

IMPACTUL FILIEREI DE COGENERARE ASUPRA MEDIULUI – METODE DE EVALUARE

V. ATHANASOVICI, Roxana PĂTRAȘCU, V. MINA

UNIVERSITATEA POLITEHNICA București

Abstract. The cogeneration system's impact over the environment is evaluated by using the quantification of its own direct and indirect ecological effects: the emission of certain substances, the unregenerable natural resources consumption. The main steps of this method are: realising the balance sheet matter– power, determination of the emitted pollutants quantity, evaluating the environmental impact.

1. ASPECTE GENERALE PRIVIND COGENERAREA ȘI MEDIUL

Cogenerarea reprezintă una dintre cele mai economice „tehnologii de reducere” a emisiilor de gaze cu efect de seră, rol recunoscut oficial de către Uniunea Europeană, alături de utilizarea energiilor regenerabile.

În deschiderea Conferinței de la Kyoto, Comisia a identificat cogenerarea ca fiind principala măsură care conduce la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră, având un potențial de până la 180 milioane tone pe an.

În promovarea soluțiilor noi de cogenerare dar și în evaluarea celor existente, se pune problema cuantificării economice a efectelor asupra mediului, a fiecăreia dintre soluțiile propuse.

În cazul comparației diferitelor filiere de cogenerare: turbine cu abur (TA), turbine cu gaze (TG), motoare termice (MT), pentru selectarea soluției optime, decizia finală o are factorul economic, a cărui concluziune este mai mare dacă are înglobat și efectul ecologic.

În general, efectele diferitelor filiere de cogenerare asupra mediului sunt cuantificate ecologic prin indicatori de impact, cum sunt: epuizarea resurselor neregenerabile, eutrofizarea, efectul de seră, acidificarea, poluarea foto-oxidantă, etc. Analiza de mediu, pe baza indicatorilor determinați, se poate face „impact cu impact”, dar și „global”, având în vedere ponderea diferitelor tipuri de impact în efectul global. Concluziile rezultate dintr-o astfel de analiză nu sunt cuantificabile economic în mod direct. De aceea se impune „internalizarea” efectelor ecologice în costul (respectiv prețul) celor două forme de energie produse, energia electrică și căldura.

În sfera impactului asupra mediului a proceselor de producere a diferitelor forme de energie, „externalitățile” reprezintă efectele indirecte induse de aceste procese. În domeniul producerii energiei, „externalitățile” sunt materializate de diferitele tipuri de impact asupra mediului (ISO 14040 (1997). Analyse de Cycle de Vie. Principe et cadre, Genève, 1997).

În general, încorporarea costurilor impactului asupra mediului în prețul energiei se numește „internalizare” și se poate realiza atât prin metode directe, cât și indirecte.

2. ANALIZA CICLULUI DE VIAȚĂ (ACV) - METODĂ DE ANALIZĂ A IMPACTULUI ASUPRA MEDIULUI A DIFERITELOR FILIERE DE COGENERARE

Scopul evaluării impactului sistemelor de cogenerare asupra mediului este identificarea potențialelor consecințe asupra acestuia. Principalele obiective urmărite sunt:

- sănătatea oamenilor;
- echilibrul ecosistemelor;
- economia de resurse naturale.

În tabelul 1 sunt sintetizate principalele tipuri de impact produse de filierele de cogenerare asupra mediului (***) Législation communautaire en matière d'environnement, Volume 2, Air CCE, Bruxelles, 1998).

Tabelul 1. Tipuri de impact asupra mediului

Tipul de impact	Acțiunea
Epuizarea rezervelor de resurse naturale	Consumul de rezerve neregenerabile
Efectul de seră	Emisia gazelor cu efect de seră: CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CFC, O ₃ , NO _x , CO, COV
Degradarea stratului de ozon	Emisia gazelor cu efect fotochimic (CFC)
Toxicitate și ecotoxicitate	Emisii de substanțe chimice, căldură, emisii radioactive
	Emisii chimice: SO ₂ , NO ₂ , HCl
	Emisii de elemente ca azot, fosfor în componentă apelor uzate
Factori perturbatori	Emisii sonore
	Emisii mirositoare
	Gradul de ocupare a unei suprafețe și a timpului
	Construcții (înălțime, volum, formă)

O abordare complexă a diferitelor filiere de cogenerare, din punct de vedere al impactului asupra mediului, se poate face prin aplicarea Analizei ciclului de viață (ACV).

Aplicarea metodologiei ACV, în cazul sistemelor de cogenerare, presupune parcurgerea următoarelor etape metodologice (stabilite prin normele ISO 14040):

- Stabilirea etapelor ciclului de viață a combustibilului, utilizat în soluția de cogenerare. În general, se pot considera două etape principale:

- etapa anterioară transformării combustibilului în cadrul sursei (fazele de: extracție, prelucrare și transport);

- etapa arderii combustibilului și conversiei energiei în cadrul centralei de cogenerare (CET), sau în cazul producerii separate: în centrale termoelectrice (CTE) – pentru energie electrică și în centrale termice (CT) – pentru căldură.

- Realizarea bilanțului materie – energie pentru sistemul de cogenerare considerat;

- Calculul cantităților de poluanți emiși în etapele ciclului de viață;

- Evaluarea impactului asupra mediului.

Tipul și cantitatea emisiilor aferente diferitelor filiere de cogenerare dar și producerii separate: a energiei electrice în centrale termoelectrice (CTE) și a căldurii în centrale termice (CT), sunt dependente de etapele ciclului de viață considerate, de elementele caracteristice și transformările care au loc în cadrul acestora.

Pentru exemplificare, în tabelul 2 sunt prezentate emisiile aferente etapei ciclului de viață anterioare sursei de energie, fazele de: extracție – prelucrare – transport, pentru diferite tipuri de combustibil.

Tabelul 2. Emisii aferente etapei „A” (global: extracție - prelucrare - transport) anterioare intrării combustibilului la sursa de energie

Tip emisie	Valoare emisie g/100kWh energie utilă
• Gaz natural	
CH ₄	0,1
praf	5,28.10 ⁻³
CO	1,85
SO _x	13,4
NO _x	9,94
CO ₂	671
HC	1,19
• Păcură	
CH ₄	1,24
Praf	1,33
CO	1,5
SO _x	27,1
NO _x	39,1
CO ₂	4520
HC	11,1
• Cărbune	
Praf	260

Notă: emisiile aferente extracției, prelucrării și transportului combustibilului sunt considerate în condițiile unor randamente medii: $\eta_{ex}=0,97$; $\eta_{prel}=0,71$; $\eta_{tr}=0,95$.

Emisiile aferente etapei „B” a ciclului de viață: transformări energetice în cadrul sursei de energie, sunt prezentate în tabelul 3, specificându-se totodată condițiile specifice în care apar aceste emisii [3].

Tabelul 3. Emisii aferente etapei „B” - transformării combustibilului la sursa de energie.
Combustibil – gaz natural

Tip sursă - energie produsă	Tip emisie	Valoare emisii (g/100kWh)	
CT - căldură	Praf	0,7	
	CO	9,1	
	NO _x	12	
	HC	1,5	
	CO ₂	29081	
CET (TG) căldură + energie electrică		Putere <20MW	Putere >20MW
	Praf	2.15	0.715
	CO	14.3	14.3
	SO _x	157	1.43
	NO _x	21.5	14.3
	CO ₂	2.2.10 ⁴	2.2.10 ⁴
CET (MT) căldură + energie electrică		Putere <20MW	Putere >20MW
	Praf	6.34	12.7
	CO	101	82.4
	SO _x	380	4.44
	NO _x	63.4	63.4
	CO ₂	2.9.10 ⁴	2.9.10 ⁴
CTE - energie electrică	Praf	8,27	
	CO	32,26	
	NO _x	180,19	
	HC	14,55	
	CO ₂	96706	
	SO _x	21,7	
	CH ₄	223	

Notă: Putere calorică, $H_i = 35\ 600\ \text{kJ/m}^3_N$ volum gaze de ardere, $V_g = 10,85\ \text{m}^3_N/\text{m}^3_N$; $\eta_{CT} = 0,83$; $\eta_{TG} = 0,78$; $\eta_{MT} = 0,88$; $\eta_{CTE} = 0,43$.

3. SITUAȚIA PE PLAN MONDIAL PRIVIND EVALUAREA ECONOMICĂ A IMPACTULUI ASUPRA MEDIULUI A DIFERITELOR SOLUȚII DE COGENERARE

Pe plan mondial, printre cele mai utilizate metode directe de „internalizare” a „externalităților” de mediu sunt:

- aprecierea valorii statistice a unei vieți umane – VOSL (Value of Statistical Life);
- cuantificarea valorică a unui an de viață pierdut datorită degradării mediului – YOLL (Years of Life Lost);
- taxe și penalități de mediu.

Evaluarea monetară prin metoda VOSL se exprimă prin relația:

$$\text{VOSL} = \text{WTP} / \text{MRD}$$

în care: WTP reprezintă disponibilitatea individului afectat de a plăti pentru a evita impactul negativ al poluării iar MRD - modificarea riscului de deces. Ca valori uzuale în studiile europene se consideră VOSL în

intervalul 2.6 – 3.6 MECU (1995) iar YOLL în jur de 70000 ECU (1995).

În evaluarea „externalităților”, prin aceste metode, intervin diferite grade de incertitudine: date statistice cu caracter tehnic, epidemiologice, modele meteo de împrăștiere a emisiilor etc.

De aceea, cele mai uzuale metode de evaluare a externalităților de mediu sunt taxele de mediu (ecotaxe).

4. ECOTAXELE – METODĂ DE „INTERNALIZARE” A „EXTERNALITĂȚILOR” DE MEDIU

Dificultatea aplicării ecotaxelor constă în stabilirea legăturii directe între „efecte” (indicatorii de mediu) și taxele propriu-zise (valorile economice).

În cele ce urmează sunt specificate principalele tipuri de taxe de mediu aplicate în prezent și caracteristicile acestora.

- **Taxa pe energie** – este o taxă de tip cantitativ, se aplică asupra consumului de energie. Pe baza acesteia sunt promovate măsurile de economisire a energiei și eficientizare energetică. Aceste taxe se aplică atât în sfera producerii cât și a consumului (utilizării) energiei.
- **Taxa pe carbon** – este o taxă de tip calitativ, rolul determinant îl are conținutul de carbon al combustibilului ars. Aceasta poate constitui o motivație pentru schimbarea structurii consumului de combustibil, nu numai energetic dar și tehnologic.
- **Taxa mixtă (carbon/energie)** – înglobează atât aspecte cantitative dar și calitative îmbinând elementele menționate anterior.

Studiile europene în domeniu, subliniază principala caracteristică a taxelor de mediu care, spre deosebire de celelalte taxe, îmbunătățesc eficiența energetică și implicit și pe cea economică. Această caracteristică rezultă din faptul că taxele de mediu stimulează interesul simultan pentru: utilizarea resurselor energetice curate, regenerabile, alături de tehnologiile curate de producere (tehnologii cu eficiență energetică ridicată și poluare redusă).

5. EFECTELE ECOTAXELOR ASUPRA COSTURILOR DE PRODUCERE A ENERGIEI ELECTRICE ȘI TERMICE

Cuantificarea economică a efectelor ecologice ale diferitelor filiere de cogenerare, trebuie să se reflecte în costurile de producere, respectiv prețurile energiei electrice și căldurii.

O importanță deosebită o are stabilirea prealabilă a ipotezelor în care se face analiza ecologică și economică, precum și a legăturilor existente între valorile ecologice (mărimea emisiilor, a indicatorilor de impact) și valorile economice corespunzătoare (taxa pe energie, taxa pe carbon, taxa mixtă, alte taxe pe diverși poluanți - în cazul existenței acestora).

În cadrul costului de producție al celor două forme de energie, o pondere importantă o au cheltuielile anuale variabile cu combustibilul. Această componentă se consideră ca fiind afectată de „externalitățile” de mediu, efectul fiind atât direct, cât și indirect.

Efectul direct este cuantificat ecologic prin mărimea emisiilor aferente iar economic prin mărimea taxelor pe poluanți (taxa pe carbon).

Efectul indirect este cuantificat ecologic prin indicatorul de impact „mărimea consumului de combustibil”, iar economic prin mărimea taxei pe energie (consum de combustibil).

Utilizarea ecotaxei mixte (carbon/energie) permite înglobarea în costurile energiei electrice și a căldurii atât a aspectelor cantitative, cât și a celor calitative.

În vederea determinării efectelor ecotaxelor asupra costurilor de producție este necesară:

- determinarea consumurilor de combustibil și a cantităților de poluanți asociate tuturor etapelor ciclului de viață a combustibilului, considerate anterioare surselor de cogenerare (extracție, prelucrare, transport) și transformărilor energetice din cadrul acestora ;
- existența cadrului legislativ privind aplicarea ecotaxelor (calitative, cantitative, mixte).

Determinarea randamentului energetic global al utilizării unui tip de combustibil în vederea obținerii unei cantități utile de energie într-o sursă de cogenerare, se face aplicând transformările energetice de la etapa „consum” către etapa „extracție”, având în vedere pierderile energetice care apar în cadrul lanțului energetic.

Pentru exemplificarea internalizării externalităților de mediu, s-a determinat creșterea costurilor de producere a căldurii și energiei electrice în următoarele condiții :

- s-au considerat ca soluții alternative de cogenerare : TG, MT, TA și producerea separată a căldurii în CT și a energiei electrice în CTE ;
- aplicarea ecotaxei pe carbon (10\$/t CO₂) ;
- pentru toate soluțiile de alimentare cu energie s-a considerat ca tip de combustibil gazul natural ;
- instalațiile de cogenerare utilizate în cadrul soluțiilor analizate se încadrează în domeniul de putere <20MW .

În aceste condiții, rezultatele obținute sunt sintetizate în tabelul 4.

Tabelul 4. Efectul ecotaxelor (pentru emisiile de CO₂) asupra costurilor de producere a căldurii și energiei electrice

Tehnologia	Emisii poluante (g/kWh _{ech})	Efectul asupra costului (\$/MWh _{ech})
Turbine cu gaze (CET-TG) ¹⁾	220	2,20
Motoare termice (CET- MT) ²⁾	290	2.90
Turbine cu abur (CET - TA) ³⁾	484	4,84
Centrale termice (CT) – căldură ⁴⁾		
Centrale termoelectrice (CTE) – energie electrică ⁵⁾	629	6,29

Notă: randamentele globale – valori medii, considerate pentru tipurile de surse de energie : 1) η = 0,78 ; 2) η = 0,88 ; 3) η = 0,78 ; 4) η = 0,82; 5) η = 0.43.

În cazul cogenerării, efectul ecotaxelor asupra costurilor de producere a celor două forme de energie : căldură și energie electrică, este dependent de politica producătorului de energie privind repartizarea cheltuielilor pe cele două « produse ».

6. CONCLUZII

Aplicarea metodologiei prezentate este posibilă în condițiile existenței în cadrul sistemului legislativ aferent mediului, a valorilor ecotaxelor pe poluanți și pe energie.

Sub aspect economic, efectul indirect - taxa pe energie, este mai ușor de cuantificat, respectiv determinarea consumului de combustibil se poate face cu mai mare exactitate comparativ cu determinarea maselor de poluanți care reprezintă suportul material pentru cuantificarea economică a efectelor indirecte - taxa pe poluanți (carbon). Înglobarea efectelor de mediu în cadrul costului celor două forme de energie, este mai

exactă în cazul considerării întregului ciclu de viață a combustibilului utilizat pentru producerea celor două forme de energie. Determinarea maselor de poluanți aferente etapelor de extracție, prelucrare și transport este mai dificilă datorită lipsei de informații complete privind randamentele și consumurile energetice. Creșterea gradului de precizie în determinarea datelor aferente acestor etape, îmbunătățește corelarea efectelor ecologice cu cele economice, pentru întreaga durată a ciclului de viață.

BIBLIOGRAFIE

ISO 14040 (1997). Analyse de Cycle de Vie. Principe et cadre, Genève, 1997.

*** Législation communautaire en matière d'environnement, Volume 2, Air CCE, Bruxelles, 1998.

*** European Comission, DG XII, Extern - Externalities of Energy, vol 1 - 6, 1995.

Emil V. Jugureanu

PROCESE ÎN MAȘINI ȘI INSTALAȚII FRIGORIFICE

Vol I și II, 728 p., Editura CERMI, Iași, 2001

Manualul prezentat prin abordarea amplă a tematicii, constituie un tratat în care se analizează problemele de bază care guvernează procesele frigorifice. El este alcătuit în două volume și grupează materialele tratate pe 13 capitole.

În capitolul 1 (20 pagini) se prezintă unele aspecte generale privind procesele de producere a frigului.

Capitolul 2 (10 pagini) cuprinde metodele de producere a frigului.

În capitolul 3 (40 pagini) sunt prezentate proprietățile fizice și termodinamice ale agenților frigorifici și sunt prezentați agenții de substituție în vederea protejării mediului ambiant.

În capitolul 4 (55 pagini) se tratează exergia și anergia, diagramele exergetice, noțiuni care în cadrul cursului stau la baza analizei proceselor frigorifice. Capitolul 5 (25 pagini) cuprinde instalațiile frigorifice cu comprimarea mecanică a aerului. Se analizează diagramele $T-s$ și $ex-i$, atât pentru procesul teoretic, cât și pentru cel real. Capitolul 6 (90 pagini) tratează instalațiile frigorifice cu comprimare mecanică de vapori. Se prezintă diagramele de bază, $T-s$, $p-i$ și $ex-i$, cu trasarea curbelor principale. Se discută factorii care contribuie la îmbunătățirea procesului teoretic de producere a frigului prin comprimarea vaporilor de agent frigorific. Capitolul 7 (50 pagini) cuprinde instalațiile frigorifice cu ejecție. Se prezintă procedeele de calcul al ejectorului și al procesului de ejecție. Se analizează sub aspect exergetic procesul teoretic și procesul real. În capitolul 8 (160 pagini) se prezintă instalațiile frigorifice prin absorbție cu soluție hidroamoniacală. Se face un studiu amănunțit al proceselor de amestecare și separare, cu întocmirea bilanțurilor energetice și de masă. Se analizează cele 8 procese fundamentale. Se prezintă schemele de funcționare, cu ciclurile respective, pentru o treaptă și pentru mai multe trepte, atât pentru procesul teoretic cât și pentru cel real. Capitolul 9 (40 pagini) tratează instalațiile frigorifice cu absorbție cu soluție de bromură de litiu. Se prezintă diverse tipuri de instalații, cu ciclurile de funcționare în diagramele $p-i$ și $i-\xi$. În capitolul 10 (10 pagini) se prezintă o instalație frigorifică cu absorbție cu soluție de bromură de litiu - metanol, realizată în cadrul Laboratorului de Frigotehnie de la Facultatea de Mecanică, Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” Iași. Capitolul 11 (12 pagini) cuprinde instalațiile frigorifice cu absorbție și gaz compensator care stau la baza frigiderului FRAM. Capitolul 12 (45 pagini) cuprinde mașini frigorifice cu răcire termoelectrică. Se discută comparativ conductivitatea termică și conductivitatea electrică, efectul Seebeck și efectul Peltier. Se prezintă baterii termoelectrice de răcire în trepte. Capitolul 13 (120 pagini) tratează procesele din domeniul frigului adânc. Se studiază procesul ideal și procesul real de lichefiere - respectiv procedeele Linde, Claude, Heylandt. Se prezintă diverse procedee de lichefiere a hidrogenului. Se mai discută producerea frigului adânc prin procedee bazate pe ciclul Stirling și procedeul Gifford - McMahon. Se prezintă diverse procedee termodinamice obținute în heliu la temperaturi foarte scăzute. Se dau câteva metode de măsurare a temperaturii până la 1K și sub 1K.

Se remarcă faptul că instalațiile frigorifice au fost analizate în baza principiilor I, II și III ale termodinamicii, la fiecare tip de instalație făcându-se o prezentare exergetică, cu explicarea fenomenelor clar și la un înalt nivel științific. S-a pus accentul atât pe tratarea analitică, cât și pe cea fenomenologică.

Prof. dr. ing. Victor Zubcu

