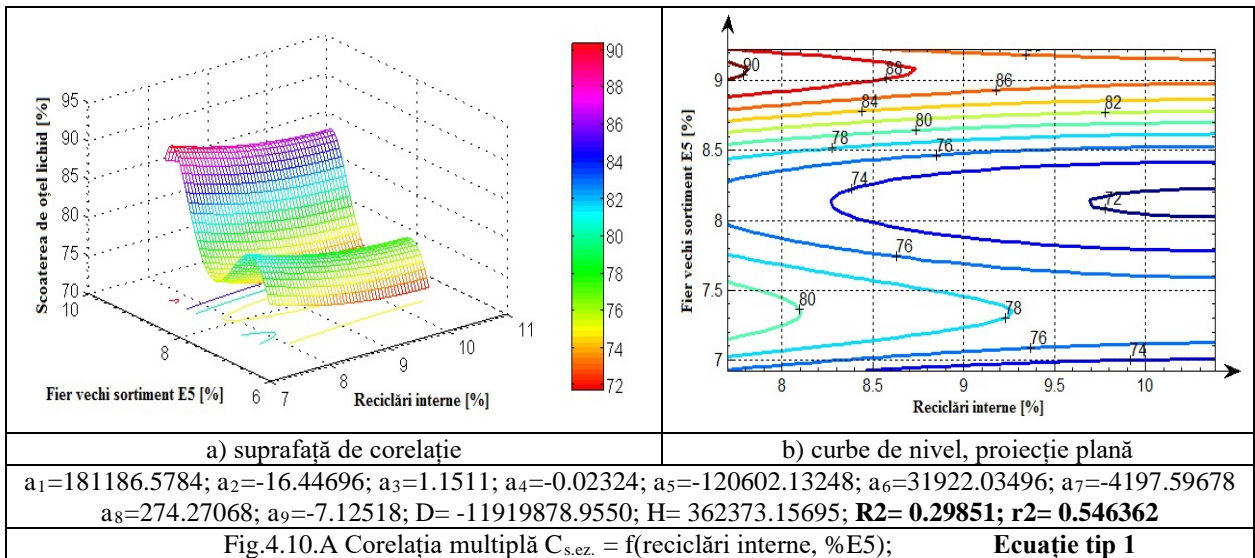
- Deșeuri vechi (categorii, subcategorii și particularități)
  - E1 - Fier vechi ușor procesat;
  - E3 - Fier vechi greu;
  - E40 - Fier vechi mărunțit;
  - E61 - Recuperări din deșeuri menajere;
  - EHRB - Fier beton și profile ușoare;
  - ERHM - Piese mecanice casate;
- Deșeuri noi (categorii, subcategorii și particularități)
  - E5H - Șpan oțel omogen;
  - E5M - Șpan oțel amestecat;
  - Șpan de fontă și șpan brichetat;
  - E2 - Deșeuri cu reziduale mici, grosime peste 3 mm;
  - E6 - Deșeuri cu reziduale mici, subțiri, comprimate/balotate;
  - E8 - Deșeuri cu reziduale mici, grosime sub 3 mm;
- Alte materiale metalice
  - Fonta nouă;
  - Fonta evacuată la groapa;
  - DRI;
  - HBI.
- Procese legate de deșeurile metalice feroase:
  - Procesul de echiziție;
  - Modelul de optimizare a încărcăturii metalice;
  - Proceduri referitoare la regulile de recepție a fierului vechi;
  - Metode de măsurare a calității deșeurilor;
  - Criterii pentru capacitatea depozitului și proiectarea depozitului.
- Tabele de echivalență internațională a deșeurilor.

Anexa 2 la Capitolul 4



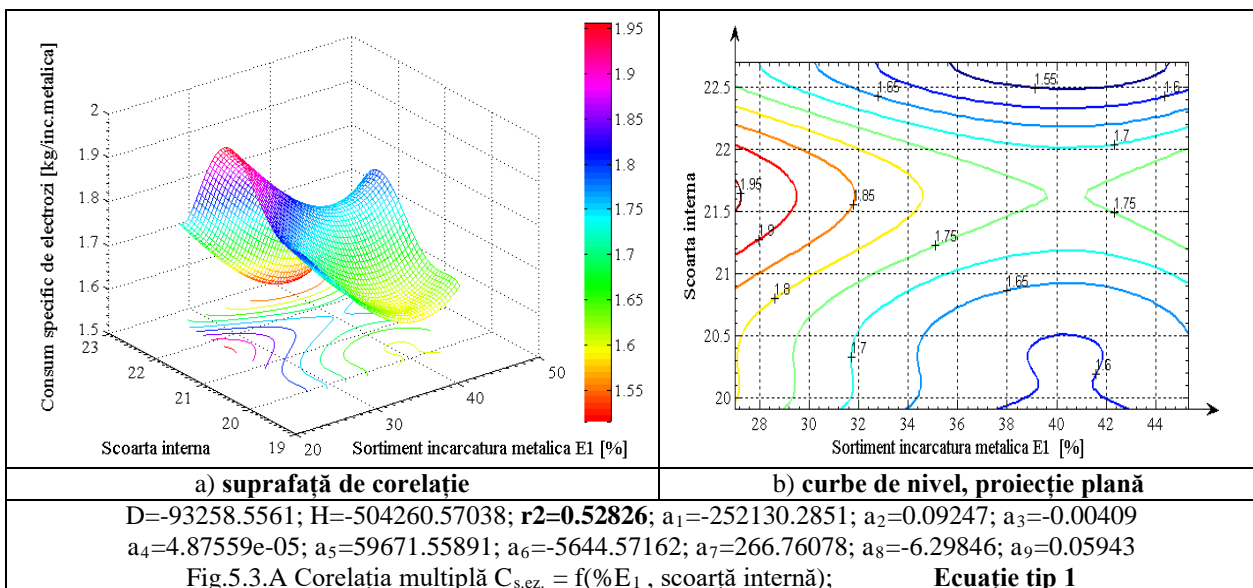
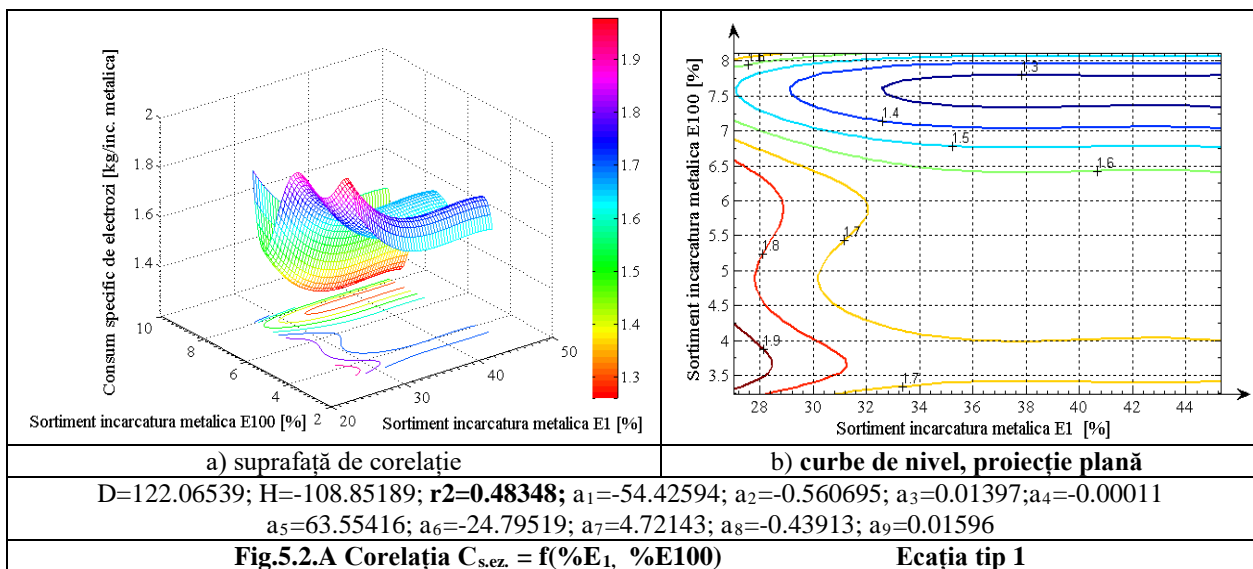
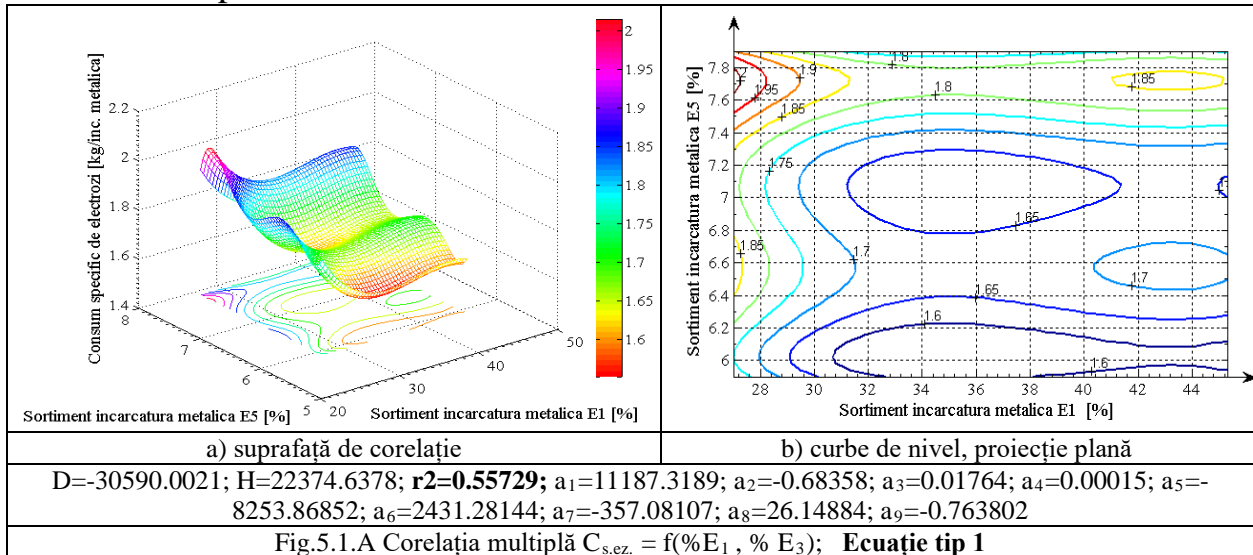


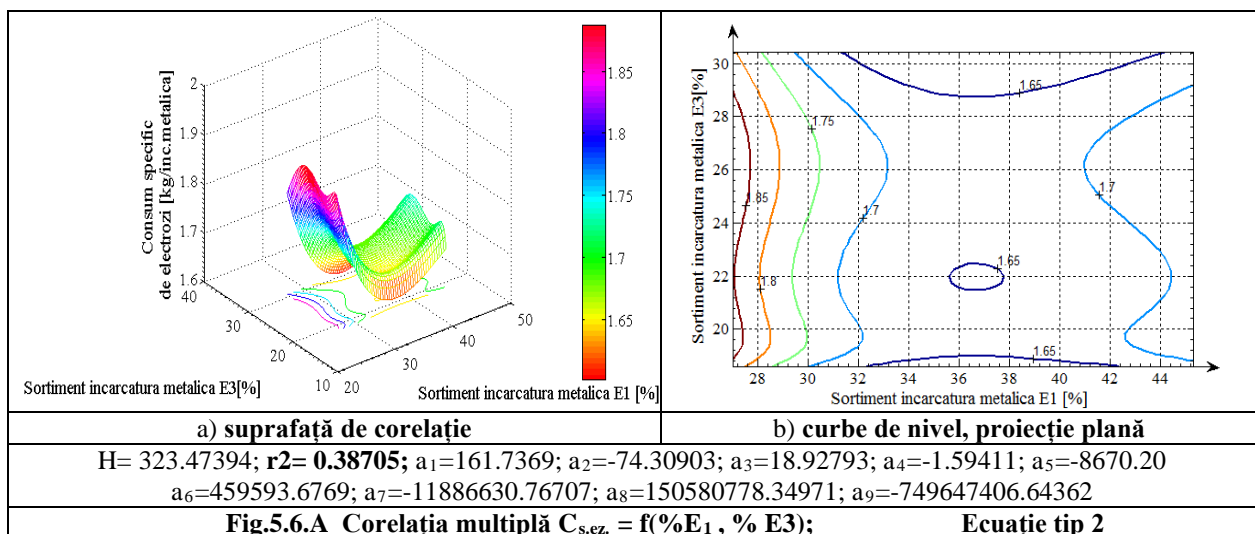
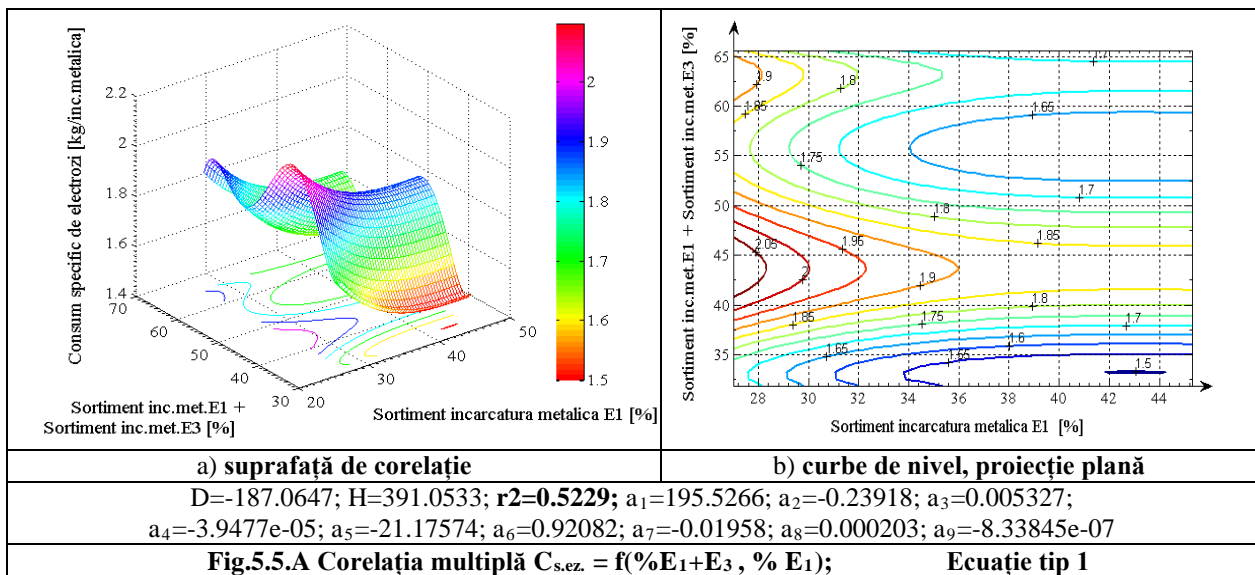
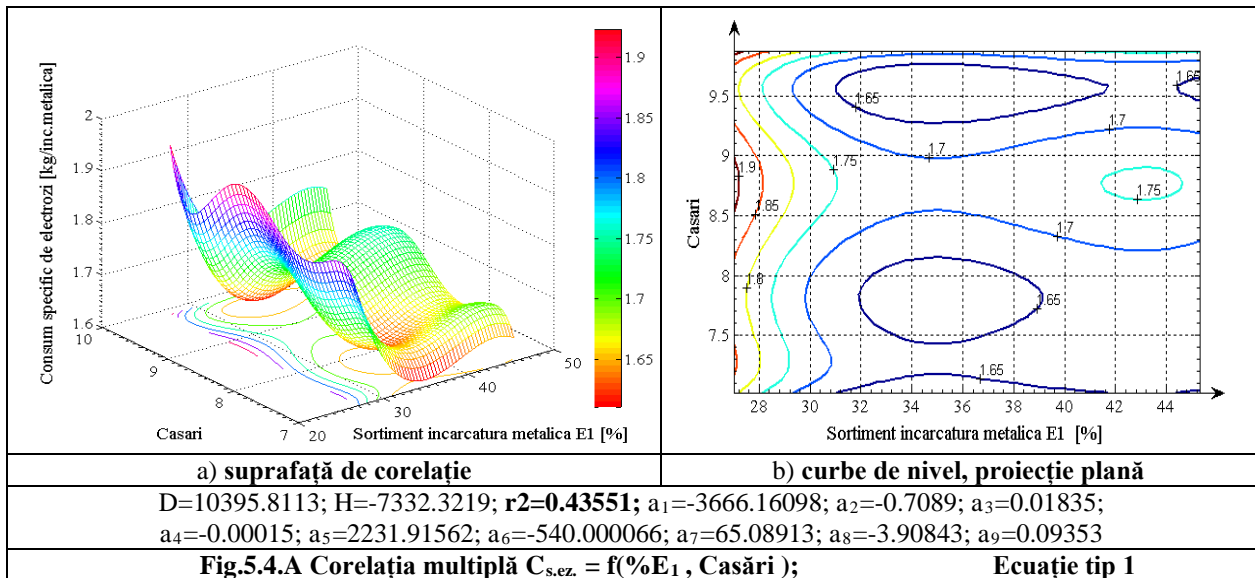


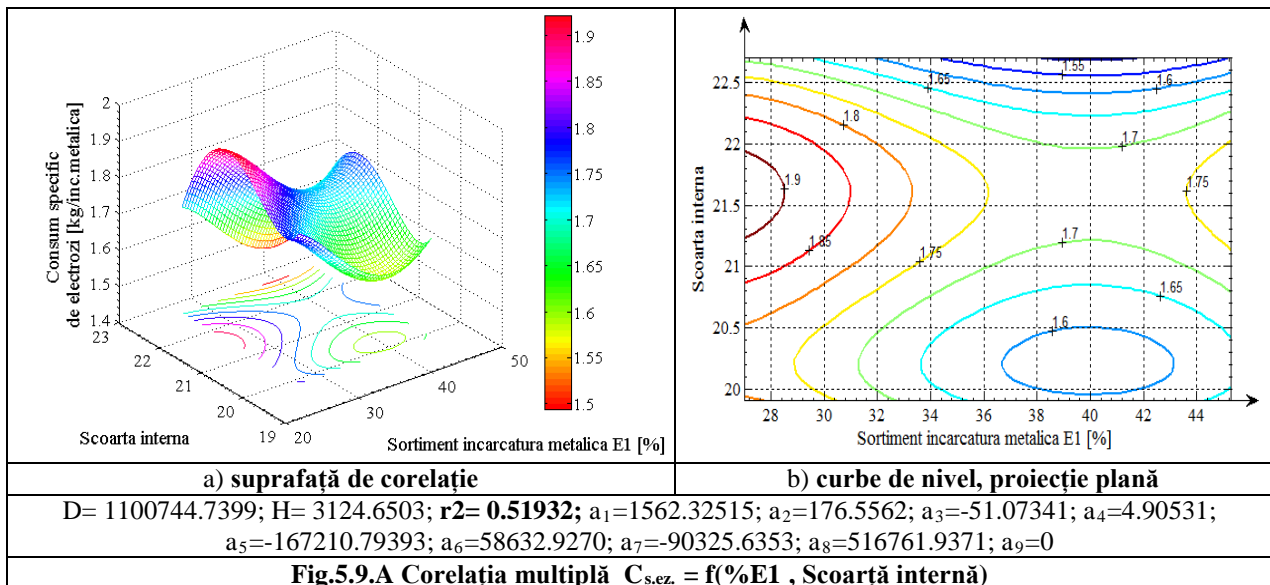
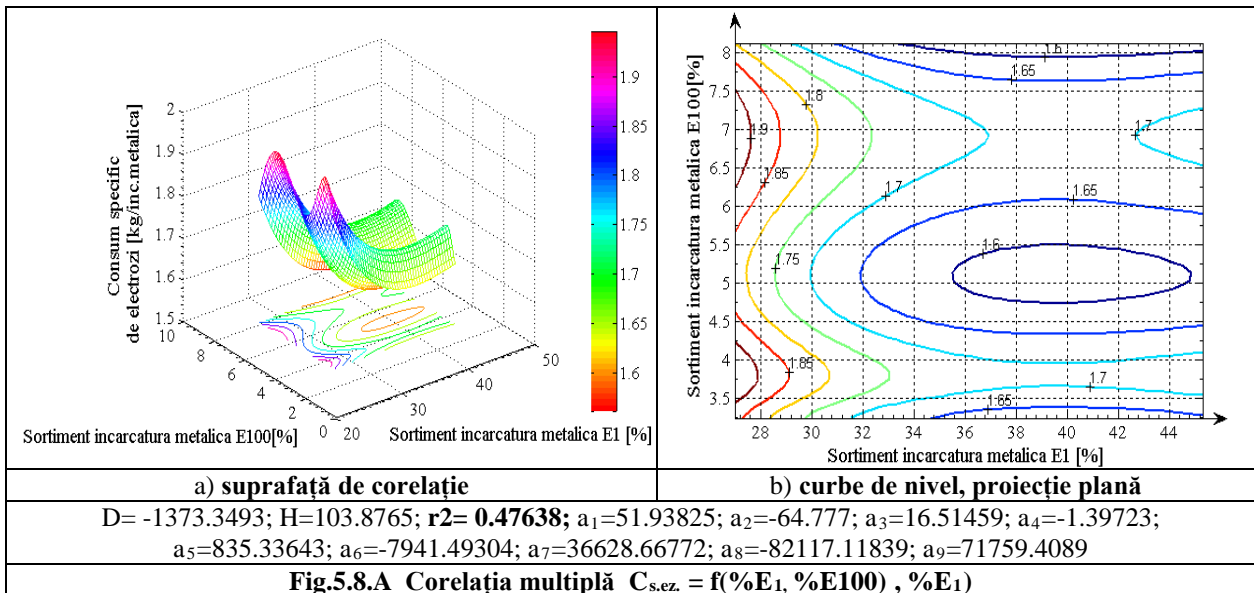
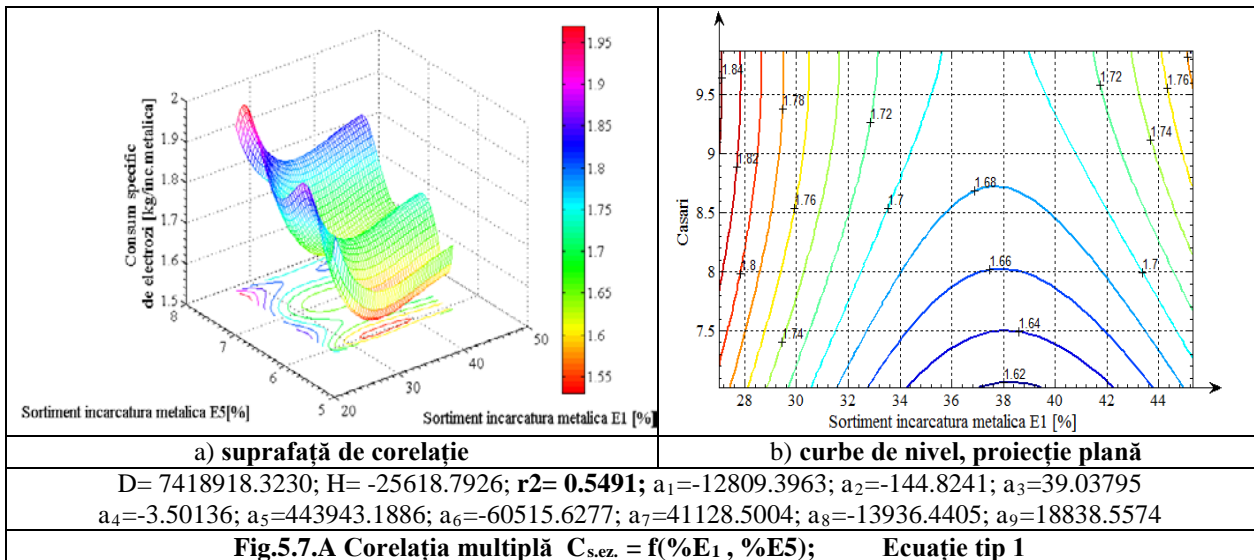


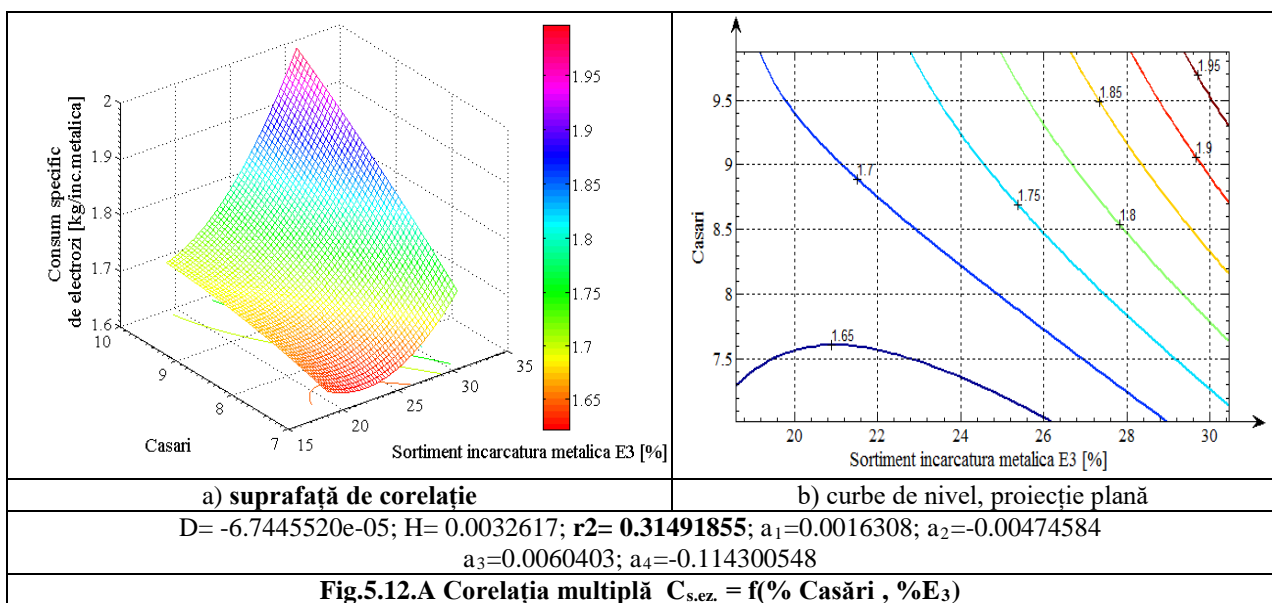
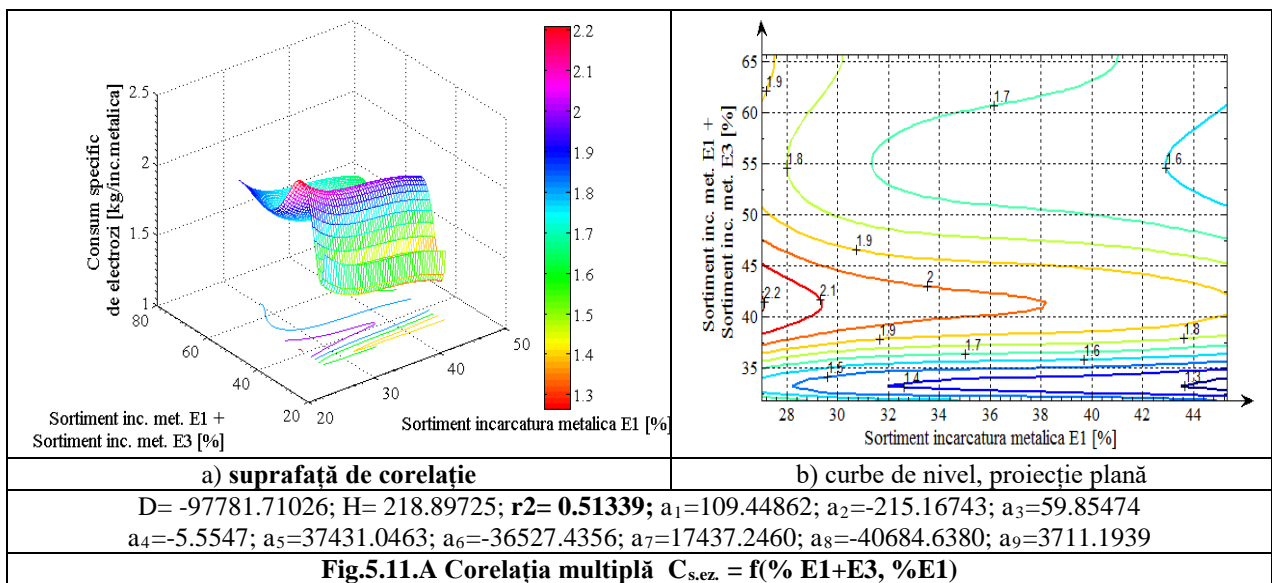
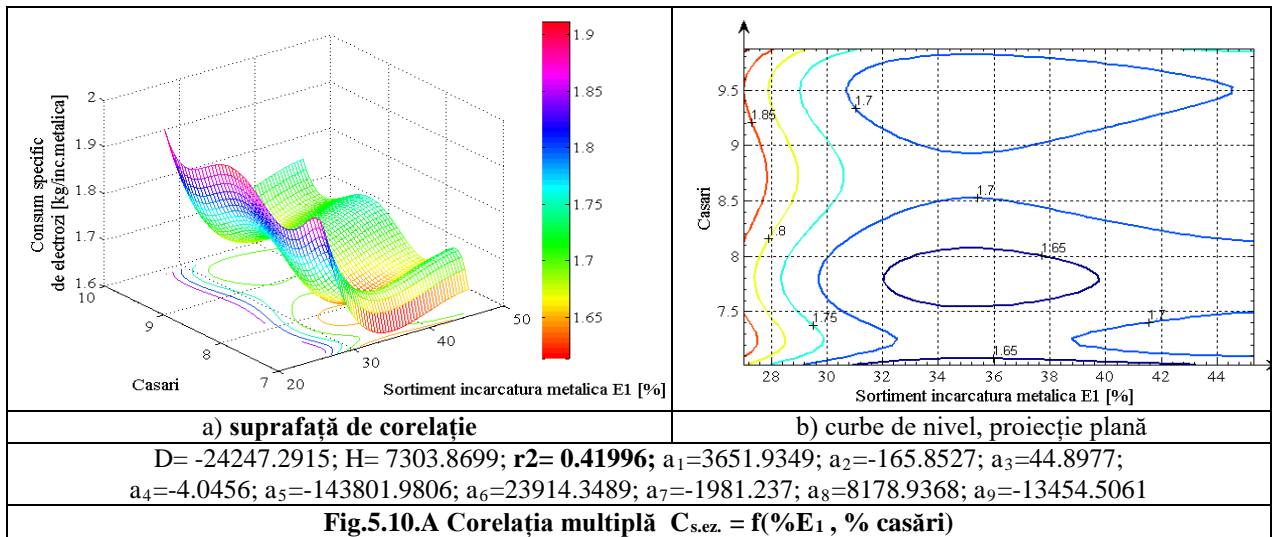


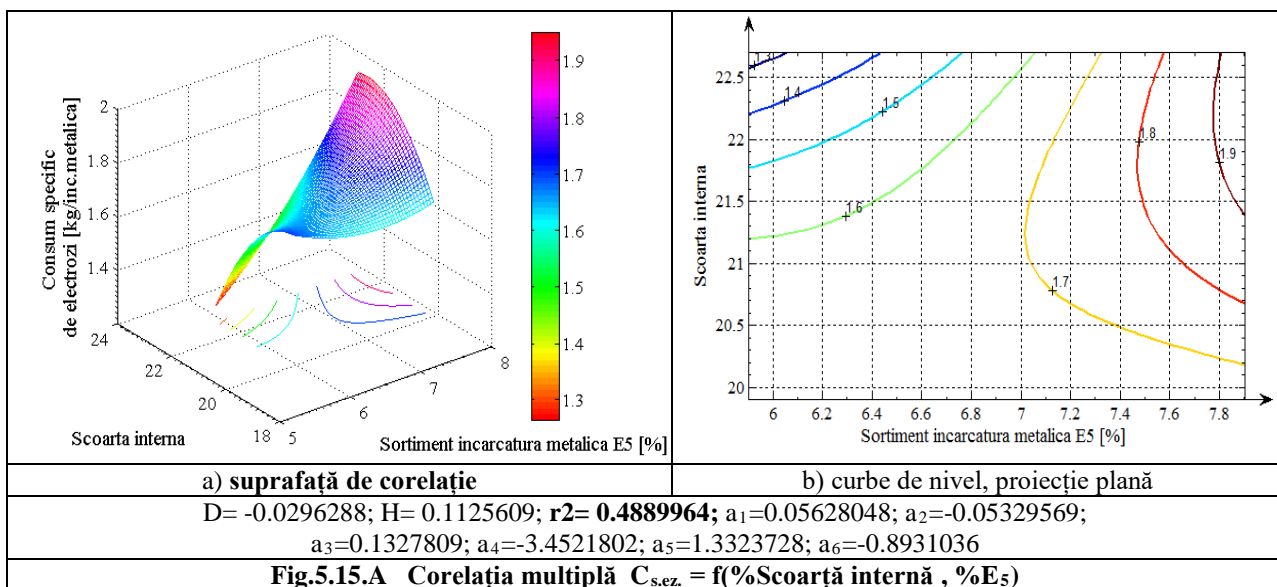
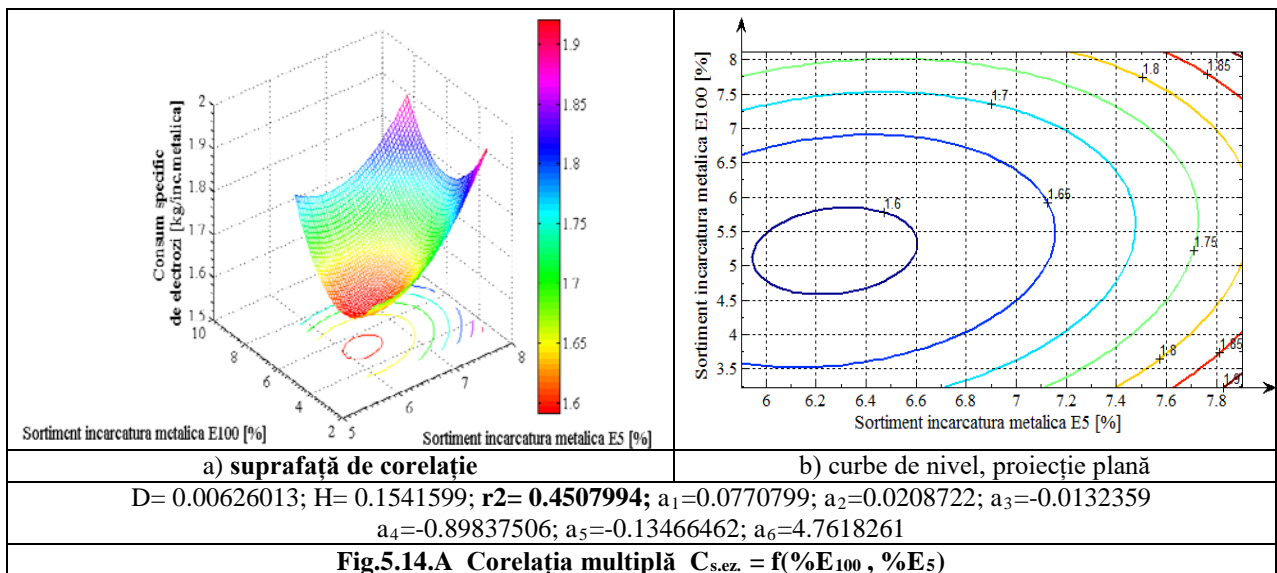
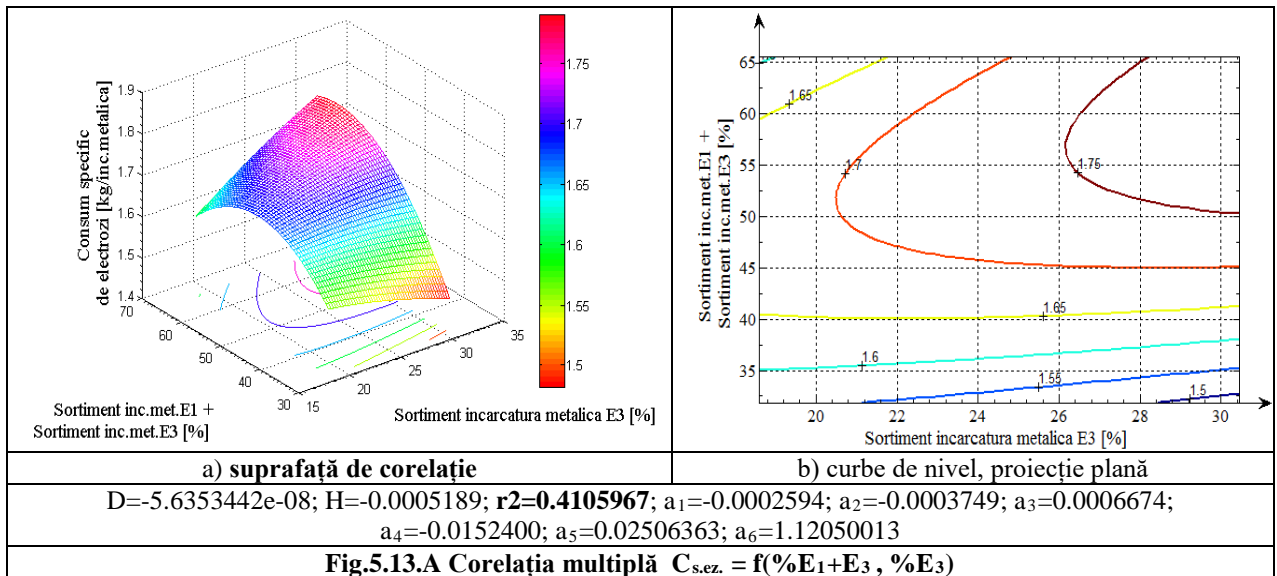
Anexa 3 la Capitolul 5

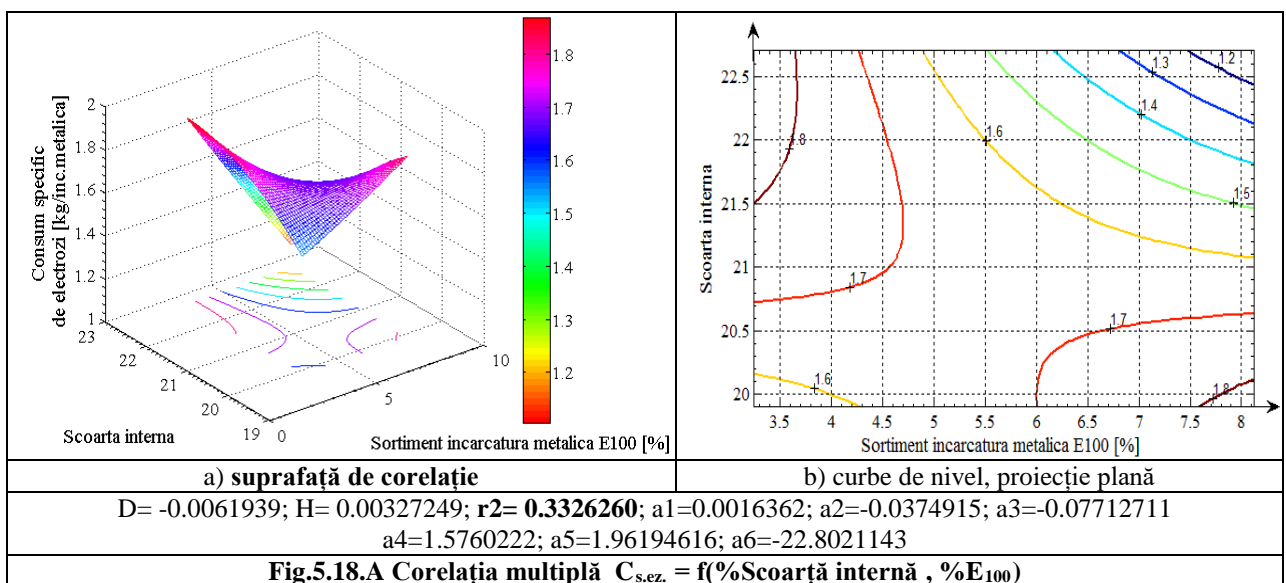
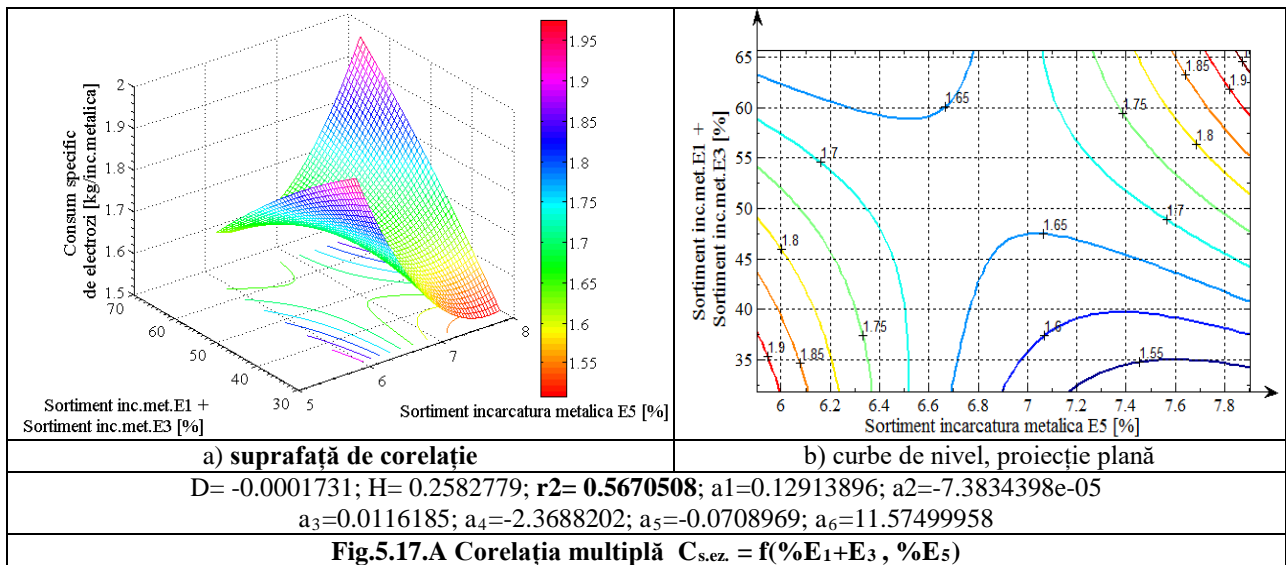
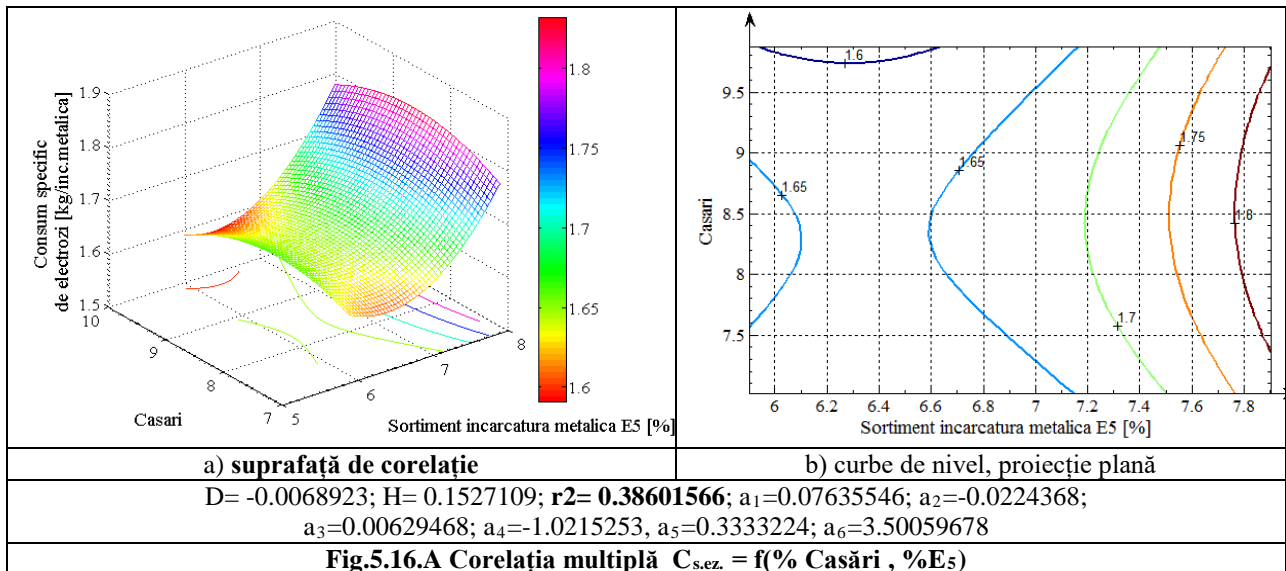


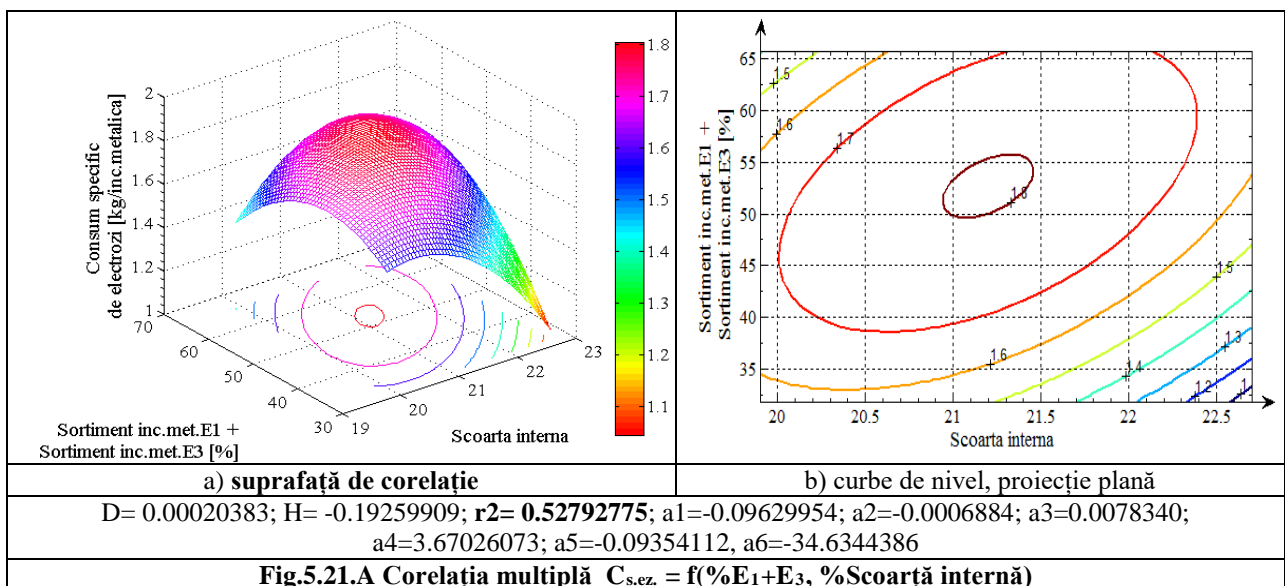
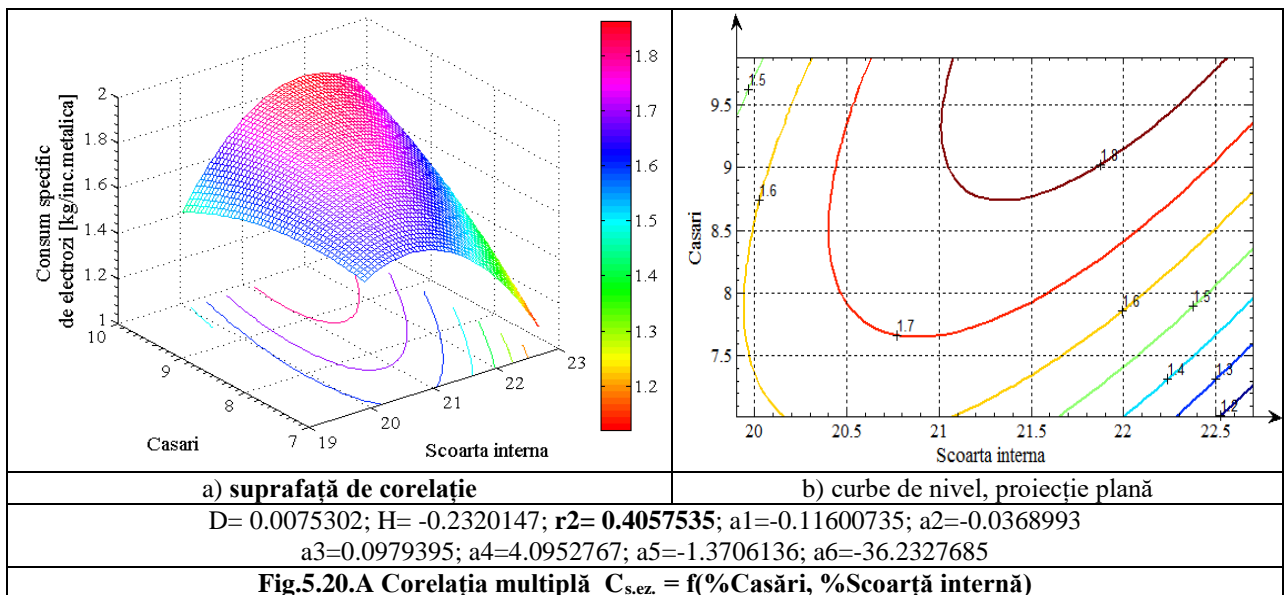
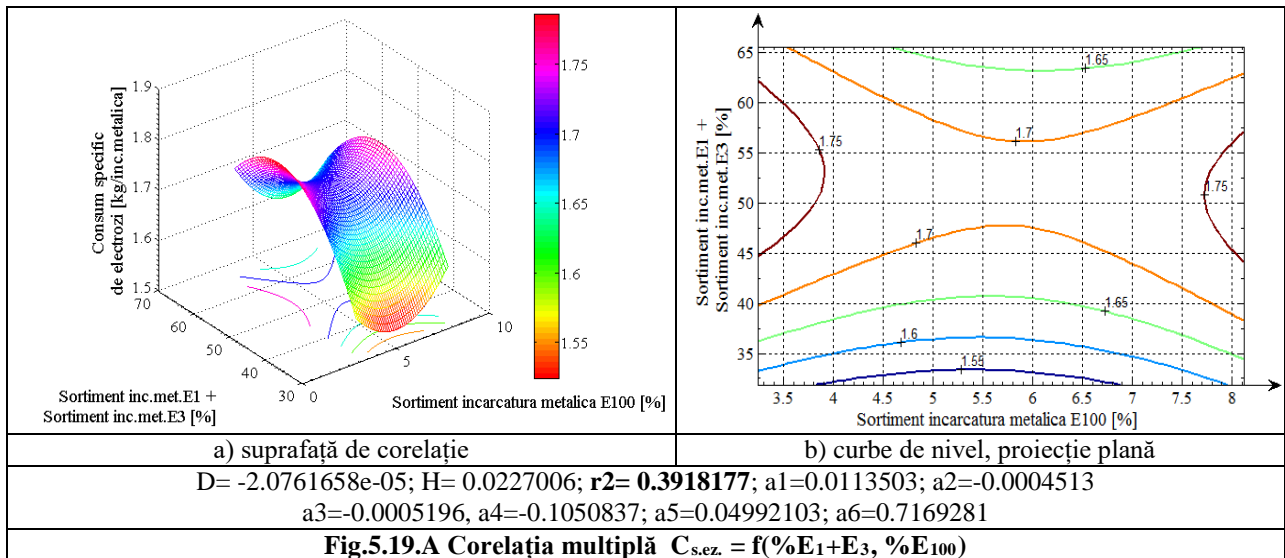


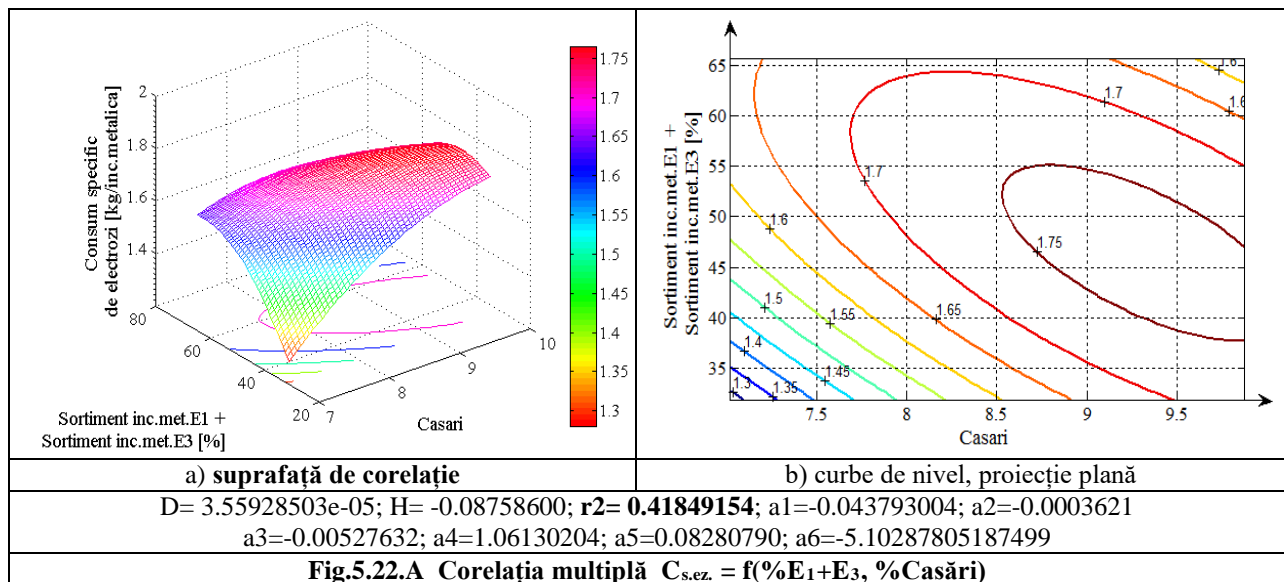














Anexa 4 la Capitolul 7

Amplasare puncte colectare praf



Anexa 5 la Capitolul 8

Amplasare puncte măsurare zgomot

