

RAPORT ȘTIINȚIFIC

privind implementarea proiectului in perioada Ianuarie – Octombrie 2016

PROIECTE DE CERCETARE EXPLORATORIE, COD PROIECT: PN-II-ID-PCE-2011-3-0028

METODE INOVATIVE DE CAPTARE A DIOXIDULUI DE CARBON PRIN CHEMICAL LOOPING APLICATE SISTEMELOR DE POLI-GENERARE VECTORI ENERGETICI DECARBONIZATI

În anul 2016 pentru proiectul de cercetare cu titlul de mai sus a fost prevăzut a se desfășura un obiectiv. Acest obiectiv și activitățile aferente acestuia au fost realizate în proporție de 100 %. Rezultatele cercetării pe anul 2016 au făcut obiectul a 8 articole științifice, 5 în reviste cotate ISI și 3 articole trimise la conferințe internaționale cu colective de recenzie după cum urmează:

1. C.C. Cormos, *Oxy-combustion of coal, lignite and biomass: A techno-economic analysis for a large scale Carbon Capture and Storage (CCS) project in Romania*, Fuel, 169, 2016, 50-57;
2. C.C. Cormos, *Evaluation of reactive absorption and adsorption systems for post-combustion CO₂ capture applied to iron and steel industry*, Applied Thermal Engineering, 105, 2016, 56-64;
3. A.M. Cormos, D.A. Chisalita, *Contribution to the modeling and simulation of the iron-based chemical looping combustion process*, Energy Technology, 4, 2016, 1-10;
4. L. Petrescu, D. Bonalumi, G. Valenti, A.M. Cormos, C.C. Cormos, *Life cycle assessment for supercritical pulverized coal power plants with post-combustion carbon capture and storage*, Journal of Cleaner Production, 2016, trimis spre publicare;
5. L. Petrescu, C.C. Cormos, *Environmental assessment of IGCC power plants with pre-combustion CO₂ capture by chemical & calcium looping methods*, Fuel, 2016, trimis spre publicare;
6. C.C. Cormos, L. Petrescu, A.M. Cormos, S. Agachi, *Process design and integration of various carbon capture approaches into the energy sector and other energy-intensive industrial applications*, 26-th European Symposium on Computer Aided Process Engineering - ESCAPE26, Portoroz, Slovenia, 12-15 Iunie 2016, publicată în Computer-Aided Chemical Engineering, 38, 2016, 265-270;
7. A.M. Cormos, D.A. Chisalita, *Assessment of chemical looping combustion process by dynamic simulation*, 26-th European Symposium on Computer Aided Process Engineering - ESCAPE26, Portoroz, Slovenia, 12-15 Iunie 2016, publicată în Computer-Aided Chemical Engineering, 38, 2016, 271-276;
8. C.C. Cormos, A.M. Cormos, *Innovative energy conversion systems by chemical looping: Conceptual design, modeling and simulation, thermal integration and performance evaluation*, 12th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics - HEFAT2016, Malaga, Spania, 11-13 Iulie 2016.

Sinteza rezultatelor cercetării desfășurate în cadrul acestui proiect în 2016 este prezentată mai jos.

Obiectivul 1.

Evaluarea impactului asupra mediului (LCA) a sistemelor de captare CO₂ pe baza procesului de chemical looping pentru poli-generarea de vectori energetici decarbonizați

Acest obiectiv urmărește dezvoltarea unui model de analiză de impact de mediu cu ajutorul tehnicii analizei ciclului de viață (Life Cycle Assessment - LCA) a sistemelor inovative de tip chemical looping pentru captarea CO₂ aplicate sistemelor de conversie energetică. Acest obiectiv are în vedere următoarele două activități realizate în proporție de 100%:

- A1- Evaluarea impactului asupra mediului (LCA) a sistemelor de captare CO₂ folosind chemical looping;

- A2- Comparare rezultate impact de mediu pentru tehnologia de captare pe baza chemical looping cu alte tehnologii de captare CO₂ (ex. absorbție gaz-lichid).

Pentru exemplificarea activității A1, mai precis a analizei de impact de mediu (analize de tip LCA) a sistemelor inovative de chemical looping pentru captarea CO₂, se vor considera ca exemple ilustrative următoarele cazuri:

- Cazul 1: Centrală electrică pentru conversia gazului de sinteză rezultat prin procesul de gazeificare fără captarea dioxidului de carbon;
- Cazul 2: Centrală electrică pentru conversia gazului de sinteză rezultat prin procesul de gazeificare prin tehnica de calcium looping cu utilizarea oxidului de calciu ca și sorbent pentru captarea pre-combustie a dioxidului de carbon;
- Cazul 3: Centrală electrică pentru conversia gazului de sinteză rezultat prin procesul de gazeificare prin tehnica de chemical looping cu utilizarea oxidului de fier (ilmenit) ca și transportor de oxigen pentru captarea pre-combustie a dioxidului de carbon.

Schemele tehnologice ale celor trei cazuri luate în discuție sunt prezentate în Figurile 1 - 3.

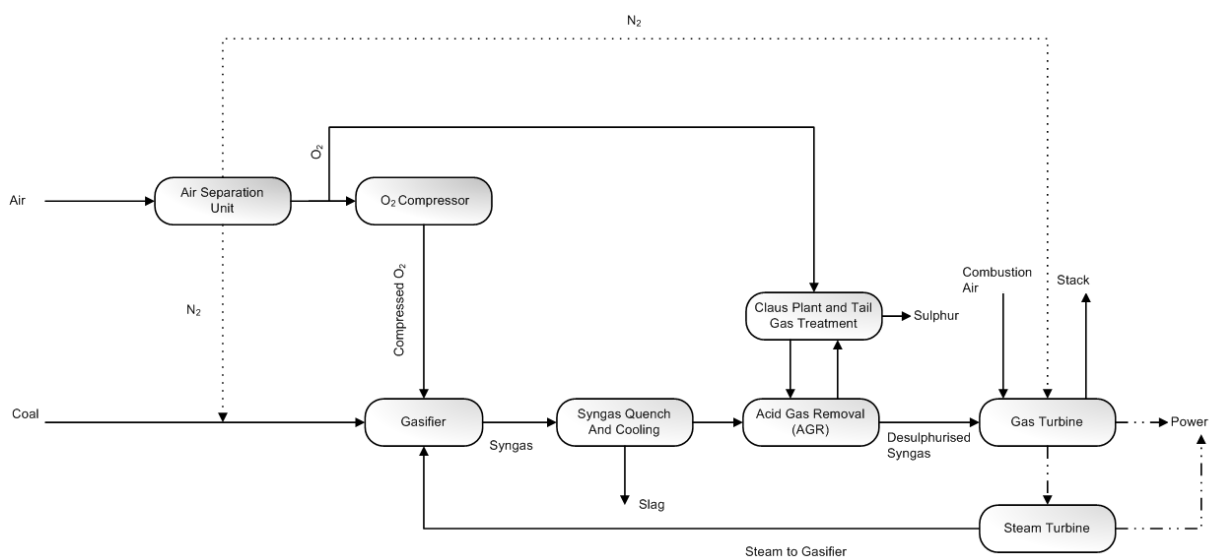


Figura 1. Schema instalației de gazeificare fără captarea CO₂

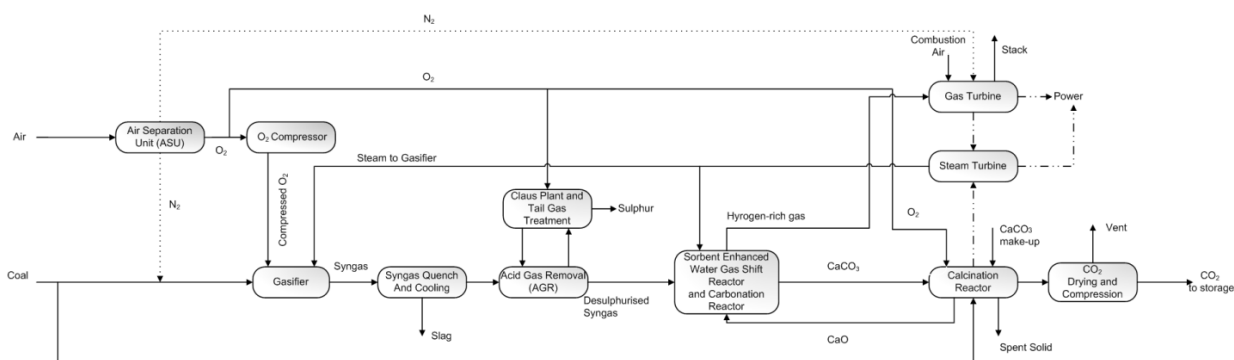


Figura 2. Schema instalației de captare pre-combustie a CO₂ provenit din instalația de gazeificare cu utilizarea oxidului de calciu ca și sorbent

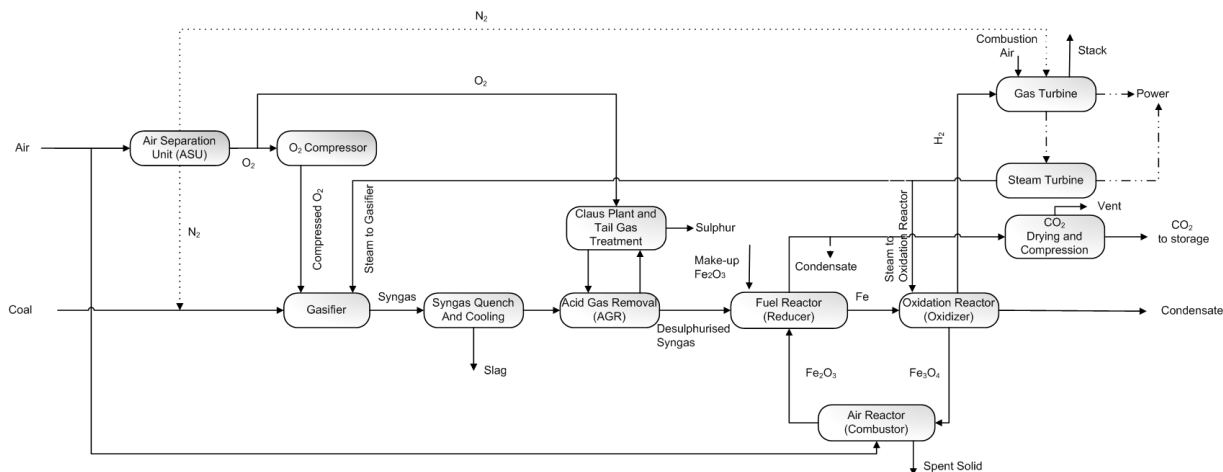


Figura 3. Schema instalației de captare pre-combustie a CO₂ provenit din instalația de gazeificare cu utilizarea oxidului de fier (ilmenit) ca și transportor de oxigen

Toate studiile de caz au fost modelate matematic și simulate cu ajutorul programelor ChemCAD și Aspen Plus. Prin simularea modelelor s-au obținut bilanțurile de masă și energie care au stat la baza evaluării performanțelor de mediu ale instalațiilor. În rapoartele proiectului din anii anteriori s-au prezentat pe larg detaliile tehnologice ale sistemelor analizate, aspectele de modelare matematică, validarea modelelor, integrarea energetică și evaluarea tehnico-economică. În continuare sunt prezentate principalele rezultate ale evaluării impactului de mediu, mai multe detalii referitoare la metodologia folosită regăsindu-se în articolele publicate [3,4].

Analiza ciclului de viață (LCA - Life Cycle Assessment) este o metodă științifică care, alături de alte instrumente destinate implementării politicilor de mediu stă la baza dezvoltării durabile, fiind un instrument util în fundamentarea deciziilor privind protecția mediului înconjurător. Evaluarea ciclului de viață (LCA) este o metodă structurată și standardizată la nivel internațional (ISO 14040: Management de mediu. Evaluarea ciclului de viață. Principii și cadru de lucru; ISO 14044: Management de mediu. Evaluarea ciclului de viață. Cerințe și linii directoare; ILCD - International Reference Life Cycle Data System). Conform standardelor menționate anterior o analiza de tip LCA constă din următoarele patru etape: 1) definirea scopului și a domeniului de aplicare a analizei; 2) inventarierea elementele relevante de intrare și ieșire din sistem; 3) evaluarea impactului potențial asupra mediului; 4) interpretarea rezultatelor. Aceste patru etape sunt prezentate sumar în cele ce urmează.

O abordare de tipul “cradle-to-grave” a fost considerată ca fiind cea mai potrivită pentru a compara cele trei cazuri din prezenta discuție și pentru a avea o imagine cat mai amplă asupra impactului de mediu. Domeniul de aplicare (frontierele sistemului) se rezumă la: 1) centrală electrică cuplată cu instalația de captare a CO₂ folosind tehnica calcium/chemical looping; 2) procese auxiliare anterioare generării energiei electrice, cum ar fi: extracția, tratarea, transportul și stocarea materiilor prime cărbune (a se vedea Figura 4), calcar, ilmenit; 3) procese auxiliare ulterioare generării energiei electrice, de exemplu comprimarea, transportul și stocarea CO₂ (a se vedea Figura 5). Construcția centralei electrice, a minei pentru extracția carbunelui, a instalațiilor de captare, a infrastructurii pentru transportul CO₂, precum și dezasamblarea acestora au fost, de asemenea, luate în considerare în studiul de față. Toate datele obținute în urma modelării și simulării au fost normalizate la unitatea funcțională care s-a considerat a fi un MW de energie electrică.

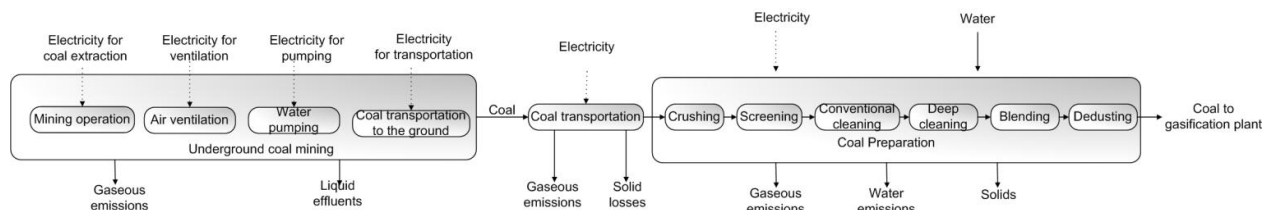


Figura 4. Procese considerate în analiza LCA pentru cărbune

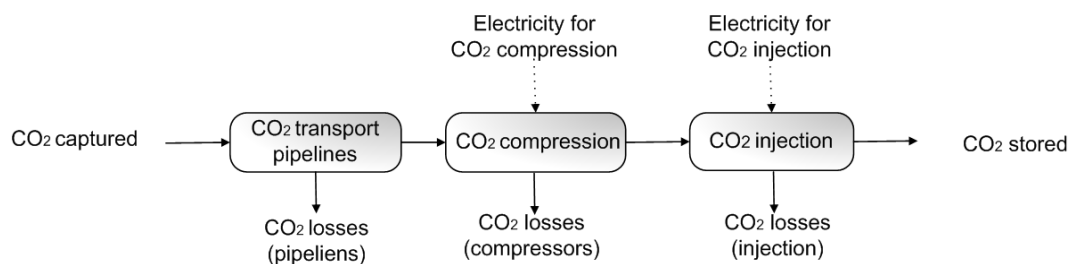


Figura 5. Procese considerate în analiza LCA pentru stransportul și stocarea CO₂

Inventarierea intrărilor și ieșirilor din centrala electrică și din sistemul de captare CO₂ pentru Cazul 2 este prezentată în Tabelul 1.

Tabel 1. Inventarierea intrărilor și ieșirilor din centrala electrică și din sistemul de captare CO₂ pentru Cazul 2

INTRĂRI	VALOARE	UM	IEȘIRI	VALOARE	UM
Cărbune	236,82	t/h	Electricitate	764,54	MW _e
Calcar	598,16	t/h	CO ₂ spre stocare	540,24	t/h
CaCO ₃	5,98	t/h	Calcar recirculat	598,16	
Aer	2524,69	t/h	Solide	5,98	t/h
TEG	120	t/h	SiO ₂	0,107	
O ₂ la gazificator	138,4	t/h	Fe ₂ O ₃	0,0104	t/h
N ₂ la gazificator	216,5	t/h	CaO	4,912	t/h
O ₂ la CL	143,035	t/h	CaCO ₃	0,8955	t/h
N ₂ la CL	2,52	t/h	Al ₂ O ₃	0,056	t/h
Ar la CL	5,59	t/h	Sulf	0,99	
Abur de înaltă presiune la unitatea de CL	156,33	t/h	TEG	120	t/h
Apă alimentare cazan	1410,17	t/h	Cenușă	21,083	t/h
Apă proaspătă	37,76	t/h	SiO ₂	12,065	t/h
Apă rece	60500	t/h	Fe ₂ O ₃	1,173	t/h
Electricitate	156,72	MW _e	CaO	1,528	t/h
O ₂ la instalația de îndepărtare a gazelor acide	5,75	t/h	Al ₂ O ₃	6,317	t/h
			Emisii	2,904	t/h
			CO ₂	0,692	t/h
			Apă	2,186	t/h
			Triglicol	0,0079	t/h
			SO ₂	0,016	t/h
			La coș	81,34	t/h
			O ₂	0,010	t/h
			N ₂	19,76	t/h
			CO ₂	26,31	t/h
			CO	4,77	t/h
			Apă	0,66	t/h
			H ₂	24,65	t/h
			Ar	5,179	t/h
			H ₂ S	0,002	t/h
			HCl	0,33	t/h
			Condens	49,92	t/h
			Apă alimentare cazan	764,969	t/h
			Apă rece	60500	t/h
			Apă recirculată	764,97	t/h
			Abur la CL	152	t/h
			Apă din proces	511,3	t/h

Metoda de impact de mediu utilizată în prezentul studiu comparativ este CML 2001. În această metodă sunt luate în considerare următoarele categorii de impact de mediu:

- Efectul de seră - Global Warming Potential (GWP)
- Efectul ploilor acide - Acidification Potential (AP)
- Potențialul de eutrofizare - Eutrophication Potential (EP),
- Distrugerea stratului de ozon - Ozone Depletion Potential (ODP)
- Epuizarea resurselor abiotice - Abiotic Depletion Potential (ADP)
- Potențial de poluare al apelor dulci - Freshwater Aquatic Ecotoxicity Potential (FATEP)
- Potențialul toxicității umane - Human Toxicity Potential (HTP)
- Potențialul de oxidare fotochimică - Photochemical Oxidation Potential (PCOP)
- Potențial de poluare al solului - Terrestrial Ecotoxicity Potential (TEP)
- Potențial de poluare al apelor sărate - Marine Aquatic Ecotoxicity Potential (MAETP).

Rezultatele analizei LCA obținute folosind programul GaBi, dezvoltat de PE International, sunt prezentate în Tabelul 2.

Tabelul 2. Rezultatele impactului de mediu pentru activitatea A1

Indicator de mediu	Unitatea de măsură	Cazul 1	Cazul 2	Cazul 3
GWP	kg CO ₂ -Equiv./MW	1355,51	720,9	714,45
AP	kg SO ₂ -Equiv./MW	1,12	2,18	3,21
EP	kg Phosphate-Equiv./MW	1891,39	1462,46	1612,08
ODP	kg R11-Equiv./MW	1,07*10 ⁻⁷	1,19*10 ⁻⁷	1,35*10 ⁻⁷
ADP elements	kg Sb-Equiv./MW	1,47*10 ⁻⁴	1,43*10 ⁻⁴	2*10 ⁻⁴
ADP fossil	MJ/MW	1,15*10 ⁴	1,47*10 ⁴	1,28*10 ⁴
FAETP	kg DCB-Equiv./MW	3,60	3,58	3,76
HTP	kg DCB-Equiv./MW	13,68	19,19	25,87
PCOP	kg Ethene-Equiv./MW	0,14	0,15	0,23
TEP	kg DCB-Equiv./MW	1,29	1,25	2,49
MAETP	kg DCB-Equiv./MW	9,66*10 ⁴	1,17*10 ⁵	1,44*10 ⁵

După cum se poate observa din Tabelul 2, un număr de unsprezece categorii de impact asupra mediului înconjurător au fost calculate. Luând în discuție efectul de seră (global warming potential-GWP), se pot observa diferențe majore între cazurile ce iau în considerare captarea CO₂ (Cazul 2 și Cazul 3) și cazul fără captarea CO₂ (Cazul 1). Evident, cazul cu cel mai mare impact asupra încălzirii globale îl are Cazul 1, datorită emiterii CO₂ în atmosferă. Efectul de seră pentru cazul fără captare este aproape dublu față de efectul de seră al celorlalte două cazuri în care s-a considerat captarea dioxidului de carbon prin calcium/chemical looping (1355,51 kg CO₂-Equiv./MW vs. 720,9 kg CO₂-Equiv./MW în Cazul 2 și respectiv 714,45 kg CO₂-Equiv./MW pentru Cazul 3). Din valoarea totală de 1355,51 kg CO₂-Equiv./MW pentru cazul fără captarea CO₂ o pondere de 95,15% este datorată funcționării centralei electrice, o pondere de 4,68% este datorată funcționării minei carbine iar restul până la 100% este datorat construcției centralei electrice. Valoarea efectului de seră pentru cel de-al doilea caz ce folosește captarea CO₂ prin calcium looping, mai precis valoarea de 720,9 kg CO₂-Equiv./MW, este datorată următoarelor contribuții individuale: o pondere de 79,6% provine de la centrala electrică, 10,93% provine de la funcționarea minei, 8,56% se datorează transportului și stocării CO₂, 0,5% provine din extracția și transportul calcarului iar restul este datorat construcției centralei electrice. Pentru cel de-al treilea caz distribuția contribuțiilor diferitelor subprocese este următoarea: o pondere de 74,49% provine de la centrala electrică, 8,97% se datorează procesului de extracție și concentrare a minereului de fier, 8,57% derivă din operarea minei de cărbune, 7,58% provine din transportul și stocarea CO₂, iar un procent scăzut (circa 0,27%) provine din construcția centralei electrice. Se poate concluziona, analizând datele corespunzătoare încălzirii globale (GWP) pentru Cazul 2 și Cazul 3, că nu există diferențe semnificative între cazurile ce iau în considerare captarea CO₂.

În ceea ce privește indicatorul referitor la ploile acide (Acidification Potential AP) se poate observa, analizând datele din Tabelul 2, că cea mai mică valoare se obține în primul caz (1,12 kg SO₂-Equiv./MW). Din valoarea totală anterior menționată o pondere de 95,34% derivă din funcționarea centralei electrice pe când 4,66% provine din operarea minei de cărbune. Pentru cel de-al doilea caz, valoarea indicatorului ploilor acide este de 2,18 kg SO₂-Equiv./MW cu următoarele contribuții; 51% rezultă din operarea centralei electrice, 45,65% provine din transportul și stocarea CO₂, 2,47% corespunde operării minei de cărbune și un procent redus, sub 0,5%, se datorează extracției și

transportului calcarului. Cea mai mare valoare pentru ploile acide se obține în cel de-al treilea caz (3,21 kg SO₂-Equiv./MW). Un procent de 51,6% din aceasta valoare provine de la operarea centralei electrice, 27,16% se datorează transportului și stocării CO₂, 18,62% rezultă din producția, concentrarea și transportul ilmenitului, iar restul se datorează operării minei de cărbune. Valoarea AP-ului în Cazul 3 este de aproape trei ori mai mare decât valoarea cazului de referință (Cazul 1), acest lucru datorându-se introducerii etapelor suplimentare de transport și stocare a CO₂ precum și extracției, concentrării și transportului minereului de fier, etape inexistente în cazul de referință.

Potențialul de eutrofizare - Eutrophication Potential (EP) are valoarea maximă în cazul instalației de generare a electricității fără captarea CO₂. Întregul impact se datorează centralei electrice, lucru valabil în toate cele trei cazuri analizate. Alte categorii de impact asupra mediului înconjurător cum ar fi distrugerea stratului de ozon - Ozone Depletion Potential (ODP) sau epuizarea resurselor abiotice - Abiotic Depletion Potential (ADP_{elements}) au valori mici pentru toate cazurile luate în discuție. Epuizarea resurselor fosile ADP_{fossils} are cea mai mare valoare în cel de-al doilea caz (1,47 * 10⁴ MJ/MW) deoarece în acest caz se consumă cea mai mare cantitate de cărbune (236,82 t/h în Cazul 2 versus 155,3 t/h în Cazul 1 respectiv 162,33 t/h în Cazul 3).

Cele mai bune valori pentru categoriile de impact de mediu ce au la bază concentrația letală, FAETP, HTP, TEP, MAETP se obține, de asemenea, în Cazul 1. După cum se poate observa din Tabelul 2, potențialul toxicității umane - Human Toxicity Potential (HTP) corespunzătoare cazurilor cu captare este net superioară toxicității umane din cazul instalație fără captare. Potențialul de oxidare fotochimică - Photochemical Oxidation Potential (PCOP) are valori apropiate pentru Cazurile 1 și 2, valoarea din Cazul 3 fiind de 1,5 ori mai mare decât valoarea de referință.

După cum demonstrează rezultatele comentate anterior, introducerea diferitelor tehnologii de captare a dioxidului de carbon are beneficii evidente asupra reducerii efectului de sera, lucru care nu mai este valabil în cazul celorlalte categorii unde se înregistrează o creștere semnificativă.

Pentru cea de-a doua activitate prevăzută și anume: A2 - Comparare rezultate impact de mediu pentru tehnologia de captare pe baza chemical looping cu alte tehnologii de captare CO₂ (ex. absorbție gaz-lichid) s-au luat în considerare următoarele studii de caz:

- Cazul 1: Centrală electrică pe cărbune cu funcționare în condiții supercritice fără captarea dioxidului de carbon;
- Cazul 2: Centrală electrică pe cărbune cu funcționare în condiții supercritice cu captare post-combustie a dioxidului de carbon folosind soluție de metil-dietanol-amină (MDEA);
- Cazul 3: Centrală electrică pe cărbune cu funcționare în condiții supercritice cu captare post-combustie dioxidului de carbon folosind soluție amoniacală;
- Cazul 4: Centrală electrică pe cărbune cu funcționare în condiții supercritice cu captare post-combustie dioxidului de carbon prin tehnica de calcium looping cu utilizarea oxidului de calciu ca și sorbent.

Schemele tehnologice ale celor patru cazuri luate în discuție sunt prezentate în Figurile 6 - 9, iar analiza impactului de mediu este prezentată în Tabelul 3.

Tabelul 3. Rezultatele impactului de mediu pentru activitatea A2

Indicator de mediu	Unitatea de măsură	Cazul 1	Cazul 2	Cazul 3	Cazul 4
GWP	kg CO ₂ -Equiv./MW	986	520	524	461
AP	kg SO ₂ -Equiv./MW	0,48	4,57	2,21	2,35
EP	kg Phosphate-Equiv./MW	1285,44	1739,76	1753,7	1121,86
ODP*10 ⁸	kg R11-Equiv./MW	0,66	4,14	3,08	3,55
ADP _{elements} *10 ⁴	kg Sb-Equiv./MW	4,22	4,74	5,37	4
ADP _{fossil}	MJ/MW	9868	15300	14207	14041
FAETP	kg DCB-Equiv./MW	0,32	1,73	1,12	1,41
HTP	kg DCB-Equiv./MW	3,72	58,7	22,72	24,38
PCOP	kg Ethene-Equiv./MW	0,21	2,74	0,29	0,3
TEP	kg DCB-Equiv./MW	0,09	0,49	0,34	0,49
MAETP	kg DCB-Equiv./MW	9842,07	56690	44744	54025

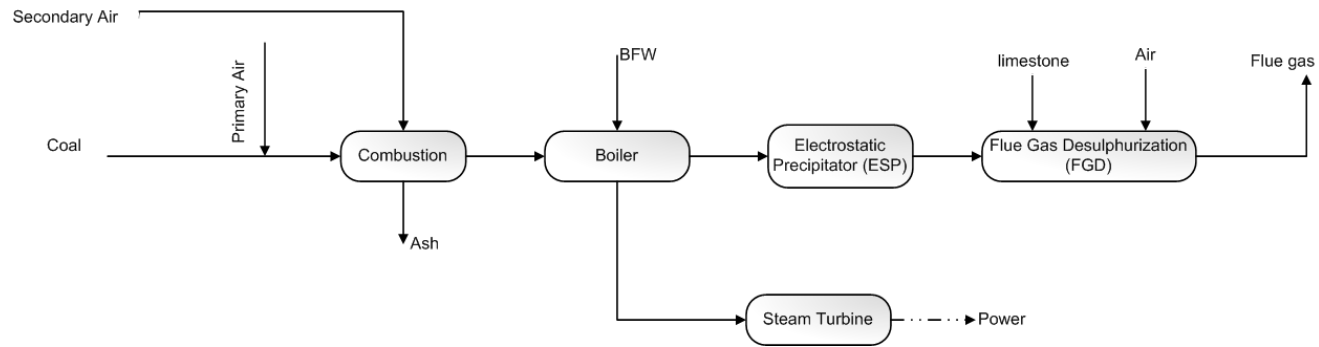


Figura 5. Schema centralei electrice pe cărbune cu funcționare în condiții supercritice fără captarea CO₂

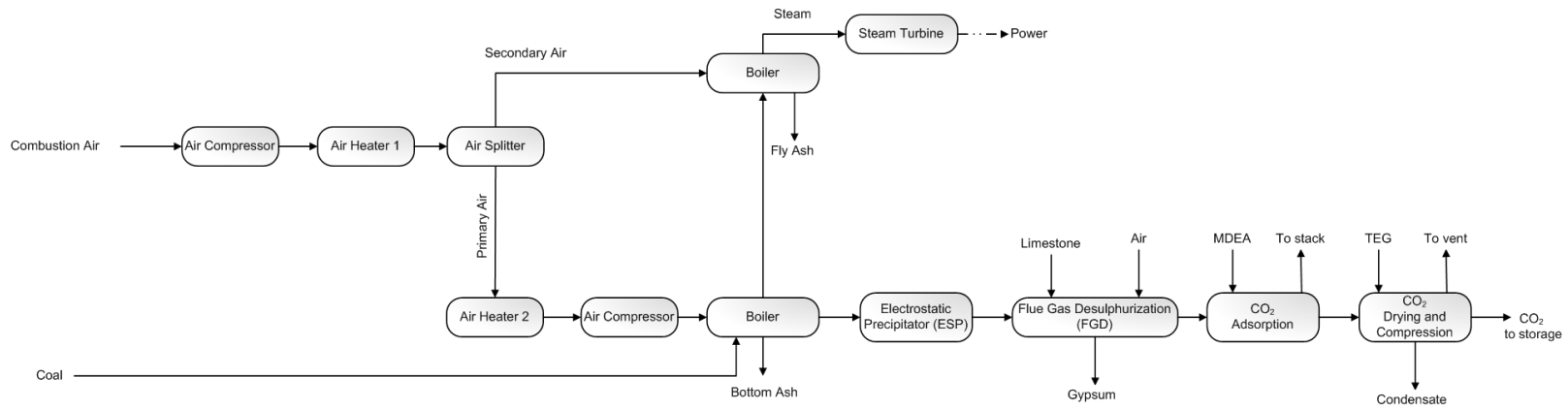


Figura 6. Schema centralei electrice pe cărbune cu funcționare în condiții supercritice cu captare post-combustie a CO₂ folosind MDEA

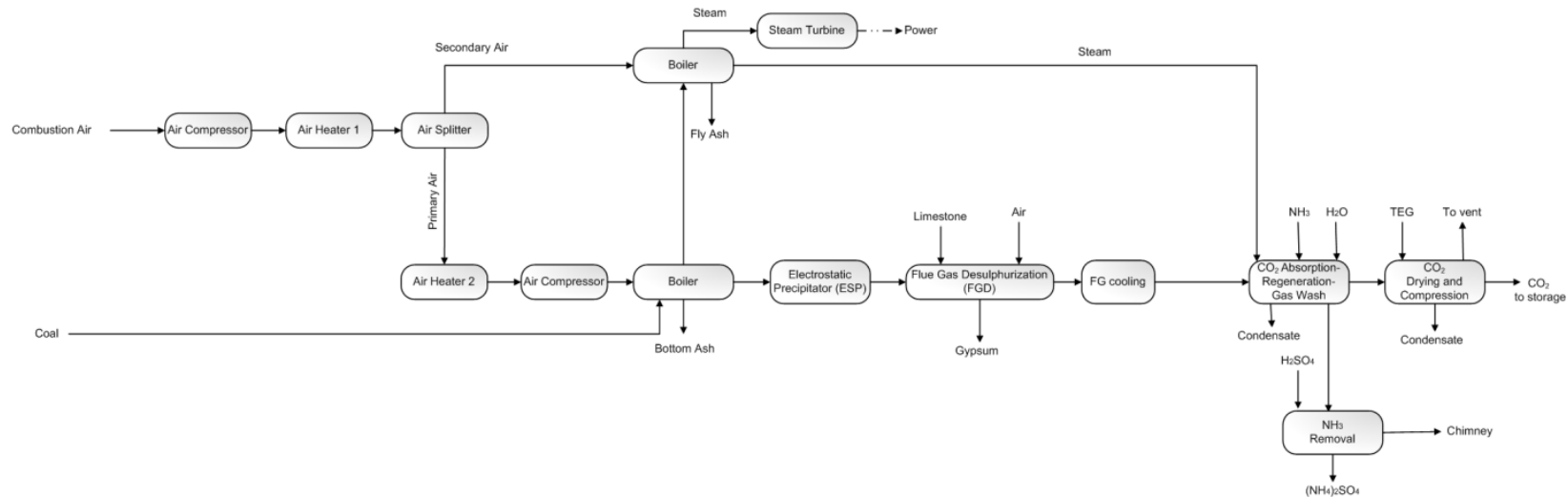


Figura 7. Schema centralei electrice pe cărbune cu funcționare în condiții supercritice cu captare post-combustie a CO₂ folosind soluție amoniacală

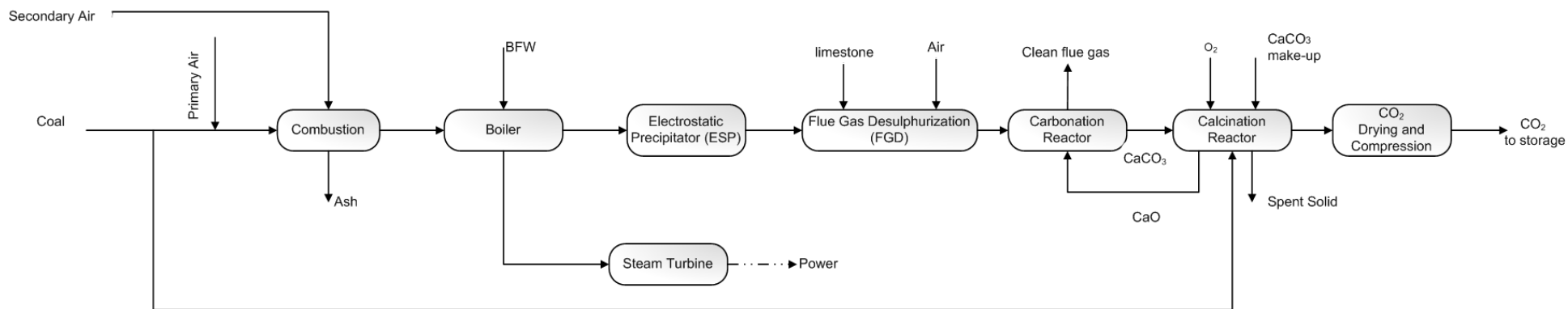


Figura 8. Schema centralei electrice pe cărbune cu funcționare în condiții supercritice cu captare post-combustie a CO₂ prin tehnica de calcium looping cu utilizarea oxidului de calciu ca și sorbent

Unitatea funcțională folosită în analiza de tip LCA a fost, ca și în cazul precedent, un MW net de electricitate generată. Bilanțurile de masă și energie provenite în urma simulării în ChemCAD precum și diferite date din literatura de specialitate au stat la baza analizei de tip LCA. Datele au fost normalizate la unitatea funcțională aleasă. Și în acest caz s-a realizat o analiză de tipul „cradle-to-grave”. O prezentare schematică a domeniului de aplicare a analizei de tip LCA pentru Cazul 2 (a frontierelor sistemului), apare în Figura 9. Scheme conceputale similare au fost propuse pentru toate cazurile analizate.

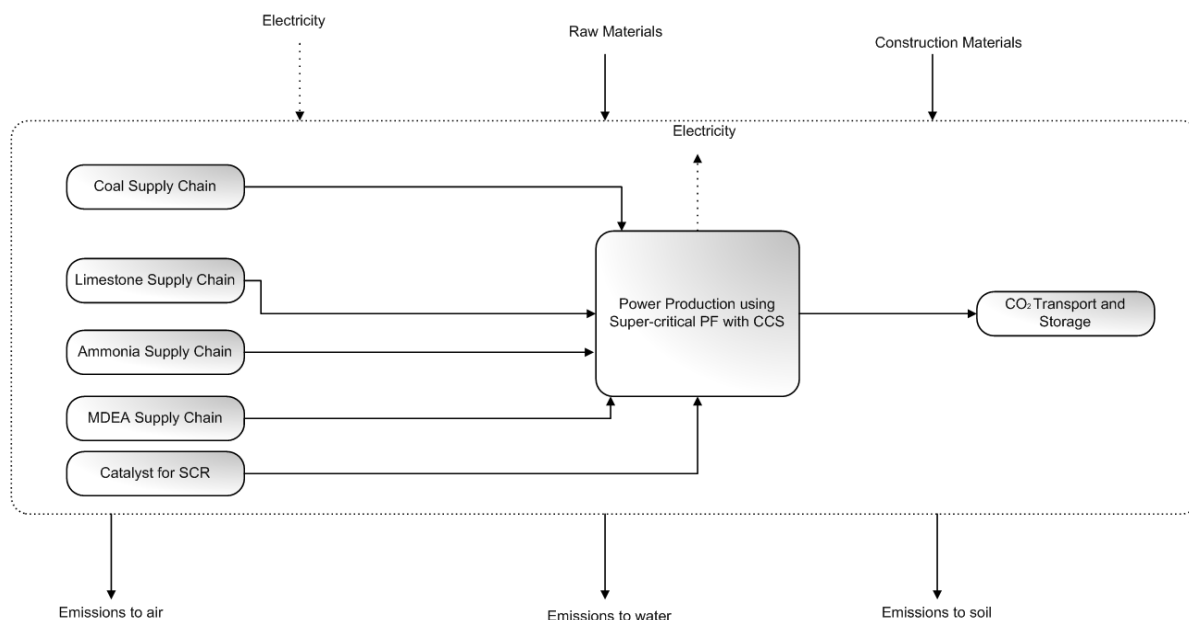


Figura 9. Domeniul de aplicare a analizei de tip LCA pentru Cazul 2

Rezultatele impactului de mediu pentru activitatea A2 sunt prezentate în Tabelul 3. După cum se poate observa există diferențe semnificative, în ceea ce privește efectul de seră, între cazurile ce iau în considerare captarea dioxidului de carbon (Cazul 2, 3, 4) și cazul în care captarea dioxidului de carbon nu este considerată (Cazul 1). Pentru cel din urmă caz, valoarea încălzirii globale este maximă datorită emiterii CO₂ în atmosferă. Analizând îndeaproape valoarea maximă luată în discuție (986 kg CO₂-Equiv./MW) se poate spune că din aceasta 900,5 kg CO₂-Equiv./MW este datorată funcționării centralei electrice, 66,7 kg CO₂-Equiv./MW provine din operarea minei de unde se extrage cărbunele și o contribuție redusă de 12,37 kg CO₂-Equiv./MW se datorează utilizării amoniacului din etapa de reducere catalitică a NO_x (Selective Catalytic Reduction - SCR), restul de 3,25 kg CO₂-Equiv./MW provenind din procesul de extracție și transport a calcarului utilizat în etapa de desulfurare a gazelor.

Pentru cel de-al doilea caz valoarea totală a GWP-ului este de 519,72 kg CO₂-Equiv./MW. Centrala electrică împreună cu unitatea de captare a dioxidului de carbon ce utilizează ca și solvent o amină (MDEA) are o contribuție de 216,92 kg CO₂-Equiv./MW din valoarea totală anterior menționată. La rândul său, din valoarea de 216,92 kg CO₂-Equiv./MW, aproape jumătate, mai precis, 90,59 kg CO₂-Equiv./MW provine de la centrala electrică. Contribuții semnificative la valoarea totală a efectului de seră pentru Cazul 2 o au și alte procese după cum urmează: 84,27 kg CO₂-Equiv./MW corespunde operării minei de cărbune, 75,12 kg CO₂-Equiv./MW provine de la transportul și stocarea CO₂, 64,27 kg CO₂-Equiv./MW este contribuția adusă de procesul de obținere al solventului - MDEA și 52,76 kg CO₂-Equiv./MW derivă din construcția infrastructurii de transport a CO₂.

În cazul în care captarea CO₂ se face folosind soluție amoniacală (Cazul 3) valoarea efectului de seră este mai mare dacă comparația se face cu solventul MDEA (523,92 kg CO₂-Equiv./MW vs. 519,72 kg CO₂-Equiv./MW) dar este mai mică dacă comparația se face cu procesul de referință (523,92 kg CO₂-Equiv./MW vs. 986 kg CO₂-Equiv./MW). Distribuția valorii totale a GWP-ului pentru Cazul 3 este următoarea: 290,17 kg CO₂-Equiv./MW se datorează funcționării centralei electrice, 82,36 kg CO₂-Equiv./MW se datorează funcționării minei, 69,44 kg CO₂-Equiv./MW provine de la transportul și stocarea CO₂, 52,76 kg CO₂-Equiv./MW se datorează construcției infrastructurii de transport a CO₂ și 15,26 kg CO₂-Equiv./MWh reprezintă impactul etapei SCR. Valoarea efectului de seră pentru centrala electrică se distribuie, la rândul său, astfel: 150,24 kg CO₂-Equiv./MW se datorează funcționării propriu-

zise a centralei, 121,23 kg CO₂-Equiv./MW corespunde extracției și transportului cărbunelui și o cantitate de 14,77 kg CO₂-Equiv./MW provine din procesul de producție a amoniacului.

În cazul în care captarea CO₂ se face prin tehnica de calcium looping cu utilizarea oxidului de calciu ca și sorbent (Cazul 4) valoarea efectului de seră este de 461,38 kg CO₂-Equiv./MW. Din această valoare o cantitate de 192,14 kg CO₂-Equiv./MW provine de la operarea centralei electrice, 80,48 kg CO₂-Equiv./MW se datorează operării minei de cărbune, 72,75 kg CO₂-Equiv./MWh este reprezentată de transportul și stocarea CO₂, o cantitate de 52,76 kg CO₂-Equiv./MWh provine din construcția infrastructurii pentru transportul CO₂, 43,49 kg CO₂-Equiv./MWh se datorează extracției și transportului calcarului necesar obținerii sorbentului și 15,26 kg CO₂-Equiv./MW este datorat etapei de SCR. Din valoarea corespunzătoare operării centralei electrice, mai exact din valoarea de 192,14 kg CO₂-Equiv./MW se poate distinge următoarea distribuție: 70 kg CO₂-Equiv./MW provine din operarea propriu-zisă a centralei și a instalației de captare corespunzătoare iar 118,47 kg CO₂-Equiv./MW provine din extracția, procesarea și transportul cărbunelui utilizat atât în centrala electrică cât și în instalația de calcium looping.

Analizând datele din Tabelul, 3 se poate observa că cea mai mare valoare pentru indicatorul legat de ploile acide (AP), 4,57 kg SO₂-Equiv./MW, se obține în Cazul 2. O contribuție semnificativă este adusă în acest caz de procesul de obținere al solventului. Valorile ploilor acide sunt apropiate când captarea dioxidului de carbon se face folosind soluție amoniacală sau sorbent oxid de calciu (Cazul 3 și Cazul 4), și anume 2,21 kg SO₂-Equiv./MW pentru Cazul 3 vs. 2,35 kg SO₂-Equiv./MW pentru Cazul 4. Aceste valori sunt de circa cinci ori mai mari decât valoarea obținută în cazul de referință (Cazul 1). Etapa de transport și stocare a CO₂ precum și cea de asamblare și dezasamblare a infrastructurii de transport a CO₂ au contribuții semnificative în cazul ploilor acide, aceste etape nefiind considerate în procesul de referință. Etapele anterior menționate explică valorile de până la cinci ori mai mari în cazurile 3 și 4 față de Cazul 1.

Potențialul de eutrofizare, Eutrophication Potential (EP), are cea mai mare valoare și anume 1753,7 kg Phosphate-Equiv./MWh în Cazul 3, când captarea se face folosind soluție amoniacală. Întreaga contribuție la această valoare se datorează funcționării centralei electrice. O valoare foarte apropiată pentru această categorie de impact de mediu, mai exact 1739,76 kg Phosphate-Equiv./MW, se obține în Cazul 2, unde solventul MDEA se utilizează pentru captarea CO₂. Cel mai redus potențial de eutrofizare, 1121,86 kg Phosphate-Equiv./MW, corespunde Cazului 4 în care oxidul de calciu este folosit pentru îndepărtarea CO₂.

Alte categorii de impact de mediu, spre exemplu distrugerea stratului de ozon (ODP) sau ADP elements, au valori reduse în toate cazurile. Epuizarea resurselor abiotice fosile - Abiotic Depletion Potential fossil (ADP_{fossil}) are valoarea cea mai mică, 9868 MJ/MW, în primul caz. Operarea centralei electrice contribuie aproape în totalitate la această categorie de impact de mediu. Cea mai mare valoare pentru ADP_{fossil}, 15300 MJ/MW se obține în Cazul 2. Procesele care contribuie la creșterea semnificativă a epuizării resurselor abiotice fosile sunt: transport și stocarea CO₂, construcția infrastructurii de transport a CO₂, procesul de producție al solventului MDEA.

Cele mai bune valori ale categoriilor de impact de mediu ce derivă din concentrația letală, FATEP, MAETP, HTP, TEP se obțin în Cazul 1. Cea mai mică valoare pentru potențialul de oxidare fotochimică - Photochemical Oxidation Potential (PCOP) se obține tot în cazul fără captarea dioxidului de carbon. Cazurile 3 și 4 au valori apropiate pentru acest indicator de mediu. Valorile luate în discuție sunt 0,29 kg Ethene-Equiv./MW pentru Cazul 3 respectiv 0,3 kg Ethene-Equiv./MW pentru Cazul 4. O situație aparte are loc în cel de-al doilea caz când amina este folosită pentru captarea CO₂. Procesul de obținere al solventului MDEA are o contribuție semnificativă în cel de-al doilea caz.

Din rezultatele prezentate se poate observa competiția dintre tehnologia de captare cu soluție amoniacală și cea bazată pe oxidul de calciu. Unii indicatori cum ar fi AP, EP sau cei ce derivă din concentrația letală au valori mai bune în cazul utilizării soluției amoniacale pe când alți indicatori cum ar fi ADP_{fossil}, ADP_{elements} și EP au valori mai bune în cazul utilizării oxidului de calciu. O prezentare detaliată a acestor rezultate este realizată în articolul publicat în cadrul proiectului [4].

Director de proiect
Prof. Dr. Ing. Călin-Cristian Cormoș

