

Schimbările climatice și efectele lor asupra solului. Activitățile economice care generează gaze cu efect de seră. Reglementări internaționale și europene. Inter-relațiile dintre sol și gazele cu efect de seră (bioxid de carbon, metan, protoxid de azot)

Schimbările climatice sunt o caracteristică a istoriei planetei noastre. Pământul a suferit în decursul istoriei sale o serie de modificări majore ale climei, iar acum suntem în cadrul unui proces de încălzire treptată. Acest proces de încălzire treptată a început de la sfârșitul ultimei glaciațiuni, în urmă cu 10.000 de ani. În ultimii 100 ani însă temperatura a crescut de două ori mai rapid, iar consecințele ar putea fi devastatoare.

Termenii "încălzire globală" și "efect de seră" au ajuns pe prima pagină a ziarelor abia în anii 1980. Experții în protecția mediului care lucrau în Hawaii au descoperit că, în perioada 1959-1983, cantitatea de bioxid de carbon din atmosferă crescuse cu 8%, iar această creștere se corela cu creșterea temperaturii. Acum este larg acceptat faptul că gazele cu efect de seră produse de activitățile umane sunt principala cauză a acestei probleme a încălzirii accelerate a Pământului.

Trebuie precizat că efectul de seră al gazelor din atmosferă este esențial pentru ca viața să existe pe Pământ. Anumite gaze din atmosferă se comportă precum pereții de sticlă ai unei sere: rețin o parte din radiațiile infraroșii (căldura) reflectate de suprafața pământului și astfel mențin planeta la o temperatură suficient de ridicată pentru a întreține viața. Fără acest efect de seră temperatura medie a Pământului ar fi de -18°C .

Mecanismul producerii efectului de seră de către gazele cu efect de seră din atmosferă este prezentat în detaliu în fig.1.



Fig.1. Mecanismul producerii efectului de seră de către gazele cu efect de seră din atmosfera pământului.

În atmosfera Pământului cele mai importante gaze cu efect de seră (GHG – *greenhouse gases* – GES = gaze cu efect de seră) sunt: bioxidul de carbon (CO_2), metanul (CH_4), (hidro)halogenocarburi și halogensulfururile (rezultate din activitățile umane), protoxidul de azot (N_2O), ozonul (O_3), vaporii de apă (H_2O), aerosolii etc.

Deși schimbările climatice sunt prezentate deseori sub denumirea de "încălzire globală" rezultatul pentru Europa s-ar putea să fie o nouă eră glaciară, datorită în primul rând modificărilor curenților oceanici și în special a Gulfstream-ului (fig.2).



Fig.2. Curenții oceanici cu impact major asupra climei Europei.

Curentul Golfului ia naștere în apropierea Ecuatorului, se îndreaptă spre Caraibe și apoi o ia drept spre Nordul Atlanticului. Pe măsură ce înaintează spre nord apa caldă a curentului Golfului (care, la Ecuator are 26-28°C) se evaporă – fapt care determină creșterea concentrației de săruri. La circa 55 grade latitudine nordică apele sărate ale curentului Golfului devenind mai dense, coboară la adâncimi mai mari (2000-3000 m) fiind împinse înapoi spre punctul de plecare. În dreptul Ecuatorului apele reci ies la suprafață, se încălzesc și ciclul se reia. După cum se vede totul se datorează diferențelor de temperatură, de salinitate și de densitate ale apelor Oceanului Atlantic. Dacă ghețurile polare s-ar topi apa oceanului Atlantic în zona sa nordică s-ar îndulci, iar modificările de salinitate ar putea perturba delicatul echilibru care determină curentul Golfului. Iar dacă apele calde nu ar mai scălda coastele nordice ale Europei și insulelor adiacente clima acestor zone s-ar modifica dramatic. Islanda, Norvegia, Finlanda, Suedia, nordul Marii Britanii (Scoția și Nordul Angliei) ar fi acoperite de ghețuri veșnice.

Un alt aspect aparent paradoxal al acestor schimbări climatice este aridizarea asociată inundațiilor. Acest rezultat aparent paradoxal este datorat modificărilor tiparului precipitațiilor: ierni blânde cu ploi producătoare de inundații, veri cu temperaturi mai ridicate și cu precipitații mai rare și mult mai violente și mai importante din punct de vedere cantitativ. Deja modificarea climatului a determinat valuri de inundații succesive în 2005 în România (țară continentală) și o secetă prelungită în Portugalia (țară oceanică).

Pentru că generează un lanț de efecte (unele aflate într-un feed-back pozitiv) creșterea concentrațiilor de gaze de seră în atmosfera reprezintă unul dintre cele mai mari pericole la adresa viitorului societății umane.

Schimbările climatice au efecte multiple asupra solurilor, multe dintre efecte potențându-se reciproc în feed-back-uri de tip pozitiv (care duc în final la amplificarea fenomenelor inițiale). Aceste fenomene sunt prezentate (cu inter-relațiile lor de tip feed-back pozitiv) în fig. 3.

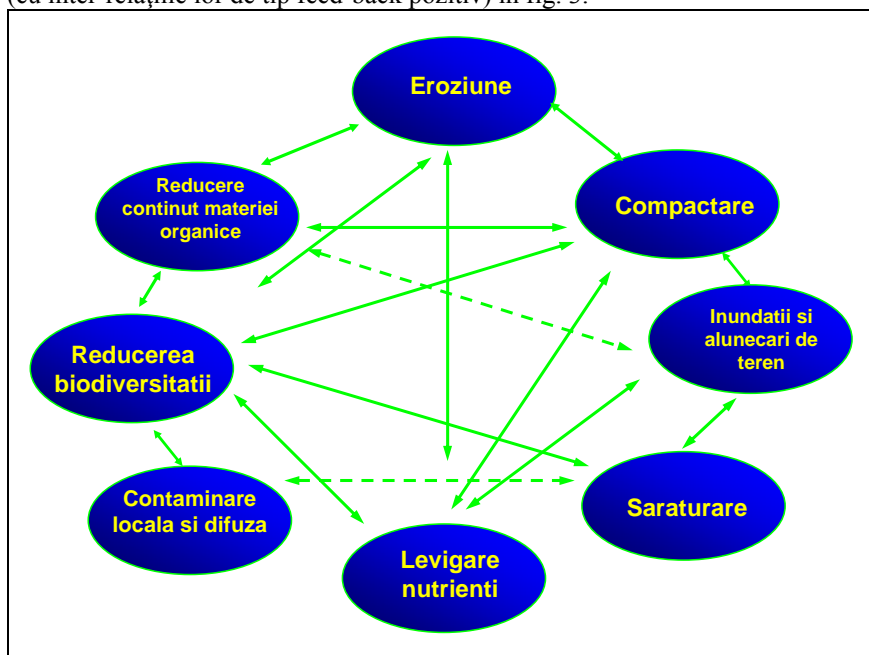


Fig.3. Efectele produse de schimbările climatice asupra solurilor și inter-relațiile dintre aceste efecte.

Pe scurt impactul fenomenelor climatice asupra solurilor este fie direct (rezultate datorită creșterii temperaturilor, al volumului și intensității precipitațiilor, și al concentrației de bioxid de carbon) fie indirect, ca urmare a modificărilor pe care schimbările climatice le aduc covorului vegetal sau biotei din sol.

În final modificările climatice produc:

- creșterea eroziunii hidrice a solului și a spălării/ levigării nutrienților (în ape de suprafață, respectiv în pânza freatică) datorită modificării volumului și intensității precipitațiilor;
- modificarea structurii și texturii solului datorită tendinței mărite de dezagregare/ alterare sub influența factorilor climatici excesivi;
- amplificării eroziunii eoliene datorită creșterii temperaturilor estivale și a reducerii precipitațiilor în timpul verii
- reducerii cantității și calității materiei organice din sol datorită reducerii fotosintezei în plantele C3 (cu prima enzimă implicată în fixarea CO₂, rubisco, inhibată la temperaturi mai mari de 35°C) și a reducerii concomitente a rizodepunerii.
- reducerii biodiversității biotei din sol datorită creșterii temperaturii și reducerii conținutului de apă
- sărăturarea solurilor datorită intensificării proceselor de irigare.

Unele scenarii referitoare la evoluțiile climatice sugerează că fotosinteza se va amplifica, iar plantele vor prelua excesul de bioxid de carbon prin fixare fotosintetică. Plantele necesită oricum cantități mult mai mari de bioxid de carbon decât cele actuale pentru ca fotosinteza lor să funcționeze eficient.

Se consideră că amplificarea fotosintezei este unul din mecanismele naturale de compensare și reglare ale creșterii temperaturii. Toți cei care însă mizează pe astfel de scenarii nu iau în considerare legea acțiunii factorului de vegetație. Conform acestei legi a factorului de vegetație, în condițiile în care factorii de vegetație sunt menținuți constanți și la un nivel optim, cu excepția unuia dintre ei, recolta/ productivitatea ecologică este pe măsura intensificării acestui factor de vegetație. Creșterile nu sunt proporționale cu sporirea factorului de vegetație variabil, ci sunt din ce în ce mai mici cu cât recoltele se apropie de recolta maximă. Deci amplificarea fazei de întineric a fotosintezei nu este direct proporțională cu creșterea concentrației de bioxid de carbon atmosferic, ci tinde să se aplatizeze.

Un prim element care este foarte dificil de analizat în cazul schimbărilor climatice este situația apei. În mod evident apa din sol va cunoaște o tendință evidentă de reducere datorită creșterii temperaturii (fig. 4). Această tendință de reducere a conținutului de apă din soluri în timpul verii este expediată rapid, în toate modelele luate în considerare culturile agricole fiind aprovizionate cu apă în mod optim prin intermediul unor sisteme de irigare bine puse la punct.

În practică situația nu este așa și nu poate fi așa. România, cu numai circa 2 milioane de ha amenajate pentru irigații consuma aproape 2/3 din totalul de apă pentru irigații. Este dificil de imaginat cum se va rezolva problema necesarului de apă pentru irigarea unor suprafețe mai mari.

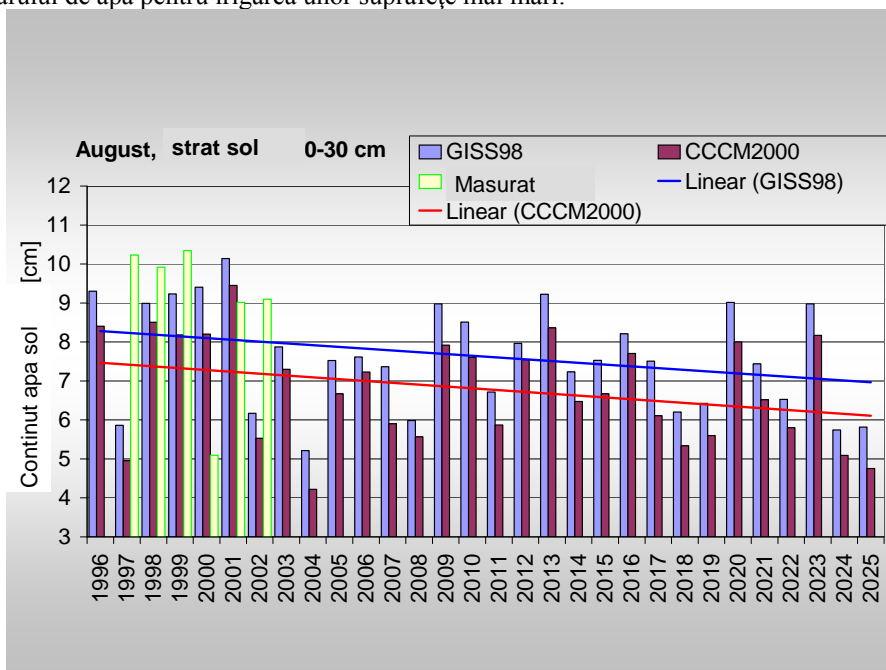


Fig.4. Reducerea umidității solului în urma modificărilor climatice.

În plus irigarea culturilor agricole este un exemplu ilustrativ pentru ceea ce înseamnă feed-back pozitiv în cazul efectului de seră. Irigarea implică construcția de baraje și consumuri energetice suplimentare – iar aceste activități suplimentare generează gaze cu efect de seră!

Un alt impact neluat în considerare de optimiștii care consideră că natura va găsi o cale să compenseze efectul artificial de seră (prin stimularea fazei de întineric a fotosintezei) este cel al biodisponibilității diferitelor elemente nutritive.

Situația fosforului a fost deja prezentată ca un exemplu ilustrativ pentru ceea ce înseamnă biodisponibilitatea elementelor în sol (sau altfel spus activitatea biologică a unui element în sol). Clorul fosforului este în top 10 = fosforul este unul dintre primele 10 elemente din punct de vedere al concentrației

procentuale în scoarța terestră. Totuși, așa cum s-a arătat deja fosforul este una din resursele limitative ale productivității ecosistemelor terestre (factor de vegetație limitativ). Explicația constă în faptul că fosforul se află în sol mai ales în forme insolubile, respectiv în compuși cu produs de solubilitate foarte mic și cu un excedent de contraioni (de obicei calciu sau fier). Aceste forme insolubile nu eliberează fosfat în soluția solului astfel încât majoritatea solurilor prezintă un deficit de fosfor solubil (biodisponibil).

Precipitații mai intense, asociate irigațiilor masive în timpul perioadei de vegetație și creșterii ieșirilor de biomasă vegetală (productivitate sporită datorită creșterii fotosintezei care determină consumuri sporite de fosfor biodisponibil) va determina o serie de consecințe secundare negative multiple (eutrofizarea apei de suprafață, contaminare acvifere, reducerea biodisponibilității) al căror efect final va fi reducerea fixării globale de bioxid de carbon.

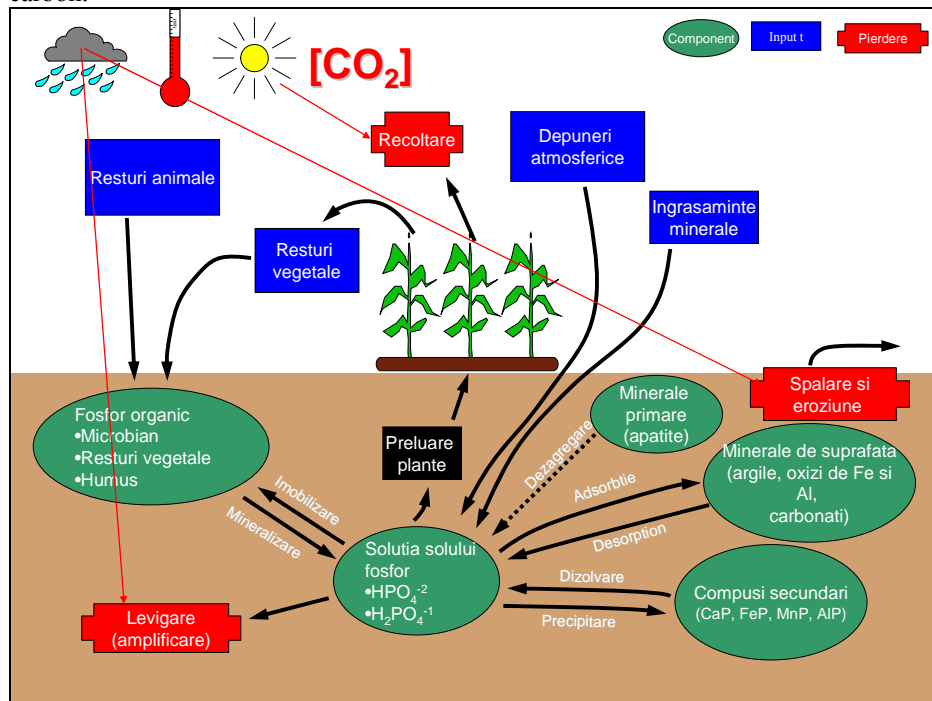


Fig. 5. Amplificarea pierderilor de nutrienți (fosfor) sub acțiunea schimbărilor climatice.

În sfârșit un ultim efect care complică orice scenariu privind evoluția cliimei este comportamentul vaporilor de apă în atmosferă. Dacă vaporii de apă din atmosferă se vor condensa în nori de mare altitudine aceasta va duce la reducerea cantității de căldură primite de Pământ (norii au un albedo ridicat, respectiv reflectă radiația solară) și la compensarea creșterii temperaturii. Dacă însă vaporii de apă acumulați în atmosferă (inclusiv datorită pierderilor crescute de apă din sol) nu se vor condensa în nori ci vor rămâne ca atare efectul de seră se va amplifica (întrucât vaporii de apă generează un efect de seră mult mai ridicat decât bioxidul de carbon).

Evident că sunt necesare măsuri pentru reducerea amplificării acestui efect de seră artificial, responsabilitatea noastră pentru generațiile viitoare fiind în acest sens evidentă.

Activitățile economice care generează gaze cu efect de seră sunt prezentate în cele ce urmează. Clasificarea lor s-a făcut după gazul cu efect de seră generat prin respectivele activități.

- **bioxidul de carbon** rezultă: (i) din fabricarea cocsului metalurgic, (ii) în timpul proceselor de extragere a metalelor din minereuri, (iii) la electroliza aluminiului, (iv) la obținerea hidrogenului în rafinării în industria chimică, (v) la fabricarea varului și cimentului (vi) în cazul arderilor combustibililor fosili pentru transporturilor (motoare cu ardere internă), pentru producere de energie electrică sau pentru încălzirea locuințelor; (vii) despădurilor (în special din zona tropicală) și (viii) extinderii agriculturii de tip intensiv.

- **metanul** rezultă: (i) la extracția cărbunelui, (ii) din prelucrarea petrolului și a produselor petroliere, (iii) în procesul de fabricare a amoniacului și a hidrogenului, (iv) în procesele de elaborare a fontei și oțelului (v) din procesului de metanogeneză asociat biodegradării deșeurilor solide și a apelor reziduale (vi) din emanațiile animalelor rumegătoare și (vii) din cultura orezului;

- **clorofluorura de carbon și hidrofluorura de carbon** sunt eliberate în atmosferă în cursul utilizării lor ca solvenți, aerosoli de propulsare, refrigerenți și spume expandate;

- **protoxidul de azot** este un subprodus rezultat la: (i) fabricarea acidului azotic, (ii) a acidului adipic (nylon) și (iii) din activitățile de agricultură intensivă;

- **perfluorura de carbon, tetrafluorura de carbon și hexafluoretilena** sunt: (i) formate în timpul electrolizei aluminiului sau (ii) emise în atmosferă datorită folosirii lor în procesele de prelucrare din industria semiconductorilor;

- **hexafluorura de sulf** este produsă în procesul tehnologic de obținere a magneziului.

Cel mai însemnat impact antropoc asupra încălzirii globale îl constituie cantitatea de metan și bioxid de carbon degajate în atmosferă ca urmare a extracției și utilizării combustibililor fosili. Această activitate umană este responsabilă de creșterea cu 50% a GES în atmosferă. Alte 20% GES provin din industria chimică (CFC), 15% provin din practicarea agriculturii intensive (CO₂, CH₄, N₂O) iar alte 15% din GES provin din procesele de

despădurire. Un GES este considerat cu atât mai puternic cu cât are un potențial de încălzire globală mai mare (GWP – global warming potential). În tabelul 1 este prezentat GWP pentru diferite GES generate de activitățile umane. De menționat că vaporii de apă au un potențial de încălzire apropiat de al protoxidului de azot, și numai condensarea lor în nori reduce impactul lor major asupra efectului de seră.

Tab. 1 Potențialul de încălzire globală a diferitelor gaze cu efect de seră

Gaze cu efect de seră	Potențialul de încălzire globală GWP pentru 100 de ani
CO ₂ (bioxid de carbon)	1
CH ₄ (metan)	21
N ₂ O (protoxid de azot)	310
HXC-uri (hidrohalogenocarburi)	140-11700
PFC-uri (perfluorocarburi)	6500-9200
SF ₆	23900

Calculul emisiilor de CO₂ la arderea combustibililor fosili este dat de relația:

$$E = CC \times PC \times FE \times FO$$

în care:

E – emisia de CO₂ (t);

CC – cantitatea de combustibil consumat (t sau m³);

PC – puterea calorifică a combustibilului (TJ/t sau TJ/m³);

PE – factor de emisie al combustibilului (t_{CO2}/TJ. PC sau t_{CO2}/MWh. PC);

FO – factor de oxidare a combustibilului.

Noiă: în cazul gazului natural se consideră puterea calorifică superioară PC_s, iar pentru alți combustibili puterea calorifică inferioară PC_i.

Valorile factorilor de emisie pentru principalele tipuri de combustibili fosili sunt: gaz natural 201-221 g/kWh, combustibil lichid ușor 234 g/kWh, petrol 277 g/kWh, păcură 298 g/kWh, lignit 272-420 g/kWh, ulei 329 g/kWh, lemn 302-380 g/kWh.

Reglementări internaționale și europene elaborate până în prezent au ca scop reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră pentru a se diminua impactul viitor al schimbărilor climatice. Prima acțiune concertată în privința schimbărilor climatice a fost Convenția Cadru a Națiunilor Unite pentru Schimbări Climatice (UNFCCC) din 5 iunie 1992. Convenția a fost ratificată de Parlamentul României prin Legea 24 din 1994, care are ca principal obiectiv stabilizarea concentrațiilor de gaze cu efect de seră în atmosfera, la un nivel care să prevină orice dereglare antropogenică a sistemului climatic peste limitele capacităților sale de autoreglare. În noiembrie 1996 a fost înființată Comisia Națională pentru Schimbări Climatice, care activează în cadrul Ministerului Apelor și Protecției Mediului. Conform convenției, România a hotărât reducerea emisiilor până în anul 2000 la nivelul anului de referință 1989.

România, ca parte semnatară a UNFCCC, a fost prezentă la negocierile privind schimbările climatice astfel: la Berlin în 1995, când s-a convenit stabilizarea emisiilor de gaze cu efect de seră, în anul 2000 la nivelul anului 1989 și s-au stabilit obiectivele pe termen mediu și lung, și la Kyoto, în 1997, când s-au stabilit datele concrete și mijloacele de realizare a obiectivelor. Protocolul de la Kyoto (<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.html>) este un amendament al Convenției Cadru a Națiunilor Unite asupra Modificărilor Climatice (UNFCCC), fiind un tratat internațional asupra încălzirii globale rezultate din efectul de seră. Țările care au ratificat acest protocol au consimțit fie să-și reducă emisiile de CO₂ și de alte 5 gaze cu efect de seră (prezentate în tabelul 1), fie să angajeze în comercializarea (drepturilor de) emisie, dacă mențin sau sporesc emisiile acestor gaze. Tratatul a fost negociat la Kyoto, Japonia în decembrie 1997 (după cum îi spune și numele), a fost deschis pentru semnare la 16 martie 1998 și închis pe 15 martie 1999. Înțelegerea a intrat în vigoare pe 16 februarie 2005, după ratificarea de către Rusia din 18 noiembrie 2004.

Protocolul de la Kyoto, exprima dorința ca până în anul 2012, cantitatea medie de gaze cu efect de seră (principalele șase gaze) să fie redusă cu 5,2% sub nivelul înregistrat în anul 1990.

Principalele măsuri ce trebuie luate pentru atingerea obiectivelor Protocolului de la Kyoto sunt:

- industria va trebui să devină mult mai eficientă din punct de vedere al consumului de energie, trecând de la utilizarea combustibililor fosili bogăți în carbon (cărbune), la combustibili săraci în carbon (gaze naturale) sau la combustibili alternativi;
- industria energetică, de la extracție și până la consum, trebuie restructurată astfel încât să devină eficientă și mai puțin poluantă;
- transportul trebuie să se orienteze spre mijloace mai puțin poluante și cu consumuri reduse;
- construcțiile să fie eficiente energetic și să tindă spre utilizarea surselor de energie regenerabile;
- echipamentele (inclusiv cele casnice) și produsele să fie din cele cu consum redus de energie;
- pădurile vor fi trebui protejate și extinse;
- agricultura trebuie să devină din net producător de gaze de seră o activitate care să mărească fixarea și stocarea gazelor cu efect de seră în sol.

Prin Legea nr. 3/2001, România a ratificat Protocolul de la Kyoto privind Convenția Cadru a Națiunilor Unite privind schimbările climatice, numărându-se printre primele state care ratifica acest document internațional, de o importanță deosebită pentru problematica schimbărilor climatice.

În anul 2000 a continuat implementarea măsurilor stabilite prin Protocolul de la Kyoto, care are două obiective de bază:

- respectarea angajamentelor de reducere a emisiilor de gaze cu efect de sera; in cazul României angajamentul prevede o reducere a acestor emisii cu 8% comparativ cu anul de baza 1989, pentru perioada 2008-2012;
- adoptarea unui set de mecanisme de piața, inclusiv pentru permise de comercializare transferabile si aplicarea comuna a prevederilor, in cooperare cu alte tari.

Ca răspuns la Protocolul de la Kyoto, la nivel european, au fost întreprinse mai multe acțiuni – Cartea alba asupra surselor de energie regenerabile COM(97)599; Directiva asupra electricității din surse regenerabile (2001/77/EC), Directiva privind biocombustibili pentru transport (2003/30/EC), Schema de Tranzacționare a Emisiilor în UE (Directiva 2004/101/EC si Directiva 2003/87/EC), Directiva 2002/91/EC privind performanța energetică a clădirilor. Schema de Tranzacționare a Emisiilor din UE (ETS) plasează emisiile directe de gaze de sera intr-un cadru de reglementare in care este limitata cantitatea totala de emisii. Începând din 2005, schema va cere ca marii emitenți de CO₂ (centralele electrice si stațiile termice, dar si industriile energointensive) să aducă emisiile de la instalațiile lor la cotele alocate prin planurile naționale. Schema Comunităților (Economice) Europene oferă operatorilor flexibilitate – în funcție de varianta care le este mai ieftină, fie să investească în tehnologii de diminuare a impactului emisiilor (respectiv reducerea emisiilor sau fixarea gazelor cu efect de seră), fie să cumpere drepturi de emisie de pe piața UE.

România a fost prima tara care a ratificat Protocolul de la Kyoto si Anexa 1, fixându-și o reducere (ambitioasă) cu 8% a emisiei de GHG.

Reducere emisiilor (sau sechestrarea / fixarea + stocarea gazelor cu efect de seră) este un proces în 5 etape:

- (1) Stabilirea liniei de plecare;
- (2) stabilirea țintei de reducere;
- (3) dezvoltarea unui plan de acțiune;
- (4) implementarea planului de acțiune;
- (5) măsurarea rezultatelor.

Stabilirea liniei de plecare implică un inventar detaliat al tuturor surselor care produc gaze cu efect de seră pe teritoriul unei țări, regiuni, comunități locale. Sistemul național de estimare a emisiilor de gaze cu efect de seră și Registrul național de emisii de gaze cu efect de seră.

Evidența emisiilor de gaze cu efect de seră se face prin stabilirea echivalenților de bioxid de carbon. Fiecărui gaz i se transformă potențialul de încălzire al gazelor cu efect de seră (tab.1) în echivalent bioxid de carbon, iar reducerea anulă de emisii se estimează conform formulei de mai jos:

$$\text{Reducerea anuală de emisii GHG (t CO}_2\text{)} = \left[\begin{array}{l} \text{Caz de bază} \\ \text{Factor de emisii} \\ \text{GHG} \\ \text{(t CO}_2\text{/MWh)} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Caz propus} \\ \text{Factor de emisii} \\ \text{GHG} \\ \text{(t CO}_2\text{/MWh)} \end{array} \right] \times \begin{array}{l} \text{Energia livrată} \\ \text{anual la} \\ \text{utilizator} \\ \text{(MWh)} \end{array}$$

La nivelul județului Maramureș de exemplu, PGE (potențial global echivalent, calculat prin transformarea potențialului de încălzire al gazelor cu efect de seră în potențialul echivalent al CO₂) rezultat în urma inventarierii realizate pentru anul 2005, a fost de 846 464 tone CO₂ echivalent față de 788117 tone în anul 2004. Ponderea celor trei principale gaze cu efect de seră, în CO₂ echivalent, este: CO₂ (74,7%), urmat de CH₄ (18,8%) si N₂O (6,5%) (fig. 4)

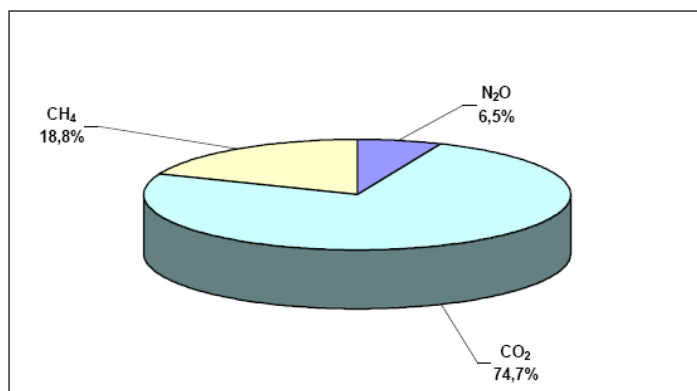


Fig. 4. Ponderea principalelor gaze cu efect de sera în CO₂ echivalent în județul Maramureș.

Principalele surse de emisii ale gazelor cu efect de seră sunt sectorul industrial cu o pondere de 33,1%, arderea combustibililor în sectorul rezidențial – comercial – instituțional 23,7%, traficul rutier 19,6%, distribuția combustibilului (gaz metan) 12,1 %, agricultura 10,2% și altele 1,3%.

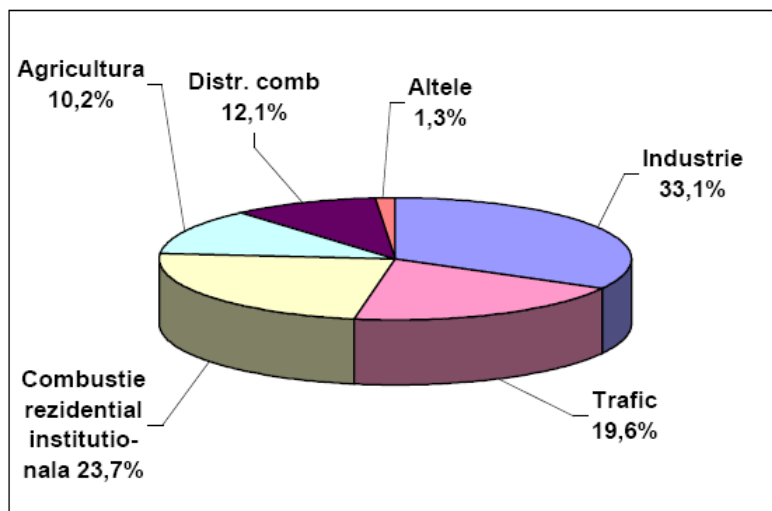


Fig.5. Ponderea emisiilor de CO₂ echivalent pe sectoare de activitate în județul Maramureș.

Reducerea emisiilor nu sunt posibile fără o abordare la toate nivelele: regional, național și al comunităților locale.

Reducerea emisiei de bioxid de carbon. În componența gazelor care produc efectul de seră bioxidul de carbon este dominant. S-a estimat că în anul 1990 în sectorul industrial consumul de energie a fost de $91 \cdot 10^{18}$ J din care a rezultat o cantitate de $1,8 \cdot 10^9$ tC. Dacă se adaugă și producerea energiei electrice rezultă $161 \cdot 10^{18}$ J și $2,8 \cdot 10^9$ tC, ce corespund la un procent de 47 % bioxid de carbon din cantitatea totală de gaze degajate din procesele industriale și emise în atmosferă. De aceea, ramurile industriale responsabile de producerea bioxidului de carbon trebuie să urmărească consecvent reducerea acestuia.

Un mod de micșorare a emisiei de bioxid de carbon este introducerea de tehnologii și procese noi în aceste ramuri. Astfel, în industria metalurgică se propune hidrogenul ca agent reducător al minereurilor formate din oxizi ai metalelor, eliminându-se cocsul, cum este cazul obținerii fontei, aluminului, titanului dacă fabricarea hidrogenului nu este prohibitivă ca preț. La obținerea aluminului se preconizează ca pentru operația de electroliză să se folosească electrozi din materiale cu o mare stabilitate chimică, care nu reacționează cu materia primă. Prin aceasta, se vor înlocui cocsul de petrol și grafitul, al căror carbon reacționează cu fluorurile utilizate la electroliză, determinând apariția gazelor din a cincea categorie listate în Protocolul de la Kyoto (perfluorocarburile - a se vedea și tabelul 1).

La elaborarea oțelului în cuptoarele cu arc electric, dar mai ales în convertizoarele cu oxigen, este indicat să se capteze gazele rezultate în procesul afinării. Pentru aceasta se propune folosirea convertizoarelor cu introducerea oxigenului prin lateral sau pe la baza acestora, gura cuptorului urmând a fi acoperită cu o boltă. Astfel, la elaborarea a 200 t oțel cu conținut de 0,5% C folosind fontă cu 4% C, într-un cuptor de tip Linz Donawitz, se elimină aproximativ 7 t C care reacționează cu oxigenul dând 16,4 t CO₂ eliminat în atmosferă. Prin captarea acestui gaz și reducerea sa, se poate recupera oxigenul și se poate obține carbon liber. Cercetările pe termen mediu în domeniul metalurgiei trebuie orientate spre tehnologii de producere a hidrogenului, a carbonului liber și a electrozilor din materiale stabile. Prin acestea se estimează că se va micșora cantitatea de bioxid de carbon emis în atmosferă cu 4% anual până în anul 2050.

La producția de aluminiu, prin folosirea hidrogenului, se reduce tetrafluorura de carbon și se elimină hidroclorofluorura de carbon, ceea ce va proteja stratul de ozon și va micșora cantitatea de bioxid de carbon din atmosferă cu 2-5% anual până în anul 2010. De aceea, ori de câte ori este posibil, ar trebui să se înlocuiască metalele cu mase plastice.

În domeniul energetic, "cogenerarea", adică producerea simultană a energiei electrice și termice și micșorarea pierderilor de căldură reziduală, conduce la o reducere semnificativă a cantității de gaze cu efect de seră, determinată de combustibilii fosili și biogeni. Astfel, prin cogenerare, industria de cărbune își reduce la jumătate emisiile de bioxid de carbon.

O altă cale de reducere a emisiilor de bioxid de carbon în domeniul este cea a producerii de gaz de apă (singas, amestec combustibil de hidrogen și monoxid de carbon) și de utilizare a acestui gaz pentru generarea de electricitate într-o cascadă de turbine de gaz și de vapori.

Un alt mod eficient de reducere a emisiei de gaze în atmosferă este utilizarea biomasei în sistemele de cogenerare cu turbine de gaz și vapori. Producerea de biomasă implică și refacerea unor terenuri degradate prin cultivare de plante energetice.

Cogenerarea de energie termică și electrică asigură piețe pentru industria energetică, iar cantitatea de bioxid de carbon emisă în atmosferă de sectorul industrial va scădea cu 15% anual până în anul 2020 și va reduce poluarea aerului.

În industria chimică, pentru fabricarea amoniacului se propune înlocuirea gazelor naturale, ca sursă de obținere a hidrogenului industrial, cu hidrogenul obținut din biomasă sau din electroliza apei, folosind surse energetice care nu includ carbon (*carbon free*). În cazul în care se folosește totuși gazul metan ca sursă de hidrogen se prevede reducerea oxidului și bioxidului de carbon la carbon (grafit), cu utilizarea lui ulterioară fără combinare cu oxigenul.

Înlocuirea materialelor care produc emisii mari de gaze cu efect de seră cu alternative ce îndeplinesc aceeași funcție poate aduce beneficii importante. De exemplu, la fabricarea cimentului rezultă 0,34 tC pentru o tonă de ciment, 60% de la energia folosită în producție și 40% ca gaze de proces. Înlocuind cărbunele cu gazele naturale și petrolul, emisia de bioxid de carbon legat de energie scade.

În cazul materialelor de construcție, folosind înlocuitori se obțin economii de energie și micșorarea emisiilor de bioxid de carbon. Astfel, o pardoseală de ciment consumă de 21 de ori mai multă energie în comparație cu una din lemn și generează emisii de bioxid de carbon în momentul fabricării cimentului. De aceea, se propune înlocuirea cimentului cu lemn sau mase plastice.

Înlocuirea materialelor nu se poate face oricum ci după ce s-a stabilit că substituenții posedă aceleași caracteristici ca și materialele inițiale.

Prin substituirile de materiale menționate se va reduce cantitatea de gaze cu efect de seră și poluarea aerului, crescând eficiența energiei. Aplicarea lor va produce modificări în industriile existente.

O altă propunere pentru micșorarea emisiei de gaze cu efect de seră este recircularea și reutilizarea materialelor a căror fabricare necesită un consum mare de combustibil. Materiile prime folosite pentru producerea oțelului, cuprului, sticlei și hârtiei degajă de patru ori mai mult bioxid de carbon decât materialele refolosite. Se estimează

că economia de carbon realizată este de 2,9 Mt anual pentru o creștere de 10% a materialelor refolosite.

Reducerea emisiei de metan. Metanul este emis în timpul descompunerii anaerobe a substanțelor organice din deșeurile solide și apa reziduală. Aproximativ 20-40 Mt CH₄, adică în jur de 10% din emisiile de metan de la sursele ce sunt în legătură cu activitatea umană, sunt emise anual de la gazele și terenurile deschise pe care sunt aruncate deșeurile solide.

Emisia de metan provenit de la apa reziduală industrială și menajeră este estimată anual la 30-40 Mt, adică la circa 10% din totalul emisiei provenită de la sursele umane. Apa reziduală industrială provenită, în principal, de la industriile alimentară și a hârtiei este principala sursă, deoarece cea menajeră nu emite anual decât aproximativ 2 Mt CH₄.

Emisiile de metan pot fi micșorate prin reducerea surselor, recuperarea metanului degajat de deșeurile solide și apa reziduală și reducerea cantității de metan degajat de acestea. Reducerea surselor care emit metan constă în scăderea utilizării materialelor ce determină multe deșeuri. Cantitatea de deșeuri solide organice poate fi micșorată prin recircularea produselor din hârtie, transformarea lor în nămol și incinerare. Produsele de hârtie, reprezentând o parte importantă a deșeurilor solide, pot fi transformate prin procese de recirculare adecvate în materie primă pentru produse noi.

Transformarea deșeurilor solide organice în nămol este un proces aerob care generează puțin metan sau nu generează deloc. Ea prezintă avantajul că nămolul obținut se poate folosi ca fertilizant.

Incinerarea deșeurilor solide organice este cea mai utilizată în multe țări, cu toate că, prin incinerare, rezultă emisii poluante și cenuși.

Aplicarea unuia sau a altui mod de reducere a surselor care emit metan depinde și de costul forței de muncă. În țările în care aceasta este ieftină, se preferă recircularea produselor sau transformarea deșeurilor solide în nămol.

Metanul emis de deșeurile solide care au fost depuse în gropi sau pe terenuri deschise este cunoscut sub numele de "gaz de câmp". El poate fi captat și folosit pentru producerea energiei electrice și termice. Gazul de câmp poate, de asemenea, să fie purificat și injectat în conductele cu gaze naturale. Costul acestei recuperări depinde de tehnologia aplicată și de caracteristicile locale. Emisia de gaz metan de la apa reziduală poate fi, virtual, eliminată dacă este stocată și tratată în condiții aerobe.

Prevenirea producerii de metan în timpul tratării include o tratare aerobă primară și secundară, urmată de o tratare prin depozitare pe pământ.

În cazul tratării apelor reziduale în condiții anaerobe, se generează metan care poate fi captat și utilizat ca sursă de energie pentru căldură și electricitate. Costurile proceselor de tratare a apelor reziduale depind de tehnologia folosită și de condițiile locale. Micșorarea cantității de gaz metan emis în atmosferă are efecte benefice asupra climei, îmbunătățindu-se calitatea aerului și starea sănătății publice și crescând securitatea.

Implementarea tehnologiilor menționate necesită fonduri financiare mari. Prin colaborarea companiilor și țărilor, procentul care revine fiecăreia de micșorează, iar efectele asupra climei, aerului și sănătății vor fi benefice. Totodată pentru stimularea reducerii emisiei în atmosferă a gazelor cu efect de seră trebuie adoptate instrumente economice locale și globale.

Inter-relațiile dintre sol și gazele cu efect de seră (bioxid de carbon, metan, protoxid de azot) sunt multiple. Materia organică recalcitrantă din sol constituie unul rezervoarele de stocare a excesului de carbon. Fixarea bioxidului de carbon în biomasă are loc în cadrul procesului de fotosinteză în două faze, faza de lumină și faza de întuneric. În cadrul fazei de lumină a fotosintezei este preluată energia radiantă a soarelui și este transferată în energia echivalenților reduși (NADPH +H⁺) și a legăturilor fosfat macroergice din ATP. În a doua fază energia metabolică astfel acumulată este utilizată pentru fixarea bioxidului de carbon (ciclul Calvin). Producții finali ai ciclului Calvin sunt apoi utilizați de plante pentru metabolismul propriu (catabolism și anabolism) sau sunt

rizodepuși în materia organică a solului. Materia organică vegetală moartă este convertită apoi tot în materie organică din sol, o mare parte intrând în compoziția humusului.

Solul și clima sunt strâns cuplate. Schimbările climatice și variația concentrației de bioxid de carbon în atmosferă pot cauza modificări în structura și funcția solului / ecosistemelor terestre. La rândul lor modificările în structură și funcția solului ecosistemelor terestre influențează sistemul climatic prin procesele biogeochimice care implică schimburi de gaze cu efect de seră (CO_2 , CH_4 , N_2O) între sol și atmosferă, precum și prin procese biogeofizice care implică schimburi de apă și energie. Consecințele combinate ale acestor efecte și reacțiile inverse ("feedbacks") trebuie luate în considerație când se evaluează starea viitoare a solului în interacție cu atmosfera.

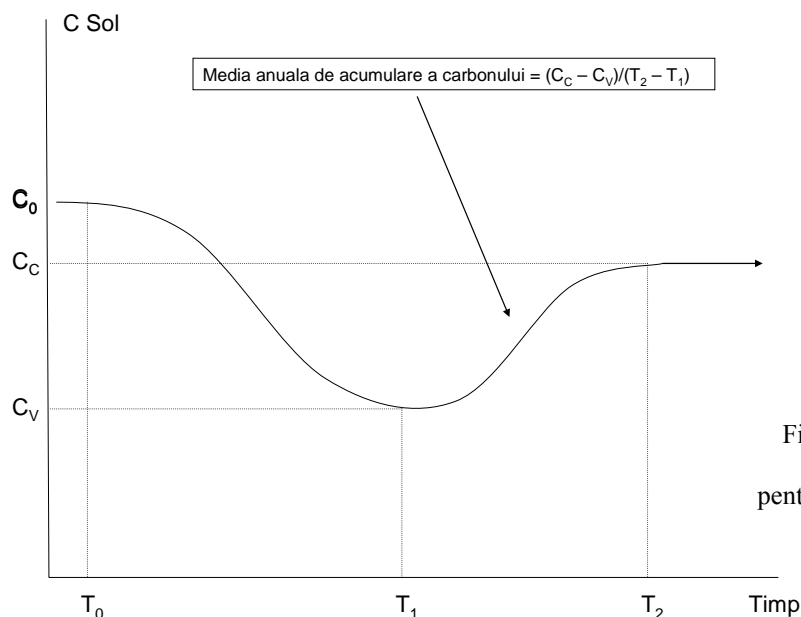


Fig.6. Utilizarea unui management agricol îmbunătățit pentru refacerea rezervorului de carbon recalcitrant în sol.

Studiile științifice de impact al schimbării climei și opțiuni de adaptare au pus în evidență modificările produse de schimbarea climei asupra solului și au analizat măsurile de adaptare pentru ca aceste modificări să fie minime, astfel încât să se asigure resursele de hrană și dezvoltarea pe termen lung a societății și economiei. Astfel, măsurile de adaptare se referă, în principal, la procedeele de diminuare a vulnerabilității solului la schimbarea climei, în timp ce măsurile de reducere privesc diminuarea emisiilor de gaze cu efecte de seră rezultate în urma activității umane.

Un astfel de nivel trebuie atins într-un interval de timp care să permită adaptarea ecosistemelor la schimbarea climei, să asigure că producția de hrană nu este periclitată și să dea posibilitatea unei dezvoltări economice durabile.

O soluție de reducere a impactului produs de gazele de seră este utilizarea unui management agricol care să permită refacerea rezervorului de carbon recalcitrant din sol (fig.6).

Evaluarea tehnologiilor agricole propuse pentru refacerea rezervorului de carbon recalcitrant din sol se face conform indicatorilor care vor fi precizați în cele ce urmează.

1. Gradul de acoperire a solului prin culturi (G_a)

Solul lăsat necultivat, din diverse rațiuni, este vulnerabil la eroziune. Diversele culturi, precum și reziduurile acestora protejează efectiv solul împotriva eroziunii eoliene și hidrice. Indicatorul se bazează pe un indice care precizează numărul de zile pe an în care solul este acoperit de culturi (zile utile).

$$G_a = \frac{\text{Zile utile}}{365} \cdot 100$$

Cu cât numărul de zile în care solul este neacoperit de culturi este mai mic, cu atât se apreciază că exploatarea agricolă se apropie de valoarea optimă a acestui indicator.

2. Ponderea suprafețelor erodate eolian (PSEo) în totalul suprafeței deținute de exploatarea agricolă

Se determină raportând hectarele erodate din cauze eoliene la numărul total de ha deținute de exploatarea agricolă.

$$PSE_o = \frac{HA_{eo}}{HA_{tot}} \cdot 100$$

Valoarea acestui indicator este corelată cu cea a gradului de acoperire a solului prin culturi, reflectând calitatea managementului practicat la nivelul exploatarei respective.

3. Ponderea suprafețelor erodate hidric (PSEh) în totalul suprafeței deținute de

exploatația agricolă

Se determină raportând hectarele erodate din cauze hidrice la numărul total de ha deținute de exploatația agricolă.

$$PSEo = \frac{HAeh}{HAtot} \cdot 100$$

Valoarea acestui indicator este corelată cu cea a gradului de acoperire a solului prin culturi, reflectând calitatea managementului practicat la nivelul exploatației respective.

4. Pondere suprafețelor erodate prin lucrarea mecanizată a solului (PSEo) în totalul suprafeței deținute de exploatația agricolă

Se determină raportând hectarele erodate din cauza lucrării mecanizate a solului la numărul total de ha deținute de exploatația agricolă.

$$PSEo = \frac{HAem}{HAtot} \cdot 100$$

5. Riscul compactării solului prin lucrările de mecanizare

Compactarea solului este o formă de degradare a acestuia, datorită utilizării unor mijloace mecanice (în special la arat). Problema compactării solului se pune mai ales în cazul solurilor cu textură fină; numai în Statele Unite ale Americii se apreciază pierderi de milioane de dolari (diminuarea recoltelor), din cauza compactării solului prin lucrările de mecanizare ("talpa plugului") Evident că un astfel de sol compactat nu poate reface nivelul inițial de carbon recalcitrant.

6. Riscul salinizării solului în cazul terenurilor neirigate

Salinizarea solului reprezintă cantitatea de sare solubilă în sol. O pondere însemnată a sării în sol inhibă reșterea plantelor. Un grad de salinizare ridicat determină reducerea cu 50% a randamentelor anuale în cazul culturilor de cereale sau oleaginoase.

7. Pondere fertilizanților organici (Fo) în totalul fertilizanților (PFo)

O pondere însemnată a fertilizanților organici în totalul mijloacelor de fertilizare ale exploatației sporește caracterul *ecologic* al exploatației agricole.

$$Pfo = \frac{Fo}{Ftot} \cdot 100$$

Este însă necesară rafinarea indicatorului pentru că unii fertilizanți organici (gunoiul de grajd de ex.) produc cantități însemnate de metan în timpul producerii lor. Fertilizanții minerali (mai ales dacă sunt aplicați în exces) produc însă protoxid de azot, gaz cu un efect de seră mult mai marcat decât metanul sau bioxidul de carbon.

8. Azotul rezidual

Azotul rezidual reprezintă diferența dintre cantitatea de azot (N) disponibilă pentru culturi și cantitatea de azot prelevată din plantele recoltate.

Tehnologiile agricole care permit cea mai eficientă refacere a rezervei de carbon în solurile agricole vor fi prezentate în cele ce urmează (cursul 6 agroinoculanți agricoli și cursul 12 - culturi agricole de protecție).