



EUROPEAN UNION



GOVERNMENT OF ROMANIA



Structural Instruments
2007 - 2013

*Proiect cofinanțat din Fondul European pentru Dezvoltare prin Programul Operațional Asistență
Tehnică POAT - 2007 – 2013*

*Programul privind schimbările climatice și o creștere economică
verde cu emisii reduse de carbon*

Livrabilul C2.1

**Raport de studiu al curbei MAC cu seturile de date
detaliate și recomandări de măsuri pentru reducerea
emisiilor de carbon, pe baza analizei MACC**

NOIEMBRIE 2015

Raportul corespunde Livrabilului C2.1: „Raport de studiu al curbei MAC, cu seturi de date detaliate și recomandări de măsuri pentru reducerea emisiilor de carbon, pe baza analizei MACC” din cadrul Acordului de Servicii de Consultanță „România: Programul privind schimbările climatice și o creșterea economică verde, bazată pe emisii reduse de carbon”, încheiat între Ministerul Mediului și Schimbărilor Climatice¹ și Banca Internațională pentru Reconstrucție și Dezvoltare.

¹ Acum, denumit Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor

Cuprins

A. Obiective și abordare	4
1. Ce este curba costurilor marginale de reducere a emisiilor?	4
3. Abordarea aleasă pentru realizarea Curbei costurilor marginale de reducere a emisiilor	9
B. Sinteza rezultatelor	11
C. Analiza pe sectoare	17
1. Sectorul energetic	17
2. Transport	20
3. Silvicultură	22
4. Agricultură	24
D. Concluzii.....	25

Listă de acronime:

CCS - Captarea și stocarea carbonului

Modele EGC - Modele calculabile de Echilibru General

ESC - Energie solară concentrată

AIE – Administratia Informatiei despre Energie (SUA)

AIE - Agenția Internațională pentru Energie

IPCC – Grupul Interguvernamental Schimbări Climatice

MACC - Curbe de cost marginale de reducere

PV Solar - Solare fotovoltaice

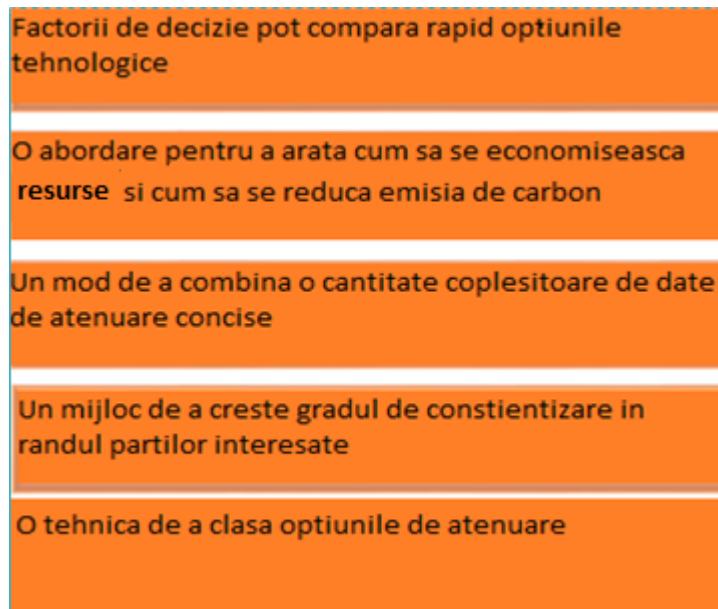
UNFCCC - Convenția-cadru a Națiunilor Unite privind schimbările climatice

A. Obiective și abordare

1. Ce este curba costurilor marginale de reducere a emisiilor?

Curbele costurilor marginale de reducere a emisiilor (MACC) sunt un instrument folosit în mod obișnuit în evaluarea tehnologiilor de reducere a emisiilor, și ci un instrument eficient de comunicare în discuțiile privind politicile pentru reducerea emisiilor. Nevoia MACC în discuțiile politice sunt reflectate în cel de-al 5-lea Raport de evaluare al Grupului internațional privind schimbările climatice (IPCC), publicat în 2014², unde MACC-urile sunt descrise ca instrument standard de comunicare privind politicile, pentru evaluarea reducerii emisiilor și rentabilitatea acestora, dar și una din „principalele abordări pentru ilustrarea potențialului economic al măsurilor de atenuare” – MACC-urile evaluează tehnologii de reducere în ceea ce privește impactul lor potențial de atenuare (emisii reduse) și costul unitar (costul pe tona de CO₂e redusă). În plus, MACC-urile reprezintă un mod eficient prin care date complexe legate de atenuare pot fi prezentate clar și concis, într-un mod accesibil pentru orice tip de public, inclusiv pentru părțile interesate non-tehnice. MACC-urile sunt extrem de utile pentru decidenți care, din cauza lipsei de timp, nu pot studia în detaliu analizele și activitatea de cercetare realizată, și care iau decizii pe baza unor note de informare sau a unor sinteze. Graficele MACC pot fi văzute ca o „notă de informare”: compară tehnologiile ce trebuie avute în vedere pentru implementare, într-un mod simplu (ușor de înțeles într-un interval de timp limitat) dar informativ. Deși le sunt utile decidenților, MACC-urile nu oferă informațiile complete necesare selectării tehnologiilor, ci oferă doar câteva informații rapide despre subiect. Pentru o discuție informată, sau pentru a lua o decizie cu privire la implementare, sunt necesare mai multe informații. (Figura 1)

Figura 1. De ce se folosesc curbele costurilor marginale de reducere a emisiilor?

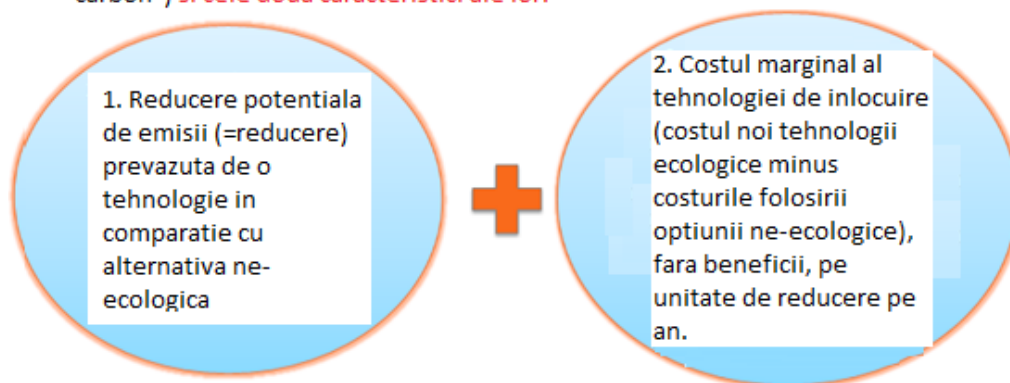


² Volumul privind atenuarea, Capitolele 3 și 7.

MACC-urile sunt tabele care prezintă un set de tehnologii ce ar reduce emisiile rezultate din activități economice. Tehnologiile pot fi prezentate individual, sau agregate la diferite niveluri, ca de exemplu pe categorii de tehnologii, în interiorul unui sector (spre exemplu tehnologii asociate cererii din sectorul energetic), pe sector economic (energie, transport, etc) sau chiar pe grupe de sectoare. În MACC, fiecare tehnologie are două caracteristici: nivelul de reducere (Mt emisii eCO₂), care reprezintă diferența emisiilor generate de noua tehnologie, în comparație cu cea pe care o înlocuiește (potențialul de reducere) și costul tehnologiei (per unitate redusă, Euro/t eCO₂). Costul se obține astfel: mai întâi este calculat ca valoarea netă actualizată a fluxului de investiție și a cheltuielilor operaționale, pentru o perioadă de timp care începe de la un an de referință (astăzi sau în trecutul apropiat) până la un an din viitor, care a fost ales ca moment final pentru proiecții, de exemplu. 2050 sau 2030. Apoi, acesta este calculat ca un cost marginal pentru înlocuirea tehnologiei; astfel, este diferența dintre costul actualei tehnologii „ecologice” și variantele actuale, „ne-ecologice”. De obicei, diferența este una pozitivă, deoarece noile tehnologii tind să fie mai scumpe decât cele vechi, însă există și excepții. În al treilea rând, costul este calculat fără beneficii, ceea ce, încă o dată, poate face costul net rezultat să aibă o valoare negativă³. (Figura 2)

Figura 2. Ce este curba costurilor marginale de reducere a emisiilor?

O curba MACC este un grafic care arată un set de tehnologii, pe care o economie o poate folosi pentru a reduce emisiile (numite "verzi" sau "emisiile reduse de carbon") și cele două caracteristici ale lor:



Note that:

...o curba MACC este construita pentru un an viitor, 10-50 de ani de acum incolo

2. Procesul de realizare a unei Curbe a costurilor marginale de reducere a emisiilor

Realizarea unei MACC este un proces prin care se obțin date pentru cele trei componente ale tabelului MACC – lista tehnologiilor, potențialul lor de reducere a emisiilor și costul acestora – și stabilirea valorii

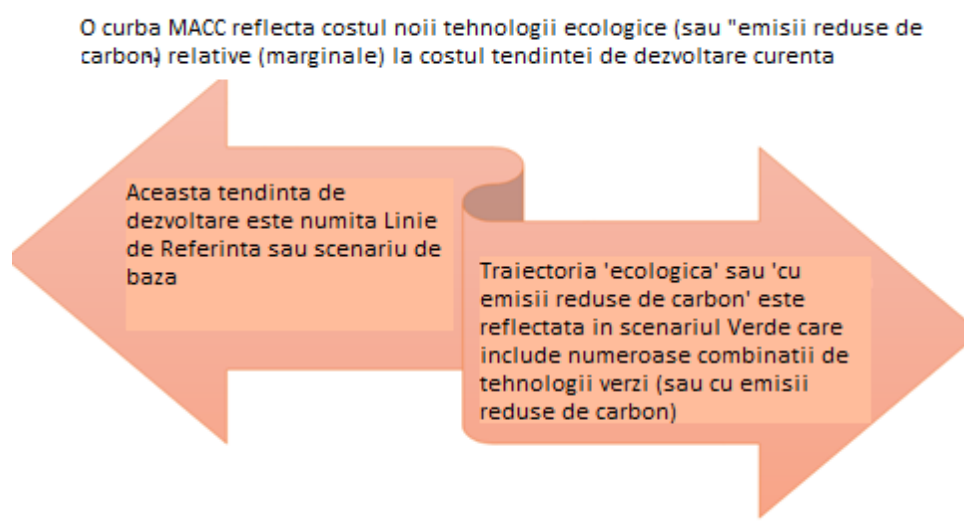
³ Acest aspect a fost analizat foarte mult în literatura de specialitate. Una din întrebări era de ce variantele ecologice, care se presupune că generează venituri nete, nu sunt implementate de sectorul privat. Răspunsul este pentru că nu oferă un venit net: costurile MACC includ doar costurile directe ale tehnologiei (de exemplu, pentru furnizarea de electricitate, aici ar intra costurile de construcție și de operare a unei centrale), dar nu includ și alte costuri, ca cele de tranzacționare, obstacolele financiare, costurile de început ridicat, costurile non-financiare (spre exemplu, pentru eficiența energetică a locuințelor, costul neplăcerii generate de mutatul din locuința respectivă sau de faptul că trebuie suportat zgomotul), etc.

de referință, deoarece ultimele două componente sunt calculate marginal, prin raportare la valoarea de referință (a se vedea Figura 3). În majoritatea cazurilor, procesul de realizare a MACC implică următorii pași:

a. **Stabilirea valorii de referință.** Valoarea de referință poate fi stabilită în mai multe moduri, în funcție de exercițiul de modelare folosit. *Pentru o abordare de jos în sus sau hibrid (de jos în sus și de sus în jos, combinate), care acoperă un sector, valoarea de referință va fi o combinație a tuturor emisiilor rezultate din activitățile economice realizate în acel sector, actuale și estimate (de exemplu: 2014-2050). Pentru o abordare specifică unei tehnologii, mai întâi se va realiza o listă cu tehnologii de reducere a emisiilor, ce vor fi avute în vedere pentru analiză, după care, pentru fiecare dintre acestea se va calcula valoarea de referință. Aici, abordarea depinde de obiectivele analitice. Cunoștințele de pe teren sunt esențiale pentru această etapă, mai ales dacă se folosește abordarea ce vizează tehnologiile, iar experții locali și decidenții ar trebui să ia parte la consultări.*

Folosirea datelor despre emisii. IPCC recomandă ca pentru analiza MACC să se folosească datele naționale pentru emisii. Principalele date sunt disponibile în Comunicările naționale (pentru țările din Anexa 1). Emisiile viitoare pot fi proiectate pornind de la actualele emisii, folosindu-se indicatori de energie și proiecție macroeconomică, planurile relevante ale guvernului (investiții, politici) care au un risc foarte mic de neimplementare și o dată de intrare în vigoare stabilită pentru viitor.

Figura 3. Scenariul inițial și scenariul ecologic



b. **Alegerea unor tehnologii ecologice – de adaptare și de atenuare – pentru MACC.** Scopul acestei faze este de a selecta tehnologii care să le înlocuiască pe cele ne-ecologice. Tehnologiile sunt selectate în interiorul unor sectoare specifice; în primă fază sunt selectate sectoarele. MACC-urile pot fi realizate la nivel de sector (sau sub-sector), la nivel de economie, în ansamblul său, ori chiar la nivel global. Este foarte important ca în acest pas să fie implicate și părțile interesate, pentru a avea informații de pe teren despre barierele ce ar putea apărea la transferul de tehnologie, precum și despre măsurile ce se pot lua pentru îndepărtarea acestora, cum ar fi reglementări, stimulente fiscale

sau financiare și dezvoltarea capacității. De asemenea, creșterea gradului de conștientizare ar putea fi utilă, acest lucru putându-se face prin diseminarea de informații despre tehnologii, prin prelegeri ținute de experți, vizite și proiecte demonstrative. ⁴

c. **Exerciții de modelare pentru estimarea costurilor marginale, a reducerii emisiilor și a perioadei de viață asociate fiecărei tehnologii.** Nu există o uniformitate în ceea ce privește abordările folosite pentru realizarea MACC-urilor, fiecare abordare având beneficii, dar și puncte slabe. Pentru a reduce deficiențele, adesea se folosește o combinație de diferite abordări.

Există trei abordări elementare pentru exercițiile de modelare folosite la realizarea curbelor MAC: o evaluare individuală, de jos în sus, a tehnologiilor/măsurilor de atenuare; un exercițiu de modelare a sistemului, de jos în sus și modelarea macroeconomică. **În abordarea de tip tehnologie individuală, costurile de reducere sunt definite la nivel de tehnologie, cel mai adesea folosind modele cost-beneficiu, precum și implicând opiniile experților bazate pe analize sectoriale, care includ tendințe și date⁵. În această abordare, costul total nu ține doar de modul în care se calculează costurile, ci și de setul de măsuri de reducere incluse în analiză. Pentru această abordare, fiecare tehnologie este evaluată separat, din perspectiva costurilor de implementare și a nivelului de reduceri. Reducerea totală a emisiilor și costurile de reducere sunt egale cu suma caracteristicilor individuale ale tehnologiei.**

Însă problema acestei abordări este că în viața reală politicile privind schimbările climatice se suprapun, costurile de implementare variază, iar politicile specifice unor sectoare pot interacționa unele cu altele. Prin urmare, abordarea are asociate o serie de probleme, cum ar fi faptul că neglijează interacțiunile tehnice, comportamentale, inter-temporale și economice, unele elemente pot fi numărate de mai multe ori, costurile nu sunt integral acoperite, există un grad de dependență față de traseu, probleme la nivel de agenții și nesiguranța nu este abordată decât parțial. **În ciuda acestora, abordarea a fost folosită pe scară largă în diferite studii, pentru a estima costurile de reducere și potențialul diferitelor sectoare economice, din multe țări. De exemplu, a fost folosită de McKinsey⁶ și de guvernul Regatului Unit în diverse studii. Chiar și acum, când există o experiență internațională semnificativă în folosirea modelării**

⁴ Următoarele baze de date pot fi folosite pentru identificarea și selecția tehnologiilor:

(1) Baza de date ClimateTechWiki privind tehnologii de transfer: tehnologii de atenuare și de adaptare <http://climatetechwiki.org/>; for transport see: <http://climatetechwiki.org/category/2006-ipcc-sector-categorization/energy-supply-and-consumption-excl-industry/use-primary-e-1?page=1>

(2) IEA, 2009: Transport, Energy and CO₂: Moving toward Sustainability: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/name,3838,en.html>

(3) The National Academic press (US), 2013: Transitions to Alternative Vehicles and Fuels (2013): http://www.nap.edu/download.php?record_id=18264

(4) NERA, Bloomberg, 2011: The Demand for Greenhouse Gas Emissions Reduction Investments: An Investors' Marginal Abatement Cost Curve for Kazakhstan

http://www.ebrd.com/downloads/research/economics/publications/specials/Kazakhstan_MACC_report_ENG.pdf

(5) UNFCCC: online Technology Information Clearinghouse: <http://unfccc.int/ttclear/pages/home.html>

(6) US Department of Energy: online Energy Efficiency and Renewable Energy Network (EREN): <http://www.eren.doe.gov> or <http://energy.gov/eere/office-energy-efficiency-renewable-energy>

(7) IEA, UNFCCC: online Climate Technology Initiative: <http://www.climatetech.net>.

⁵ Vezi detalii în cazul României în secțiunea C. Analiza pe sectoare din această lucrare

⁶ http://www.mckinsey.com/client_service/sustainability/latest_thinking/greenhouse_gas_abatement_cost_curves

sistemelor sectoriale și o combinație de sisteme de proiectare de jos în sus și modele CGE, abordarea de tip tehnologie individuală continuă să fie cel mai des folosită, mai ales datorită transparenței sale, ușurinței cu care se pot înțelege calculele și rezultatele și costurile reduse.

Abordările de tip sistem bazat pe modele sunt din ce în ce mai recunoscute la nivel internațional. Diverse modele de sistem de jos în sus (de exemplu, MARKAL/TIMES și REMOVE) și de sus în jos (CGE) au fost folosite pentru a genera curbe MAC, pentru a include interacțiuni între tehnologii și politici. Exemplele de modele sectoriale din domeniul energiei și al transporturilor includ REMOVE și MARKAL/TIMES. REMOVE evaluează impactul general la nivelul costurilor și al emisiilor de CO₂, raportul dintre acestea oferind costurile de reducere, care iau în calcul și impactul pe care majorarea sau reducerea costurilor îl va avea asupra numărului de persoane care dețin autoturisme, distanța parcursă, etc. (efecte de recul). MARKAL din sectorul transporturilor include cererea de energie, măsurată în kilometri per vehicul, pentru diferite moduri de transport: aerian, rutier (mașini, autobuz, vehicule grele de marfă, vehicule ușoare de marfă), transport feroviar și vehicule motorizate cu două roți. Acesta include și rețele de distribuție a carburantului, pentru a urmări consumul de carburant, per mod de transport și include vehicule cu diferite tehnologii: motoare cu ardere internă, hibrid, plug-in, baterie, E85 (amestec de combustibil), metanol și hidrogen. Tehnologiile sunt caracterizate de eficiența tehnică a vehiculului, costuri de capital, perioadă de viață, etc.

MACC-urile pot fi obținute și folosind modelele Echilibrului General Calculabil (CGE - Computable General Equilibrium). În modelul CGE, de obicei emisiile sunt modelate pornind de la combustibilul consumat, aplicând coeficienți ai emisiilor de carburant și introducând constrângeri referitoare la emisii. Prețul emisiilor de dioxid de carbon (taxa pe emisiile de dioxid de carbon sau prețul indirect ("shadow cost") pentru emisiile de dioxid de carbon) este folosit pentru a echilibra cererea și oferta și pentru a calcula costul de reducere a emisiilor. Deficiențele curbelor MAC, generate de modele de sus în jos, care acoperă întreaga economie, includ lipsa detaliilor tehnologice, ignorarea distorsiunilor de pe piață și dependența de datele istorice pentru calcularea viitoarelor costuri de reducere a emisiilor. Costurile de reducere sunt văzute ca fiind supraestimate. Pentru reducerea deficiențelor, se folosesc diverse abordări care încearcă să includă date de jos în sus, în modelele de sus în jos. De exemplu, s-au folosit abordări matematice pentru a integra date detaliate de proiectare în modelele CGE, prin matricele de contabilitate socială (SAM), estimând alocarea capitalului, forței de muncă, energiei și intrărilor de materiale între activitățile de producție, într-un mod care să respecte datele despre costurile de inginerie. O altă abordare include o metodă recent introdusă de generare a MACC, combinând modelarea sistemului, analiza de decompoziție și analiza incertitudinii. Un alt exemplu de abordare combinată, de sus în jos și de jos în sus, care își propune o mai bună evaluare a costurilor de reducere a emisiilor, sugerează că modelele de sus în jos ar trebui să includă o reprezentare explicită (nu prin înlocuirea combustibilului) a tehnologiilor de reducere a emisiilor, cu opțiuni de reducere a poluării cum ar fi înlocuirea factorului de producție, reducerea cererii pentru produs (output) și instalarea unui echipament de reducere a emisiilor, altul decât înlocuirea combustibilului.

3. Abordarea aleasă pentru realizarea Curbei costurilor marginale de reducere a emisiilor

Analiza MACC din evaluarea „România: Programul privind schimbările climatice și o creșterea economică verde cu emisii reduse de carbon” prezintă o imagine trans-sectorială a beneficiilor și costurilor asociate tehnologiilor/măsurilor ecologice recomandate, pe baza analizei și modelării sectoriale. Analiza MACC reprezintă ultimul pas al evaluării privind creșterea economică cu emisii reduse de carbon a României, fiind conectată și coordonată cu modelarea sectorială. MACC este conectată cu modelarea sectorială doar prin selecția tehnologiei/ măsurii ecologice, care s-a făcut în timpul analizei sectoriale și prin transmiterea datelor de intrare (a se vedea paragraful "Date" de mai jos). Analiza MACC se bazează pe aceleași date de intrare care au fost folosite și pentru modelarea sectorială. Analiza MACC cuprinde următorii pași (Vezi Figura 4):

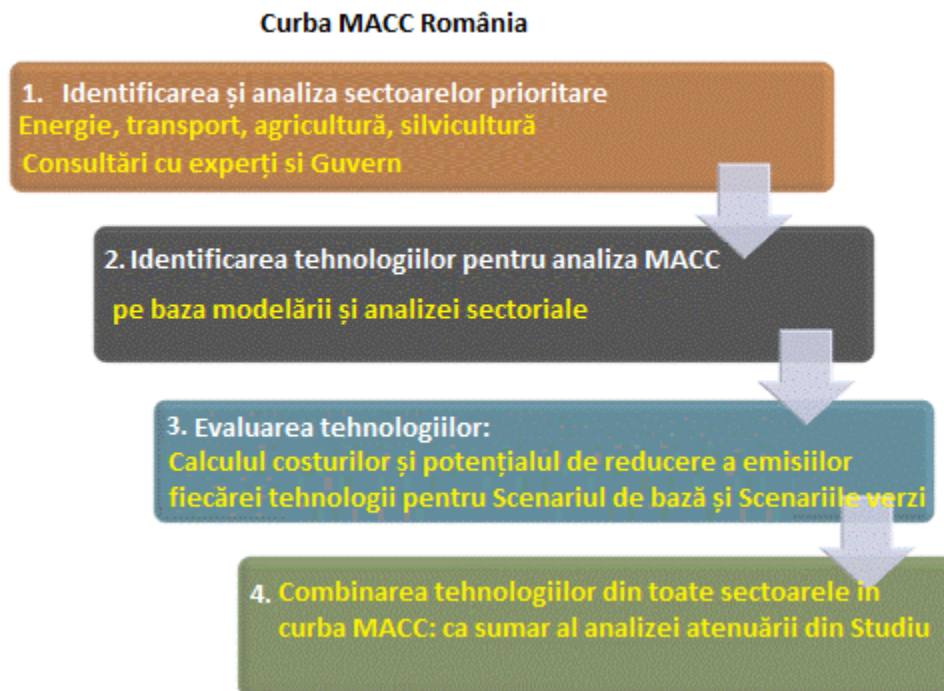
- a. **Selecția sectorului.** Mai întâi, sectoarele au fost selectate pentru evaluarea „România: Programul privind schimbările climatice și o creșterea economică verde cu emisii reduse de carbon” în ansamblu, principalul criteriu fiind importanța sectorului pentru atenuarea și/sau adaptarea schimbărilor climatice. S-a avut în vedere și adaptabilitatea datelor și a modelelor. Apoi, din sectoarele selectate pentru Evaluarea generală au fost alese acelea în care predominau măsurile de atenuare și nu au fost incluse sectoarele în care măsurile se limitau la adaptarea la schimbările climatice. Asta deoarece MACC-urile se realizează pentru a evalua măsurile de reducere (atenuare) a emisiilor și, nu pe cele de adaptare. Sectorul care avea măsuri de adaptare, inclus în evaluare, dar exclus din analiza MACC, este cel al resurselor de apă. Un alt sector care se regăsește în Evaluare, dar nu și în analiza MACC este sectorul urban: măsurile ecologice care corespund sectorului urban reprezintă o combinație de intervenții din domeniul transportului, energiei, etc. Astfel, includerea sectorului urban în MACC, unde energia și transportul sunt deja reprezentate, ar duce la o dublă contorizare.
- b. **Selecția tehnologiei.** Abordarea aleasă în realizarea MACC pentru evaluarea „România: Programul privind schimbările climatice și o creșterea economică verde cu emisii reduse de carbon” are caracteristici, principala fiind modul în care au fost selectate tehnologiile/ măsurile ecologice⁷. MACC reprezintă ultimul pas al analizei și al modelării multi-sectoriale realizate în cadrul evaluării, ceea ce a permis selectarea tehnologiei/ măsurilor ecologice pentru MACC pe baza modelării și analizei amănunțite care a fost făcută la nivel sectorial. Prin urmare, MACC include măsurile selectate, analizate și recomandate în analiza fiecărui sector.
- c. **Estimarea parametrilor MACC.** MACC din România este o combinație de curbe sectoriale, realizată folosind diferite abordări. Abordarea folosită în fiecare sector depinde de disponibilitatea, accesibilitatea și calitatea datelor, precum și de disponibilitatea modelelor. Pentru furnizarea de energie electrică, specificațiile curbei (potențialul de reducere și costul tehnologiilor de generare, per unitate redusă) au fost calculate folosind un model de sistem TIMES/MARKAL. Pentru cererea de energie, s-a folosit un model de proiectare detaliat, creat

⁷ Vă rugăm să consultați detalii în secțiunea C. Analiza pe sectoare din această lucrare.

pentru acest scop. Pentru sectoarele silvicultură, agricultură și transport s-a aplicat o abordare de jos în sus, bazată pe Excel, iar măsurile au fost evaluate individual.

- d. **Datele.** IPCC recomandă ca pentru MACC-uri să se folosească datele din Comunicările Naționale. Cum România este una din țările din Anexa 1, principalele date despre schimbările climatice sunt disponibile în cea de-a 6-a Comunicare națională⁸. Cu toate acestea, evaluarea MACC din România a necesitat informații detaliate pentru anumite măsuri, dar și date interconectate despre costuri și reducerea emisiilor. Aceste date nu au putut fi obținute din Comunicările naționale. Prin urmare, s-au folosit alte surse, atât naționale cât și globale. Unele din datele locale au fost colectate special pentru analiza MACC: atât pentru agricultură cât și pentru sectorul forestier, calculele sunt făcute pe baza datelor sectoriale detaliate, oferite de experții români special pentru acest studiu. Pentru sectorul transporturi nu există date locale pentru multe din aceste măsuri, deoarece nu există nicio experiență cu acestea în țară; prin urmare, s-au folosit date din țări similare. Astfel, estimările din sectorul transporturilor se bazează pe o combinație de date locale și globale. Procesul general de elaborare a unei MACC pentru România este prezentat în Figura 4. Analiza energiei s-a bazat atât pe datele locale și cât și pe cele globale, colectate și folosite pentru modelarea sectorială și apoi, folosite din nou pentru calculele MACC.

Figura 4. Realizarea unei curbe a costurilor marginale de reducere a emisiilor pentru România: pașii procesului



⁸ UNFCC, 2010: Ce-a de-a 6-a Comunicare națională a României către UNFCC: [https://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/application/pdf/6th_nccc_and_1st_br_of_romania\[1\].pdf](https://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/application/pdf/6th_nccc_and_1st_br_of_romania[1].pdf)

B. Sinteza rezultatelor

Contribuția României la emisiile globale este ne semnificativă: emisiile sale reprezintă doar 0,3 procente din emisiile de gaze cu efect de seră de la nivel mondial, este responsabilă pentru doar 3 procente din totalul emisiilor din UE, și produce doar 1,7 procente din emisiile înregistrate din țările din Estul Europei și Asia Centrală. România ocupă poziția 43 la nivel mondial într-o clasificare făcută după indicatorul emisii de CO₂.

Însă țara dispune de un potențial semnificativ de reducere a emisiilor și ar trebui să evalueze oportunitățile respective, pentru a realiza acest potențial într-un mod care să permită creșterea economică. În sectorul energetic, deși în țară procentul de surse regenerabile pentru producerea de electricitate este destul de ridicat – cam un sfert – și în creștere (mai ales ca urmare a dezvoltării energiei eoliene), aprovizionarea cu energie continuă să fie dominată de combustibili fosili, peste o treime din energia primară furnizată provenind din cărbune și petrol și o altă treime din gaze naturale. Restul de o treime rămas se împarte egal între nuclear și biocombustibili. În același timp, țara dispune de una din cele mai bune resurse eoliene din Europa, lucru care, combinat cu prețul mic al energiei eoliene, creează o oportunitate pentru reducerea emisiilor. De asemenea, resursele de bioenergie sunt semnificative și ar trebui folosite pentru a reduce emisiile din sectorul energetic (factorul de emisie pentru bioenergie este mai puțin de jumătate din cel pentru cărbune).

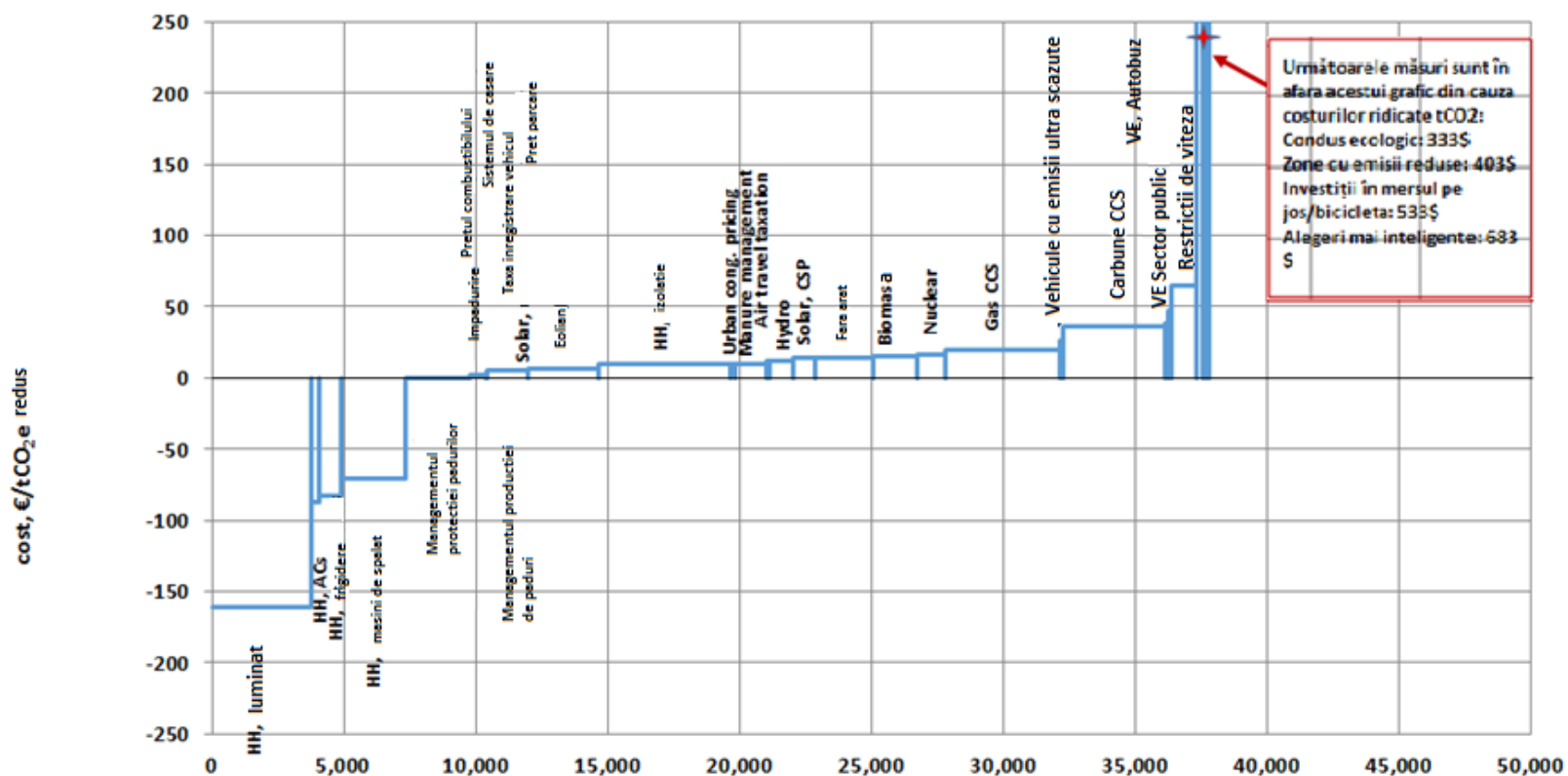
Transportul, sectorul forestier și agricultura prezintă și ele potențial de reducere a emisiilor. În sectorul transporturilor s-ar putea introduce măsuri de reglementare care să introducă stimulente pentru persoane și companii, pentru a cumpăra autoturisme cu emisii mai mici și pentru a reduce frecvența și lungimea călătoriilor cu mașina. Împădurirea este una din măsurile principale ale sectorului forestier fiind, de fapt, una trans-sectorială, promițând reducerea semnificativă a emisiilor, la un cost negativ (cu beneficii care depășesc costurile, pe termen lung). Gestionarea pădurilor este o măsură critică, menită a păstra pădurile sănătoase și, astfel, sprijinind potențialul pădurilor de a capta o cantitate mare de dioxid de carbon. Măsurile evaluate din agricultură ar sprijini reducerea emisiilor de dioxid de carbon, metan și protoxid de azot; acestea sunt măsuri ieftine, dar cu rezultate semnificative în ceea ce privește reducerea emisiilor.

Analiza sectorială realizată în cadrul Evaluării „România: Programul privind schimbările climatice și o creșterea economică verde cu emisii reduse de carbon” a generat o listă scurtă a măsurilor care alcătuiesc un „pachet verde” pentru fiecare sector. Măsurile de atenuare din această listă sunt evaluate în analiza MACC. Această abordare este considerată a fi una corespunzătoare pentru întreaga evaluare, pentru că asigură consecvența recomandărilor oferite în diferite părți ale studiului și își propune o discuție mai detaliată despre măsurile de atenuare avute în vedere pentru implementare, în loc să facă o descriere superficială a unui set amplu de tehnologii disponibile, care nu sunt neapărat necesare. Însă alte studii au o abordare diferită, estimând costurile și potențialul de reducere a emisiilor asociate unor tehnologii de

reducere a emisiilor, disponibile la nivel mondial și posibil relevante pentru țară (spre exemplu, studiile McKinsey realizate în mai multe țări)⁹.

⁹http://www.mckinsey.com/client_service/sustainability/latest_thinking/greenhouse_gas_abatement_cost_curves

Figura 5 Curba costurilor marginale de reducere a emisiilor, trans-sectorială, 2050, scenariul super-verde



Nota: cum se citește MACC. Înălțimea fiecărei coloane arată costul mediu pentru reducerea unei tone de CO₂ până în 2050. Diagrama este rearanjată de la stânga la dreapta, de la măsurile cu cele mai mici costuri, la cele cu costurile cele mai ridicate. Lățimea fiecărei coloane indică potențialul de reducere a gazelor cu efect de seră (GES) pentru respectiva măsură, în anul 2050, atunci când toate măsurile vor fi fost implementate integral.

Sursa: Calculele experților Băncii Mondiale, și modelarea studiului „România: Programul privind schimbările climatice și o creștere economică verde cu emisii reduse de carbon”..

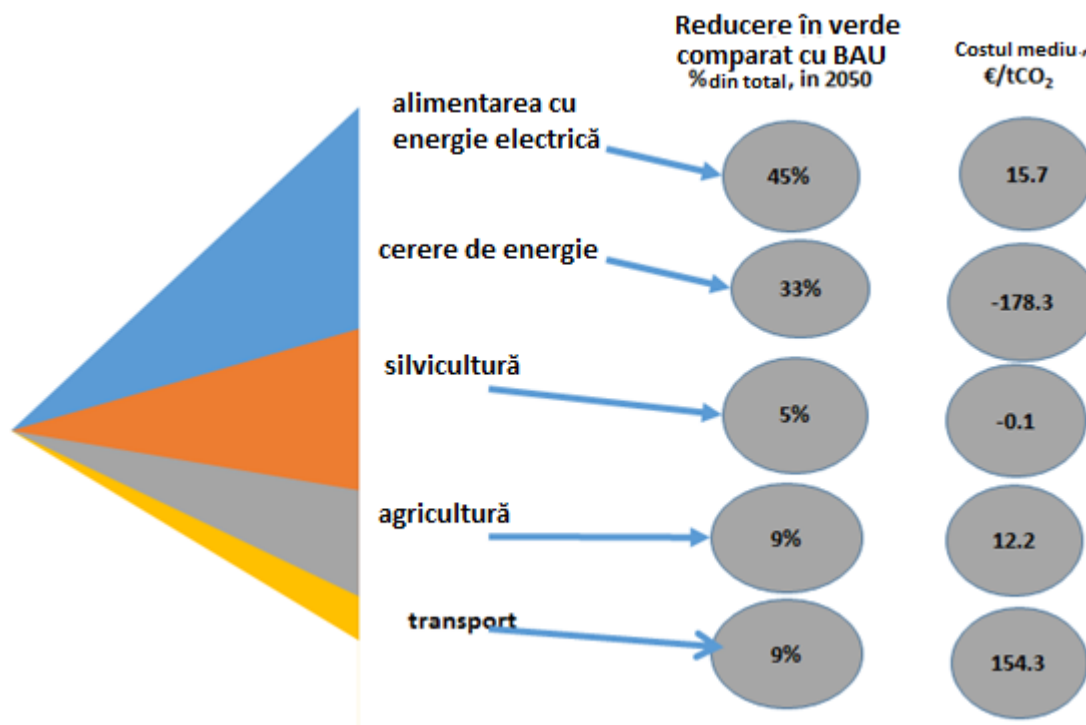
Rezultatele analizei sunt prezentate în diagrama MACC trans-sectorială (Figura 5). Diagrama include principalele variante de reducere a emisiilor, în patru sectoare: energie, silvicultură, agricultură și transport. Diagrama arată că mai multe măsuri de eficiență energetică pentru gospodării au costuri negative (beneficiile depășesc costurile), printre acestea aflându-se iluminatul eficient din perspectiva energiei consumate, sistemele de aer condiționat eficiente energetic și aparatura electrocasnică eficientă (frigidere și mașini de spălat). Două dintre intervențiile în silvicultură – managementul protecției pădurilor și managementul producției pădurilor – au, de asemenea, au costuri negative, iar al treilea – împădurirea - se caracterizează printr-un cost pozitiv redus. De asemenea, câteva tehnologii de furnizare de electricitate, din sectorul forestier și agricultură au costuri pozitive, dar foarte mici; în această categorie intră panourile solare, energia eoliană, hidroenergia și energia solară concentrată. Tehnologiile cel mai puțin eficiente din punctul de vedere al costurilor sunt cele din sectorul transporturilor.

O analiză pe sector arată că măsurile cu cea mai ridicată eficiență energetică sunt cele mai benefice, au un potențial ridicat de reducere a emisiilor cât și costuri negative, în timp ce măsurile din furnizarea de energie electrică produc majoritatea reducerii emisiilor. Măsurile din agricultură și silvicultură sunt eficiente din perspectiva costurilor. În domeniul transporturilor, atacarea emisiilor și generarea beneficiilor locale comune justifică costul ridicat al intervențiilor și motivează sprijinul pentru politicile îmbunătățite de transport. Măsurile furnizării de energie electrică oferă cea mai mare reducere a emisiilor, cu costul variind de la scăzut la nivelul mediu. Măsurile agricole sunt relativ rentabile, acestea promit, de asemenea, pentru a oferi reducere medie (pentru fiecare măsură). Măsurile forestiere sunt foarte ieftine și livrează un nivel mediu de reducere (pentru fiecare măsură). Măsurile din sectorul transporturilor însă, costă foarte mult și, în același timp au un potențial foarte limitat de reducere a emisiilor pentru fiecare măsură. Acest lucru reflectă discuțiile din literatura de specialitate despre MACC-urile din sectorul transporturilor, explicând-se prin natura măsurilor de atenuare din acest domeniu: măsurile din transport urmăresc mai multe beneficii, cum ar fi, pe lângă reducerea emisiilor, co-beneficii locale cum ar fi reducerea poluării, diminuarea traficului, controlul zgomotului, număr mai mic de accidente și o mai bună calitate a vieții. Aceste co-beneficii locale sunt, de obicei, neincluse în costul net al intervențiilor pentru că valorificarea lor este dificilă și aproximările existente (de exemplu, pentru costul unei vieți pierdute, un prejudiciu de trafic, sau bugetul municipal potențial de la dezvoltarea unei infrastructuri urbane prietenoase cu mediul de afaceri) ar reduce precizia estimărilor. Cu toate acestea, atunci când se fac estimările, co-beneficiile locale depășesc de multe ori costul ridicat al măsurilor de transport și, prin urmare sunt justificate din punct de vedere economic. În plus, ei sunt cheia pentru a atenua deciziile în domeniul transporturilor, care este de multe ori condus de co-beneficiile locale (de exemplu, cu un control urban al congestiei, în beneficiul local, care conduce aprobarea și implementarea politicilor nu este de reducere, ci de creștere urbană și îmbunătățire a calității viață). Strategia recentă a Băncii Mondiale privind schimbările climatice în transport susține rolul important al costurilor sociale locale de transport în proiectarea reducerii emisiilor de GES pentru sector.

Datele care stau la baza MACC din Figura 5 sunt prezentate în Figura 6 și în Tabelul 1. Acțiunile ecologice realizate în cele patru sectoare vor reduce emisiile țării cu 38 Mt CO₂ eq. în 2050, echivalentul unei scăderi cu 23 procente a emisiilor față de nivelul proiectat pentru BAU în 2050. Figura 6 reflectă costurile medii și potențialul de reducere a emisiilor pentru fiecare din cele patru sectoare analizate. Cel mai mare procent

de reducere a emisiilor – 45 la sută din total – este proiectat pentru furnizarea de electricitate. Doar în sectorul energiei electrice reducerea emisiilor s-ar ridica la 98 de procente între 2005 și 2050, și la 90 de procente în 2030. Măsurile privind cererea de energie vor oferi o treime din reducerea generală a emisiilor, agricultura și transportul cam o zecime, iar sectorul forestier cinci procente. Acestea variază între - 178 € per tonă emisii CO2 reduse la nivelul cererii de energie, până la 16€/tCO2e reduse în furnizarea de energie, la -0,1€/tCO2 reduse în sectorul forestier, 12€/tCO2e în agricultură și 154€/tCO2 reduse în sectorul transporturilor. Costurile fiecărei măsuri se regăsesc în Tabelul 1.

Figura 5. Reducerea emisiilor pe sectoare, orizont de timp 2050, și costul mediu al măsurilor ecologice, pentru perioada 2015-2050



Sursa: calculele personalului și modelare "România: Programul privind schimbările climatice și o creștere economică verde cu emisii reduse de carbon"

Tabel 1. Costul și potențialul de reducere a emisiilor, pe fiecare măsură

Sector / Măsuri	Costul reducerii emisiilor €/t CO ₂ eq., 2015-2050	Potențial de reducere, scenariu foarte ecologic comparat cu BAU, kt CO ₂ eq./an (2050)
Cerere de energie		
Gospodării, iluminat eficient	-161	3.790
Gospodării, AC eficient	-87	294
Gospodării, frigidere eficiente	-82	816
Gospodării, mașini de spălat eficiente	-71	2.445
Gospodării, Izolare	9	5037

Furnizare de electricitate		
Solar fotovoltaic	5,0	1.552
Eolian	6,9	2.686
Hidro	12,5	896
Energie solară concentrată	14,2	854
Biomasă	15,6	1.702
Nucleară	15,9	1.065
Gaze naturale, cu captare și depozitare dioxidului de carbon	19,7	4.357
Cărbune, cu captare și depozitare dioxidului de carbon	36,1	3.884
Sectorul forestier		
Gestionarea pădurilor de protecție	-0,23	900
Gestionarea pădurilor de producție	-0,04	568
Împădurire	0,11	360
Agricultura		
Fără arat	14,4	2.172
Gestionarea îngrășămintelor	10,0	1.200
Transport		
Prețul combustibilului	0,13	147
Programul de înnoire a parcului auto	0,36	0
Taxa de primă înmatriculare	2,28	151
Prețul parcării	3,01	14
Prețul congestiei urbane	9,60	36
Taxarea călătoriilor aeriene	11,84	26
Mașini cu emisii foarte mici	26,19	23
EV sector public	38,54	24
EV autobuze	46,77	30
Viteză	64,77	242
Conduș ecologic	337,97	61
Zone cu emisii scăzute	402,72	40
Investiții în mers pe jos, cu bicicleta	533,24	18
Alegeri mai sustenabile	683,31	9

Sursa: calculele personalului și modelare "România: Programul privind schimbările climatice și o creștere economică verde cu emisii reduse de carbon".

C. Analiza pe sectoare

1. Sectorul energetic

Analiza sectorului energetic este compusă din două părți: eficiența energetică pe partea de cerere și de furnizare electricitate. Rezultate sunt prezentate în Figura 7. Cea mai eficientă măsură (cea care are cel mai ridicat potențial de reducere a emisiilor) este izolația clădirilor, urmată de iluminatul eficient. În ceea ce privește furnizarea de electricitate, cea mai mare reducere a emisiilor poate fi obținută din generarea de electricitate utilizând centrale alimentate cu gaz natural echipate cu unități de captare și stocare a dioxidului de carbon (gaz CCS), iar un nivel similar de reducere a emisiilor va rezulta din creșterea nivelului de utilizare a centralelor alimentate cu cărbune echipate cu unități de captare și stocare a dioxidului de carbon (CCS cărbune). Printre opțiunile regenerabile de obținere a energiei, cel mai ridicat potențial de reducere a emisiilor este deținut de eoliene, apoi biomasă și de către sistemul de fotovoltaice (PV solar), hidro-generarea, urmate de CCS solar, apoi biomasă. Dezvoltarea generării nucleare ar contribui totodată la reducerea emisiilor, dar într-o manieră limitată. Din punct de vedere al costului, cele mai eficiente opțiuni de furnizare de electricitate sunt PV solare, apoi eolian, urmate de CSP solar, apoi biomasă și nuclear. CSP gaz ar necesita cheltuieli mai ridicate, iar CSP cărbune este cea mai scumpă opțiune ajungând la 36 de Euro per tCO₂e redusă. Anumite măsuri pe partea de cerere asigură beneficii nete absolute (sau au costuri nete negative; acestea includ măsurile recomandate pentru a extinde utilizarea iluminatului eficient, ventilației eficiente, frigiderelor eficiente și mașinilor de spălat eficiente).

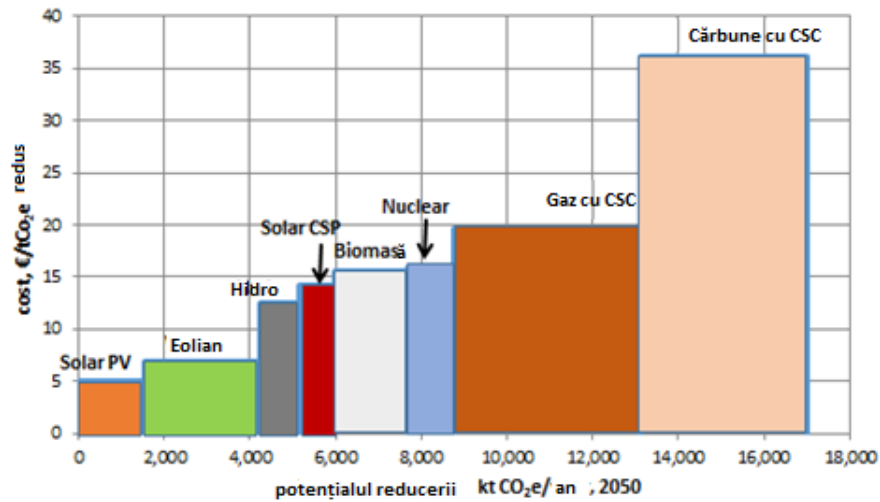
Cererea de energie

Calculul MACC aferent măsurilor pentru cererea de energie au fost realizate utilizând Analiza Cererii de Servicii Energetice (ACSE), elaborată pentru prognozele de cerere în această evaluare. Acest cadru în Excel, cu o abordare de tip jos în sus, are scopul de a estima cererea de servicii pe termen lung a utilizatorului final din sectorul energetic. Aceasta utilizează variabilele cheie ale cererii precum componentele sectoriale rezultate, venitul per gospodărie, și PIB, ale căror estimări sunt furnizate de către modelul macroeconomic. Aceste variabile sunt corelate cu consumul de energie prin intermediul parametrilor precum consumul de energie specific utilizării finale, intensitatea serviciilor energetice și factorilor de utilizare a aparatelor de uz casnic alimentate cu electricitate. Consumul de energie din sectorul rezidențial include toate activitățile ce implică utilizarea energiei, exceptând transportul personal. Utilizările finale obișnuite asociate acestui sector includ încălzirea locuinței, încălzirea apei, gătit, iluminat, ventilație, frigider și utilizarea unei game de aparate de uz casnic electrice și non-electrice. Viitorul consum de energie în sectorul rezidențial depinde de mai mulți factori, printre care schimbările populației, ratele de urbanizare, venitul per gospodărie, dimensiunea și tipul locuinței, suprafața utilă a locuinței, mixul energetic, eficiența energetică a aparatelor de uz casnic, ratele și standarde de difuziune a aparatelor de uz casnic, și preferințele și comportamentele din gospodărie. MACC pentru cererea de energie include în mare parte aplicarea îmbunătățirii consumului final de energie în sectorul rezidențial, deoarece acest sector este responsabil pentru cea mai mare reducere a emisiilor conform analizei sectorului energetic.

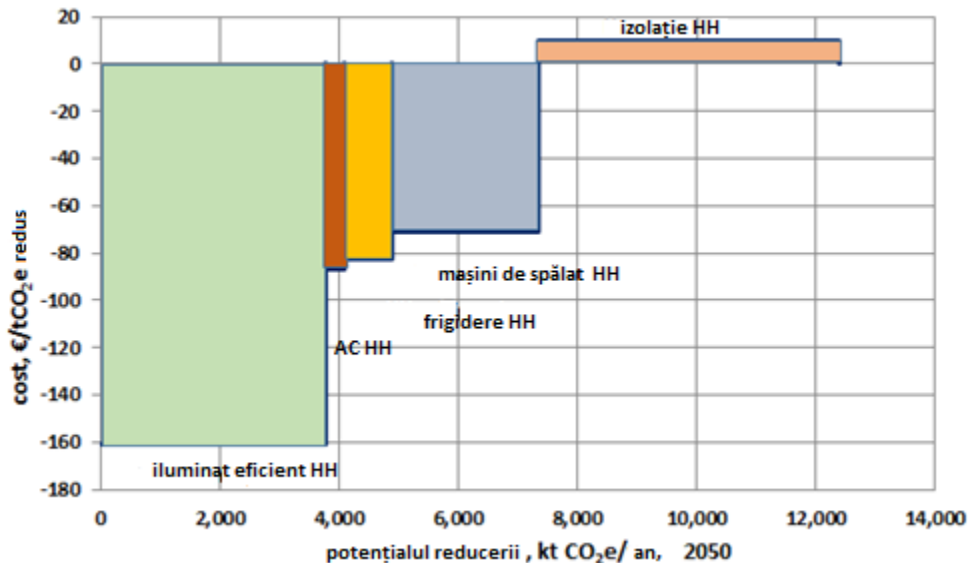
Abordarea utilizată a necesitat colectarea unei game largi de date, ce pot fi grupate în trei categorii: date cu privire la consumul de energie, date socio-economice și demografice (populație, dimensiune gospodărie, caracteristicile fondului locativ, etc.), și date tehnologice (nivelul de penetrare al tehnologiei, caracteristicile acestei tehnologii precum intensitatea emisiilor și costurile unitare, etc.). Datele au fost colectate din mai multe surse diferite, inclusiv din anumite publicații naționale, regionale și internaționale. În mod special, sursele de date principale sunt Institutul Național de Statistică (INS), Agenția Internațională pentru Energie, Eurostat UE și Indicatorii de Dezvoltare ai Băncii Mondiale. Parametrii activității din gospodărie au fost utilizați pentru a estima cererea viitoare de servicii finale.

Figura 7. Curbele de Cost pentru Reducerea Marginală a Emisiilor în sectorul energetic din România

a. Furnizare de electricitate



b. Cerere de energie



Sursa: calculele personalului și modelare "România: Programul privind schimbările climatice și o creștere economică verde cu emisii reduse de carbon".

Furnizarea de electricitate

Calculele MACC pentru furnizarea de electricitate au fost realizate utilizând un model de sistem de furnizare energie electrică TIMES/MARKAL¹⁰, un model de optimizare. În analiza MACC, modelul a contribuit la stabilirea costului marginal și a potențialului de reducere de emisii al următoarelor opt opțiuni de reducere a carbonului: fotovoltaice solare (PV), energie solară concentrată (CSP), utilizarea mai ridicată a hidroenergiei (comparativ cu capacitatea instalată), mai multe centrale eoliene, alimentate cu biomasă sau gaz natural echipate cu unități de captare și stocare carbon (gaz CCS), centrale alimentate cu cărbune echipate cu unități de captare și stocare carbon (CCS cărbune) și nuclear. Modelul a construit cel mai bun mix (cost minim) de surse de generare pentru a atinge nivelul dorit de reducere a emisiilor în opt cazuri diferite, corespundând celor opt opțiuni ecologice de generare. Nivelul de reducere a emisiilor a fost stabilit ca și constrângere, și fiecare scenariu a maximizat generarea pentru una dintre cele opt surse de generare, luând în considerare multe alte variabile/constrângeri în cadrul modelului: unitățile de producție/transformare; rețelele de transport, transmisie și distribuție; diferite constrângeri de resurse tehnice, socio-economice, de mediu și alelele, inclusiv dimensiunea centralelor, factorul de capacitate al acestora, și nevoia unității de rezervă. De exemplu, în scenariul 1, PV solare au fost setate pentru a fi maximizate în sistemul de furnizare electricitate, iar celelalte tehnologii de generare au fost selectate de către model. Modelul a calculat totodată costul unui astfel de sistem și costul sistemului de referință. Diferența dintre cele două costuri este costul marginal.

Modelul aferent estimării nivelului de penetrare al fiecărei tehnologii în perioada 2015-2050 a fost făcută în cele trei scenarii – Referință, Verde și Super Verde. Scenariul Verde este realizat pentru a evidenția strategiile UE privind energia și clima, inclusiv orizontul 2030 pentru politicile privind energia și clima. Scenariul Super Verde prezintă Foaia de parcurs pentru tranziția la o economie cu emisii reduse de carbon în 2050. Modelul conține o cantitate mare de informații, iar datele introduse pentru realizarea modelului MACC pentru furnizarea de electricitate au inclus mai multe variabile: acelea cu privire la cererea de energie (precum PIB, populație, gospodării; și elasticități în funcție de cerere), energie primară și potențialele resurse materiale și costuri, atributele politicii (restricții emisii, taxe emisii, subvenții pentru tehnologii, etc.), și o descriere a tehnologiilor (sau proceselor) ce transformă bunurile de larg consum (combustibil, materiale, servicii energetice, emisii). Sursele cheie de date au fost reprezentate de Eurostat, Banca Mondială, Agenția Internațională pentru Energie și Agenția Mondială pentru Resurse. În plus, au

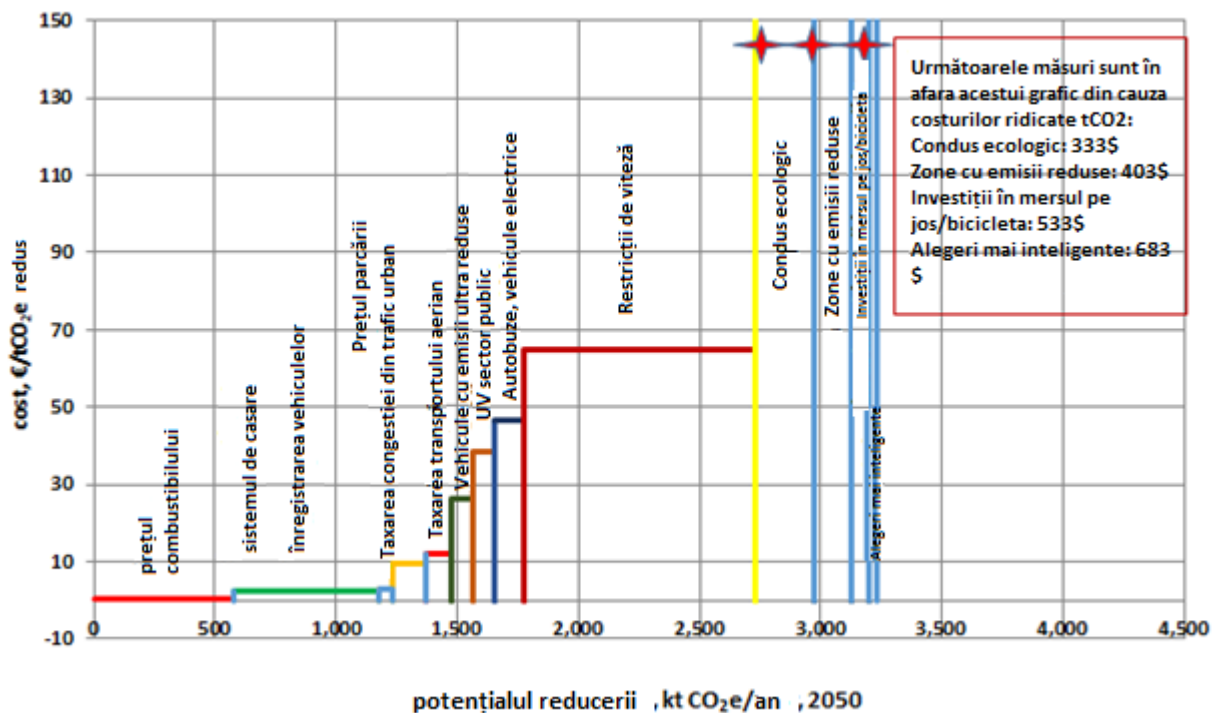
¹⁰ TIMES (un acronim pentru Sistemul Integrat MARKAL-EFOM) este un generator de model economic pentru sistemele energetice locale, naționale și multi-regionale, ce asigură o bază energetică bogată pentru estimarea dinamicii pe termen lung, într-un orizont de timp cu perioade multiple. Modelul realizează o optimizare multi-anuală (calculează ruta cea mai puțin costisitoare a sistemului energetic pentru o anumită perioadă de timp) și poate fi utilizat la nivel global, multi-regional, național, la nivel de stat/provincie sau comunitate pentru a testa o serie de opțiuni de politici, precum constrângerile CO₂, taxele sau subvențiile. Structura TIMES este definită de către variabile și ecuații rezultate din datele introduse de către utilizator. Aceste informații definesc în mod colectiv fiecare bază de date a modelului regional TIMES, rezultând drept urmare imaginea matematică a Unui Sistem Energetic de Referință pentru regiune. Baza de date include atât date calitative cât și date cantitative.

fost utilizate datele cu privire la cererea de energie din modelul cererii de tip jos în sus realizat la nivel intern pentru a calcula cererea de energie în funcție de diferite tipuri de servicii ce utilizează energie (consultați secțiunea „Cererea de energie” de mai sus).

2. Transport

În sectorul de transport, MACC a fost estimată utilizând un model de tip jos în sus și datele au fost colectate pentru Evaluare din diferite surse, inclusiv din Modelul Național de Transport, un model UE TREMOVE, EUROSTAT, etc. Spre deosebire de celelalte sectoare incluse în Evaluare, analiza sectorului transport pune accent pe politici și nu pe intervențiile tehnologice. Aceasta identifică o gamă largă de măsuri, inclusiv instrumente de tarificare, tehnologie, măsuri de reglementare, măsuri de eficiență operațională și investiții. (Figura 8 și Tabelul 2)

Figura 8 Curba reducerii marginale a emisiilor în sectorul de transport din România.



Sursa de date: Raportul Tehnic în domeniul Transporturilor, „România: Programul privind schimbările climatice și o creștere economică verde cu emisii reduse de carbon”.

Tabel 2 Tehnologiile incluse în MACC pentru sectorul transport

Măsură	Costuri
1 Impozitare Preț Combustibil	Intervenția a fost modelată ca și creștere a impozitului pe combustibil, conducând la o creștere generală de 10% a prețurilor combustibililor. Conform prețurilor actuale, aceasta reprezintă o creștere de 12,5 eurocenți/litru (inclusiv TVA) pentru benzină și motorină. Dovezile cu privire la elasticitatea prețului combustibilului sugerează valori de -

	<p>0,15 pe terme scurt și -0,3 pe termen lung, și se preconizează că o astfel de creștere va conduce pe termen lung la o reducere de aproximativ 3% a numărului de km parcurși. Sunt preconizate totodată efecte secundare în orientarea către vehicule mai eficiente ca urmare a creșterii prețurilor combustibililor. O creștere de 5% a prețului combustibilului a fost modelată pentru 2020, și o creștere de 10% în 2025, ca mai apoi acest nivel să rămână constant până în 2050. Aplicarea elasticității de 30% are drept rezultat pe termen lung o reducere de 3% a călătoriilor cu vehiculele ce utilizează benzină sau motorină. Profilul anual de reducere a gazelor cu efect de seră (GHG) până în 2050 este prezentat mai jos atunci când politica este aplicată ca parte a pachetului de măsuri aferent Scenariului Verde. Politica reduce emisiile GES anuale cu 0,4 MtCO₂e până în 2025 și 0,6 MtCO₂e până în 2050.</p>
2 Programul de înnoire a parcului de vehicule	<p>Înnoirea vehiculelor vechi și foarte poluante este sprijinită prin subvenționarea prețului vehiculelor mai eficiente. Costul măsurii este modelat ca fiind egal cu valoarea subvenției.</p>
3 Taxă Nouă pentru Înmatricularea Vehiculelor (Taxa de Mediu)	<p>Impozit mai mare pentru vehiculele cu un nivel ridicat de emisii.</p>
4 Preț parcare	<p>Unul dintre mecanismele de tarifare ce descurajează suprautilizarea vehiculelor este adoptarea unei politici prin care prețul parcării să fie ridicat, în special în cazul în care parcare este scumpă comparativ cu utilizarea transportului în comun. Un studiu anual cu privire la tarifele de parcare zilnice evidențiază faptul că prețurile pentru parcare în București sunt destul de mici comparativ cu alte orașe UE, deși aceste informații sunt mai vechi și s-ar putea ca situația actuală să fie oarecum diferită. La nivelul UE, modificarea politicilor cu privire la parcare face parte din obiective mai vaste, precum respectarea standardelor cu privire la calitatea aerului sau reducere emisiilor GHG. Deși Londra și Stockholm și alte câteva orașe au introdus sistemul de taxare a congestiei, această abordare nu s-a răspândit foarte mult, deși perceperea unei taxe pentru parcare este prezentă la nivel larg, și drept urmare creșterea tarifelor ar fi o abordare relativ directă. Tarifele pentru parcare reprezintă totodată o sursă de potențial venit pentru autoritățile locale prin administrarea parcarilor publice.</p>
5 Prețul Congestionării Urbane	<p>Acest sistem este unul de taxare a utilizatorilor rețelei de transport pentru a reduce congestiunea traficului. Costurile de infrastructură aferente implementării taxei de congestie în Londra au fost de 340 milioane de Euro. Costul de infrastructură orientativ aferent implementării măsurilor a fost estimat la 150 milioane de Euro, în baza experienței din Londra, luându-se în considerare un cost mai scăzut al tehnologiei utilizate pentru implementarea schemei.</p>
6 Utilizarea de Vehicule cu un Nivel de Emisii foarte Scăzut în Sectorul Public	<p>Pentru acest scenariu, a fost asumat un obiectiv similar celui adoptat în modelarea intervențiilor din Macedonia, cu vehicule electrice care alcătuiesc 5% din flota sectorului public în 2020, crescând la 10 la sută în anul 2025. Dacă ar fi să ne orientăm către cazul fanion, și anume</p>

	Estonia, costul pentru achiziționarea vehiculelor electrice este de 4.450 Euro per vehicul.
7 Flota Electrică de Transport în Comun	Costul incremental pentru achiziționarea de vehicule hibride-electrice comparativ cu sistemele cu propulsie electrică convenționale este de 100.000 Euro per vehicul.
8 Zona cu Emisii Scăzute	Costul ar acoperi studiile preliminare și evaluările impactului, campaniile de conștientizare și semnalizare și monitorizarea continuă și punerea în aplicare a reglementărilor. Nivelul acestor costuri poate varia în mod semnificativ în funcție de natura și complexitatea schemei și în funcție de modalitățile de punere în aplicare.
9 Restricții de Viteză	Costul implementării unei modificări a limitelor de viteză ar include revizuirile necesare ale reglementării și creșterea nivelului de conștientizare prin intermediul campaniilor publicitare. Trebuie să fie luat în considerare și costul de capital aferent implementării semnelor de viteză. Se estimează o valoare de 10 milioane de Euro. A fost constituită o indemnizație de 1 milion de Euro pe an pentru punerea în aplicare a limitei de viteză.
10 Campanii de conștientizare cu privire la condusul ecologic	Costul campaniei.
11 Investiții în mersul pe jos și mersul cu bicicleta	Cheltuielile de capital aferente reconstruirii centrului orașului pentru a permite accesul diferitelor moduri de transport, inclusiv biciclete și extinderea zonelor pietonale.
12 Investiții în infrastructura de transport în comun	Costurile de capital aferente extinderii parcului de transport în comun.
13 Investiții în alegeri mai inteligente/programe de schimbare a comportamentului	În baza experienței din RU, investiția necesară a fost estimată la 15 milioane de lire sterline, incluzând investiții în infrastructura de transport activ și în acțiunile de schimbare comportament orientate către atingerea unui nivel mai crescut de transport activ (mers pe jos, bicicletă și creșterea nivelului de utilizare a transportului în comun).

3. Silvicultură

Principalele trei măsuri analizate pentru sectorul forestier includ împădurirea, gestionarea durabilă a pădurilor de protecție și gestionarea durabilă a pădurilor de producție. Estimările s-au făcut pe baza celor mai recente date locale, culese și validate de experții români.¹¹ Rezultatele sunt prezentate în Figura 9, care arată că măsurile propuse au un potențial semnificativ de reducere a emisiilor, de 1.828 kt CO₂ pe an până în 2050. S-a considerat că măsurile analizate sunt extrem de eficiente din punct de vedere al costurilor: două dintre acestea - gestionarea pădurilor de protecție și gestionarea pădurilor de producție - au beneficii nete pozitive (costuri nete negative), iar cea de-a treia - împădurirea - produce costuri nete pozitive neglijabile.

¹¹ Estimările au fost făcute de dr. Marian Drăgoi, conferențiar la Universitatea din Suceava, România, împreună cu alți experți locali din domeniu.

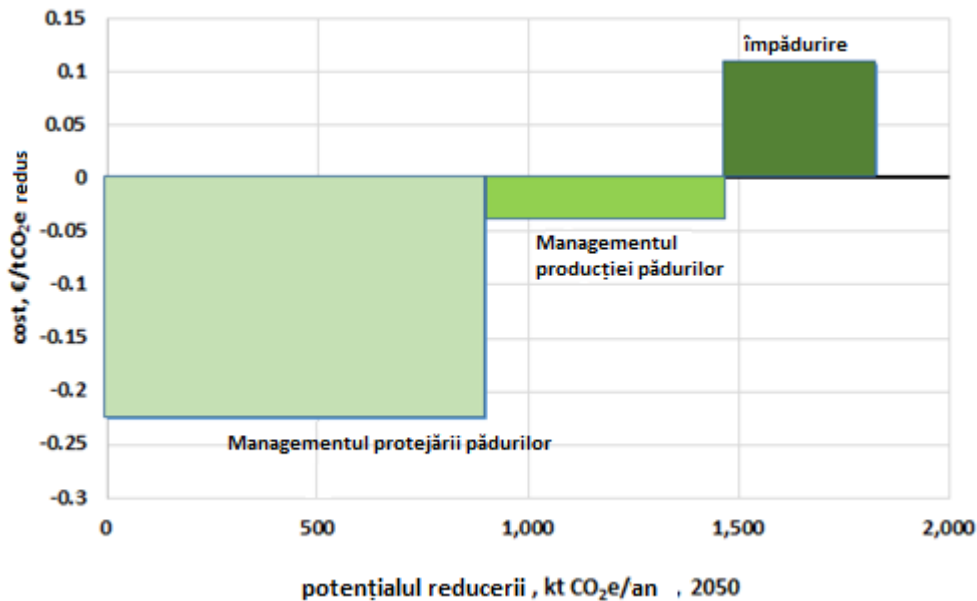
Măsura împăduririi reduce problema cotei din ce în ce mai mici a terenului împădurit și a continuei degradări a terenurilor, concentrându-se, prin urmare, pe terenurile degradate. Acest accent implică costuri mai mari dar, în același timp, și beneficii mai mari pe termen lung. S-a luat în calcul o creștere anuală medie de 10 m³ per ha și împădurirea anuală a 1.000 ha, în medie, (ipoteză conservatoare), ceea ce ar duce la reducerea (captarea) a 10.000 tCO₂ pe an. Costul inițial este de 6.000€ pe hectar, respectând actualele costuri din România; pe perioada proiectată, 2015-2050, acesta ar trebui să scadă la 3.500€ per hectar, datorită unei implementări mai eficiente și a curbelor de învățare din tehnologie. S-au previzionat și venituri, obținute din lemnul pentru foc din luminișuri și rări. Calculele au fost făcute folosind compunerea condițiilor asociate solurilor și speciilor, specifice terenurilor degradate.

Pentru gestionarea durabilă a pădurilor de producție, atunci când s-a estimat MACC s-au luat în calcul atât constrângerile, cât și soluțiile. De exemplu, există dovezi care arată că rotații mai scurte înseamnă mai puțin deranj, deci mai mulți copaci sănătoși și valoroși pentru recoltă și o acumulare mai bună de CO₂ în materialele de construcție din lemn. Măsura a fost estimată pentru molidul norvegian. Se presupune că reducerea rotației acestuia de la 110 la 100 de ani ar duce la o creștere a randamentului cu 10 procente (estimare prudentă). Media rezervei în creștere în această perioadă ar fi de 650 m³ și s-a presupus că, cu această rezervă în creștere, cu 10 la sută mai mult lemn va fi folosit pentru cherestea. Având cu 65 m³/ha mai mulți arbori, potențialul de reducere a emisiilor este de 65 tCO₂/ha. Măsurile ar acoperi 50 la sută din pădurile de molidi de Norvegia, adică 850.000 ha. Considerând o absorbție a dioxidului de carbon mai mare cu 10 procente, s-a estimat eficacitatea costurilor pentru această rotație mai redusă, luând în calcul productivitatea medie, volumele recoltate, pe baza tabelelor de randament și costurile de operare (îngrijire, toaletare și operațiunile finale de recoltare). Veniturile au fost estimate pe baza datelor oferite de Regia Națională a Pădurilor (RNP), cu costurile pentru diferite tipuri de material lemnos (obținute la o desime medie, cu o productivitate medie) și a mediei diversității gradelor, estimată pe baza tabelelor de randament. Costurile de operare au fost consemnate de companiile române de recoltare.

Gestionarea durabilă a pădurilor de protecție a fost a treia măsură analizată de MACC. Măsura pornește de la presupunerea că planurile Natura 2000 vor fi implementate, ceea ce duce la operațiuni de recoltare ecologice, obligatorii, reducerea materialului lemnos recoltat ca produs recuperat, mai puțină deteriorare a arborilor rămași și, pe termen lung, mai puține produse recuperate. Se presupune că impactul absorbției de CO₂ va fi egal cu cantitatea de lemn recoltată în momentul de față ca produs recuperat din pădurile de protecție, care este de 5 m³ pe an la hectar. S-a presupus că măsura se va aplica pentru 5000 de hectare pe an. Beneficiile nete inițiale au fost calculate pe baza costurilor medii plătite de RNP pentru zonele protejate. Beneficiile ecologice (după implementarea măsurii) au două componente: nivelul UE, de 33 € per hectar, în urma implementării acestei măsuri, și compensația de 25€ la hectar, ce va fi plătită prin Programul Național de Dezvoltare Rurală.¹² Datele privind costurile și veniturile au fost furnizate de RNP.

¹² Pentru a- i despăgubi pe proprietari, pentru că renunță la recoltare 5 ani.

Figura 9 Curba reducerilor marginale din România, pentru sectorul forestier

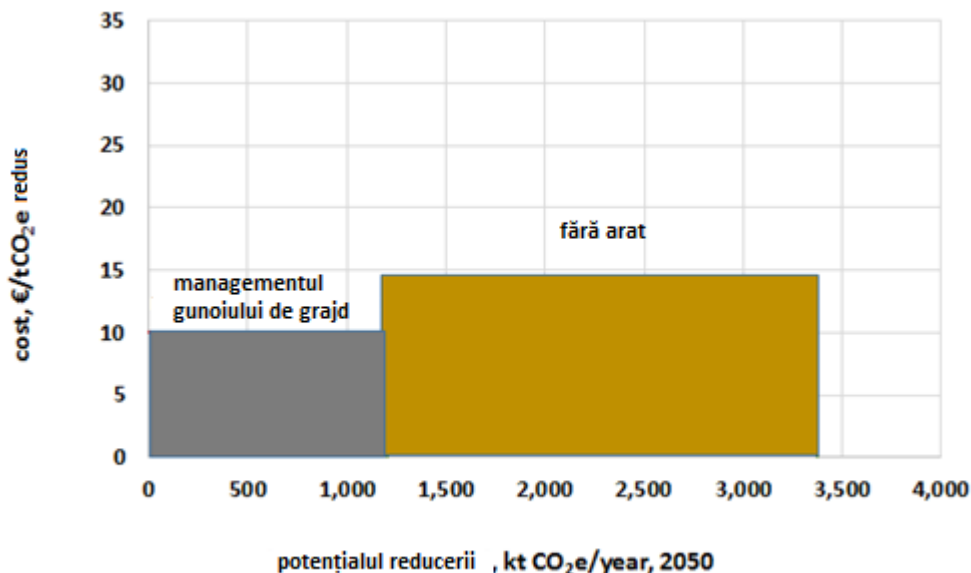


Sursa de date: Raport tehnic pentru sectorul forestier, „România: Programul privind schimbările climatice și o creștere economică verde cu emisii reduse de carbon”

4. Agricultură

Analiza sectorului agricol din MACC a avut în vedere două măsuri de atenuare: operațiuni minime de arat și gestionarea îngrășămintelor, ambele sprijinite de UE și PNDR. PNDR include împăduriri, agricultură fără arat sau cu arat redus, sistemul de rotație a culturilor, gestionarea îngrășămintelor (incl. compostare și depozitare), agricultură organică și promovarea surselor regenerabile de energie. Pe baza datelor disponibile, patru din aceste măsuri au fost incluse în Curba marginală de reducere a emisiilor din România: agricultură fără arat, gestionarea îngrășămintelor, împădurirea și sursele regenerabile de energie. În timp ce ultimele două măsuri sunt prezentate în capitolele despre sectorul forestier și energie, primele două sunt prezentate mai jos. Măsura „fără arat” reflectă beneficiile asociate eliminării aratului, față de practica actuală, de folosire a aratului complet al terenurilor. În scenariul de referință, măsura este aplicată pentru o suprafață limitată, de 90.000ha. În scenariul ecologic, suprafața fără arătură a fost extinsă la 300.000 hectare în primii cinci ani de implementare a proiectului, și, ulterior, la 900.000 de hectare. Cei 300.000 reprezintă teren arabil, predispus la deșertificare. În timp ce deșertificarea reprezintă amenințarea și motivul schemei activități minime de arat, gestionarea defectuoasă a îngrășămintelor (colectare, depozitare, tratare, împrăștiere) din trecut este motivul noii măsuri „compostarea îngrășămintelor”. Agricultorii care aplică această măsură se supun unor practici severe de depozitare și tratare a îngrășămintelor, cu impact asupra economiilor de GES per unitate animal (nu per ha). Analiza MACC arată că cele două măsuri evaluate au costuri mici de reducere a emisiilor și un potențial de reducere destul de ridicat, care reprezintă nouă procente din potențialul total de reducere a emisiilor din următoarele sectoare/sub-sectoare: furnizarea de energie, eficiența energetică, transport, silvicultură și agricultură (Figura 10).

Figura 10 Curba reducerilor marginale din România, pentru sectorul agricol



Sursa de date: Raport tehnic pentru sectorul agricol, „România: Programul privind schimbările climatice și o creștere economică verde cu emisii reduse de carbon”

D. Concluzii

Realizarea MACC pornește de la analiza și modelarea tuturor sectoarelor relevante din Evaluare. Diagrama MACC este doar o prezentare a constatărilor acestor cercetări sectoriale, transformate pentru a reflecta abordarea MACC. Atunci când datele MACC din toate sectoarele sunt puse într-o singură diagramă, se generează o imagine clară și simplă, ce permite compararea măsurilor ecologice după costuri și beneficii, la nivelul sectoarelor. Analiza MACC se bazează pe munca analitică detaliată pe sectoare și pe cea de modelare, în urmă cărora s-au identificat domeniile în care eforturile de atenuare ar fi cel mai eficiente, și propune spre implementare măsuri speciale de atenuare. Pe baza acestui rezultat, analiza MACC a estimat parametrii MACC (costul unitar al reducerii emisiilor, în perioada 2015-2050 și potențialul de reducere a emisiilor în 2050) pentru curba MACC, pentru fiecare măsură selectată. Astfel, MACC rezultată clasifică măsurile selectate din perspectiva costurilor de la cele mai până la cele mai puțin eficiente. Cele mai bune măsuri, atât din perspectiva eficacității costurilor cât și a potențialului de reducere sunt cele asociate cererii de energie și furnizării de electricitate, însă mai există și alte măsuri care oferă beneficii semnificative, și aici intră cele din sectoarele forestier și agricol. Măsurile din sectorul transporturilor sunt scumpe, iar rezultatele în ceea ce privește reducerea emisiilor sunt limitate.

Acțiunile ecologice realizate în cele patru sectoare vor reduce emisiile din România cu 38 Mt CO₂ eq. în 2050, echivalentul unei scăderi cu 13 procente față de nivelul proiectat pentru valoarea de referință în 2050. Cel mai mare procent de reducere a emisiilor – 45 la sută din total – este proiectat pentru furnizarea de electricitate. Cererea de energie va oferi o treime din reducerea generală a emisiilor, agricultura și transportul cam o zecime, iar sectorul forestier cinci procente. Acestea variază între - 178 € per tonă emisii

CO₂ reduse la nivelul cererii de energie, până la 16€/tCO₂e reduse în furnizarea de energie, la -0,1€/tCO₂ reduse în sectorul forestier, 12€/tCO₂e în agricultură și 154€/tCO₂ reduse în sectorul transporturilor.

MACC din România poate crește calitatea deciziilor privind prioritizarea măsurilor propuse pentru reducerea emisiilor. Pe lângă informarea deciziilor privind bugetul, prin faptul că arată costul per unitate redusă al mai multor măsuri și compararea potențialului de reducere al măsurilor, aceasta poate sprijini deciziile privind implementarea acțiunilor propuse prin ajutarea înțelegerii faptului că unele măsuri oferă beneficii mai rapid decât altele, iar implementarea lor ar trebui programată în consecință, pentru maximizarea valorii prezente a beneficiilor pe termen lung. Pentru România, MACC arată că programarea acțiunilor ecologice ar trebui să înceapă cu măsurile de eficiență energetică, pentru că acestea au cel mai scăzut cost net (negativ), costuri reduse de investiție, aduc beneficii și au puține bariere în implementare. Urmează apoi măsurile din sectorul forestier, care ar trebui începute devreme. Acestea implică un cost anual mic, nu necesită o investiție inițială și, deși apar după un anumit interval de timp, beneficiile acestea se acumulează în viitor. Acestea sunt măsuri cu care nu ai cum să greșești. De cealaltă parte, măsurile din furnizarea de energie implică investiții inițiale mari cu beneficii care se observă la câțiva ani, iar implementarea lor necesită luarea unor decizii complicate, strategice și politice. Pentru aceste măsuri, MACC oferă doar un singur element al unui tablou foarte amplu și complicat, necesar pentru a lua decizii. În sectorul transporturilor, măsurile propuse au costuri unitare ridicate iar implementarea lor ar trebui să se facă în funcție de co-beneficii (alte beneficii în afara reducerii emisiilor); acestea ar trebui implementate atunci când și acolo unde pot aduce beneficii pentru sănătatea oamenilor (reducând poluarea), scăderea numărului de accidente rutiere, reducerea congestiilor și îmbunătățirea calității vieții. În timp ce e util pentru punerea în aplicare, MACC sunt altfel limitate la furnizarea de informații financiare și nu poate susține deciziile nefinanciare importante în ceea ce privește consolidarea capacităților, efortul schimbării de comportament, reacțiile părților interesate neguvernamentale, precum și alte considerente instituționale.

Referințe

Almihoub, Ali Ahmed Ali, Joseph M. Mula and Mohammad Mafizur Rahman. 2013. "Marginal Abatement Cost Curves (MACCs): Important Approaches to Obtain (Firm and Sector) Greenhouse Gases (GHGs) Reduction." *International Journal of Economics and Finance: Volume 5, No. 5, 2013*. University of Southern Queensland, Australia: School of Accounting, Economics and Finance, Faculty of Business and Law.

Balash, Peter, Christopher Nichols and Nadejda Victor. 2013. "Multi-Regional Evaluation of the U.S. Electricity Sector Under Technology and Policy Uncertainties: Findings from MARKAL EPA9rUS Modeling" in *Socio-Economic Planning Sciences*. Volume 47, Issue 2, 2013, pp 89 -119. Elsevier. Available at: <http://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:soceps:v:47:y:2013:i:2:p:89-119>

Bates, Judith, Nicola Brophy, Michael Harfoot, Jim Webb. 2009. *Sectoral Emission Reduction Potentials and Economic Costs for Climate Change (SERPEC-CC): Agriculture: methane and nitrous oxide*. AEA Energy & Environment. ECOFYS, Netherlands

Beach, Robert, Benjamin J. DeAngelo, Steven Rose, Changsheng Li, William Salas, and Stephen J. DelGrosso. 2006. *Mitigation Potential and Costs for Global Agricultural Greenhouse Gas Emissions*. International Association of Agricultural Economists Conference, Gold Coast, Australia.

Bloomberg. 2010. *A Fresh Look at the Cost of Reducing US Carbon Emissions*. Carbon Markets - North America - Research Note. Bloomberg New Energy Finance.

Bockel, L., Sutter, P., Touchemoulin, O. and Jonsson, M. 2012. *Using Marginal Abatement Cost Curves to Realize the Economic Appraisal of Climate Smart Agriculture*. Policy Options. Rome. Food and Agricultural Organisation.

CBI Climate Change Task Force. 2007. *Climate Change: Everyone's Business*. London: CBI.

Chen, Wenying. 2005. "The Costs of Mitigating Carbon Emissions in China: Findings from China MARKAL-MACRO Modeling" in *Energy Policy*. Volume 33, pp 885-896. 2005. Elsevier. Global Climate Change Institute, Tsinghua University, Beijing.

Choate, A., R. Kantamaneni, D. Lieberman, P. Mathis, B. Moore, D. Pape, L. Pederson, M. Van Pelt, and J. Venezia. 2005. *Emission Reduction Opportunities for Non-CO2 Greenhouse Gases in California*. California Energy Commission, PIER Energy-Related Environmental Research. CEC-500-2005-121.

Cowlin, Shannon, Jaquelin Cochran, Sadie Cox, and Carolyn Davidson. 2012. *Broadening the Appeal of Marginal Abatement Cost Curves: Capturing Both Carbon Mitigation and Development Benefits of Clean Energy Technologies*. National Renewable Energy Laboratory.

Criqui, P. 2009. *The POLES model: POLES State of the Art LEIPIPEPE*, CNRS Grenoble and ENERDATA s.a.s.

De Carra, Stephane, Pierre-Alain Jayet. 2011. Marginal abatement costs of greenhouse gas emissions from European agriculture: Cost effectiveness, and the EU non-ETS burden sharing agreement. *Ecological Economics* issue 70, pp. 1680–1690

De Gouvello, Christophe. 2010. Brazil Low-carbon Country Case Study. World Bank.

Dellink, Rob, Marjan Hofkesb, Ekko van Ierlanda and Harmen Verbruggenb. 2004. "Dynamic Modelling of Pollution Abatement in a CGE Framework" in *Economic Modelling*. Volume 21, Issue 6, December 2004, pp 965–989. Elsevier. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264999303000877>

Dragoi, M., Palaghianu, C. and Miron- Onciul, M. 2015. "Benefit, Cost and Risk Analysis on Extending the Forest Roads Network: A Case Study in Crasna Valley (Romania)" in *Annals of Forest Research* 1-13.

Dragoi, Marian. 2010. "Compensating the Opportunity Cost of Forest Functional Zoning - Two Alternative Options for the Romanian Forest Policy" in *Annals of Forest Research* 53(1): 81-92.

Eisbrenner, Katja, Alyssa Gilbert. 2009. Sectoral Emission Reduction Potentials and Economic Costs for Climate Change (SERPEC-CC): Land use, land use change and forestry. ECOFYS. Netherlands.

Ekins, P., Kesicki, F. and Smith, A. 2011. Marginal Abatement Cost Curves: A Call for caution. London, United Kingdom: Energy Institute, University of College London.

European Bank for Reconstruction and Development and the Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment. 2012. The Low Carbon Transition. Special Report on Climate Change. London.

Gorte, Ross W. 2009. U.S. Tree Planting for Carbon Sequestration. Congressional Research Service: Report for Congress. Washington, DC.

Hazeldine, Tom, Will Clark, Laura Deller and Vasileios Paschos. 2010. A Marginal Abatement Cost Curve. AEA Technology for NHS Sustainable Development Unit England.

Johnson, Todd M., Claudio Alatorre, Zayra Romo, Feng Liu. Low-Carbon Development for Mexico. World Bank.

Kesicki, Fabian. 2012. "Costs and Potentials of Reducing CO2 Emissions in the UK Domestic Stock from a Systems Perspective" in *Energy and Buildings*. Volume 51, pp 203–211, 2012.

Kesicki, Fabian. 2013a. "Marginal Abatement Cost Curves: Combining Energy System Modelling and Decomposition Analysis" in *Environmental Modeling and Assessment*. Volume 18 (1), pp 27-37. 2013.

Kesicki, Fabian. 2013b. "What Are the Key Drivers of MAC Curves? A Partial-Equilibrium Modelling Approach for the UK" in *Energy Policy*. Volume 58, pp 142-151, 2013. UCL Energy Institute, University College London.

Kesicki, Fabian. 2013c. "Marginal Abatement Cost Curves: Combining Energy System Modelling and Decomposition Analysis" in *Environmental Modeling & Assessment*. Volume 18, Issue 1, pp 27-37, 2013.

Kesicki, Fabian and Neil Strachan. 2011. "Marginal Abatement Cost (MAC) Curves: Confronting Theory and Practice" in *Environmental Science & Policy*. Volume 14, pp 1195-1204, 2011. Elsevier. UCL Energy Institute, University College London.

Kiulla, Olga, and T.F. Rutherford. 2013. "Methodological and Ideological Options: The Cost of Reducing CO2 Emissions: Integrating Abatement Technologies into Economic Modeling" in *Ecological Economics*. Volume 87, pp 62-71. Centre for Energy Policy and Economics, ETH Zürich; and Faculty of Economic Sciences, University of Warsaw.

MacLeod, Michael, Dominic Moran, Vera Eory, R.M. Rees, Andrew Barnes, Cairistiona F.E. Topp, Bruce Ball, Steve Hoad, Eileen Wall, Alistair McVittie, Guillaume Pajot, Robin Matthews, Pete Smith, Andrew Moxey, Andrew. 2010. Developing greenhouse gas marginal abatement cost curves for agricultural emissions from crops and soils in the UK. *Agricultural Systems*, issue 103, pp. 198–209.

McKinsey & Company. 2010. Assessment of Greenhouse Gas Emissions Abatement Potential in Poland by 2030.

McKinsey & Company. 2009. Pathways to an Energy and Carbon Efficient Russia. Opportunities to increase energy efficiency and reduce greenhouse gas emissions.

Meissner, Frank, Diana Mangalagiu, Leonidas Paroussos, Carlo C. Jaeger. 2014. New Member States Climate Protection and Economic Growth Case Study: Bulgaria and Romania. German Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety. Berlin

Ministry of Environment and Forests, Romania. 2010. Romania's Fifth National Communication on Climate Change under The United Nations Framework Convention on Climate Change

Moran, Dominic, Michael Macleod, Eileen Wall, Vera Eory, Alistair McVittie, Andrew Barnes, Robert Rees, Cairistiona F. E. Topp and Andrew Moxey. 2010. Marginal Abatement Cost Curves for UK Agricultural Greenhouse Gas Emissions. *Journal of Agricultural Economics*

Naucler, T. Enkvist, P. 2009. Pathways to Low-Carbon Economy: Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve. New York: McKinsey & Company.

NERA Economic Consulting, Bloomberg New Energy Finance. 2011. The Demand for Greenhouse Gas Emissions Reduction Investments: An Investors' Marginal Abatement Cost Curve for Kazakhstan. Prepared for EBRD

Shukla, P.R.. 1995. "Greenhouse Gas Models and Abatement Costs for Developing Nations: A Critical Assessment" in *Energy Policy*. Volume 23, No. 8, pp 677-687. Indian Institute of Management, Ahmedabad, India.

Paltsev, S., Reilly, J., Jacoby, H., Eckaus, R., McFarland, J. and Sarofim, M. 2005. *The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model: Version 4*. Cambridge, USA: MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change.

Pérez Domínguez, Ignacio, Thomas Fellmann, Heinz-Peter Witzke, Torbjörn Jansson and Diti Oudendag with the collaboration of Alexander Gocht and David Verhoog. 2012. *Agricultural GHG emissions in the EU: an exploratory economic assessment of mitigation policy options*. Joint Research Center, European Commission.

Popovici, Elena-Ana, Dan Balteanu and Gheorghe Kucsicsa. 2013. *Assessment of Changes in Land-Use and Land-Cover Pattern in Romania Using Corine Land Cover Database*. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, Vol. 8, No. 4, p. 195 - 208

Senatla, Mamahloko, Bruno Merven, Alison Hughes and Brett Cohen. 2013. *Marginal Abatement Cost Curves: Mitigation Decision Support Tools. Mitigation Action Plans & Scenarios (MAPS)*. Issue 11. Cape Town: South Africa.

Stockholm Environment Institute. 2012. *LEAP: Greenhouse Gas Mitigation Screening Exercise: For LEAP and Excel*. Stockholm: Stockholm Environment Institute.

United Nations Development Programme. 2010. *Handbook for Conducting Technology Needs Assessment for Climate Change*. UNDP/UNFCCC

Upham, Paul, Paula Kivimaa and Venla Virkamäki. 2013. "Path Dependence and Technological Expectations in Transport Policy: the Case of Finland and the UK" in *Journal of Transport Geography*. Volume 32, pp 12-22. Centre for Integrated Energy Research and Sustainability Research Institute, University of Leeds; Finnish Environment Institute; and Department of Management and International Business, Aalto University School of Business.

Valatin, Gregory. 2012. *Marginal abatement cost curves for UK forestry*. Forestry Commission Research Report. Forestry Commission, Edinburgh.

Vermont, Bruno, Stéphane De Cara. 2010. *How costly is mitigation of non-CO2 greenhouse gas emissions from agriculture? A meta-analysis*. *Ecological Economics*, issue 69, pp. 1373–1386.

Vogt-Schilb, Adrien, Stephane Hallegatte, Christophe de Gouvello. 2014. *Long-Term Mitigation Strategies and Marginal Abatement Cost Curves: A Case Study on Brazil*. World Bank.

Wächter, Petra. 2013. "The Usefulness of Marginal CO₂-e Abatement Cost Curves in Austria" in *Energy Policy*. Volume 61, pp 1116-1126, 2013. Institute of Technology Assessment of the Austrian Academy of

Sciences, Institute of the Environment and Regional Development, Vienna University of Economics and Business Administration.

Weiske, A. 2006. Selection and specification of technical and management-based greenhouse gas mitigation measures in agricultural production for modelling. Institute for Energy and Environment (IE).

Weiske, A., J. Michel. 2007. Greenhouse gas emissions and mitigation costs of selected mitigation measures in agricultural production: Impact of Environmental Agreements on the CAP. Institute for Energy and Environment (IE).

Wetzelaer, B.J.H.W., N.H. van der Linden, H. Groenenberg, H.C. de Coninck. 2007. GHG Marginal Abatement Cost curves for the Non-Annex I region. Technology Transfer and Investment Risk in International Emissions Trading (TETRIS), EC Sixth Framework Programme.

Wing, Ian Sue. 2008. "The Synthesis of Bottom-Up and Top-Down Approaches to Climate Policy Modeling: Electric Power Technology Detail in a Social Accounting Framework" in Energy Economics. Volume 30, pp 547-573, 2008. Joint Program on the Science and Policy of Global Change, MIT, Center for Energy and Environmental Studies and Department of Geography and Environment, Boston University, United States.