



Revistă tehnico-științifică editată de Societatea „Progresul Silvic”

COLEGIUL DE REDACȚIE

Redactor responsabil:

Prof. Dr. Ing. Stelian A. Borz

Membri:

Prof. Dr. Ing. Ioan V. Abrudan

Ing. Codruț Bîlea

Prof. Dr. Ing. Alexandru L. Curtu

Conf. Dr. Ing. Mihai Daia

Conf. Dr. Ing. Gabriel Duduman

Prof. Dr. Ing. Ion I. Florescu

Ing. Olga Georgescu

Acad. Prof. Dr. Ing. Victor Giurgiu

Conf. Dr. Ing. Sergiu Horodnic

Dr. Ing. Maftei Leșan

Dr. Ing. Romică Tomescu

ISSN: 1583-7890

ISSN (Varianta online): 2067-1962

Indexare în baze de date:

CABI

DOAJ

Google Academic

SCIPPIO

CUPRINS

Mirabela Marin, Ioan Clinciu, Nicu C. Tudose, Sorin Cheval, Cezar Ungurean, Șerban O. Popescu, Andrei Adjorani, Alin L. Mihalache, Adriana A. Davidescu, Oana N. Tudose

Simularea impactului schimbărilor climatice și al modificării folosinței terenului asupra proceselor hidrologice din bazinul hidrografic Tărlungul Superior.....1

Ion Talmaci, Alexei Palancean, Ion Roșca

Contribuția pădurilor din Republica Moldova în bilanțul gazelor cu efect de seră.....27

Gheorghe F. Borlea, Radu R. Brad, Oliver Merce, Iovu A. Biriș

Consecvență și pasiune - dr.ing. Zeno Oarcea la 90 de ani.....47

Reproducerea parțială sau totală a articolelor sau ilustrațiilor poate fi făcută cu acordul redacției revistei. Este obligatorie menționarea autorului și a sursei. Articolele publicate de Revista Pădurilor nu angajează decât responsabilitatea autorilor lor.



Journal edited by the "Progresul Silvic" Society

EDITORIAL BOARD

Editor in Chief:

Prof. Dr. Stelian A. Borz

Editorial Members:

Prof. Dr. Ioan V. Abrudan
Eng. Codruț Bîlea
Prof. Dr. Alexandru L. Curtu
Assoc. Prof. Dr. Mihai Daia
Assoc. Prof. Dr. Gabriel Duduman
Prof. Dr. Ion I. Florescu
Eng. Olga Georgescu
Acad. Prof. Dr. Victor Giurgiu
Assoc. Prof. Dr. Sergiu Horodnic
Dr. Maftai Leșan
Dr. Romică Tomescu

ISSN: 1583-7890

ISSN (ONLINE): 2067-1962

Indexed by:

CABI
DOAJ
Google Academic
SCIPRO

CONTENTS

Mirabela Marin, Ioan Clinciu, Nicu C. Tudose, Sorin Cheval, Cezar Ungurean, Șerban O. Popescu, Andrei Adjorani, Alin L. Mihalache, Adriana A. Davidescu, Oana N. Tudose

Assessing the impact of climate and land-use change on the hydrological processes within Upper Târlung river basin.....1

Ion Talmaci, Alexei Palancean, Ion Roșca

Contribution of forests from Republic of Moldova to greenhouse gas balance.....27

Gheorghe F. Borlea, Radu R. Brad, Oliver Merce, Iovu A. Biriș

Purposefulness and passion - dr.eng. Zeno Oarcea at 90 years.....47

Partial or full reproduction of articles and figures may be done pending the agreement of the journal. In case of partial or full reproduction, it is mandatory to mention the authors and the source article. Articles published by Revista Pădurilor hold solely the responsibility of their authors.





Simularea impactului schimbărilor climatice și al modificării folosinței terenului asupra proceselor hidrologice din bazinul hidrografic Târlungul Superior

Mirabela Marin^{a,b*}, Ioan Clinciu^b, Nicu Constantin Tudose^a, Sorin Cheval^{a,c}, Cezar Ungurean^a, Șerban Octavian Davidescu^a, Andrei Adorjani^a, Alin Lucian Mihalache^{a,b}, Adriana Agafia Davidescu^a, Oana Nicoleta Tudose^a

^aInstitutul Național de Cercetare - Dezvoltare în Silvicultură „Marin Drăcea”, Strada Cloșca 13, Brașov 500040, România, mirabelamarin@yahoo.com (M.M), cntudose@yahoo.com (N.C.T.), ucezar@yahoo.com (C.U.), serydavidro@yahoo.com (Ș.O.D.), adorjaniandrei@yahoo.com (A.A), mihalache.alin.93@gmail.com (A.L.M.), agafiadavidescu@yahoo.com (A.A.D.), oanatodoni@yahoo.com (O.N.T.)

^bUniversitatea Transilvania din Brașov, Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere, Departamentul de Exploatare Forestiere, Amenajarea Pădurilor și Măsurători Terestre, Șirul Beethoven 1, Brașov 500123, România, ioan_clinciu@yahoo.com (I.C.)

^cAdministrația Națională de Meteorologie, Strada București-Ploiești 97, București 013686, România, sorincheval@yahoo.com (S.C.)

REPERE

- Modelul SWAT este performant în simularea proceselor hidrologice.
- Reducerea mai accentuată a proceselor hidrologice apare ca urmare a schimbărilor climatice.
- Modificarea folosinței terenului generează în principal o intensificare a proceselor hidrologice.

INFORMAȚII ARTICOL

Istoricul articolului:
Manuscris primit la: 21 aprilie 2020
Primit în forma revizuită: 10 septembrie 2020
Acceptat: 11 septembrie 2020
Număr de pagini: 26
Tipul articolului: Cercetare
Editor: Stelian Alexandru Borz

Cuvinte cheie:

SWAT

Modele climatice locale

Folosința terenului

Procese hidrologice

REZUMAT

Studiul de față își propune să evalueze tendința de modificare a proceselor hidrologice din bazinul hidrografic Târlungul Superior prin utilizarea modelului hidrologic Soil and Water Assessment Tool (SWAT) pentru intervalul 2020-2100. În urma procedurilor de calibrare și validare, s-a obținut o bună performanță a modelului SWAT în simularea proceselor hidrologice, precum și un grad redus de incertitudine a rezultatelor acestuia. Simulările au fost efectuate în contextul a patru modele climatice locale (REMO4.5, REMO8.5, CLM4.5, CLM8.5) care previzionează o creștere de până la aproximativ 4 °C a temperaturilor, dar și o modificare a precipitațiilor cu ±6% în perioada 2020-2100 comparativ cu 1961-2013. În simulări au fost aplicate și trei scenarii de modificare a folosinței terenului constând din menținerea folosințelor actuale, reducerea cu 25 și, respectiv, 50% a suprafețelor împădurite. Valorile anuale simulate pentru debit și scurgere, evidențiază o tendință generală de creștere a acestora în toate intervalele de timp considerate, cu creșteri mai accentuate pe termen mediu și lung. În cazul transportului anual de aluviuni, tendința principală este de scădere, valorile cele mai reduse fiind estimate pentru sfârșitul intervalului analizat, ca urmare a reducerii mai accentuate a precipitațiilor către sfârșitul secolului, situație observată pentru toate modelele climatice considerate.

* Autor corespondent. Tel.: +40 726 217 673.
Adresa de e-mail: mirabelamarin@yahoo.com

1. INTRODUCERE

Schimbările climatice generează în ziua de azi amenințări multiple, atât asupra populației umane cât și asupra mediului. Dintre resursele naturale, cele mai afectate de modificarea condițiilor climatice vor fi resursele de apă a căror cantitate și calitate se va deteriora în următorii ani [1-6]. Mai mult decât atât, schimbărilor climatice li se pot adăuga și modificări din ce în ce mai accentuate ale factorului social [3,4,7-10]. La baza acestui proces pot sta cauze multiple, cum ar fi creșterea populației și urbanizarea [11-14], gestionarea necorespunzătoare a resurselor de apă [15-17], dar și modul de gospodărire al terenurilor din cuprinsul bazinelor hidrografice [18-21]. Prin urmare, simularea dinamicii temporale a proceselor hidrologice care au loc în cuprinsul bazinelor hidrografice trebuie să fie efectuată nu numai prin aplicarea diferitelor scenarii climatice, ci și prin aplicarea celor de modificare a folosinței terenului, așa cum este menționat în numeroase studii elaborate pe plan internațional [21-29]. Modul în care este utilizat terenul influențează scurgerea de suprafață, debitul și transportul de aluviuni prin diferite procese cum ar fi interceptia, evapotranspirația și infiltrația, putând să conducă la degradarea solului [30-34]. Importanța cunoașterii modului în care bazinele hidrografice pot reacționa la modificarea condițiilor climatice este esențială pentru asigurarea unui management adecvat al acestora în următorii ani [35,36] și poate fi apreciată prin intermediul modelelor hidrologice [37,38]. În prezent, există o gamă largă de modele care permit evaluarea diferitelor procese care au loc la nivelul bazinelor hidrografice. Dintre acestea, modelul hidrologic *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) este aplicat frecvent pentru cuantificarea dinamicii proceselor hidrologice ca urmare a modificării condițiilor climatice [38,39], a modului de gestionare al terenurilor [32,40,41], precum și în urma cuplării scenariilor de schimbări climatice cu cele de management diferențiat al folosinței terenului [20,42,43]. Modelul și-a dovedit eficiența chiar și atunci când este aplicat în bazine hidrografice de până la 100 km² [44].

Scopul acestui studiu este acela de a previziona modul în care condițiile climatice viitoare, dar și gestionarea diferențiată a folosinței terenurilor din cuprinsul unui bazin hidrografic mic, predominant împădurit, influențează dinamica scurgerii de suprafață, a debitului și a transportului de aluviuni în perioada 2020-2100. Pentru atingerea acestui scop s-au stabilit următoarele obiective: (1) previzionarea tendințelor în variația anuală a scurgerii de suprafață, a debitului și a transportului de aluviuni, decelate pe trei intervale de timp (termen scurt, termen mediu și termen lung) și (2) analiza frecvenței previziunilor în evoluția valorilor anuale ale celor trei procese hidrologice, diferențiat pe modele climatice și scenarii de modificare a folosinței terenului.

2. MATERIALE ȘI METODE

2.1. Descrierea bazinului studiat

Bazinul hidrografic Tărlung, aferent Acumulării Săcele, ocupă o suprafață de aproximativ 184 km² și asigură 90% din necesarul de apă al Municipiului Brașov. Din acest teritoriu, s-a ales ca

zonă de studiu sectorul superior al râului Tărlung, în amonte de confluența Tărlungului Mare cu Tărlungul Mic. Acest sector este evidențiat în **Figura 1**, și ocupă o suprafață de 71,62 km².

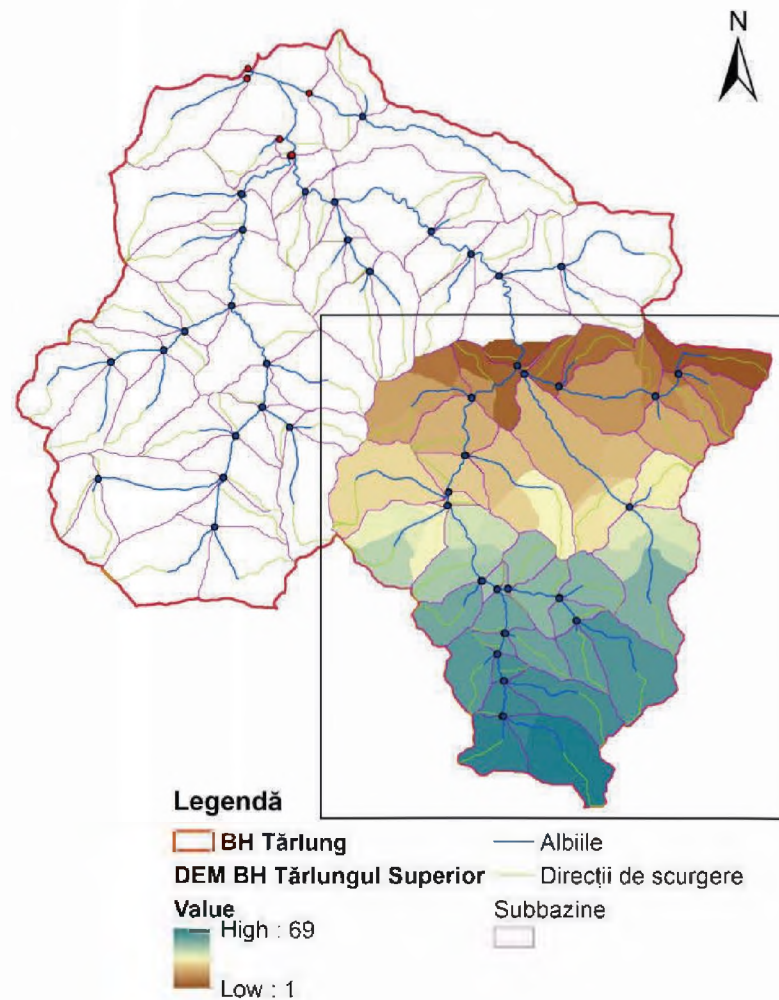


Figura 1. Localizarea bazinului hidrografic Tărlungul Superior

Bazinul Tărlungul Superior este predominant forestier, arboretele în care predomină specii de foioase ocupând 50% din suprafața totală a bazinului, iar cele constituite preponderent din specii de rășinoase fiind distribuite pe 30%. Pășunea este următoarea categorie majoritară de folosință a terenului, ponderea ocupată de aceasta fiind de 19%. Principalele tipuri de sol existente în bazinul analizat sunt eutricambosolul și districambosolul, distribuite pe 80% din suprafața acestuia.

2.2. Metoda de cercetare

Pentru acest studiu, a fost utilizat modelul hidrologic SWAT. Îmbunătățit continuu începând cu anul 1990 [45,46], SWAT este un model de tip semi-distribuit care împarte suprafața bazinelor hidrografice în sub-bazine și mai apoi în unități de studiu hidrologic în raport cu caracteristici

similare ale solului, folosinței și pantei terenului [47]. Modelul este frecvent aplicat în vederea surprinderii dinamicii atât a proceselor hidrologice cât și a calității apelor din bazine hidrografice de diferite dimensiuni, procese investigate pe intervale variabile de timp [48]. În vederea rulării modelului SWAT este nevoie de următoarele componente: modelul digital al terenului, date climatice (temperatura aerului, precipitații, viteza vântului, radiația solară, umiditatea atmosferică), date privind caracteristicile solurilor (tipul și subtipul de sol, textură, pantă și alte proprietăți fizico-chimice) și date referitoare la folosința terenurilor [46]. După construirea modelului a urmat etapa de rulare a acestuia, urmată de un proces de verificare a erorilor. Ulterior, s-a trecut la parcurgerea etapelor de calibrare și validare, pentru bazinul hidrografic Târlungul Superior, conform indicatorilor statistici propuși de [51], fiind obținută o performanță bună a modelului SWAT pentru ambele etape. O descriere detaliată a modului de definire a bazelor de date cerute de model, precum și a etapelor de calibrare și validare poate fi consultată în [49].

Intervalul de timp considerat în analiza diferitelor scenarii abordate în cercetarea de față a fost 2020-2100, divizat pe trei perioade distincte: termen scurt (2020-2039), mediu (2040-2069) și lung (2070-2100). Simulările au fost efectuate în contextul a patru modele climatice locale REMO4.5, REMO8.5, CLM4.5 și CLM8.5, detaliate în [50]. Previziunile referitoare la evoluția temperaturilor și precipitațiilor pentru fiecare dintre acestea pot fi consultate în [50]. Pentru comparație, s-a adoptat ca interval de referință, perioada 1979-1988, utilizată și la calibrarea modelului SWAT. Referitor la modul de utilizare al terenurilor din bazinul Târlungul Superior s-au adoptat trei scenarii care presupun menținerea categoriilor actuale de folosință sau reducerea suprafețelor împădurite cu 25%, respectiv 50% prin convertirea acestora în pășune. Aceste scenarii au fost adoptate pentru a scoate în evidență rolul hidrologic al pădurii, iar o reducere sub 20% a suprafețelor împădurite nu evidențiază modificări semnificative în evoluția proceselor hidrologice [52]. Modificarea conceptuală a folosinței terenului din suprafețe împădurite în pășune s-a realizat aleatoriu, indiferent de localizarea spațială a unităților de studiu hidrologic, procesul fiind întrerupt odată cu obținerea procentelor considerate în cele două scenarii de lucru. Din combinarea modelelor climatice cu scenariile de utilizare a terenului au rezultat trei scenarii hidrologice de studiu după cum se prezintă în **Figura 2**.

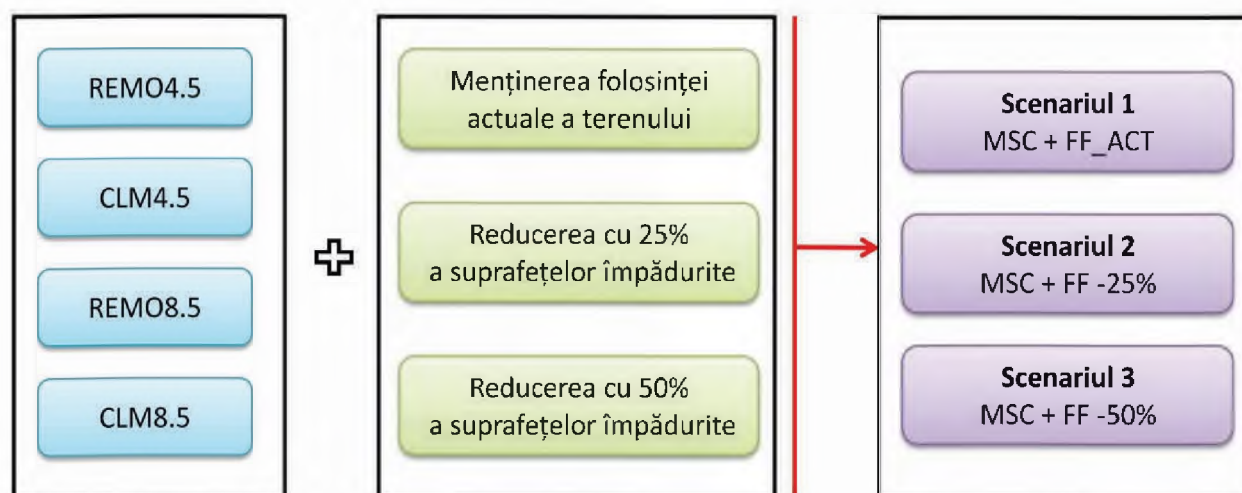


Figura 2. Diagrama modului de obținere a scenariilor de studiu pentru efectuarea simulărilor, în urma cuplării modelelor climatice cu cele trei scenarii de modificare a suprafețelor împădurite

Pentru cuantificarea trendului predominant al fiecărui parametru analizat și simulat pentru cele trei intervale de timp considerate, s-a recurs la conceperea unui indicator propriu, denumit „matricea de frecvență” (Figurile 3-5). Corpul matricei a fost nuanțat cu trei culori diferite, care evidențiază tendința de modificare a celor trei parametri comparativ cu valoarea de referință, astfel: culoarea roșu arată tendința de creștere a parametrilor, culoarea albastru exprimă tendința de scădere, culoarea galben a fost utilizată pentru evidențierea cazurilor în care valoarea simulată este egală cu media de referință. Deasupra corpului matricei s-au precizat cele patru modele climatice locale și cele trei scenarii adoptate, aferente fiecărui model climatic în parte, iar în stânga corpului matricei s-au menționat anii aferenți fiecărui interval de timp considerat. În dreapta corpului matricei s-a reprezentat frecvența de modificare prin cuantificarea tendinței de creștere și de scădere a parametrilor analizați. În rândurile dispuse sub corpul matricei este evidențiat raportul de creștere și de descreștere, atât pe modele climatice cât și pe scenarii de utilizare a terenului. Numărătorul fracției cuantifică tendința de creștere, iar numitorul arată cazurile de scădere a parametrilor studiați. Pe coloana verticală, poziționată în dreapta corpului matricei, dar și pe cele două rânduri orizontale, poziționate la baza corpului matricei, se regăsesc înscrise, sub formă fracționară două cifre, atât în dreptul fiecărui an calendaristic, cât și în dreptul fiecărui scenariu de modificare a folosinței terenului și al fiecărui model climatic. Prima cifră (înscrisă la numărătorul fracției) este echivalentă cu numărul de celule colorate în roșu și cuantifică frecvența previziunilor de creștere a parametrului analizat; cea de a doua cifră (înscrisă la numitorul fracției), este echivalentă cu numărul de celule colorate în albastru și redă frecvența previziunilor de descreștere a parametrului respectiv.

3. REZULTATE ȘI DISCUȚII

3.1. Scurgerea anuală de suprafață

Scurgerea anuală de suprafață previzionată pentru intervalul 2020-2100, precum și valoarea din perioada de referință, sunt redată în **Anexa 1**. Valorile sunt prezentate diferențiat pe modele climatice, scenarii de modificare a folosinței terenului, în raport cu cele trei intervale de timp considerate. Aceeași structură este valabilă și pentru reprezentarea grafică a matricei de frecvență a scurgerii anuale de suprafață care este redată în **Figura 3**. Comparativ cu valorile de referință, în cele trei intervale de timp analizate sunt previzionate atât tendințe de creștere cât și de scădere ale acestui parametru, după cum va fi detaliat în cele ce urmează.

Pe termen scurt (**Figura 3a**), din cele 240 de combinații (rezultate ca produs între cele patru modele climatice, cele trei scenarii de modificare a folosinței terenului și cei 20 de ani constituenți ai primului interval de timp) s-au obținut 208 tendințe de creștere și 32 de descreștere. Acest rezultat pune în evidență predominanța clară a tendinței crescătoare asupra celei descrescătoare. Pentru 10 din cei 20 de ani ai intervalului analizat, s-a obținut o tendință de creștere a scurgerii de suprafață. Anul 2035 se caracterizează printr-o tendință de echilibrare a celor două trenduri, șapte din cele 12 valori evidențiind tendința de creștere, pentru restul de cinci tendința fiind de descreștere. Din analiza matricei pe scenarii de modificare a folosinței terenurilor, nu se remarcă diferențe semnificative în dinamica scurgerii de suprafață după aplicarea celor trei scenarii. Distingem, însă, faptul că reducerea este mai accentuată în scenariul S1, iar creșterea acestui

Marin et al.: Impactul schimbărilor climatice și al modificării folosinței terenului asupra...

parametru este ușor mai accentuată în urma aplicării scenariului S3, însă doar în anumite modele climatice după cum arată valoarea rapoartelor de frecvență. Prin luarea în considerare a modelelor climatice locale, dinamica scurgerii de suprafață se caracterizează printr-o tendință evidentă de creștere pentru toate modele. Se remarcă, însă, o tendință mai accentuată în urma aplicării modelului REMO dezvoltat pe baza scenariului RCP8.5, în timp ce modelului CLM8.5 îi sunt atribuite cele mai reduse valori ale acestui parametru.

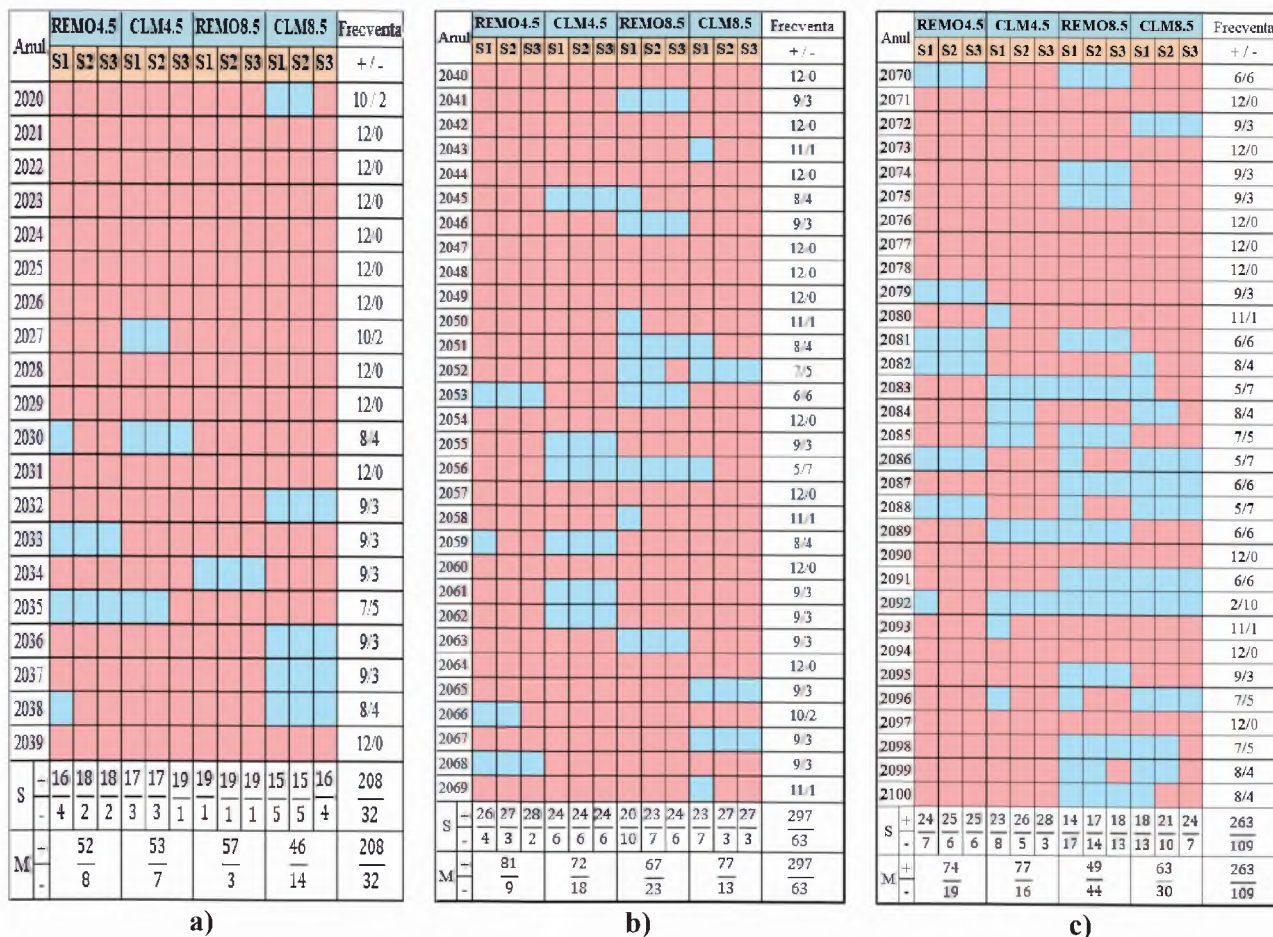


Figura 3. Matricea de frecvență a previziunilor de creștere (roșu) și de descreștere (albastru) a scurgerii anuale de suprafață, pe ani calendaristici, în cadrul celor patru modele climatice locale și al celor trei scenarii de gospodărire a terenurilor: a - pe termen scurt, b - pe termen mediu, c - pe termen lung

Pe termen mediu (Figura 3b), se remarcă predominanța tendinței crescătoare (297 de cazuri) asupra celei descrescătoare (63 de cazuri), însă, față de intervalul anterior, amplitudinea este ușor mai accentuată pentru ambele situații. Tendința exclusivă de creștere a scurgerii de suprafață se evidențiază pentru 10 ani din totalul celor 30 de ani care formează intervalul mediu de timp. În plus, pentru 27 de ani, se remarcă predominanța tendinței crescătoare asupra celei descrescătoare. În anul 2052 apare o situație mai echilibrată, respectiv șapte valori descriu tendința de creștere și, respectiv, cinci valori descriu tendința de descreștere. Predominanța tendinței crescătoare asupra celei descrescătoare este observată în cazul anului 2056, când tendința de scădere apare la șapte din cele 12 valori. O situație de echilibru se remarcă în cazul anului 2053, în care tendința de creștere este egală cu cea de descreștere (6/6). Analiza matricei pe scenarii de folosință evidențiază o situație similară cu cea înregistrată pe termen scurt. Astfel, rapoartele de frecvență evidențiază

faptul că scurgerea de suprafață înregistrează tendințe de scădere mai accentuate în urma modificării condițiilor climatice (scenariul S1), în timp ce modificarea folosinței terenului (scenariile S2 și S3), generează tendințe de creștere ușor mai accentuate. În ceea ce privește influența modelelor climatice locale, se remarcă faptul că reducerea scurgerii de suprafață apare mai ales după aplicarea modelelor CLM4.5 și REMO8.5. La polul opus, creșterea scurgerii de suprafață apare mai ales în cazul utilizării modelelor REMO4.5 și CLM8.4.

Pe termen lung (**Figura 3c**) matricea scurgerii de suprafață evidențiază, și pentru acest interval, o predominanță a trendului crescător asupra celui descrescător (263/109). Raportul de frecvență este ușor mai echilibrat, spre deosebire de intervalele anterioare, însă față de intervalul anterior (2040-2069) tendința de scădere se amplifică, iar cea de creștere se diminuează. La nivel anual, la opt ani din totalul celor 31 apare tendința exclusivă de creștere, în timp ce pentru 19 ani se observă o dominanță a tendinței crescătoare asupra celei descrescătoare. În schimb, pentru anul 2092, 10 din 12 valori evidențiază tendința de scădere a scurgerii de suprafață. În cazul a cinci ani (2070, 2081, 2087, 2089, 2091) se remarcă situația de echilibrare a raportului de frecvență (6/6) obținut pentru parametrul analizat. Din analiza matricei pe scenarii de folosință se remarcă faptul că scurgerea de suprafață manifestă o amplitudine mai accentuată de scădere ca urmare a modificării condițiilor climatice (scenariul S1) și de creștere în cadrul scenariului ce presupune reducerea suprafețelor împădurite cu 50% (scenariul S3). Evaluarea dinamicii scurgerii de suprafață ca urmare a aplicării modelelor climatice evidențiază valori mai reduse ale acestui parametru în cazul utilizării modelelor REMO8.5 și CLM8.5 și valori mai accentuate obținute în urma aplicării modelelor REMO4.5 și CLM4.5.

3.2. Debitul anual

Dinamica debitului anual simulată pentru perioada 2020-2100 este prezentată în **Anexa 2**. Ca și în cazul scurgerii de suprafață, valorile debitului sunt redade diferențiat pe cele trei intervale de timp, pe modele climatice și scenarii de folosință a terenului. Configurația matricei de frecvență a debitului anual este redată în **Figura 4**, tendințele de modificare ale acestui parametru urmând a fi discutate în cele ce urmează.

Pe termen scurt (**Figura 4a**), din analiza matricei de frecvență a debitului anual, se distinge o tendință clară de creștere a acestui parametru, 171 de valori evidențiind tendința de creștere, în timp ce tendința de scădere apare pentru 69 de valori. Din totalul celor 20 de ani constituenți ai perioadei analizate, pentru patru ani (2021, 2022, 2023, 2026) s-a obținut o tendință exclusivă de creștere. În plus, pentru 15 ani se remarcă o predominanță a trendului de creștere a debitului anual. Situația inversă, respectiv a dominanței tendinței descrescătoare este evidențiată doar pentru doi ani. În schimb, pentru trei ani (2034, 2036, 2038) din totalul celor 20 constituenți ai intervalului, se remarcă un raport de variație similar (6/6) al celor două frecvențe. Din analiza matricei pe scenarii de folosință a terenului, se remarcă faptul că tendința debitului nu diferă semnificativ pentru niciunul dintre cele trei scenarii adoptate. În schimb, după evaluarea rezultatelor obținute în urma aplicării modelelor climatice, distingem o tendință mai accentuată de creștere în cazul utilizării modelelor REMO8.5 și CLM8.5, în timp ce tendința de scădere apare mai ales în urma aplicării modelelor REMO4.5 și CLM4.5.

Marin et al.: Impactul schimbărilor climatice și al modificării folosinței terenului asupra...

Pe termen mediu (**Figura 4b**), configurația matricei arată tendința clară de creștere a acestui parametru comparativ cu cea de scădere (258/99). Din totalul celor 30 de ani ai perioadei analizate, pentru șase ani (2040, 2042, 2044, 2047, 2048, 2064) se estimează o tendință exclusivă de creștere, iar pentru 22 de ani distingem predominanța tendinței de creștere a debitului anual. În schimb, dominanța tendinței de scădere este previzionată pentru doi ani (2045, 2059), în timp ce egalitatea raportului de variație (6/6) al frecvențelor este observată în cazul a cinci ani (2046, 2053, 2054, 2060, 2068). Situația de echilibrare a raportului de variație al celor două tendințe apare în cazul a doi ani (2043 și 2045) din totalul celor analizați. În plus, pentru trei ani (2043, 2045, 2061) se remarcă egalitatea debitului simulat comparativ cu cel de referință. Din analiza matricei pe scenarii de folosință, nu se remarcă tendințe diferite între cele trei scenarii considerate. Totuși, în cazul scenariului S1 cuplat cu modele REMO4.5 și CLM4.5 distingem o tendință ușor mai accentuată de diminuare a debitului. În schimb, tendința de creștere a debitului este ușor mai accentuată în cazul modelelor REMO cuplate cu scenariile S2 și S3 de gospodărire a terenurilor. Prin luarea în considerare a modelelor climatice, matricea obținută evidențiază că scăderea debitului este mai accentuată în urma aplicării modelelor REMO8.5 și CLM4.5, iar creșterea acestuia apare mai ales în cazul utilizării modelelor REMO4.5 și CLM8.5.

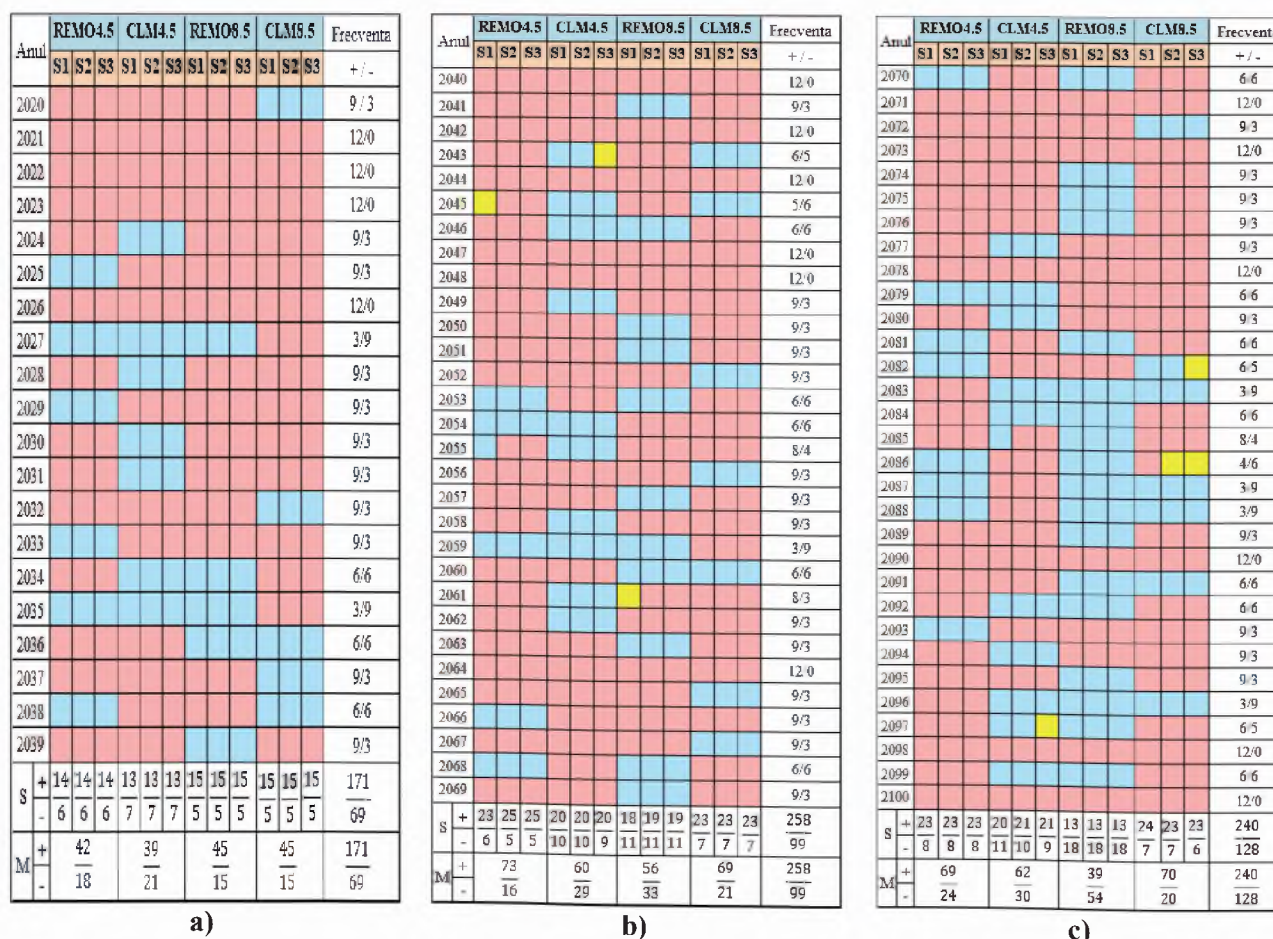


Figura 4. Matricea de frecvență a previziunilor de creștere (roșu), de descreștere (albastru) și de egalitate (galben) a debitului anual pe ani calendaristici, în cadrul celor patru modele climatice locale și al celor trei scenarii de gospodărire a terenurilor: a - pe termen scurt, b - pe termen mediu, c - pe termen lung

Pe termen lung (**Figura 4c**), tendința de creștere a debitului apare pentru 240 de cazuri, iar cea de scădere pentru 128 de cazuri, ceea ce indică dominanța tendinței crescătoare asupra celei descrescătoare. Din totalul celor 31 de ani constituenți ai intervalului analizat, 17 ani se caracterizează printr-o predominanță a tendinței de creștere a debitului anual, iar cinci ani printr-una de scădere. Egalitatea raportului de variație al tendinței de creștere și de scădere este previzionată pentru șapte ani (2070, 2079, 2081, 2084, 2091, 2092, 2099) din totalul celor analizați. Similar intervalului anterior, pentru trei ani, valoarea simulată a debitului este egală cu valoarea de referință. Analiza matricei pe scenarii de modificare a folosinței terenului pune în evidență faptul că nu apar diferențe semnificative între scenariile considerate. Prin luarea în considerare a modelelor climatice, se evidențiază modelul REMO8.5 care estimează reduceri semnificative ale debitului, dar și modelul CLM8.5 în cadrul căruia sunt așteptate cele mai accentuate creșteri ale acestui parametru.

3.3. Transportul anual de aluviuni

Valorile simulate pentru transportul de aluviuni sunt redată, alături de valoarea de referință, în **Anexa 3**, modul de prezentare fiind similar debitului și scurgerii de suprafață (pe orizonturi de timp, scenarii de folosință a terenului și modele climatice). În **Figura 5** s-a redat grafic tendința de creștere sau de scădere a transportului anual de aluviuni în raport cu valoarea de referință.

Pe termen scurt (**Figura 5a**), contrar celor doi parametri analizați anterior (scurgerea de suprafață și debitul), se distinge o tendință de echilibrare a raportului de variație al tendinței de creștere asupra celei de descreștere (123/117). Pe ani calendaristici, în cazul a nouă ani din totalul celor 20 ai perioadei analizate, se distinge o preponderență a tendinței de creștere asupra celei de scădere, în timp ce situația inversă este obținută în cazul a șase ani. Egalitatea raportului de variație al celor două tendințe (6/6) este obținută pentru cinci ani. O predominanță a tendinței de creștere a transportului de aluviuni este estimată pentru anul 2022, în care nouă din 12 valori indică intensificarea transportului de aluviuni față de valoarea de referință. Situația inversă, respectiv o predominanță a tendinței descrescătoare, s-a obținut pentru anul 2036, în care tot nouă valori din 12 previzionează reducerea acestui parametru. Din analiza pe scenarii de folosință, se remarcă faptul că scenariul S3 se detașează față de celelalte scenarii de studiu, printr-o tendință mai accentuată de creștere a transportului de aluviuni. În schimb, scenariile S1 și S2 estimează o diminuare a transportului de aluviuni comparativ cu valoarea de referință, valorile previzionate în urma aplicării celor două scenarii fiind asemănătoare. Prin luarea în considerare a modelelor climatice, transportul de aluviuni estimat în cazul utilizării modelelor derivate din scenariul climatic RCP4.5 se caracterizează printr-o tendință de scădere, în timp ce, în cazul modelelor provenite din RCP8.5 tendința este una de creștere.

Pe termen mediu (**Figura 5b**), matricea transportului de aluviuni evidențiază predominanța tendinței crescătoare asupra celei descrescătoare (210/150). Față de intervalul anterior, se remarcă o accentuare atât a tendinței de creștere cât și a celei de scădere a transportului anual de aluviuni comparativ cu valoarea de referință. La nivel anual, pentru cinci ani (2040, 2041, 2044, 2048, 2064) din totalul celor 30 ai perioadei, se evidențiază predominanța tendinței de creștere a transportului de aluviuni, în timp ce tendința de scădere se manifestă pentru 19 ani din totalul celor analizați. Egalitatea raportului de variație al celor două tendințe apare la un număr de șase ani (2042, 2049,

Marin et al.: Impactul schimbărilor climatice și al modificării folosinței terenului asupra...

2050, 2057, 2058, 2069). Prin luarea în considerare a scenariilor de folosință a terenului, se evidențiază faptul că scăderea transportului de aluviuni este mai accentuată în scenariile S1 și S2, în timp ce scenariul S3 generează o creștere a acestui parametru comparativ cu valoarea de referință. În cazul modelelor climatice, tendința de creștere este mai semnificativă în urma aplicării modelelor REMO4.5 și CLM4.5, iar tendința de scădere a transportului de aluviuni este mai accentuată în cazul utilizării modelelor REMO8.5 și CLM8.5.

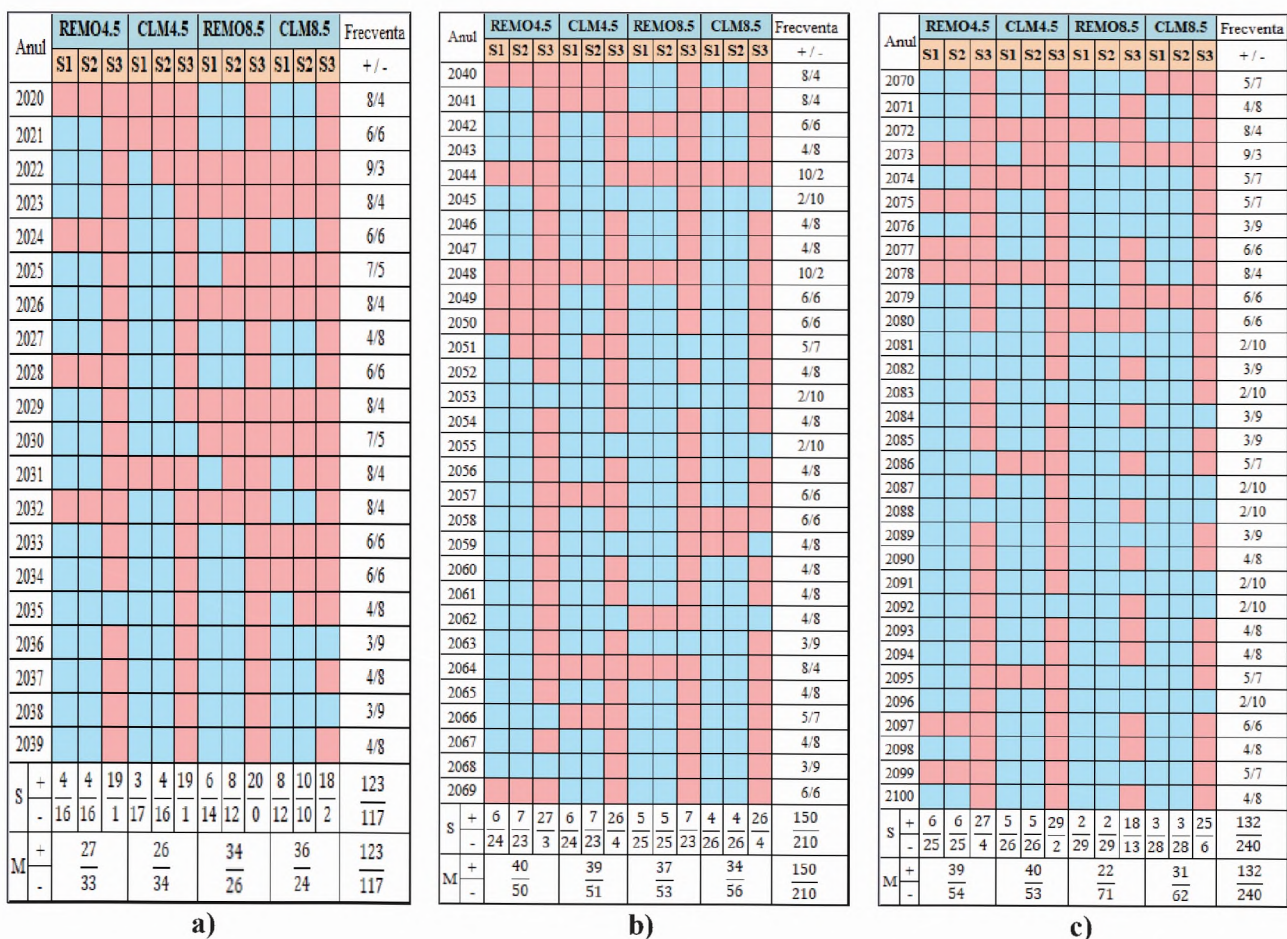


Figura 5. Matricea de frecvență a previziunilor de creștere (roșu) și descreștere (albastru) a transportului anual de aluviuni pe ani calendaristici, în cadrul celor patru modele climatice locale și al celor trei scenarii de gospodărire a terenurilor: a - pe termen scurt, b - pe termen mediu, c - pe termen lung

Pe termen lung (Figura 5c), tendința de scădere a transportului de aluviuni apare pentru 240 de valori, în timp ce creșterea acestuia este previzionată pentru 132 de valori. Comparativ cu tendințele obținute în intervalele anterioare, pentru perioada 2070-2100, abordarea utilizată previzionează o scădere semnificativă a transportului de aluviuni. La polul opus, tendința de creștere este mai redusă față de valoarea previzionată pe termen mediu, dar mai accentuată comparativ cu cea estimată pe termen scurt. Din totalul celor 31 de ani constituenți ai perioadei analizate, preponderența tendinței de creștere a transportului de aluviuni este estimată pentru un număr de trei ani, în timp ce tendința de scădere este evidențiată pentru 23 de ani. Egalitatea raportului de variație al frecvenței tendinței crescătoare asupra celei descrescătoare (6/6) se remarcă pentru un număr de patru ani (2077, 2079, 2080, 2097). Din configurația matricei pe scenarii, se distinge faptul că tendința de creștere a transportului de aluviuni apare mai ales ca

urmare a reducerii suprafețelor împădurite cu 50% (scenariul S3), în timp ce modificarea condițiilor climatice (scenariul S1) și reducerea cu 25% a suprafețelor împădurite (scenariul S2) generează valori ale transportului de aluviuni mai mici comparativ cu valoarea din perioada de referință. Prin luarea în considerare a modelelor climatice, tendința generală de modificare a transportului de aluviuni este una de scădere. Diminuarea acestui parametru este mai accentuată în cazul utilizării modelelor REMO8.5 și CLM8.5, în timp ce creșterea acestuia apare mai ales în cazul utilizării modelelor REMO4.5 și CLM4.5.

4. CONCLUZII

În cadrul prezentului studiu au fost evaluate tendințele viitoare de modificare a scurgerii de suprafață, debitului și transportului de aluviuni ca urmare a modificării condițiilor climatice, dar și a suprafețelor împădurite cu 25%, respectiv 50%. Previzuniile rezultate în urma utilizării modelului hidrologic SWAT au fost divizate prin luarea în considerare a trei intervale de timp (scurt, mediu și lung). Concluziile principale obținute în urma acestui studiu sunt următoarele:

1. Scurgerea de suprafață: comparativ cu valoarea de referință, aceasta se va accentua în toate intervalele de timp considerate, cu o tendință mai accentuată pe termen mediu. În schimb, reducerea scurgerii de suprafață este previzionată în special pentru ultima perioadă analizată, pe termen scurt și mediu rapoartele de frecvență evidențiază o reducere mai puțin accentuată a acestui parametru. Din analiza matricelor pe scenarii de folosință a terenului, se remarcă faptul că, indiferent de intervalul de timp analizat, tendința de creștere a scurgerii de suprafață este generată în special de scenariul S3, în timp ce scăderea apare mai ales în urma modificărilor climatice. În schimb, după evaluarea matricelor de frecvență prin luarea în considerare a modelelor climatice, se evidențiază faptul că, în cazul utilizării modelelor, scurgerea de suprafață va crește mai ales pe termen scurt și mediu, în timp ce, pe termen lung, creșterea acesteia apare mai ales în urma aplicării modelului CLM4.5. Scăderea scurgerii de suprafață este mai accentuată în urma aplicării modelelor CLM8.5 (pe termen scurt) și REMO8.5 (pe termen mediu și lung).

2. Debitul: similar scurgerii de suprafață, acesta se va majora comparativ cu perioada de referință. Tendințe mai accentuate, atât de creștere cât și de scădere a debitului, sunt previzionate pe termen mediu și lung. Între scenariile de folosință a terenului, pentru toate cele trei intervale de timp considerate, se remarcă valori apropiate sau egale ale rapoartelor de frecvență ce caracterizează variația debitului. Tendința de creștere a debitului anual este mai accentuată în cazul utilizării modelului CLM8.5 (termen scurt și lung) și REMO4.5 (pe termen mediu), în timp ce tendința de scădere este mai semnificativă în urma aplicării modelelor CLM4.5 (termen scurt și mediu) și REMO8.5 (termen lung).

3. Transportul de aluviuni: spre deosebire de parametrii anteriori, comparativ cu valoarea de referință, transportul de aluviuni se caracterizează printr-o tendință generală de scădere, mai accentuată în intervalul lung de timp. Creșterea acestui parametru este previzionată mai ales pe termen mediu. Apar diferențe între scenariile de folosință, evidențiate prin creșterea accentuată a transportului anual în scenariul S3, în timp ce scăderea acestuia este previzionată în scenariile S1 și S2. Prin luarea în considerare a modelelor climatice, creșterea

Marin et al.: Impactul schimbărilor climatice și al modificării folosinței terenului asupra...

transportului de aluviuni este estimată în cazul utilizării modelului CLM8.5 (termen scurt), dar și în urma aplicării modelelor REMO (termen mediu) și CLM (termen lung) derivate din scenariul climatic RCP4.5. Scăderea transportului de aluviuni este mai accentuată în cazul utilizării modelelor CLM (termen scurt și lung), dar și în urma aplicării modelului REMO8.5 (termen lung).

MATERIALE SUPLIMENTARE

Nu este cazul.

FINANȚARE

Cercetarea a fost finanțată din bugetul proiectul „*Servicii Climatice pentru complexul Apă-Energie-Teren-Hrană*” (CLISWELN) finanțat de ERA4CS. ERA4CS este un program ERA-NET inițiat de JPI Climate. CLISWELN este finanțat de BMBF (Germania), UEFISCDI (România), BMBWF și FFG (Austria) și MINECO (Spania) și cofinanțat de Uniunea Europeană prin programul Orizont 2020 (Grant 690462).

MULȚUMIRI

Cercetarea de față prezintă date incluse în Raportul III de cercetare științifică stabilit prin Programul individual de doctorat al Școlii Doctorale Interdisciplinare din cadrul Universității Transilvania Brașov, care face parte din teza de doctorat, în curs de elaborare, a doctorandei Marin Mirabela. Pe această cale, aduc mulțumiri instituției menționate, dar și Departamentului de Exploatare Forestiere, Amenajarea Pădurilor și Măsurători Terestre pentru îndrumarea în realizarea studiului.

CONFLICT DE INTERESE

Autorii nu declară niciun conflict de interese.

ANEXE

Anexa 1. Dinamica scurgerii anuale de suprafață (mii m³) pentru intervalul 2020-2100, pe modele climatice, orizonturi de timp și scenarii de modificare a folosinței terenului

Model local al schimbărilor climatice													
Anul	Valoare de referință (mii m ³)	REMO4.5			CLM4.5			REMO8.5			CLM8.5		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Pe termen scurt													
2020		13334	13786	14324	11803	12558	13487	15970	16651	17446	7077	7773	8560
2021		9939	10787	11786	10167	10849	11619	11480	12224	13051	9882	10584	11446
2022		12509	13151	13845	10015	10943	12016	17550	18440	19526	12562	13325	14326
2023		8123	8741	9468	9728	10491	11377	14881	15765	16793	13471	14245	15122
2024		22954	24034	25357	7802	8471	9218	9993	10726	11568	10798	11547	12397
2025		9125	9576	10027	12074	12812	13702	15751	16472	17362	16308	17108	18048
2026		9064	9968	11038	13731	14719	15903	20020	21019	22179	11354	12028	12804
2027		9886	10381	11001	6987	7515	8100	9315	9913	10630	8888	9487	10158
2028		14301	15172	16202	8414	8986	9657	14434	15165	16058	7859	8553	9491
2029	7782	8803	9401	10122	14404	15283	16298	18198	19267	20637	13584	14258	14917
2030		7673	8253	8961	4415	4814	5279	20302	21272	22389	14419	15266	16281
2031		13433	14173	15065	11847	12429	13104	14027	14755	15617	9720	10403	11219
2032		19156	20094	21289	8060	8815	9705	10682	11246	11903	6174	6554	7009
2033		6133	6697	7370	12718	13314	14023	9099	9885	10796	15837	16726	17675
2034		12252	12838	13476	8552	9113	9797	5530	6060	6713	10277	11172	12219
2035		3285	3602	3961	7189	7811	8568	9672	10433	11363	11661	12438	13334
2036		9649	10327	11085	10992	11956	13064	9750	10457	11400	5422	5930	6564
2037		14060	14750	15528	8919	9893	11068	11706	12421	13244	6427	6983	7623
2038		7579	8261	9099	9968	10761	11733	9348	9819	10349	5614	6213	6904
2039	9402	10193	11102	9427	10083	10851	9690	10501	11438	11504	12236	13131	

Anexa 1 – continuare

Model local al schimbărilor climatice													
Anul	Valoare de referință (mii m ³)	REMO4.5			CLM4.5			REMO8.5			CLM8.5		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Pe termen mediu													
2040		16530	17221	18032	14902	16057	17409	11715	12768	14030	11853	12689	13693
2041		12733	13687	14793	13814	14507	15290	6426	6824	7296	13949	14673	15609
2042		8414	9205	10141	11414	12172	13040	17777	18790	19986	13041	13687	14437
2043		10545	11581	12834	9720	10513	11416	11370	12294	13413	7426	8086	8915
2044		12824	13440	14169	8429	9248	10249	13163	13945	14862	18725	19581	20467
2045		11148	11712	12337	5232	5682	6226	7395	8205	9150	9635	10362	11198
2046		9604	10217	10926	10576	11369	12332	6479	7015	7613	10695	11273	11942
2047		14184	15227	16443	11572	12355	13270	11803	12557	13483	12039	12801	13733
2048		16947	17986	19255	20108	21106	22191	20041	21262	22799	9252	9923	10660
2049		11862	12779	13872	8458	9032	9690	14025	14724	15532	9935	10714	11608
2050		12341	13012	13727	11402	12168	13040	7617	8135	8733	10432	11267	12225
2051		14566	15457	16481	15796	16875	18145	5451	6042	6749	7512	8063	8732
2052		12952	13714	14618	10359	11060	11887	6308	7298	8503	4913	5494	6207
2053		4138	4469	4866	9212	10023	10991	6899	7392	7967	9528	10370	11380
2054	7782	8351	9077	9995	10277	10826	11456	9138	9741	10475	8812	9471	10352
2055		9269	10067	11027	6273	7021	7911	12960	13963	15159	14631	15555	16617
2056		15598	16517	17576	5732	6286	6939	6450	7113	7928	7355	7878	8386
2057		13275	13965	14707	18829	20128	21629	10030	11227	12758	9728	10545	11536
2058		11914	12670	13581	9551	10130	10801	7647	8055	8537	10880	11747	12813
2059		7674	8424	9329	3286	3805	4441	9443	9925	10503	13007	13744	14740
2060		10764	11360	12080	9079	9965	11000	7887	8532	9302	7918	8550	9275
2061		11525	12379	13380	6653	7283	7991	11595	12327	13155	15612	16630	17830
2062		11105	11970	12996	5874	6624	7522	22695	23719	24964	13048	13893	14826
2063		11372	12176	13096	10405	11354	12496	4644	5135	5729	7863	8549	9331
2064		11860	12704	13728	16138	17033	18091	15553	16700	18153	13528	14185	14908
2065		10288	11211	12297	10304	10961	11702	15372	16251	17336	5768	6221	6744
2066		7258	7784	8339	17078	17953	18947	8633	9138	9749	13637	14389	15253
2067		10506	11447	12636	13146	14078	15171	9762	10708	11865	6526	7244	8113
2068		6200	6569	6950	12498	13028	13752	8830	9313	9927	13578	14361	15263
2069		13762	14793	16122	9202	9846	10587	8500	9362	10360	7574	8368	9301

Anexa 1 – continuare

Model local al schimbărilor climatice													
Anul	Valoare de referință (mii m ³)	REMO4.5			CLM4.5			REMO8.5			CLM8.5		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Pe termen lung													
2070		5375	5857	6427	10814	11746	12868	6040	6787	7719	16777	17761	18811
2071		12295	13047	13938	9902	10656	11560	11540	12269	13139	13914	14539	15235
2072		11804	12617	13547	16557	17246	18079	15764	16675	17712	5958	6545	7230
2073		12709	13564	14585	13017	14135	15490	11097	11807	12655	18759	19731	20924
2074		14327	15138	16039	14161	15202	16456	6270	6908	7678	10215	11010	11897
2075		20037	21274	22739	8633	9545	10620	4914	5443	6079	8995	9563	10198
2076		7884	8414	9056	11487	12506	13705	8854	9424	10139	12850	13836	15052
2077		17717	18487	19427	9012	9440	9938	8420	9357	10525	11365	12344	13504
2078		15071	16019	17150	16489	17374	18428	11932	12687	13578	8828	9340	9916
2079		4898	5324	5825	10497	11263	12153	12667	13467	14398	15388	16289	17356
2080		12017	12815	13773	7461	8117	8858	17250	18502	20031	10654	11623	12759
2081		6267	6877	7597	9903	10790	11823	6448	7015	7686	8321	9009	9785
2082		5348	5938	6651	10324	10903	11586	13273	14292	15551	7610	8214	8928
2083		10041	10707	11475	5624	6192	6851	5374	5810	6334	7531	8259	9161
2084	7782	12627	13244	13997	7162	7769	8517	9940	10563	11349	6756	7381	8045
2085		8533	9104	9775	6797	7479	8312	5205	6011	6991	8845	9744	10778
2086		3701	4183	4796	17481	18251	19174	7219	7999	8917	5931	6603	7382
2087		10095	10732	11495	11247	12030	12956	4937	5526	6249	3646	4088	4650
2088		4100	4739	5518	7942	8671	9533	7472	8137	8904	4179	4696	5316
2089		9521	10272	11145	6139	6948	7934	4582	5291	6156	9506	10358	11370
2090		12924	13912	15161	10655	11104	11696	12425	13247	14266	9479	10322	11326
2091		9459	10290	11263	10395	11198	12155	6333	7041	7944	6008	6570	7200
2092		7376	8136	9044	4637	5124	5728	6578	7228	8010	6300	6927	7674
2093		9294	10064	10970	7512	8299	9237	11650	12368	13133	11130	12066	13100
2094		13842	14884	16115	8697	9246	9893	9137	9834	10706	11279	12048	12901
2095		14905	15861	16978	16489	17455	18711	6423	7247	8269	10523	11476	12594
2096		7879	8497	9223	7449	7936	8448	7309	8102	9075	5257	5888	6628
2097		10936	11948	13153	11336	12058	12891	8920	9672	10581	11238	11922	12724
2098		12481	13139	13844	10696	11477	12490	5269	5877	6632	6570	7396	8351
2099		14913	15692	16642	10076	10867	11771	6790	7681	8795	6930	7590	8353
2100		9424	10120	10913	10910	12031	13388	5716	6483	7414	7369	8167	9148

Marin et al.: Impactul schimbărilor climatice și al modificării folosinței terenului asupra...

Anexa 2. Dinamica debitului anual ($m^3 \times s^{-1}$) pentru intervalul 2020-2100, pe modele climatice, orizonturi de timp și scenarii de modificare a folosinței terenului

Model local al schimbărilor climatice													
Anul	Valoare de referință ($m^3 \times s^{-1}$)	REMO4.5			CLM4.5			REMO8.5			CLM8.5		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Pe termen scurt													
2020		0,95	0,95	0,95	1,03	1,03	1,04	0,86	0,86	0,87	0,53	0,54	0,55
2021		0,70	0,72	0,73	0,99	0,99	1,00	0,75	0,76	0,77	0,85	0,85	0,86
2022		0,77	0,77	0,77	0,74	0,75	0,76	1,28	1,29	1,30	1,07	1,08	1,09
2023		0,84	0,84	0,85	0,71	0,72	0,73	0,97	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00
2024		1,27	1,28	1,30	0,62	0,63	0,63	0,72	0,73	0,74	0,82	0,84	0,85
2025		0,64	0,64	0,63	0,81	0,82	0,82	0,99	1,00	1,00	1,22	1,23	1,23
2026		0,79	0,81	0,83	0,94	0,95	0,96	1,27	1,28	1,29	0,96	0,97	0,97
2027		0,64	0,64	0,65	0,57	0,57	0,57	0,65	0,65	0,66	0,79	0,79	0,80
2028		1,23	1,24	1,26	0,53	0,54	0,55	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91
2029		0,56	0,57	0,58	1,04	1,04	1,05	1,43	1,44	1,44	0,96	0,96	0,97
2030	0,67	0,84	0,85	0,86	0,43	0,44	0,44	1,24	1,24	1,25	1,09	1,09	1,10
2031		0,84	0,85	0,87	0,60	0,61	0,61	0,92	0,94	0,95	0,84	0,85	0,86
2032		1,28	1,29	1,30	0,71	0,72	0,73	0,88	0,88	0,89	0,61	0,61	0,61
2033		0,58	0,59	0,60	0,88	0,88	0,89	0,84	0,85	0,87	1,01	1,02	1,03
2034		0,87	0,88	0,89	0,59	0,60	0,60	0,59	0,60	0,60	0,91	0,92	0,92
2035		0,43	0,44	0,44	0,59	0,60	0,62	0,61	0,63	0,64	0,80	0,81	0,82
2036		0,72	0,73	0,75	0,97	0,98	0,98	0,53	0,55	0,57	0,65	0,65	0,66
2037		1,01	1,01	1,02	0,79	0,79	0,80	0,71	0,72	0,73	0,64	0,65	0,66
2038		0,63	0,64	0,65	0,69	0,70	0,71	0,73	0,74	0,74	0,53	0,55	0,56
2039		0,83	0,83	0,84	0,86	0,87	0,87	0,65	0,65	0,66	0,81	0,82	0,82

Anexa 2 – continuare

Model local al schimbărilor climatice													
Anul	Valoare de referință (m ³ × s ⁻¹)	REMO4.5			CLM4.5			REMO8.5			CLM8.5		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Pe termen mediu													
2040		0,88	0,89	0,90	1,12	1,13	1,14	1,18	1,19	1,20	0,84	0,85	0,86
2041		0,76	0,78	0,79	0,77	0,77	0,78	0,47	0,47	0,48	1,12	1,12	1,13
2042		0,85	0,86	0,86	0,84	0,85	0,86	0,95	0,96	0,97	0,80	0,81	0,82
2043		1,14	1,15	1,16	0,66	0,66	0,67	0,90	0,91	0,93	0,60	0,61	0,62
2044		0,96	0,96	0,97	0,84	0,85	0,86	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,19
2045		0,67	0,68	0,69	0,39	0,40	0,41	0,77	0,78	0,79	0,63	0,64	0,65
2046		0,69	0,70	0,72	0,64	0,65	0,66	0,56	0,56	0,57	0,70	0,70	0,71
2047		1,06	1,08	1,09	0,99	1,00	1,01	0,76	0,77	0,78	0,69	0,70	0,71
2048		1,33	1,33	1,33	1,08	1,09	1,09	1,34	1,35	1,37	0,70	0,70	0,71
2049		1,21	1,21	1,22	0,59	0,59	0,60	1,02	1,02	1,03	0,78	0,78	0,79
2050		0,87	0,87	0,87	0,99	1,00	1,00	0,52	0,53	0,53	0,79	0,80	0,81
2051		0,98	0,99	1,01	1,00	1,01	1,03	0,42	0,43	0,45	0,81	0,81	0,81
2052		0,92	0,93	0,94	0,70	0,70	0,71	0,77	0,79	0,81	0,61	0,62	0,63
2053		0,36	0,36	0,37	0,82	0,83	0,83	0,58	0,58	0,58	0,90	0,91	0,92
2054	0,67	0,63	0,64	0,65	0,59	0,59	0,59	0,74	0,75	0,75	1,03	1,03	1,04
2055		0,66	0,68	0,69	0,35	0,36	0,37	0,74	0,76	0,78	0,95	0,96	0,97
2056		1,01	1,02	1,04	0,76	0,76	0,77	0,73	0,73	0,73	0,65	0,65	0,65
2057		0,89	0,89	0,89	1,26	1,27	1,28	0,61	0,63	0,66	0,74	0,75	0,76
2058		0,96	0,96	0,97	0,62	0,63	0,64	0,69	0,69	0,69	1,12	1,12	1,13
2059		0,56	0,57	0,59	0,34	0,35	0,36	0,46	0,46	0,47	1,22	1,23	1,24
2060		0,73	0,74	0,75	0,91	0,91	0,91	0,45	0,46	0,48	0,61	0,61	0,62
2061		1,03	1,04	1,05	0,53	0,53	0,54	0,67	0,68	0,70	1,02	1,03	1,04
2062		0,83	0,84	0,86	0,47	0,48	0,49	1,11	1,12	1,13	0,93	0,94	0,95
2063		0,75	0,76	0,78	0,81	0,82	0,84	0,42	0,43	0,44	0,70	0,70	0,71
2064		0,80	0,82	0,84	1,17	1,17	1,18	1,31	1,32	1,34	0,77	0,78	0,79
2065		0,81	0,82	0,82	0,95	0,95	0,95	0,90	0,91	0,93	0,34	0,35	0,36
2066		0,42	0,42	0,43	0,99	1,00	1,01	0,74	0,75	0,75	0,82	0,82	0,83
2067		0,95	0,96	0,99	1,01	1,03	1,04	0,91	0,92	0,93	0,58	0,59	0,60
2068		0,60	0,59	0,59	0,90	0,90	0,90	0,57	0,58	0,59	0,90	0,91	0,92
2069		1,03	1,05	1,07	0,72	0,72	0,73	0,54	0,56	0,58	0,72	0,73	0,74

Anexa 2 – continuare

Model local al schimbărilor climatice													
Anul	Valoare de referință (m ³ × s ⁻¹)	REMO4.5			CLM4.5			REMO8.5			CLM8.5		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Pe termen lung													
2070		0,63	0,64	0,65	0,75	0,77	0,79	0,49	0,51	0,53	1,23	1,24	1,24
2071		0,90	0,91	0,93	0,78	0,78	0,79	0,95	0,96	0,97	0,94	0,94	0,95
2072		0,98	0,99	1,00	0,85	0,86	0,87	1,10	1,11	1,12	0,48	0,48	0,49
2073		0,98	0,99	0,99	1,21	1,22	1,23	0,88	0,89	0,90	1,16	1,17	1,18
2074		1,00	1,01	1,02	1,09	1,09	1,10	0,39	0,40	0,42	0,74	0,75	0,76
2075		1,31	1,32	1,34	0,91	0,92	0,93	0,59	0,59	0,60	0,70	0,70	0,70
2076		0,80	0,80	0,81	0,99	1,00	1,01	0,46	0,47	0,48	0,96	0,97	0,99
2077		1,02	1,03	1,04	0,63	0,63	0,64	0,92	0,94	0,96	0,88	0,90	0,91
2078		1,18	1,20	1,21	1,16	1,17	1,18	0,83	0,83	0,84	0,74	0,75	0,75
2079		0,56	0,56	0,56	0,58	0,59	0,60	0,79	0,80	0,81	1,32	1,32	1,33
2080		0,79	0,80	0,81	0,45	0,46	0,47	1,31	1,33	1,35	1,20	1,21	1,22
2081		0,50	0,51	0,53	0,73	0,75	0,77	0,58	0,58	0,58	0,81	0,82	0,82
2082		0,58	0,58	0,59	0,93	0,94	0,94	0,99	1,01	1,03	0,66	0,66	0,67
2083		0,80	0,81	0,82	0,39	0,40	0,41	0,66	0,65	0,65	0,63	0,64	0,66
2084	0,67	0,84	0,85	0,86	0,62	0,63	0,64	0,58	0,58	0,60	0,71	0,72	0,72
2085		0,74	0,74	0,75	0,66	0,68	0,69	0,52	0,53	0,55	0,89	0,90	0,91
2086		0,37	0,38	0,39	0,97	0,97	0,98	0,61	0,62	0,63	0,68	0,67	0,67
2087		0,61	0,62	0,63	1,07	1,08	1,09	0,58	0,59	0,59	0,41	0,42	0,43
2088		0,31	0,33	0,35	0,70	0,71	0,72	0,54	0,54	0,55	0,63	0,64	0,65
2089		0,70	0,71	0,73	0,77	0,77	0,78	0,58	0,59	0,61	0,96	0,97	0,98
2090		1,03	1,04	1,07	0,71	0,71	0,71	0,89	0,90	0,91	0,87	0,87	0,88
2091		0,93	0,93	0,93	0,83	0,84	0,85	0,62	0,63	0,65	0,54	0,55	0,56
2092		0,89	0,89	0,90	0,48	0,49	0,50	0,58	0,58	0,59	0,70	0,70	0,71
2093		0,55	0,57	0,58	0,76	0,77	0,78	0,97	0,98	1,00	0,77	0,78	0,79
2094		0,96	0,97	0,99	0,54	0,54	0,54	0,72	0,72	0,72	0,76	0,76	0,77
2095		0,98	0,99	0,99	1,01	1,03	1,05	0,58	0,59	0,60	0,99	1,00	1,01
2096		0,87	0,88	0,88	0,57	0,58	0,59	0,62	0,63	0,65	0,53	0,54	0,55
2097		1,05	1,06	1,07	0,65	0,66	0,67	0,49	0,50	0,52	0,87	0,87	0,87
2098		0,90	0,90	0,91	0,97	0,97	0,98	0,76	0,76	0,77	0,75	0,76	0,77
2099		1,01	1,02	1,03	0,59	0,60	0,61	0,51	0,53	0,55	0,68	0,68	0,69
2100		0,79	0,80	0,81	0,77	0,78	0,80	0,79	0,80	0,81	0,74	0,74	0,75

Anexa 3. Dinamica transportului anual de aluviuni (tone) pentru intervalul 2020-2100, pe modele climatice, orizonturi de timp și scenarii de modificare a folosinței terenului

Model local al schimbărilor climatice													
Anul	Valoare de referință (tone)	REMO4.5			CLM4.5			REMO8.5			CLM8.5		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Pe termen scurt													
2020		8331	8502	16797	11519	11758	24258	7834	8168	18810	3609	3875	9806
2021		5969	6339	14702	11907	12174	24644	5432	5735	12137	5679	5955	13278
2022		6045	6288	14431	7983	8317	19200	10372	10720	20524	9542	9834	18319
2023		5765	5968	11582	5182	5478	12611	10154	10513	23810	11705	12058	26047
2024		15152	15626	32222	4438	4707	11381	4991	5308	13240	6963	7321	18259
2025		6368	6509	14032	7003	7274	15729	8000	8271	17544	13158	13476	26853
2026		5482	5857	12424	6923	7385	18152	10784	11193	25414	8859	9117	17969
2027		5264	5501	9534	3647	3811	9649	5062	5277	12570	6556	6778	12372
2028		10369	10733	20003	4698	4918	9648	6946	7279	16649	6115	6350	12658
2029		4224	4452	10328	7249	7614	15541	12455	12574	23310	9225	9513	19900
2030	8253	4938	5183	9449	2457	2613	6634	12514	12903	33587	10191	10516	21060
2031		6049	6314	12309	10735	11037	29894	8129	8374	17476	8083	8359	16497
2032		11297	11635	23293	4082	4388	8780	10470	10703	20966	5361	5496	11096
2033		4804	5030	10578	6374	6615	14034	5710	6056	15636	11049	11525	27011
2034		7415	7714	15401	4306	4509	9528	3980	4235	11243	8529	8761	18516
2035		2493	2601	4115	3653	3920	8914	4370	4676	10803	7982	8267	15501
2036		5207	5515	10798	6607	6913	13171	4314	4655	9082	3508	3648	7605
2037		7550	7781	15352	5458	5814	13904	5122	5411	12913	3816	4045	9472
2038		4067	4354	10446	4988	5317	11956	5399	5607	11375	3194	3449	7152
2039		5210	5473	12951	5527	5752	11373	4154	4423	11454	5591	5806	11681

Anexa 3 – continuare

Model local al schimbărilor climatice													
Anul	Valoare de referință (tone)	REMO4.5			CLM4.5			REMO8.5			CLM8.5		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Pe termen mediu													
2040		8440	8761	18155	9579	10029	22969	7427	7592	16731	5733	6138	22969
2041		5744	6153	16881	9716	9986	22718	3089	3252	9218	9369	9613	22718
2042		5495	5795	14552	6343	6649	15314	8406	8693	19174	6802	7096	15314
2043		7733	8103	19171	7480	7770	18235	6701	6959	16032	4295	4585	18235
2044		9007	9302	20727	5787	6044	13519	8689	8946	20690	13325	13706	13519
2045		5295	5601	13994	2368	2610	7280	4892	5175	13319	6741	7007	7280
2046		5204	5486	12878	4736	5029	11025	3339	3497	8832	4998	5277	11025
2047		7394	7808	17815	6852	7175	14422	5963	6121	13134	5506	5821	14422
2048		12774	13104	25754	10147	10501	23717	11743	12008	27092	4665	4948	23717
2049		11549	11936	29561	3780	4030	8903	7524	7655	16590	5086	5382	8903
2050		10654	10835	23452	6649	6925	13429	3444	3623	10152	5310	5659	13429
2051		8021	8507	22970	7919	8356	18130	2397	2589	7671	4817	5018	18130
2052		6840	7212	22330	5845	6076	12708	4240	4458	8963	3459	3629	12708
2053		2466	2616	7734	4934	5206	11150	4032	4134	7980	6155	6503	11150
2054	8253	4178	4400	10874	4245	4441	10943	6191	6369	12476	7588	7790	10943
2055		4465	4817	12853	2132	2422	6532	6334	6824	19254	7211	7657	6532
2056		7395	7870	22447	4281	4532	9136	4289	4473	12952	4338	4575	9136
2057		6923	7211	18325	11451	12007	28186	4005	4452	12224	4557	4902	28186
2058		7438	7706	16251	4969	5263	11982	4556	4552	8989	8426	8685	11982
2059		3602	3896	9634	1507	1656	3858	4211	4401	10897	9225	9578	3858
2060		5609	5910	11936	5341	5637	10889	3501	3696	8770	3973	4221	10889
2061		6706	7031	13780	3250	3455	8257	5094	5329	11609	7765	8235	8257
2062		5481	5796	14718	2498	2755	6722	10730	11048	25802	7065	7477	6722
2063		5666	5985	14839	5166	5538	12203	2264	2447	6503	4439	4729	12203
2064		5583	5980	13920	8640	8975	18795	9785	10041	20343	6400	6792	18795
2065		4970	5265	10619	5908	6133	12577	7244	7584	18115	2456	2665	12577
2066		3256	3452	7604	8732	9152	22818	4455	4722	10443	7106	7495	22818
2067		6135	6508	12827	7028	7460	16492	5635	6043	13426	3198	3435	16492
2068		3693	3764	7445	6846	7052	13389	4526	4786	9513	6905	7256	13389
2069		8902	9301	17246	5193	5427	11699	3259	3624	9339	4150	4459	11699

Anexa 3 – continuare

Model local al schimbărilor climatice													
Anul	Valoare de referință (tone)	REMO4.5			CLM4.5			REMO8.5			CLM8.5		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Pe termen lung													
2070		3775	4005	11052	5473	5916	16143	2514	2815	6639	8895	9374	20432
2071		6764	7157	19187	5570	5890	14116	6322	6674	12613	7237	7596	17046
2072		6786	7126	16577	9746	10097	22402	8472	8875	18829	2845	3088	8901
2073		8580	8876	19517	8094	8578	21122	5908	6260	15628	10058	10526	22912
2074		7721	8138	21005	8666	9089	24485	2433	2676	6192	5043	5457	13399
2075		11904	12446	32038	5698	6055	15757	3207	3405	6485	4467	4707	12287
2076		5790	5954	17871	6704	7110	16696	3289	3590	7966	6779	7228	18776
2077		9065	9518	26493	4279	4460	11643	5167	5627	11167	5993	6431	17234
2078		9179	9629	23500	8872	9282	20946	5961	6377	13104	4888	5054	10620
2079		3298	3492	12072	5151	5466	13929	5896	6337	14170	9852	10152	25287
2080		6259	6608	16334	2903	3174	9182	9835	10508	23524	7588	7814	18150
2081		2993	3259	7626	4839	5183	12176	3089	3331	7617	4665	4913	12981
2082		2936	3115	6556	6392	6600	13982	7317	7822	16206	3907	4126	10189
2083		5595	5905	12492	3171	3370	7866	3597	3706	7652	3698	3895	9290
2084	8253	6297	6575	15321	3651	3864	8571	4140	4408	9734	3821	3931	7479
2085		5449	5697	12746	3686	3967	9056	2466	2798	7098	5011	5301	13120
2086		1979	2171	6556	9108	9454	18859	3497	3860	9169	3602	3696	8607
2087		4440	4728	10500	7268	7570	15239	2756	2983	6925	1935	2070	4394
2088		1610	1863	5963	4450	4742	11840	3354	3688	8757	3090	3175	5504
2089		4988	5335	11289	4442	4749	10866	2760	3075	5925	5703	5855	10242
2090		7504	7937	16364	5791	5834	10970	6777	7181	15241	5582	5816	12264
2091		5756	6061	16233	5743	6020	14404	3330	3678	7638	3101	3311	7426
2092		6223	6501	15840	2690	2857	6769	3592	3935	12597	3775	3932	7928
2093		4746	5086	14182	4768	5051	11652	6287	6822	15597	4869	5160	10923
2094		7365	7847	20244	4144	4298	10137	4520	4870	11588	5696	5847	11041
2095		7222	7620	20053	8440	8674	18955	3174	3530	8218	6760	6958	14591
2096		5854	6117	13781	3468	3649	9199	3551	3892	8013	2644	2844	6704
2097		9323	9754	24024	4758	4978	11552	3355	3749	9428	6290	6490	13604
2098		6680	6957	18737	7186	7280	14604	3951	4220	9122	4271	4550	11843
2099		8500	8850	22101	4632	4951	12408	2778	3146	7121	3778	3975	8785
2100		5613	5919	17244	4904	5366	16097	4006	4346	10458	4212	4375	9026

REZUMAT EXTINS – EXTENDED ABSTRACT

Title in English: *Assessing the impact of climate and land-use change on the hydrological processes within Upper Târlung river basin*

Introduction: Nowadays, climate change is generating many problems in many countries. Knowing how climate will evolve is essential for the adaptation process. Amongst all the natural resources, it is forecasted that water resources will be negatively affected in the following years, both in terms of its availability and quality. These effects are generated by population growth and urbanization, as well as climate and land-use modifications. Therefore, many studies have focused on assessing the climate and land-use change effects on the hydrological processes from different watersheds.

Material and methods: The study implied the use of the SWAT hydrological model, calibrated and validated for Upper Târlung river basin. Surface runoff, flows, and sediment transport annual dynamics was appraised for 2020-2100 period. The simulations were performed in the context of four local climate models REMO4.5, REMO8.5, CLM4.5 and CLM8.5 and three land-use scenarios, the first (S1) assuming the maintenance of the current land-use categories, the second (S2) assuming a reduction of forested areas by 25%, and the third (S3) assuming the reduction of forest area by 50% by converting it into pastures. The increasing or decreasing trend of the analyzed parameters was assessed in comparison to the annual average recorded for 1979-1988 decade, which was used as baseline. The short, medium- and long-term dynamics of the parameters, in relation to both, the local climate models and land-use change, were estimated using three frequency matrices. The increase, decrease or similarity trends of each simulated value were highlighted in comparison to the baseline value and quantified at the annual level, on climate models as well as on land-use scenarios.

Results and discussions: Annual surface runoff showed an obvious upward trend, much more pronounced in the short-term (until 2040), when the frequency of years with average surface runoff values higher than the baseline value had the highest values for all scenarios analyzed. Towards the end of the century (2070-2100), the frequency of years with reduced surface runoff was higher, but the general trend remained that of increment. Regarding the influence of land-use scenarios, they show that as the share of pastures increases, so does the frequency of years with a tendency to increase surface runoff. The evaluation of the surface runoff dynamics as a result of the application of climate models highlights lower values of this parameter when using models REMO8.5 and CLM8.5 and higher values obtained following the application of models REMO4.5 and CLM4.5. For the annual flows, the analysis of the matrix on land-use change scenarios highlighted the fact that there were no significant differences between the scenarios considered. By taking into account the climate models, the REMO8.5 model was highlighted, which estimates significant flow reductions, but also the CLM8.5 model, in which the most accentuated increases of this parameter are expected. Annual sediment transport shows an obvious downward trend, much more pronounced in the last decades of the studied interval, when the frequency of years with sediment transport lower than the baseline value had the highest values for almost all scenarios analyzed. From the analysis on land-use scenarios, it can be noticed that the S3 scenario stands out from the other study scenarios, due to the increasing trend of sediment transport. In contrast, scenarios S1 and S2 estimate a decrease in sediment transport compared to the baseline period, the values predicted following the application of the two scenarios being similar. Taking into account climate patterns, the estimated sediment transport for the use of models derived from the RCP4.5 climate scenario was characterized by a more pronounced decreasing trend than for the models from RCP8.5.

Conclusions: In the considered period (2020-2100), for the surface runoff and flows, it was foreseen a general tendency of intensification compared to the baseline, the trend being more accentuated in the medium-term. In contrast, the decreased tendency was, for both analyzed parameters, more accentuated in the long-term interval. On the other hand, sediment transportation was characterized by a general decreasing trend compared to the baseline, more accentuated at the end of the studied interval.

Keywords: SWAT, climate models, land use, processes, hydrology

REFERINȚE

1. Laird S.G., Ford C.R., Laseter S.H., Vose J.M., 2011: Long-term forest management and climate effects on streamflow. În: Proceedings of the fourth interagency conference on research in the watersheds. 26-30 September 2011, Fairbanks, AK. U.S. Geological Survey, 108-113.
2. Vano J.A., Nijssen B., Lettenmaier D.P., 2015: Seasonal hydrologic responses to climate change in the Pacific northwest. *Water Resources Research*, 51(4), 1959-1976, <https://doi.org/10.1002/2014WR015909>.
3. De Girolamo A.M., Bouraoui F., Buffagni A., Pappagallo G., Lo Porto A., 2017: Hydrology under climate change in a temporary river system: potential impact on water balance and flow regime. *River Research and Applications*, 33(7), 1219-1232, DOI: 10.1002/rra.3165.
4. Sharannya T.M., Mudbhatkal A., Mahesha A., 2018: Assessing climate change impacts on river hydrology-A case study in the Western Ghats of India. *Journal of Earth System Science*, 127(6), DOI: 10.1007/s12040-018-0979-3.
5. Bekele D., Alamirew T., Kebede A., Zeleke G., Melesse A.M., 2019: Modeling climate change impact on the hydrology of Keleta watershed in the Awash river basin, Ethiopia. *Environmental Modeling & Assessment*, 24, 95-107, <https://doi.org/10.1007/s10666-018-9619-1>.
6. Cecílio R.A., Pimentel S.M., Zanetti S.S., 2019: Modeling the influence of forest cover on streamflows by different approaches. *Catena*, 178, 49-58, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.03.006>.
7. Schewe J., Heinke J., Gerten D., Haddeland I., Arnell N.W., Clark D.B., Dankers R., Eisner S., Fekete B.M., Colón-González F.J., Gosling S.N., Kim H., Liu X., Masaki Y., Portmann F.T., Satoh Y., Stacke T., Tang Q., Wada Y., Wisser D., Albrecht T., Frieler K., Piontek F., Warszawski L., Kabat P., 2014: Multimodel assessment of water scarcity under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(9), 3245-3250, <https://doi.org/10.1073/pnas.1222460110>.
8. Leta O.T., El-Kadi A.I., Dulai H., Ghazal K.A., 2016: Assessment of climate change impacts on water balance components of Heeia watershed in Hawaii. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 8, 182-197, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrh.2016.09.006>.
9. Koutroulis A.G., Papadimitriou L.V., Grillakis M.G., Tsanis I.K., Warren R., Betts R.A., 2019: Global water availability under high-end climate change: A vulnerability based assessment. *Global and Planetary Change*, 175, 52-63, <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2019.01.013>.
10. Teotónio C., Rodríguez M., Roebeling P., Fortes P., 2020: Water competition through the 'water-energy' nexus: Assessing the economic impacts of climate change in a Mediterranean context. *Energy Economics*, 85, <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.104539>.
11. Okello C., Tomasello B., Greggio N., Wambiji N., Antonellini M., 2015: Impact of population growth and climate change on the freshwater resources of Lamu Island, Kenya. *Water*, 7, 1264-1290, doi: 10.3390/w7031264.
12. Liyanage C.P., Yamada K., 2017: Impact of population growth on the water quality of natural water bodies. *Sustainability*, 9(8), 1405, DOI:10.3390/su9081405.
13. Patra S., Sahoo S., Mishra P., Mahapatra S.C., 2018: Impacts of urbanization on land use/cover changes and its probable implications on local climate and groundwater level. *Journal of Urban Management*, 7(2), 70-84, <https://doi.org/10.1016/j.jum.2018.04.006>.
14. Leta O.T., El-Kadi A.I., Dulai H., 2018: Impact of climate change on daily streamflow and its extreme values in Pacific Island watersheds. *Sustainability*, 10, 2057; DOI:10.3390/su10062057.

15. Tundisi J.G., 2008: Water resources in the future: problems and solutions. *Estudos Avançados*, 22(630), 7-16.
16. Jiang Y., 2009: China's water scarcity. *Journal of Environmental Management*, 90, 3185-3196, DOI: 10.1016/j.jenvman.2009.04.016.
17. Cosgrove W.J., Loucks D.P., 2015: Water management: current and future challenges and research directions. *Water Resources Research*, 51(6), 4823-4839, <https://doi.org/10.1002/2014WR016869>.
18. Wang S., Kang S., Zhang L., Li F., 2008: Modelling hydrological response to different land-use and climate change scenarios in the Zamu river basin of northwest China. *Hydrological Processes*, 22, 2502-2510, <https://doi.org/10.1002/hyp.6846>.
19. Zhu C., Li Y., 2014: Long-term hydrological impacts of land use/land cover change from 1984 to 2010 in the Little river watershed, Tennessee. *International Soil and Water Conservation Research*, 2(2), 11-22.
20. Liu J., Zhang C., Kou L., Zhou Q., 2017: Effects of climate and land use changes on water resources in the Taoer river. *Advances in Meteorology*, <https://doi.org/10.1155/2017/1031854>.
21. Peraza-Castro M., Ruiz-Romera E., Meaurio M., Sauvage S., Sánchez-Pérez J.M., 2018: Modelling the impact of climate and land cover change on hydrology and water quality in a forest watershed in the Basque Country (Northern Spain). *Ecological Engineering*, 122, 315-326, <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.07.016>.
22. van der Heijden S., Haberlandt U., 2009: Sensitivity of land use change scenarios to the vegetation parameterization in SWAT. Disponibil online la: http://www.iww.uni-hannover.de/en-us/Forschung/Postergalerie/_2009/poster_vdh_egu2009.pdf.
23. Briones R.U., Ella V.B., Bantayan N.C., 2016: Hydrologic impact evaluation of land use and land cover change in Palico watershed, Batangas, Philippines using the SWAT model. *Journal of Environmental Science and Management*, 19(1), 96-107.
24. Aduah M.S., Jewitt G.P.W., Toucher M.L.W., 2017: Assessing impacts of land use changes on the hydrology of a lowland rainforest catchment in Ghana, West Africa. *Water*, 10(1), DOI: 10.3390/w10010009.
25. Serpa D., Nunes J.P., Keizer J.J., Abrantes N., 2017: Impacts of climate and land use changes on the water quality of a small Mediterranean catchment with intensive viticulture. *Environmental Pollution*, 224, 454-465, <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2017.02.026>.
26. Anand J., Gosain A.K., Khosa R., 2018: Prediction of land use changes based on Land Change Modeler and attribution of changes in the water balance of Ganga basin to land use change using the SWAT model. *Science of the Total Environment*, 664, 503-519, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.017>.
27. Op de Hipt F., Diekkrüger B., Steup G., Yira Y., Hoffmann T., Rode M., Näschen K., 2019: Modeling the effect of land use and climate change on water resources and soil erosion in a tropical West African catchment (Dano, Burkina Faso) using SHETRAN. *Science of the Total Environment*, 653, 431-445, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.351>.
28. Boru G.F., Gonfa Z.B., Diga G.M., 2019: Impacts of climate change on stream flow and water availability in Anger sub-basin, Nile Basin of Ethiopia. *Sustainable Water Resources Management*, 5, 1755-1764, <https://doi.org/10.1007/s40899-019-00327-0>.
29. Bessah E., Raji A.O., Taiwo O.J., Agodzo S.K., Olofade O.O., Strapasson A., 2020: Hydrological responses to climate and land use changes: the paradox of regional and local climate effect in the Pra river basin of Ghana. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 27, 100654, <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100654>.

30. Shope C.L., Maharjan G.R., Tenhunen J., Seo B., Kim K., Riley J., Arnhold S., Koellner T., Ok Y.S., Peiffer S., Kim B., Park J.-H., Huwe B., 2014: Using the SWAT model to improve process descriptions and define hydrologic partitioning in South Korea. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18, 539-557, DOI: 10.5194/hess-18-539-2014.
31. Awotwi A., Kumi M., Jansson P., Yeboah F., Nti I., 2015: Predicting hydrological response to climate change in the White Volta catchment, west Africa. *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 6(1), DOI: 10.4172/2157-7617.1000249.
32. De Oliveira V.A., De Mello C.R., Viola M.R., Srinivasan R., 2018: Land-use change impacts on the hydrology of the Upper Grande river basin, Brazil. *Cerne*, 24(4), 334-343, DOI: 10.1590/01047760201824042573.
33. Rahmat A., Noda K., Onishi T., Senge M., 2018: Runoff characteristics of forest watersheds under different forest managements. *Reviews in Agricultural Science*, 6, 119-133, <http://dx.doi.org/10.7831/ras.6.119>.
34. Chen Y., Xu C.Y., Chen X., Xu Y., Yin Y., Gao L., Liu M., 2019: Uncertainty in simulation of land-use change impacts on catchment runoff with multi-timescales based on the comparison of the HSPF and SWAT models. *Journal of Hydrology*, 573, 486-500, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.03.091>.
35. Serrat-Capdevila A., Valdés J.B., Pérez J.G., Baird K., Mata L.J., Maddock T., 2007: Modeling climate change impacts and uncertainty on the hydrology of a riparian system: the San Pedro basin (Arizona/Sonora). *Journal of Hydrology*, 347(1-2), 48-66, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.08.028>.
36. Luo Y., Ficklin D.L., Liu X., Zhang M., 2013: Assessment of climate change impacts on hydrology and water quality with a watershed modeling approach. *Science of The Total Environment*, 450-451, 72-82, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.02.004>.
37. Chalkias C., Stathopoulos N., Kalogeropoulos K., Karymbalis E., 2016: Applied hydrological modeling with the use of geoinformatics: theory and practice. *Empirical Modeling and its Applications*; 61-86, DOI: 10.5772/62824.
38. Saharia A.M., Sarma A.K., 2018: Future climate change impact evaluation on hydrologic processes in the Bharalu and Basistha basins using SWAT model. *Natural Hazards*, 92, 1463-1488, <https://doi.org/10.1007/s11069-018-3259-2>.
39. Mehan S., Kannan N., Neupane R., McDaniel R., Kumar S., 2016: Climate change impacts on the hydrological processes of a small agricultural watershed. *Climate*, 4(56), DOI: 10.3390/cli4040056.
40. Messele T.A., Moti D.T., 2019: Modeling change of land use on hydrological response of river by remedial measures using Arc SWAT: case of Weib catchment, Ethiopia. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, 8(11), 2381-2390, DOI: 10.35940/ijitee.J9531.0981119.
41. Sertel E., Imamoglu M.Z., Cuceloglu G., Erturk A., 2019: Impacts of land cover/use changes on hydrological processes in a rapidly urbanizing mid-latitude water supply catchment. *Water*, 11(5), 1075, doi:10.3390/w11051075.
42. Marhaento H., Booij M.J., Hoekstra A.Y., Piniewski M., 2018: Hydrological response to future land-use change and climate change in a tropical catchment. *Hydrological Sciences Journal*, 63(9), 1368-1385, DOI: 10.1080/02626667.2018.1511054.
43. Chen Q., Chen H., Wang J., Zhao Y., Chen J., Xu C., 2019: Impacts of climate change and land-use change on hydrological extremes in the Jinsha River Basin. *Water*, 11(7), 1398; <https://doi.org/10.3390/w11071398>, 11.

Marin et al.: Impactul schimbărilor climatice și al modificării folosinței terenului asupra...

44. Marin M., Clinciu I., Tudose N.C., Ungurean C., Adorjani A., Mihalache A.L., Davidescu A.A., Davidescu Ș.O., Dincă L., Cacovean H., 2020: Assessing the vulnerability of water resources in the context of climate changes in a small forested watershed using SWAT: A review. *Environmental Research*, 184, 109330, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109330>.
45. Gassman P.W., Reyes M.R., Green C.H., Arnold J.G., 2007: The Soil and Water Assessment Tool: historical development, applications, and future research directions. *Transactions of the ASABE*, 50(4), 1211-1250.
46. Neitsch S.L., Arnold J.R., Kiniry J.R., Williams J.R., 2009: Soil and Water Assessment Tool. Theoretical documentation, version 2009. Texas Water Resources Institute, Technical Report 406, 647 pp.
47. Arnold J.G., Srinivasan R., Muttiah R.S., Williams J.R., 1998: Large area hydrologic modeling and assessment. Part I: Model development. *Journal of the American Water Resources Association*, 34(1), 73-89.
48. Gassman P.W., Sadeghi A.M., Srinivasan R., 2014: Applications of the SWAT model special section: overview and insights. *Journal of Environmental Quality*, 43(1), 1-8, <https://doi.org/10.2134/jeq2013.11.0466>.
49. Marin M., Clinciu I., Tudose N.C., Davidescu Ș.O., Constandache C., 2019: Assessing the performance of the Soil and Water Assessment Tool hydrological model for a small mountain forested watershed in the central part of Romania. În *Proceedings-ul Geolinks Multidisciplinary International Scientific Conference*. Novotel, Grecia, 26-29 martie, editura Saima Consult LDT, Atena, Grecia, 265-273, DOI: 10.32008/GEOLINKS2019/B3/V1/30.
50. Marin M., Clinciu I., Tudose N.C., Cheval S., Ungurean C., Davidescu Ș.O., Adorjani A., Mihalache A.L., Davidescu A.A., Tudose O.N., 2020: Analiza previziunilor privind regimul termic și pluvial din bazinul hidrografic Tărlungul Superior în contextul schimbărilor climatice. *Revista de Silvicultură și Cinegetică*, 45, 15-21.
51. Moriasi D.N., Arnold J.G., Liew M.W.V., Bingner R.L., Harmel R.D., Veith T.L., 2007: Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*, 50(3), 885-900.
52. Hibbert A.R., 1967: Forest treatment effects on water yield. Disponibil la adresa: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.545.6751&rep=rep1&type=pdf> (Accesat în 8.09.2020).



CONTRIBUȚIA PĂDURILOR DIN REPUBLICA MOLDOVA ÎN BILANȚUL GAZELOR CU EFECT DE SERĂ

Ion Talmaci^a, Alexei Palancean^b, Ion Roșca^b

^aInstitutul de Cercetări și Amenajări Silvice, str. Calea Ieșilor 69, Chișinău 2069, Republica Moldova, iontalmaci@mail.ru (I.T.)

^bGrădina Botanică Națională (Institut) „Al. Ciubotaru”, str. Pădurilor 18, Chișinău 2002, Republica Moldova, apalancean@gmail.com (A.P.), roscasilva@yahoo.com (I.R.)

REPERE

- Republica Moldova este una din cele mai expuse regiuni din Europa la fenomenul de aridizare, având și un grad redus de împădurire.
- Pădurile contribuie cu circa 60% la absorbția de gaze cu efect de seră în Republica Moldova.
- Actualizarea factorilor naționali de emisie/sechestrare a gazelor cu efect de seră pentru păduri permite sporirea calității inventarelor naționale pentru terenurile forestiere.

INFORMAȚII ARTICOL

Istoricul articolului:

Manuscris primit la: 03 iunie 2020

Primit în forma revizuită: 07 septembrie 2020

Acceptat: 09 septembrie 2020

Număr de pagini: 18 pagini.

Tipul articolului:

Cercetare

Editor: Stelian Alexandru Borz

Cuvinte cheie:

Schimbări climatice

Păduri

Gaze cu efect de seră

Factori naționali de emisie/sechestrare

REZUMAT

Lucrarea de față prezintă o analiză a studiilor și a cercetărilor realizate până în prezent cu privire la estimarea contribuției pădurilor din Republica Moldova la absorbția gazelor cu efect de seră (GES). Astfel, se constată că în Republica Moldova pădurile sunt principala sursă de absorbție a GES față de alte folosințe ale terenului, cu o cotă de circa 60%, ceea ce corespunde tendinței internaționale. Estimarea cantitativă a aportului pădurilor la bilanțul GES reprezintă un factor cheie în estimarea și raportarea de către Republica Moldova a contribuției naționale determinate (NDC) în cadrul Convenției cadru a Națiunilor Unite privind schimbarea climei (CONUSC). Recunoașterea internațională a rapoartelor Republicii Moldova de inventariere a GES ar facilita accesul la mecanismele bilaterale, regionale și internaționale privind piața carbonului, pentru atingerea țintelor condiționate stabilite pentru anul 2030, care solicită prezența unui sistem robust de evidență, capabil să cferă informații precise, măsurabile și comparabile privind bilanțul de GES. În cadrul sarcinii respective, actualizarea factorilor naționali de emisie/sechestrare a GES este delimitată ca o acțiune extrem de importantă, având consecințe directe. În acest context, lucrarea descrie etapa curentă a procesului de actualizare a factorilor de emisie/sechestrare de GES pentru păduri, precum și a altor date primare aferente terenurilor forestiere. Lucrarea se încheie prin extragerea unor concluzii pertinente privind calitatea inventarelor naționale de GES pentru terenurile forestiere, precum și privind procesul de consolidare a capacităților naționale de sechestrare a GES.

* Autor corespondent. Tel.: +373-691-87-693; fax: +373-22-593-351.

1. INTRODUCERE

Pe parcursul ultimelor decenii, tematica ecologică, problemele poluării și ale impactului industriilor asupra mediului sunt în atenția opiniei publice și sunt deosebit de disputate [1]. În acest context, fenomenul schimbărilor climatice a devenit o prioritate pentru tot mai multe state. Dioxidul de carbon este responsabil pentru circa 60% din efectul de încălzire globală. Republica Moldova este una din cele mai expuse regiuni din Europa la fenomenul de secetă și aridizare [2], având și un grad redus de împădurire - doar 11,4% din teritoriu [3].

Pădurile îndeplinesc multiple funcții de protecție, dintre care două sunt atribuite nemijlocit aspectelor climatice. Prima este funcția climatică, care se manifestă prin atenuarea excesivității termice, hidrice și eoliene a climatului, precum și prin favorizarea și regularizarea precipitațiilor în tot cuprinsul pădurii comparativ cu terenul descoperit [4]. Tot aici este încadrabilă și funcția oxică, care constă în capacitatea de generare a oxigenului prin fotosinteză, proces care implică absorbția dioxidului de carbon din atmosferă. Conform diferitelor estimări, pădurile au un rol primordial în ciclul global al carbonului. Vegetația forestieră și solurile conțin circa 60% din totalul carbonului terestru [5]. Productivitatea biomasei forestiere poate fi îmbunătățită prin aplicarea practicilor de management forestier adecvate [6], ceea ce sugerează că, prin aceasta, pădurile ar putea stoca mai mult carbon la nivel global. Rezultatele curente arată că cele mai promițătoare practici de management sub aspectul sporirii stocurilor de carbon sunt reîmpădurirea și aplicarea practicilor agro-forestiere în latitudinile tropicale [7], iar în zonele temperate - activitățile de împădurire și reîmpădurire. Activitățile de reîmpădurire și împădurire pot fi fezabile sub forma unor componente posibile ale unei strategii generale de gestionare a problemei carbonului, dar pentru a fi eficiente, ele trebuie practicate la nivel global [8].

Pentru continentul european, gestionarea pădurilor ar trebui modificată mai mult decât s-a făcut până în prezent, dacă scopul de a influența sechestrarea carbonului urmează să devină unul primordial [9]. Principalele măsuri trebuie să fie orientate înspre extinderea suprafețelor împădurite, iar pentru pădurile deja existente, înspre gestionarea lor orientată spre natură (diminuarea recoltelor de lemn, regenerarea naturală, conservarea arboretelor natural fundamentale etc.). Republica Moldova și-a trasat astfel de sarcini încă din anul 2001, în Strategia dezvoltării durabile a sectorului forestier din Republica Moldova [10], precum și în alte documente de politici aprobate ulterior; ca atare, majoritatea realizărilor notabile se axează pe activitățile de extindere a vegetației forestiere realizate în perioada 2002-2010. Astfel, printre obiectivele de bază menționate în documentele respective se enumeră următoarele: i) consolidarea potențialului de protecție și producție al pădurilor naturale existente, care prevede stoparea degradării acestora, conservarea, regenerarea și reconstrucția ecosistemelor forestiere, ii) conservarea biodiversității forestiere, prin ameliorarea metodelor și tehnicilor de îngrijire și gestionare a pădurilor și prin reducerea presiunii antropogene, iii) extinderea suprafețelor acoperite cu vegetație forestieră, inclusiv a pădurilor adaptate la schimbări climatice și a celor capabile să capteze eficient carbon și să producă biomasă lemnoasă, iv) sporirea eficienței activităților de pază și protecție a fondului forestier, v) majorarea aportului pădurilor la rezolvarea problemelor de ordin ecologic, economic și social, vi) protejarea și managementul eficient al terenurilor forestiere existente, vii) adaptarea

Talmaci et al.: Contribuția pădurilor din Republica Moldova în bilanțul gazelor cu efect...

practicilor de regenerare a pădurii la necesitățile impuse de schimbările climatice și, respectiv, viii) promovarea conștientizării și buneii înțelegeri asupra schimbărilor climatice și asupra modului în care sectorul forestier poate aduce o contribuție pozitivă.

Inventarul Național al Emisiilor de Gaze cu Efect de Seră (Inventarul GES) este un instrument de raportare a emisiilor antropice de gaze cu efect de seră estimate la nivel național, în conformitate cu prevederile art. 12 al Convenției-cadru a Națiunilor Unite privind schimbarea climei [11], realizat conform metodologiei elaborate de Comisia Interguvernamentală de Experți asupra Schimbării Climatice (IPCC/CISC) [12]. Prima Comunicare Națională a Republicii Moldova în cadrul CONUSC a fost elaborată în anul 2000, care conținea și datele generalizate privind Inventarul GES pe perioada 1990-1998 [13]. Cel mai recent inventar pentru Republica Moldova a fost elaborat în anul 2018 și conține estimările emisiilor/reținerilor prin sechestrare a gazelor cu efect de seră (GES) pentru perioada 1990-2016 [14]. Republica Moldova dispune de un sistem de raportare a obligațiunilor către CONUSC reglementat printr-un set de acte normative și consolidat recent prin Hotărârea Guvernului nr. 1277 din 26.12.2018 privind Sistemul național de monitorizare și raportare a emisiilor de gaze cu efect de seră și altor informații relevante pentru schimbările climatice [15]. Sistemul respectiv prevede obligațiile și responsabilitățile autorităților statului privind organizarea și funcționarea procesului de monitorizare și raportare a emisiilor de gaze cu efect de seră și altor informații relevante pentru schimbările climatice.

Pentru ușurință în lectura acestui articol și comparabilitate cu alte sectoare ale economiei se folosesc termeni generici, precum „inventarul emisiilor de GES”; se menționează, însă, că în sectorul forestier predomină „absorbția” de CO₂ din atmosferă (sechestrare) prin fotosinteză și bioacumulare de materie organică în depozite biologice în comparație cu „emisiile” de gaze cu efect de seră (emisiile de CO₂ prin recoltarea lemnului, sau emisii simultane de CO₂, CH₄ și N₂O din incendii de pădure). În același sens generic se folosesc termenii de 1) „sursă”, și 2) „factor de emisie de GES” care de fapt corespund, simultan, factorilor ce caracterizează schimbarea stocurilor de carbon, creșterea și descreșterea, din toate depozitele de carbon (biomasă, litieră, lemn mort și sol mineral). Prezenta lucrare urmărește analizarea studiilor și a cercetărilor realizate până în prezent cu privire la estimarea contribuției pădurilor din Republica Moldova la absorbția de CO₂ din atmosferă și la emisiile de gaze cu efect de seră (GES: CO₂, CH₄ și N₂O), ca dinamică temporală comparată și cu alte folosințe ale terenului. Concomitent, lucrarea urmărește și extragerea unor concluzii privind oportunitatea actualizării factorilor de emisie de GES specifici sectorului forestier, inclusiv prin prisma sporirii calității inventarelor naționale pentru terenurile forestiere.

2. ASPECTE METODOLOGICE ALE PROCESULUI DE INVENTARIERE A GAZELOR CU EFECT DE SERĂ ABSORBITE DE PĂDURILE DIN REPUBLICA MOLDOVA

În cadrul Sectorului 4 „Folosința terenurilor, schimbarea categoriei de folosință a terenurilor și silvicultura” (FTSCFTS) se realizează evaluarea sechestrărilor și emisiilor de GES rezultate în urma activităților ce țin de folosința tuturor terenurilor, de schimbările survenite în categoriile de folosință a terenurilor din perioada 1970-2016 și de domeniul forestier [16]. Pădurile sunt încadrate în categoria de surse 4A „Terenuri silvice”.

Talmaci et al.: Contribuția pădurilor din Republica Moldova în bilanțul gazelor cu efect...

Estimarea GES pentru categoriile de surse provenite de la terenurile forestiere se realizează având la bază metodologiile de evaluare de Rangul 1 și 2 [17], respectiv factorii de emisie/sechestrare utilizați în mod implicit, precum și cei cu specific național (e.g. factori de creștere curentă, densitatea lemnului, ponderea carbonului în lemn, pierderi/acumulări de biomasă și/sau carbon în sol în urma conversiei la alte folosințe etc.). Concomitent, pentru estimarea reducerilor de emisii realizate prin implementarea proiectelor de împădurire în cadrul Mecanismului Dezvoltării Nepoluante (MDN, eng. CDM) al Protocolului de la Kyoto [18] „Conservarea solurilor în Moldova” (PCSM) și „Dezvoltarea sectorului forestier comunal în Moldova” (PDSFCM), se utilizează metodologia de Rangul 3 definită prin Metodologia AR-AM0002 „Restabilirea terenurilor degradate prin împădurire/reîmpădurire” [19].

Pentru evaluarea sechestrărilor de CO₂ provenite de la subcategoria 4A1 „Terenuri silvice care rămân ca terenuri silvice” se stabilesc creșterile curente de biomasă în păduri din terenurile silvice (conform tabelelor de producție și amenajamentelor silvice privind creșterea curentă anuală a speciilor din pădurile Republicii Moldova), precum și cantitățile extrase ca masă lemnoasă în procesul tăierilor silvice autorizate și ilicite. Metodologiile descrise în Ghidul IPCC 2006 [17] sunt aplicate în condițiile Republicii Moldova pentru ambele etape. Concomitent, sunt utilizați factori de emisie/sechestrare naționali, care țin de creșterile anuale de biomasă, proporția carbonului etc., precum și date de activitate sectorială (suprafața pădurilor pe specii, plantarea pădurilor, recoltarea masei lemnoase etc.). Pentru a simplifica procesul de estimare a emisiilor și absorbțiilor de GES sunt constituite 11 categorii (grupe de specii) care includ toată diversitatea de specii forestiere răspândite în pădurile Republicii Moldova (**Tabelul 1**).

Tabelul 1. Grupe de specii generalizate pentru inventarul GES pe Sectorul 4 FTSCFTS

Grupe de specii	Specii incluse în cadrul grupelor	Suprafața ocupată de grupele de specii [mii hectare]	
		1990	2016
<i>Quercus spp.</i>	Stejar pedunculat, gorun, stejar pufos, stejar roșu	140,6	170,3
<i>Carpinus spp.</i>	Carpen	9,4	16,7
<i>Fraxinus spp.</i>	Frasin, frasin de Pensilvania, mojdrean etc.	16,6	22,2
<i>Acer spp.</i>	Paltin de câmp, paltin de munte, jugastru etc.	2,9	5,8
<i>Ulmus spp.</i>	Ulm de câmp, velniș, ulm de Turkestan etc.	3,1	4,2
<i>Tilia spp.</i>	Tei pucios, tei argintiu, tei cu frunza mare etc.	2,9	5,8
<i>Salix spp.</i>	Salcie albă, răchită etc.	1,9	4,0
<i>Pinus spp.</i>	Pin silvestru, pin negru, molid, brad, larice etc.	6,9	6,4
<i>Populus spp.</i>	Plop alb, plop negru, plopi euroamericani	5,7	7,7
<i>Robinia spp.</i>	Salcâm, glădiță, sofră	124,0	128,1
<i>Alte specii</i>	Nuc, măr, păr, cireș, vișin turcesc, cais, arțar tătareșc, arțar american etc.	11,4	15,4
Total		325,4	386,5

Factorii naționali de emisie/sechestrare pentru terenurile silvice stabilesc creșterile și pierderile anuale de biomasă în păduri, incluzând următoarele: i) creșterile curente (m³/ha/an), ii) densitatea lemnului (t masă uscată la masă constantă/m³ volum de lemn), iii) coeficienții de extensiune a biomasei pentru creșterile

Talmaci et al.: Contribuția pădurilor din Republica Moldova în bilanțul gazelor cu efect...

curente în volum (BEF_1), iv) coeficienții de extensiune a biomasei pentru volumul de lemn de lucru recoltat (BEF_R), v) coeficienții de corelație tulpină - coronament - sistem radicular și, respectiv, vi) proporția carbonului în biomasă. Factorii respectivi se bazează pe indicatorii principali ai pădurilor gestionate de Agenția „Moldsilva” și autoritățile publice locale de nivelul 1 (primăriei). Pentru caracterizarea stării cantitative și calitative a pădurilor și a altor tipuri de vegetație forestieră din Republica Moldova se utilizează următoarele repartiții/indicatori cuprinși în amenajamentele silvice: i) suprafața pe specii de arbori și arbuști (ha), ii) creșterile curente de masă lemnoasă (m^3/ha), iii) volumul total lemnos pe picior (m^3), iv) volumul mediu de masă lemnoasă pe picior (m^3/ha), v) categoria de folosință forestieră, vi) clasa de producție (productivitate) și, respectiv, vii) consistența. Aprecierea creșterilor de biomasă în păduri și implicit a acumulărilor de CO_2 se realizează prin preluarea dintr-un șir de rapoarte naționale și sectoriale a datelor privind evoluția suprafeței pădurilor în Republica Moldova în perioada de raportare. Concomitent, începând cu anul 2013, datele privind repartitia pe specii forestiere predominante au fost preluate din baza de date a amenajamentului silvic deținută de ICAS Chișinău. Pentru elucidarea tuturor circumstanțelor și proceselor aferente inventarului de GES, seriile de timp încep cu anul 1970 și includ circa 25 de categorii naționale de folosință agregate în unsprezece categorii majore care sunt evidențiate în **Tabelul 2**, care redă inclusiv corespondența cu categoriile IPCC [17]. Prevederile tabelului respectiv reflectă circumstanțele naționale, inclusiv sistemul național statistic și evidențele cadastrale în vigoare, în aspecte ce țin de categoriile de folosință ale terenurilor aplicate în Republica Moldova și de corespondența acestora cu categoriile din Ghidul IPCC 2006 [17]. Datele din **Tabelul 2** confirmă că, în perioada 1990-2016, în inventarul de GES au fost agregate toate terenurile din Republica Moldova, totalizând 3.384,63 mii hectare [14].

Tabelul 2. Corespondența clasificării terenurilor în sistemul național cu categoriile din Ghidul IPCC 2006

Categorii IPCC	Categorii agregate de folosință naționale conform cadastrului funciar	Suprafața inclusă în inventar [mii hectare]	
		1990	2016
(1) Terenuri silvice (4A)	(1) <i>păduri</i> (terenuri acoperite cu păduri, terenuri silvice în proces de regenerare, parchete, rariști, arborete afectate de incendii, arborete degradate, culturi silvice plantate și aflate până la starea de masiv etc.) și <i>împăduriri/conversii</i> (2) (3) <i>vii</i> , (4) <i>livezi</i> (inclusiv pepiniere pomicole, vegetație lemnoasă din grădini individuale etc.), (5) <i>altă vegetație forestieră</i> (inclusiv perdele forestiere de protecție, spații verzi etc.), (6) <i>soluri arabile</i>	371,40	413,62
(2) Terenuri cultivate agricol (4B)	(7) <i>pășuni și fânețe</i> (inclusiv alunecări de teren, terenuri aflate în stadiul de ameliorare și restabilire a fertilității)	2258,40	2206,53
(3) Pajiști (4C)	(8) <i>bazine</i> , (9) <i>ape stătătoare, ape curgătoare</i>	390,70	371,51
(4) Terenuri umede (4D)	(10) <i>construcții, străzi, curți, piețe, drumuri</i>	89,40	96,14
(5) Terenuri ale localităților (4E)	(11) <i>râpi, alte categorii de terenuri neincluse în categoriile precedente</i>	218,43	236,76
(6) Alte terenuri (4F)		56,30	60,08
Total		3384,63	3384,63

Sursele de date de activitate utilizate în cadrul Sectorului 4 FTSCFTS sunt următoarele: i) datele evidențelor de stat ale terenurilor fondului forestier (suprafața pădurilor, repartitia pe specii, volumul masei lemnoase pe picior, creșterile curente de masă lemnoasă etc.), ii) materialele amenajamentelor silvice

Talmaci et al.: Contribuția pădurilor din Republica Moldova în bilanțul gazelor cu efect...

(suprafața și caracteristicile dendrometrice ale pădurilor și ale altor tipuri de vegetație forestieră, inclusiv creșterile curente de masă lemnoasă), iii) datele Cadastrului funciar al Republicii Moldova (suprafața pădurilor, suprafața vegetației forestiere din afara fondului forestier, altor categorii de terenuri, suprafața terenurilor supuse procesului de conversie către păduri etc.), iv) rapoartele statistice ale Agenției „Moldsilva” privind volumul de masă lemnoasă recoltat în procesul tăierilor silvice și volumul tăierilor ilicite depistate în fondul forestier gestionat, v) rapoartele Inspectoratului pentru Protecția Mediului (volumul tăierilor ilicite depistate de către subdiviziunile sale teritoriale), vi) rapoartele Agenției de Mediu (volumul de masă lemnoasă autorizat spre recoltare în pădurile și vegetația forestieră deținută de primăria, ministere, departamente etc.) și vii) anuarele statistice ale Republicii Moldova și cele ale Unității Administrativ Teritoriale din Stânga Nistrului - Transnistria (recoltarea produselor lemnoase, suprafețele silvice afectate de incendii etc.).

3. REZULTATE

3.1. Procesul de inventariere a gazelor cu efect de seră pentru păduri

Republica Moldova raportează în Raportul Bienal Actualizat Doi al Republicii Moldova [20] și în Raportul Național de Inventariere a Gazelor cu Efect de Seră nr. 6 [14] realizate în cadrul CONUSC, faptul că volumul total brut al absorbțiilor de dioxid de carbon realizate în perioada 1990-2016 de către sursele din Republica Moldova este estimat, în medie, la 3,79 milioane tone anual (Figura 1).

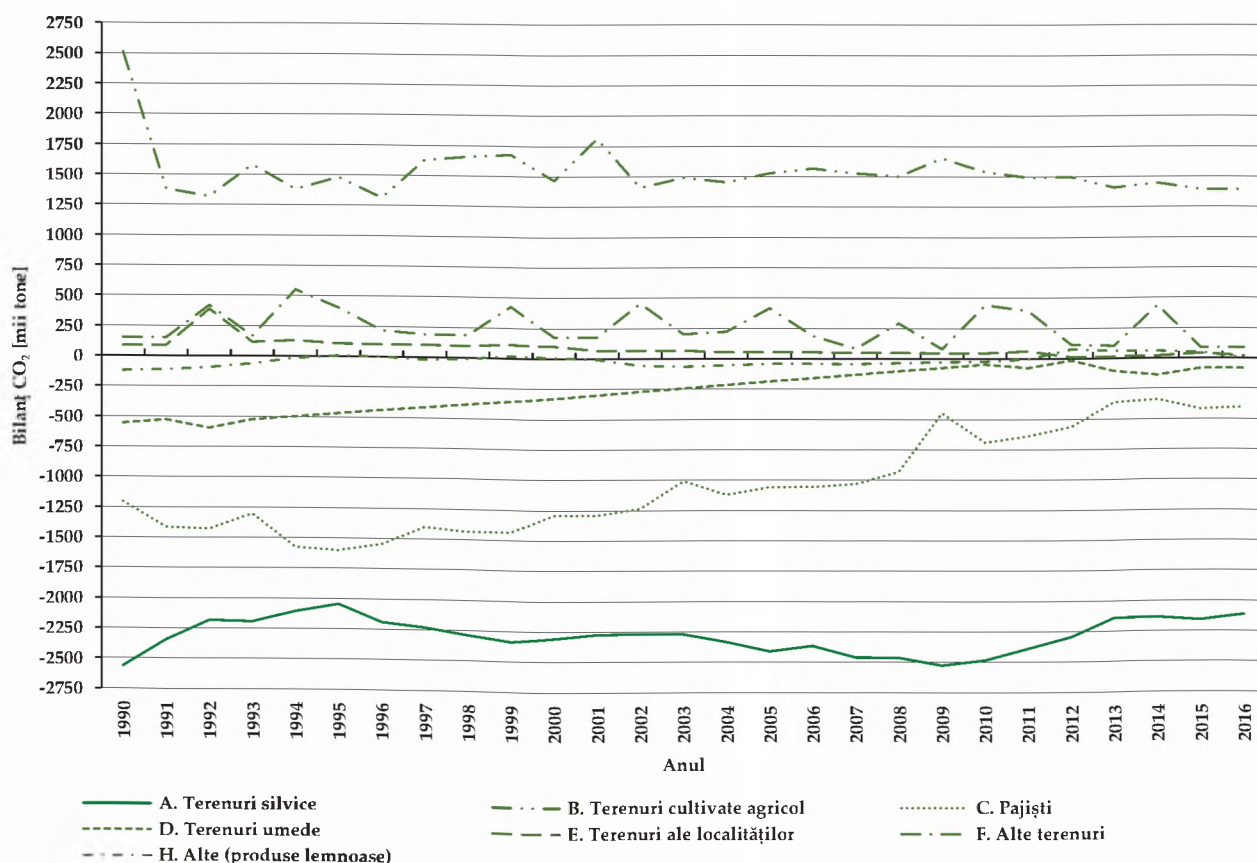


Figura 1. Evoluția sechestrărilor/emisiilor pe subcategorii în cadrul Sectorului 4 FTSCFTS

Talmaci et al.: Contribuția pădurilor din Republica Moldova în bilanțul gazelor cu efect...

Terenurile silvice (categoria 4A) au o pondere importantă în sechestrarea gazelor cu efect de seră, deținând circa 60% (2,29 milioane tone CO₂) din volumul total al absorbțiilor realizate de sursele locale [14]. Următoarele categorii în acest clasament sunt pajiștile (4C), care au o pondere de 28% (1,05 milioane tone CO₂) și terenurile umede (4D) - 7% (0,27 milioane tone CO₂). La estimarea datelor provenite din Sectorul 4 FTSCFTS există anumite dificultăți metodologice, care sunt asociate cu procesul de colectare [16]. În conformitate cu bunele practici ale CISC, Republica Moldova trebuie să-și îmbunătățească calitatea raportării emisiilor și sechestrărilor de gaze cu efect de seră de la Sectorul 4 FTSCFTS, ceea ce presupune și o actualizare a metodologiilor aplicate, precum și a factorilor naționali de emisie/sechestrare [21]. Până în prezent, nu a fost efectuată o generalizare și o analiză comparativă profundă a factorilor naționali de emisie/sechestrare utilizați pentru terenurile silvice în procesul de inventariere a GES. Necesitatea efectuării acestor lucrări se datorează faptului că în procesul elaborării comunicărilor naționale 1-4 aferente CONUSC pe categoria de surse 4A „Terenuri silvice” din cadrul Sectorului FTSCFTS, valoarea creșterii curente a arboretelor, precum și a altor indicatori aferenți calității pădurilor au fost aplicate din ultima evidență forestieră realizată integral (anul 1988).

Evidența forestieră din perioada 1998-1999 a fost realizată parțial, doar pentru terenurile gestionate de Agenția „Moldsilva”, și nu a oferit date actualizate privind starea și calitatea pădurilor din Republica Moldova. Concomitent, în perioada 1989-2016, în Republica Moldova au fost realizate ample lucrări de extindere a suprafețelor acoperite cu păduri care s-au soldat cu o creștere netă de circa 62 mii de hectare. Extinderea suprafețelor cu păduri a generat modificări esențiale în repartiția pădurilor pe specii/formațiuni forestiere, clase de vârstă, creșteri curente etc. În aceeași perioadă, datorită stării arboretelor (vârstă, indicatori dendrometrici, stare fitosanitară etc.), volumul de masă lemnoasă recoltat în păduri practic s-a triplat [14]. Din motivele menționate, inventarul GES pe categoria de surse 4A „Terenuri silvice” poate fi considerat ca supra- sau sub-estimat, existând riscul ca datele să fie inadecvate, iar inventarul GES lipsit de acuratețe. Din această perspectivă, s-a recomandat, includerea și prioritizarea în planul de îmbunătățire, a unor soluții consistente cu cerințele de raportare, eficiente economic și sinergice cu nevoile sectorului forestier, inclusiv prin realizarea unui program de actualizare a datelor disponibile [22]. Îmbunătățirea acestor date privind pădurea este consistentă și cu prevederea referitoare la cerința CONUSC de prezentare a unor factori de emisie/sechestrare actualizați în viitoarele comunicări și/sau rapoarte naționale la capitolul respectiv [11].

Activitatea de conversie în terenuri forestiere a inclus și împăduririle realizate în cadrul proiectelor PCSM și PDSFCM. Ambele proiecte sunt implementate în cadrul MDN [18] și au parcurs toate procedurile naționale și internaționale de validare și înregistrare. Suprafața totală plantată în proiectele respective constituie circa 28,8 mii ha, majoritatea fiind realizată în perioada 2002-2010 [14]. În cadrul proiectelor PCSM și PDSFCM sunt realizate și testate mai multe obiective majore: i) reabilitarea terenurilor degradate, ii) ameliorarea aprovizionării populației locale cu produse forestiere și iii) creșterea absorbției de CO₂ în vederea reducerii emisiilor de GES (tranzacționate comercial). Pe lângă produsele forestiere recoltate, este așteptată o cantitate netă absorbită de CO₂ din atmosferă în cuantum de circa 4,8 milioane tone (PCSM - 3,6 milioane de tone; PDSFCM - 1,2 milioane de tone) pe durata implementării proiectelor respective (PCSM - 22 ani; PDSFCM - 35 ani). Participanții principali la procesul de implementare a proiectelor respective sunt Agenția „Moldsilva”, ICAS Chișinău, entități silvice teritoriale (20 entități silvice, 3 rezervații naturale) și primăriile care au alocat terenuri pentru împădurire (peste 500 de primării). Achiziția

Talmaci et al.: Contribuția pădurilor din Republica Moldova în bilanțul gazelor cu efect...

reducerilor de emisii s-a realizat prin Fondul BioCarbon (administrat de Banca Mondială) în numele unui grup de investitori (7 guverne și 10 companii private). În contextul competențelor atribuite, Agenția „Moldsilva” (ICAS Chișinău) elaborează rapoarte periodice privind reducerile de emisii de CO₂ în urma implementării proiectelor PCSM și PDSFCM. Calculele respective se efectuează bazându-se pe evenimente de monitorizare cu realizarea măsurărilor pe suprafețe de probă și certificare internațională. Astfel, conform documentelor respective, în perioada 2004-2016 au fost raportate circa 2,4 milioane de tone de CO₂ echivalent [14] ca reduceri de emisii în urma implementării PCSM și PDSFCM. Reducerile pre-2012 au fost folosite în prima perioadă de angajament sub Protocolul de la Kyoto (PK), iar cele post-2012 urmau a fi utilizate pentru ținta asociată celei de a doua perioade de angajament a PK.

Problemele legate de calitatea datelor de activitate (suprafața) și a factorilor de emisie (coeficienți de emisie/sechestrare pentru terenuri silvice) sunt confirmate și prin valoarea incertitudinilor asociate cu sechestrările de CO₂ în cadrul categoriei 4A „Terenuri silvice” [14]. Astfel, la începutul perioadei de referință (anul 1990), incertitudinile respective au fost destul de reduse, de circa $\pm 5\%$. Odată cu demararea evenimentelor social-politice din anul 1991 (schimbarea relațiilor de proprietate, deficiențe în evidențele funciare și forestiere naționale etc.), gradul de incertitudine a crescut simțitor. Pentru anul 2016, gradul de veridicitate a proceselor de producție constituia, deja, circa $\pm 15\%$. Incertitudinile asociate cu factorii de sechestrare în ambele cazuri sunt de circa $\pm 5\%$. Incertitudinile combinate în cadrul categoriei 4A constituie circa $\pm 15,81\%$. Această situație este influențată de mai mulți factori. Astfel, o parte din datele necesare pentru calcularea sechestrărilor de GES de către pădurile din Republica Moldova necesită actualizare. Incertitudinea pe compartiment se referă, în primul rând, la volumul masei lemnoase real extras din pădurile din Republica Moldova. Datele oficiale statistice se referă doar la pădurile gestionate de Agenția „Moldsilva”, iar pădurile primăriilor și persoanelor private sunt practic în afara procesului de evidență și raportare. Totodată, conform unor studii estimative, volumul de masă lemnoasă provenit din surse neidentificate constituie circa 400-800 mii m³ anual [23]. O parte considerabilă a tăierilor ilicite nici nu sunt înregistrate [24]. Un factor important care influențează pozitiv calitatea inventarului GES în cadrul Sectorului 4 FTSCFTS este elaborarea matricei folosinței și schimbării folosinței terenurilor pentru perioada 1970-2016 [16]. Matricea respectivă reprezintă un modul de calcul în format Microsoft Excel care corespunde exigențelor Ghidului IPCC 2006, include toate datele aferente Sectorului 4 FTSCFTS, inclusiv atribuirea categoriilor de terenuri la procesele de conversie, precum și obținerea datelor relevante pentru inventarul GES pe sector. În etapa actuală, s-a demarat actualizarea prealabilă a unei părți importante a datelor de activitate și a coeficienților necesari pentru evaluarea emisiilor/sechestrărilor de GES provenite de la categoria de surse 4A1 „Terenuri silvice care rămân ca terenuri silvice”. Unul dintre principalii indicatori aferenți datelor de activitate la categoria de surse 4A „Terenuri silvice” este repartitia pădurilor pe specii de arbori (grupe de specii). În calitate de punct inițial sunt utilizate datele actualizate în anul 2016 [25] privind repartitia pădurilor din Republica Moldova pe specii (grupe de specii). De asemenea, este realizată analiza comparativă între datele actualizate și cele incluse în Primul Raport Bienal al Republicii Moldova (PRB) pentru anul de evidență 2015 [26].

3.2. Date de activitate și coeficienți actualizați pentru evaluarea emisiilor/sechestrărilor de gaze cu efect de seră

În baza rezultatelor prealabile obținute în cadrul procesului de actualizare a unei părți importante a indicatorilor de bază ai pădurilor, precum și a datelor de activitate [25], au fost elaborați coeficienți și date noi necesare pentru evaluarea emisiilor/sechestrărilor de GES provenite de la categoria de surse 4A1. Unul din principalii indicatori aferenți datelor de activitate la categoria de surse 4A „Terenuri silvice” este repartiția pădurilor pe specii (grupe de specii). În **Tabelul 3** sunt expuse datele actualizate privind repartiția pădurilor din Republica Moldova pe grupe de specii, inclusiv analiza comparativă între datele actualizate și a cele incluse în Raportul Bienal Doi (RBD) pentru anul de evidență 2015.

Tabelul 3. Actualizarea repartiției pădurilor din Republica Moldova pe grupe de specii

Grupe de specii	RBD 2016		Studiul din 2016		Diferențe	
	Suprafața [mii ha]	Ponderea [%]	Suprafața [mii ha]	Ponderea [%]	[mii ha]	[%]
<i>Quercus spp.</i>	170,3	44,06	110,7	28,64	-59,6	-35,0
<i>Carpinus spp.</i>	16,7	4,31	20,6	5,33	+3,9	+23,5
<i>Fraxinus spp.</i>	22,2	5,73	30,3	7,84	+8,1	+36,7
<i>Acer spp.</i>	5,8	1,51	6,9	1,78	+1,0	+17,7
<i>Ulmus spp.</i>	4,2	1,09	6,3	1,62	+2,0	+48,4
<i>Tilia spp.</i>	5,8	1,50	13,7	3,54	+7,9	+135,2
<i>Salix spp.</i>	4,0	1,03	4,7	1,22	+0,7	+18,3
<i>Pinus spp.</i>	6,4	1,66	6,0	1,56	-0,4	-6,2
<i>Populus spp.</i>	7,7	1,98	9,0	2,32	+1,3	+16,9
<i>Robinia spp.</i>	128,0	33,12	127,9	33,10	-0,1	-0,1
<i>Alte specii</i>	15,4	3,99	50,5	13,06	+35,0	+227,4
Total	386,4	100,00	386,4	100,00	-	-

Conform datelor redată în **Tabelul 3** se constată diferențe esențiale între datele RBD și datele actualizate pentru majoritatea grupelor de specii. Cele mai mari diferențe sunt înregistrate la cvercinee (-59,6 mii ha sau 35,0%), precum și la alte specii (+35,0 mii ha sau 227,4%). O explicație a diferențelor poate fi faptul că la evidența din anul 1988, folosită ca bază în inventarele anterioare, repartiția pădurilor era redată pe specii predominante, în timp ce în actualizarea din anul 2016 repartiția respectivă se bazează pe suprafața efectivă ocupată de fiecare specie. În plus, în inventarele anterioare, evoluția suprafeței speciilor (perioada 1989-2015) a fost obținută în baza unor modelări, care se dovedesc a fi mai puțin reușite comparativ cu calculele concrete. Un alt aspect foarte important în procesul de inventariere a emisiilor/sechestrărilor de GES pe categoria de surse 4A1 este estimarea creșterilor de biomasă în arborete. În **Tabelul 4** sunt redată creșterile anuale curente de masă lemnoasă în pădurile din Republica Moldova pe grupe de specii, inclusiv analiza comparativă între datele actualizate și cele incluse în RBD pentru anul de evidență 2015. Indicatorii au fost obținuți ca medii ponderate pentru fiecare grupă de specii reieșind din creșterea anuală curentă pe fiecare specie inclusă în grupa corespunzătoare. Din analiza datelor din **Tabelul**

Talmaci et al.: Contribuția pădurilor din Republica Moldova în bilanțul gazelor cu efect...

4 se constată diferențe esențiale privind creșterile curente de masă lemnoasă pentru majoritatea grupelor de specii. Cele mai mari diferențe cantitative sunt înregistrate la grupele: „*Tilia spp.*” (+2,7 m³ sau 73,0%), „*Populus spp.*” (-2,7 m³ sau 34,6%), „*Pinus spp.*” (+1,9 m³ sau 67,9%) și „*Carpinus spp.*” (+1,5 m³ sau 42,9%). Prin încadrarea datelor respective în modulul de calcul pentru FTSCFTS (matricea folosinței și schimbării folosinței terenurilor, foaia de lucru 4A1), s-au obținut sechestrările medii anuale pe grupe de specii, inclusiv în biomasa subterană. Ca rezultat, s-a constatat că lider incontestabil în procesul de sechestrare a GES sunt arboretele de carpen cu 12,6 t CO₂/ha/an (Figura 2), fiind urmate de cvercinee cu 9,9 t CO₂/ha/an și de tei cu 9,4 t CO₂/ha/an. La polul opus sunt arboretele de paltin (4,8 t CO₂/ha/an) și de ulm (5,6 t CO₂/ha/an). Rezultatele respective denotă problemele care influențează direct starea și productivitatea curentă a pădurilor din Republica Moldova: circa 60% din păduri au proveniență din lăstari (inclusiv stejar pufos - 97%, gorun - 86%, stejar - 54%, salcâm - 51% etc.), circa 49% din păduri cresc în stațiuni de productivitate inferioară, îmbătrânirea arboretelor datorită întâzierii aplicării procesului de regenerare, în special arborete cu funcții deosebite de protecție (e.g. arborete de plop - vârsta medie 38 ani, salcie - 35 ani, gorun - 79 ani, stejar pufos - 79 ani etc.).

Tabelul 4. Coeficienți utilizați la evaluarea emisiilor/sechestrărilor de CO₂ provenite de la categoria de surse 4A1 „Terenuri silvice care rămân ca terenuri silvice”

Grupe de specii	Creșteri curente [m ³ /ha/an]		Diferențe	
	RBD 2016	Studiul din 2016	[m ³]	[%]
<i>Quercus spp.</i>	3,0	3,9	+0,9	+28,6
<i>Carpinus spp.</i>	3,5	5,0	+1,5	+42,9
<i>Fraxinus spp.</i>	3,5	4,4	+0,9	+25,7
<i>Acer spp.</i>	2,6	2,3	-0,3	-11,5
<i>Ulmus spp.</i>	3,2	2,9	-0,3	-9,4
<i>Tilia spp.</i>	3,7	6,4	+2,7	+73,0
<i>Salix spp.</i>	7,4	6,5	-0,9	-12,2
<i>Pinus spp.</i>	2,8	4,7	+1,9	+67,9
<i>Populus spp.</i>	7,9	5,2	-2,7	-34,6
<i>Robinia spp.</i>	3,9	3,2	-0,7	-17,9
<i>Alte specii</i>	2,1	3,0	+0,9	+43,0

În același timp, creșterea suprafețelor plantate pe terenuri noi, a suprafețelor pe care s-au aplicat lucrări de regenerare a arboretelor bătrâne, inclusiv prin reconstrucții/substituiri, a generat sporirea ponderii arboretelor tinere cu creșteri curente mai susținute. Totodată, procesul de acumulare a biomasei în păduri a fost stimulat și de încălzirea climatică (extinderea perioadei de vegetație etc.).

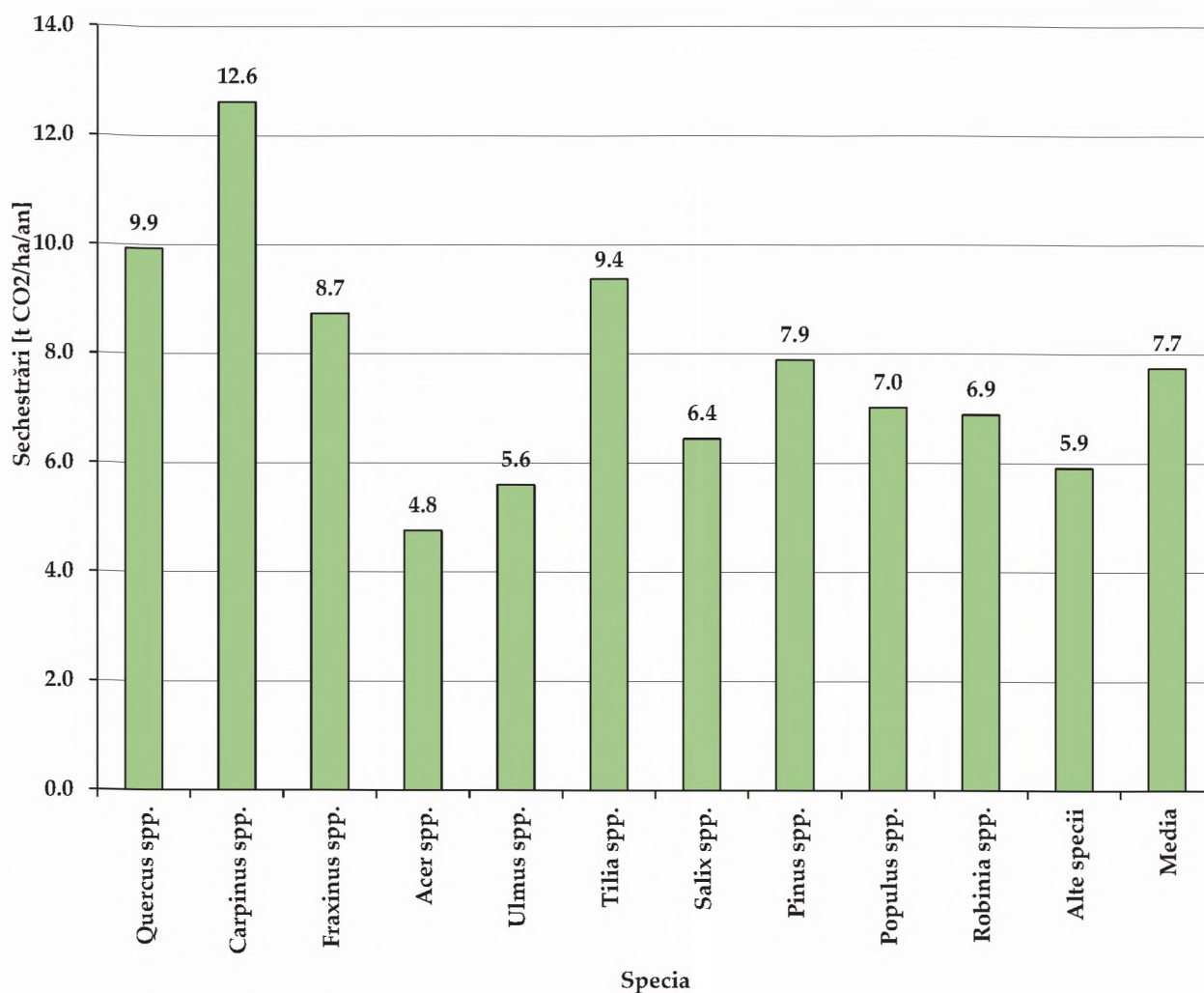


Figura 2. Sechestrări medii anuale realizate pe grupe de specii

Rezultatele descrise diferă în funcție de potențialul natural al speciilor/grupelor de specii, dar, în același timp, expun obiectiv starea curentă a pădurilor din Republica Moldova. În cazul utilizării, datele respective vor influența semnificativ și rezultatele totale ale Inventarului GES pentru Republica Moldova pentru categoria de surse 4A1 „Terenui silvice care rămân ca terenui silvice”.

3.3. Reducerile de emisii contabilizabile pe perioada de angajament 2021-2030

Actualizarea/revizuirea factorilor naționali de emisie/sechestrare a GES pentru terenui silvice permite sporirea calității inventarelor naționale pentru această categorie importantă. Această acțiune reprezintă un factor-cheie în asigurarea de către Republica Moldova a Contribuției naționale determinate (NDC) în cadrul Acordului de la Paris la CONUSC [27]. Prin acest acord, Republica Moldova se angajează voluntar (dar cu cerere de sprijin internațional) la o reducere națională a emisiilor cu 64-67% comparativ cu nivelul înregistrat în anul de referință (1990). În anul

Talmaci et al.: Contribuția pădurilor din Republica Moldova în bilanțul gazelor cu efect...

2020, angajamentul respectiv a fost actualizat până la valoarea de 70 și 88% [28]. În cadrul angajamentului, Republica Moldova va include întreg Sectorul 4 FTSCFTS, iar contribuția la atingerea țintei va fi contabilizată prin metoda net-net [28]. Contabilizarea net-net prevede că debitele și creditele sunt calculate în raport cu emisiile din anul de referință (1990). Debitul este suportat atunci când emisiile nete cresc sau sechestrarea este mai mică în raport cu perioada de referință (bază), în timp ce creditele sunt câștigate dacă emisiile nete scad sau sechestrarea este mai mare.

În momentul actual, pentru gospodărirea pădurilor (4A1) sunt recunoscute trei soluții de contabilizare de diferite țări: gross-net (țări non-Anexa 1), net-net (*e.g.* Canada) și nivel de referință pentru păduri (metoda aplicată de statele membre UE potrivit Regulamentului 841/2018, inclusiv Norvegia și Islanda). Estimarea nivelului de referință presupune o metodă de proiecție (pentru 2021-2030) care să ia în calcul practicile de gospodărire și starea pădurii (*e.g.* structura pe clase de vârstă) din perioada de referință aleasă (2000-2009). În scopul informării publicului, în studiul de față se adoptă o abordare simplistă pentru estimarea nivelului de referință, respectiv o proiecție liniară generată din datele raportate în inventarul din perioada de timp 2000-2009 (**Figura 3**). Alegerea uneia sau alteia dintre metode se asociază cu integritatea mediogenă a reducerilor de emisii (adică: Există un beneficiu net atmosferic? Sunt reducerile de emisii reale? Este mai mult CO₂ stocat de păduri față de referință?) și cu efortul de atingere a țintei. Din această perspectivă, emisiile reale în atmosferă din subcategoria 4A1 sunt cel mai corect estimate de metoda nivelului de referință, deși metoda gross-net oferă cel mai mic efort. Procedural, metoda net-net este apropiată de metoda nivelului de referință, prezentând avantajul unui efort minim în aplicare (față de metoda nivelului de referință care necesită o capacitate de modelare și generează incertitudine în estimare). Alegerea metodei de contabilizare prezintă o garanție a seriozității țării pentru piața de credite. Pentru subcategoria 4A2 metoda gross-net este deplin acceptată, încurajând împăduririle.

În **Tabelul 5** sunt redate scenariile de contabilizare a reducerilor de emisii de CO₂ pentru Republica Moldova pentru Sectorul 4 FTSCFTS și cel forestier pe perioada de angajament 2021-2030 [28]. Evident, contribuția sectorului forestier este cumulativă pentru subcategoriile 4A1 și 4A2 (**Tabelul 5**), însă, pentru subcategoria 4A1, metoda nivelului de referință generează cele mai mari emisii nete. În cazul contabilizării prin metoda net-net pentru întreg Sectorul 4 FTSCFTS, situația este relativ aceeași. Doar începând cu anul 2026 se prognozează sporirea sechestrărilor comparativ cu anul 1990, iar în anul 2030 se va înregistra un plus de sechestrare comparativ cu anul 1990, în cantitate de 748,3 mii tone CO₂, adică 44% în plus. Situația respectivă este cauzată de faptul că, deși se preconizează o creștere importantă a suprafeței pădurilor cu până la 15% din teritoriul republicii sau cu circa 30% față de suprafața actuală, aceasta va fi cumulată cu sporirea esențială a recoltei de masă lemnoasă.

Contabilizarea integrală a Sectorului 4 FTSCFTS generează o provocare pentru autoritățile naționale în efortul de angajare a altor folosințe ale terenului (pajiști, soluri agricole etc.), a unei mai bune utilizări a terenurilor (mai mulți arbori plantați pe terenuri neforestiere) și a stocării în produse din lemn cu utilizare de lungă durată. Previziunile sunt mult mai optimiste în cazul scenariului cu măsuri adiționale. Cu toate acestea, implementarea acestui scenariu va solicita un sprijin extern foarte consistent. Astfel, se prevede că, pentru atingerea în anul 2030 a țintei de 88%, va fi necesar un sprijin financiar internațional corespunzător, egal cu aproximativ 5 miliarde de

Talmaci et al.: Contribuția pădurilor din Republica Moldova în bilanțul gazelor cu efect...

dolari SUA sau aproximativ 500 de milioane de dolari SUA pe an până în 2030 [28]. Sprijinul în cauză va fi unul suplimentar alocărilor interne pentru acoperirea costurilor necesare reducerii de emisii.

Tabelul 5. Contabilizarea reducerilor de emisii de CO₂ pentru perioada de angajament 2021-2030

Anul	4A1		4A2		Contabilizare cumulativă 4A1+4A2	Total FTSCFTS	
	Contabilizare net-net (2021-2030 vs. 1990)	Contabilizare gross-net (2021-2030)	Contabilizare nivel de referință (2021-2030 vs. 2000-2009)	Contabilizare gross-net (2021-2030)		Contabilizare net-net (2021-2030 vs. 1990)	Contabilizare gross-net (2021-2030)
2021	554,4	-1024,6	902,0	-747,9	-193,4	872,2	-828,4
2022	579,7	-999,4	927,2	-766,3	-186,6	674,5	-1026,1
2023	571,1	-1007,9	918,7	-784,7	-213,6	487,3	-1213,3
2024	588,8	-990,2	936,4	-803,1	-214,3	294,4	-1406,3
2025	614,4	-964,7	961,9	-821,6	-207,2	108,0	-1592,6
2026	613,7	-965,4	961,2	-840,0	-226,3	-94,2	-1794,8
2027	656,7	-922,4	1004,2	-858,4	-201,7	-270,4	-1971,0
2028	687,1	-892,0	1034,6	-876,8	-189,8	-451,5	-2152,1
2029	712,5	-866,5	1060,1	-895,2	-182,7	-622,0	-2322,6
2030	777,5	-801,5	1125,1	-913,7	-136,1	-748,3	-2448,9
Medii anuale	635,6	-943,4	983,2	-830,8	-195,2	25,0	-1675,6

Notă: valorile pozitive denotă emisii nete (debit), valorile negative denotă sechestrare netă (credite). Contabilizarea cumulativă pentru subcategoriile 4A1 și 4A2 este prezentată în raport cu metoda net-net pentru subcategoria 4A1.



Figura 3. Cantitățile anuale raportate în inventarul GES pentru subcategoria 4A1, aferente perioadei 2000-2009, folosite la proiecția liniară a nivelului de referință utilizabil în perioada 2021-2030

Talmaci et al.: Contribuția pădurilor din Republica Moldova în bilanțul gazelor cu efect...

Recunoașterea internațională a rapoartelor Republicii Moldova de inventariere a GES ar facilita accesul la mecanismele bilaterale, regionale și internaționale privind piața carbonului, pentru atingea țintelor condiționate stabilite pentru anul 2030, care solicită prezența unui sistem sigur și robust de evidență, care să ofere informații veridice, măsurabile și comparabile privind bilanțul de GES.

4. CONCLUZII

Pe parcursul ultimilor 25 de ani, sistemul național de monitorizare și raportare a emisiilor de gaze cu efect de seră a fost într-un continuu proces de consolidare. Republica Moldova se aliniază în rândul țărilor cu raportări sistematice și oportune față de CONUSC și dispune de anumite capacități instituționale, tehnice și umane în domeniul inventarierii GES. Concomitent, atât procesul de raportare, cât și produsele finale (rapoarte, comunicări naționale etc.) încă mai solicită anumite activități de ameliorare și perfecționare, inclusiv sub aspectul alinierii la noile decizii și exigențe internaționale în domeniu. În acest context, sunt formulate concluziile generale, precum și anumite recomandări. Astfel, principalele concluzii care reies din analiza realizată sunt următoarele:

1. Republica Moldova este una dintre cele mai expuse regiuni din Europa la fenomenul de secetă și aridizare, deținând un grad redus de împădurire a teritoriului (11,4%). Tematica ecologică, problemele poluării și ale impactului asupra mediului sunt în atenția opiniei publice și sunt deosebit de disputate;
2. Sectorul forestier din Republica Moldova, prin setul de documente de politici în vigoare, are trasat un șir de obiective strategice care urmăresc atenuarea efectelor și adaptarea ecosistemelor forestiere la schimbările climatice;
3. Republica Moldova este parte a CONUSC din anul 1995. La nivel național există un sistem de raportare a obligațiilor către CONUSC reglementat printr-un set de acte normative și consolidat recent prin Hotărârea Guvernului nr. 1277 din 26.12.2018 privind Sistemul național de monitorizare și raportare a emisiilor de GES și a altor informații relevante pentru schimbările climatice. Sistemul respectiv prevede obligațiile și responsabilitățile autorităților statului privind organizarea și funcționarea procesului de monitorizare și raportare a emisiilor de GES și a altor informații relevante pentru schimbările climatice;
4. În conformitate cu obligațiile de raportare asumate, începând cu anul 2000, Republica Moldova a prezentat către CONUSC 4 comunicări naționale, 4 rapoarte bienale (2 rapoarte actualizate) și 6 rapoarte de inventariere a GES, care reflectă situația și procesele în domeniul emisiilor și sechestrărilor de GES. Documentele respective au parcurs toate etapele naționale și internaționale de avizare și aprobare conform procedurilor corespunzătoare și sunt agreate la nivel internațional;
5. În procesul de estimare a emisiilor și sechestrărilor provenite de la Sectorul FTSCFTS există anumite dificultăți metodologice asociate cu procesul de colectare a datelor de activitate (recoltarea masei lemnoase, suprafața și caracterul conversiilor de terenuri, factorii de emisie/sechestrare etc.), care necesită intervenții punctuale de ameliorare;

Talmaci et al.: Contribuția pădurilor din Republica Moldova în bilanțul gazelor cu efect...

6. Extinderea suprafețelor ocupate de păduri a generat modificări esențiale în repartitia acestora pe specii și formații forestiere, clase de vârstă, creșteri curente etc. Datorită stării arboretelor, volumul de masă lemnoasă recoltat din păduri a crescut considerabil cu consecințele de rigoare asupra capacităților de stocare a carbonului. Din aceste considerente, se recomandă îmbunătățirea/actualizarea datelor de activitate disponibile, aferente terenurilor silvice;
7. Contribuția națională determinată intenționat în cadrul CONUSC, adoptată de Guvernul Republicii Moldova în anul 2014 și actualizată în anul 2020, constituie pentru anul 2030 ținta necondiționată de reducere a emisiilor de GES cu 70% comparativ cu nivelul înregistrat în anul de referință (1990);
8. Republica Moldova este printre puținele țări non-anexă la CONUSC care implementează integral prevederile Ghidului IPCC 2006 în procesul de estimare a GES emise/sechestrare de terenurile silvice (categoria 4A);
9. Pentru estimarea GES specifică categoriilor de surse provenite de la terenuri silvice se utilizează metodologii de evaluare de Rangul 1-3, precum și factori de emisie/sechestrare cu specific național (creșteri curente, densitatea lemnului, ponderea carbonului în lemn, pierderi/acumulări de biomasă și/sau carbon în sol în urma conversiei etc.);
10. Inventarul gazelor cu efect de seră al Republicii Moldova pentru sectorul FTSCFTS are un caracter integral și cuprinde toată suprafața țării inclusă în cadastrul funciar (3.384,63 mii ha), inclusiv terenurile silvice, care au o pondere de circa 12,2% din total;
11. În cadrul procesului de efectuare a inventarului de GES pentru sectorul FTSCFTS, seriile de timp încep cu anul 1970 și includ 25 de categorii naționale de folosință agregate în unsprezece categorii majore care, ulterior, sunt concentrate în corespondență integrală cu categoriile IPCC (6 categorii);
12. Sursele de date oficiale pentru procesul de inventariere a GES emise/sechestrare de pădurile din Republica Moldova sunt dispersate în multiple rapoarte departamentale, nu sunt în totalitate incluse în raportarea statistică națională și nu acoperă în totalitate terenurile silvice existente în Republica Moldova;
13. Republica Moldova este în proces de actualizare a factorilor naționali de emisie/sechestrare a GES, precum și a altor date primare aferente categoriei de surse 4A „Terenuri silvice”, cu consecințe directe asupra calității Inventarului GES pentru Sectorul FTSCFTS;
14. Evidențele funciare naționale conțin carențe importante, generând incertitudini legate de procesul de conversie a terenurilor din diferite categorii de folosință în terenuri silvice și invers, afectând, în special, emisiile/reducerile de GES din solurile respective;
15. Un factor important care influențează pozitiv calitatea inventarului GES în cadrul Sectorului FTSCFTS (inclusiv categoria 4A „Terenuri silvice”) este elaborarea Matricei folosinței și schimbării folosinței terenurilor pentru perioada 1970-2016. Matricea corespunde integral cerințelor Ghidului IPCC 2006, include toate datele aferente Sectorului FTSCFTS, inclusiv atribuirea categoriilor de terenuri pe procese de conversie, precum și obținerea datelor relevante inventarului GES pe sector;

Talmaci et al.: Contribuția pădurilor din Republica Moldova în bilanțul gazelor cu efect...

16. Activitățile de extindere a suprafețelor acoperite cu păduri, întreprinse de Republica Moldova în perioada de după anul 1990, au consolidat esențial capacitatea pădurilor de sechestrare a carbonului. Concomitent, aspectele tehnice ale managementului pădurilor, care urmăresc și dezvoltă capacitățile de sechestrare și/sau de diminuare a emisiilor de carbon, sunt încă slab dezvoltate și implementate. Activitățile de planificare strategică și de gospodărire (amenajament silvic, aplicarea tratamentelor, lucrări de îngrijire și conducere, îngrijiri etc.) nu includ pe deplin prerogativa diminuării amprente de carbon.

Situația descrisă în studiul de față necesită elaborarea unui șir de recomandări, care ar contribui la ameliorarea calității procesului de inventariere a GES și a produselor de raportare, inclusiv:

1. Republica Moldova trebuie să continue procesul de îmbunătățire calitativă a raportării emisiilor și sechestrărilor de gaze cu efect de seră specifice Sectorului FTSCFTS. Aceasta se referă la integralitatea datelor de activitate, precum și la factorii naționali de emisie/reducere a GES asociați cu terenurile silvice;
2. Raportările statistice forestiere trebuie unificate în cadrul unei singure entități, de exemplu Agenția „Moldsilva”/ICAS, cu crearea capacităților tehnice și umane de rigoare. Aceasta va îmbunătăți esențial calitatea datelor de activitate, diminuând valoarea incertitudinilor asociate cu inventarul GES pentru categoria 4A „Terenuri silvice”;
3. Evidențele funciare de la toate nivelurile trebuie îmbunătățite, iar inventarul GES pentru Sectorul FTSCFTS trebuie să se bazeze doar pe evidențe grafice automatizate. Acest aspect va ameliora, în special, conversiile către păduri și posibilitatea aplicării perioadei de 20 de ani pentru urmărirea schimbărilor în bilanțul carbonului din sol;
4. Pentru perioada imediat următoare, în Republica Moldova este necesară întreprinderea unor eforturi majore (plantarea a circa 130 mii ha) pentru atingerea gradului mediu de împădurire a teritoriului, de cel puțin 15%. Sporirea suprafeței pădurilor va contribui, în general, și la procesul de consolidare a capacităților naționale de sechestrare a carbonului;
5. Cadrul normativ sectorial (norme și reglementări tehnice, îndrumări/recomandări), precum și activitățile majore de management tehnic al pădurilor (amenajament silvic, aplicarea tratamentelor, lucrări de îngrijire și conducere, mentenanță) trebuie să includă aspecte care urmăresc și dezvoltă capacitățile de sechestrare și/sau de diminuare a emisiilor de GES. Pentru pădurile deja existente, gestionarea trebuie orientată spre natură (diminuarea recoltelor de lemn, regenerarea naturală, conservarea arboretelor natural fundamentale);
6. Republica Moldova trebuie să identifice și să dezvolte noi proiecte în domeniul forestier aferente mecanismelor CONUSC (NAMA, REDD+, Fondul Verde pentru Climă), inclusiv prin atragerea suportului tehnic și financiar extern. Experiența pozitivă acumulată în implementarea proiectelor internaționale oferă șanse reale pentru noi priorități și proiecte.

MATERIALE SUPLIMENTARE

Nu este cazul.

FINANȚARE

Această lucrare nu a fost finanțată din exteriorul organizației.

MULȚUMIRI

Autorii doresc să mulțumească personalului Oficiului Schimbarea Climei din cadrul Ministerului Agriculturii, Dezvoltării Regionale și Mediului pentru acceptul cu privire la utilizarea documentelor și pentru suportul acordat la căutarea surselor de informație.

CONFLICT DE INTERESE

Autorii nu declară niciun conflict de interese.

REZUMAT EXTINS – EXTENDED ABSTRACT

Title in English: *Contribution of forests from Republic of Moldova to greenhouse gas balance*

Introduction: *Moldova has a robust reporting system to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) regulated by a set of normative acts and recently consolidated by the Governmental Decision no. 1277 of 26.12.2018. At the same time, both the reporting process and the final products (reports, national communications, etc.) still require certain improvement. The Republic of Moldova is one of the most exposed regions of Europe to the phenomenon of drought, having a low forestation degree (11.4 % of the territory). However, according to a number of national policy documents, forests should hold about 15% of the territory. The qualitative estimation of forest contribution to the GHG balance is a key factor in estimation and reporting by Moldova of its National Determined Contribution (NDC) under UNFCCC. In order to reach the conditional targets, set for 2030 (88%), Moldova needs access to bilateral, regional and international carbon market mechanisms, which require the presence of a secure accounting system on the GHG balance. Within this task, updating the national GHG emission/sequestration factors is defined as an extremely important action with direct consequences. This paper describes the actual stage of the process of updating factors for forests, other primary data related to forest lands, as well as some conclusions on the quality and timeliness of national GHG inventories for forest lands and on the process of strengthening national GHG sequestration capacities.*

Methods: *Tier 1 and Tier 2 methods described in the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006 IPCC Guide), relevant default emission/removal factors, as well as national factors (growing factors, wood density, carbon content in wood, biomass gain and loss and/or soil carbon as the result of land conversion etc.) are used for the estimation of GHG quantities for the categories of sources specific to the forest land in Moldova. Estimation of emission reductions generated by CDM Afforestation/Reforestation projects "Moldova Soil Conservation Project" and "Moldova Community Forestry Development Project" was done by using the Tier 3 Methodology - AR-AM0002 "Restoration of degraded lands through forestation/reforestation".*

Results: *In accordance with the second Biennial Updated Report of the Republic of Moldova and the sixth National Greenhouse Gas Inventory Report performed within UNFCCC, the total gross volume of carbon dioxide emissions fluxes achieved during 1990-2016 by sources in the Republic of Moldova is estimated at an average of 3.79 million tons per year. Forest land (category 4A) has an important share in the sequestration of GHG, holding a share of about 60% of that volume.*

Conclusions: *The result of the study shows that over the last 25 years the national monitoring and reporting of GHG emissions has been under a continuous process of consolidation. Moldova is aligned to countries with systematic and timely reporting to the UNFCCC, while it has developed adequate institutional, technical and human capacities. The development and implementation of the Land Use and Land Use Change Matrix for the period 1970-2016, positively influences the quality of the GHG inventory within the LULUCF Sector (including category 4A "Forest Land"). The matrix fully complies with the requirements of the 2006 IPCC Guide; it holds all the data related to the LULUCF Sector, including the allocation of land categories to conversion processes, as well as the sectorial activity data required by the GHG Inventory. The updating of the national GHG emission/sequestration factors, as well as of other primary data related to forest lands is an ongoing process, with direct consequences on the quality of the sectorial GHG Inventory.*

Keywords: *climatic changes, forests, greenhouse gases, emission and sequestration factors*

REFERINȚE

1. Schneider S.H., 1989: The greenhouse effect: Science and policy. *Science*, 243 (4892), 771-781, DOI: 10.1126/science.243.4892.771.
2. Apostol I., Lekoyiet S., Scorpan V., Țăranu M., Comendant I., Țăranu L., Druță A., Treșcilo L., Reniță A., Bobîna I., 2018: Comunicarea Națională Patru a Republicii Moldova. Tipografia Bons Office, Chișinău, 478 p., ISBN: 978-9975-87-376-5.
3. Botnari F., Galupa D., Platon I., Miron A., Rotaru P., Talmaci I., Lozan A., Grubîi G., Balan M., Șpitoc L., Mardari A., 2011: Raport privind starea sectorului forestier din Republica Moldova: perioada 2006-2010. Agenția Moldsilva, Chișinău, Republica Moldova, 60 p., ISBN: 978-9975-4298-4-9.
4. Popescu L.N., 2009: Aspecte teoretice și metodologice ale sistemului de indicatori de evidență, analiză și previziune în silvicultură și economia forestieră. Universitatea Creștină „Dimitrie Cantemir” București, Facultatea de Științe Economice din Cluj, An. Inst. Ist. „G. Barițiu” din Cluj-Napoca, Ser. Humanist. VII, 281-306.
5. Winjum J.K., Dixon R.K., Schroeder P.E., 1992: Estimating the global potential of forest and agroforest management practices to sequester carbon. *Water, Air & Soil Pollution*, 64 (1-2), 213-227, DOI: 10.1007/BF00477103.
6. Brown S., Swingland I.R., Hanbury-Tenison R., Prance G.T., Myers N., 2002: Changes in the use and management of forests for abating carbon emissions: Issues and challenges under the Kyoto Protocol. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 360 (1797), 1593-1605, DOI: 10.1098/rsta.2002.1021.
7. Laurance W.F., Laurance S.G., Delamonica P., 1998: Tropical forest fragmentation and greenhouse gas emissions. *Forest Ecology and Management*, 110 (1-3), 173-180, DOI: 10.1016/S0378-1127(98)00291-6.
8. Schroeder P., Ladd L., 1991: Slowing the increase of atmospheric carbon dioxide: A biological approach. *Climatic Change*, 19 (3), 283-290, DOI: 10.1007/BF00140167.
9. Karjalainen T., Pussinen A., Liski J., Nabuurs G.J., Eggers T., Lapveteläinen T., Kaipainen T., 2003: Scenario analysis of the impacts of forest management and climate change on the European forest sector carbon budget. *Forest Policy Economics*, 5 (2), 141-155, DOI: 10.1016/S1389-9341(03)00021-2.
10. Parlamentul Republicii Moldova, 2001: Hotărârea nr. 350 din 12.07.2001 pentru aprobarea Strategiei dezvoltării durabile a sectorului forestier din Republica Moldova. Monitorul Oficial al Republicii Moldova nr. 133 din 08.11.2001. Disponibil online la: <http://lex.justice.md/index.php?action=view&view=doc&lang=1&id=308876>.
11. Organizația Națiunilor Unite, 1992: Convenția-Cadru a Națiunilor Unite asupra schimbărilor climatice. Rio de Janeiro, Disponibil online la: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conv1990.shtml/.
12. Boian I., Scorpan V., 2007: Comitetul Interguvernamental pentru Schimbări Climatice despre sistemul climatic și fenomenul schimbărilor climatice. *Mediul Ambiant*, 2 (32), 47-48, ISSN: 1810-9551.
13. Ciubotaru V., Scorpan V., Taranu M., Bercu I., Perciun A., Bobeică V., Petrușevschi M., Corobov R., Todiraș V., Treșcilo L., 2000: Prima Comunicare Națională a Republicii Moldova elaborată în

Talmaci et al.: Contribuția pădurilor din Republica Moldova în bilanțul gazelor cu efect...

cadrul Convenției Națiunilor Unite privind Schimbarea Climei. Firma editorial poligrafică Tipografia Centrală, Chișinău, 74 p., ISBN: 997-78-079-2.

14. Taranu M., Bicova E., Vasilev E., Moraru L., Kirillova T., Burtev S., Brega V., Tarita A., Cosman S., Taranu L., Talmaci I., Sfecla V., Miron A., Tugui T., Efros N., 2018: National Inventory Report: 1990-2016. Greenhouse Gas Sources and Sinks in the Republic of Moldova. Tipografia Bons Offices, Chișinău, 676 p., ISBN: 9789975874472.
15. Guvernul Republicii Moldova, 2018: Hotărârea nr. 1277 din 26.12.2018 cu privire la instituirea și funcționarea Sistemului național de monitorizare și raportare a emisiilor de GES și altor informații relevante pentru schimbările climatice. Disponibil online la: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=112485&lang=ro.
16. Taranu M., Bicova E., Vasilev I., Moraru L., Kirillova T., Burtev S., Brega V., Tarita A., Cosman S., Taranu L., Talmaci I., Sfecla V., Miron A., Tugui T., Efros N., 2018: Report on National Greenhouse Gas Inventory System in the Republic of Moldova. Tipografia Bons Offices, Chișinău, 269 p., ISBN: 9789975874526.
17. Aalde H., Gonzalez P., Gytarsky M., Krug T., Kurz W.A., Ogle S., Raison J., Schoene D., Ravindranath N.H., Elhassan N.G., Heath L.S., Higuchi N., Kainja S., Matsumoto M., Sánchez M.J., Somogyi Z., 2006: Chapter 4: Forest Land (IPCC 2006 Guidelines) In: Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 4.1-4.83, DOI: 10.1007/978-3-642-41714-6_62425.
18. Organizația Națiunilor Unite, 1997: Protocolul de la Kyoto la Convenția-Cadru a Națiunilor Unite asupra schimbărilor climatice. Kyoto. Disponibil online la: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conv1990.shtml.
19. Forest Agency Moldsilva, Forest Research Institute, GFA Terrasystems, Winrock International and World Bank, 2009: Methodology AR-AM0002 "Restoration of degraded lands through afforestation/reforestation" In: Decision nr. 50 of CDM Executive Board from UNFCCC, 1-82, DOI: 10.1017/CBO9781107415324.004.
20. Țapiș V., Lekoyiet S., Scorpan V., Țăranu M., Comendant I., 2018: Raportul Bienal Actualizat Doi al Republicii Moldova elaborat pentru a fi raportat către Convenția-cadru a Organizației Națiunilor Unite cu privire la schimbarea climei. Tipografia Bons Offices, Chișinău, 220 p., ISBN: 9789975874458.
21. Talmaci I., Țăranu M., Scorpan V., 2008: Emisii/sechestrări de GES în cadrul Sectorului Utilizarea terenurilor, schimbări în utilizarea terenurilor și gospodăria silvică în Republica Moldova în perioada 1990-2005. Mediul Ambiant, 2 (38), 42-46, ISSN: 1810-9551.
22. Blujdea V., 2015: Raport privind revizuirea tehnică a inventarului național al gazelor cu efect de seră pentru sectorul silvicultură, folosința terenurilor și schimbarea folosinței terenurilor al Republicii Moldova pentru perioada 1990-2013. Chișinău, Oficiul Schimbarea Climei din Republica Moldova, 14 p.
23. Capcelea A., Lozan A., Lupu I., Botnari F., Platon I., Rotaru P., Cibotaru V., Galupa D., Talmaci I., Șpitoc L., Cerescu A., Galupa T., Soburov V., 2011: Studiu analitic privind consumul de masă lemnoasă în Republica Moldova. Chișinău, Agenția „Moldsilva”, 48 p., ISBN 978-9975-4298-3-2.
24. Galupa D., Ciobanu A., Scobioală M., Stângaciu V., Lozan A., 2011: Tăierile ilicite ale vegetației forestiere în Republica Moldova: Studiu analitic. Chișinău, Agenția „Moldsilva”, 38 p., ISBN 978-9975-4298-2-5.

Talmaci et al.: Contribuția pădurilor din Republica Moldova în bilanțul gazelor cu efect...

25. Talmaci I., Proșii E., Mardari A., Varzari A., Galupa A., 2018: Raport tehnic: Pădurile din Republica Moldova: Starea actuală, indicatori calitativi și cantitativi. Revista Pădurilor 133(3): 7-20.
26. Scorpan V., Țăranu M., Comendant I., 2016: Primul Raport Bienal Actualizat al Republicii Moldova. Tipografia Bons Offices, Chișinău, 201 p., ISBN: 9789975870276.
27. Guvernul Republicii Moldova, 2014: Contribuția națională determinată intenționat a Republicii Moldova. Chișinău, 31 p. Disponibil online la: <http://www.clima.md/doc.php?l=ro&idc=267&id=3736>.
28. Ministerul Agriculturii, Dezvoltării Regionale și Mediului, 2020: Contribuția națională determinată actualizată a Republicii Moldova, Chișinău, 91 p., Disponibil online la: www.clima.md.



Consecvență și pasiune - dr. ing. Zeno Oarcea la 90 de ani

Gheorghe-Florian Borlea^a, Radu-Remus Brad^b, Oliver Merce^c, Iovu-Adrian Biriș^{d,*}

^aUniversitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară a Banatului „Regele Mihai I al României” din Timișoara, România, fborlea@yahoo.com.

^bS.C. Bradul Alb S.R.L.

^cInstitutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Silvicultură - INCDS „Marin Drăcea”, România.

^dUniversitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară din București, București, România, iovu.biris@gmail.com.

REPERE

- Istoria parcurilor naturale și naționale din România este legată de numele dr. ing. Zeno Oarcea.
- Activitate sa de inginer silvic amenajist a fost marcată de pasiunea pentru ocrotirea naturii.
- Consecvența sa a fost determinantă pentru înființarea multor parcuri naționale și naturale.

INFORMAȚII ARTICOL

Istoricul articolului:

Manuscris primit la: 09 iunie 2020

Primit în forma revizuită: 09 septembrie 2020

Acceptat: 10 septembrie 2020

Număr de pagini: 05 pagini.

Tipul articolului:

Comunicare

Editor: Stelian Alexandru Borz

Cuvinte cheie:

Aniversare

Amenajarea pădurilor

Arii naturale protejate

Ocrotirea naturii

REZUMAT GRAFIC



REZUMAT

Lucrarea constituie un omagiu adus dr. ing. Zeno Oarcea cu ocazia împlinirii vârstei de 90 de ani. Acest senior al silviculturii românești a avut o viață plină de încercări și o carieră profesională excepțională. A lucrat în domeniul amenajării pădurilor de la absolvire și până la pensionare. Activitatea de inginer amenajist este caracterizată de abordarea unor direcții noi în domeniu: crearea ariilor naturale protejate și amenajarea turistică și recreativă a pădurilor. Cel mai îndrăzneț proiect al său, pe care l-a susținut cu perseverență de-a lungul anilor, a fost crearea unui sistem de parcuri naționale în România. După mai bine de 25 de ani de la lansare, proiectul a devenit realitate. În prezent, deși la o vârstă venerabilă, este în continuare un fin și lucid analist al pădurii și silviculturii românești, oferind cu generozitate cunoștințele sale mai tinerilor confrăți.

* Autor corespondent. Tel.: +40-723-689-568.

Adresa de e-mail: iovu.biris@gmail.com

CONSECVENȚĂ ȘI PASIUNE - DR. ING. ZENO OARCEA LA 90 DE ANI

O tinerețe greu încercată

Marile idei se nasc când spiritul visează, dar prind rădăcini doar când întâlnesc terenul fertil din punct de vedere istoric și socio-economic. Acesta ar putea fi *motto*-ul care reflectă cel mai bine principalele coordonate ale carierei profesionale a doctorului inginer silvic Zeno Oarcea, omul ce trăiește astăzi împlinirea unui vis pe care l-ar dori continuat și extins în viitor: sistemul național de arii naturale protejate.

„Părintele” sistemului național de parcuri și rezervații forestiere, dr. ing. Zeno Horațiu Oarcea, s-a născut la data de 5 aprilie 1930, în Gurahonț, județul Arad, localitate situată într-o depresiune de pe valea Crișului Alb, la confluența a șapte văi care coboară din Munții Zărandului și Codru-Moma, care o înconjoară. Imaginea acestui peisaj mirific, în care lunca Crișului Alb, cu pășunile și terenurile agricole cultivate de către localnici, este încadrată de munții cu păduri întinse și compacte de fag și gorun, i-au marcat esențial destinul, punându-și amprenta încă de mic asupra celui care va alege profesia de inginer silvic, călăuzindu-i crezul și destinul pe parcursul întregii vieți.

Educația primită în familie, din partea tatălui, avocat, dar și din partea mamei, care i-a vegheat copilăria, a fost completată cu educația formală primită în cadrul Școlii Generale din comuna natală și a Liceului Avram Iancu din Brad. Adolescent fiind, la vârsta idealurilor, căutărilor, curajului, când toate visele i se păreau posibile și când era hotărât să facă totul pentru a le îndeplini, destinul îl pune la o primă grea încercare. La vârsta de 18 ani, în iunie 1948, pe când era în ultimul an de liceu, este arestat și anchetat. Este deținut la închisoarea din Deva până în mai 1949, când este condamnat de Tribunalul Militar Sibiu la 3 ani închisoare pe motive politice. Execută detenția în închisorile Jilava, Târgșor, Canal (Peninsula, Midia) și este eliberat abia în martie 1953, la aproape 5 ani de la arestare, depășindu-se astfel perioada de condamnare cu aproape doi ani. După eliberarea din închisoare, lucrează câteva luni la mina de cărbuni din Țebea. La propria suferință se adaugă durerea cauzată de represiunile pe care le îndură membrii familiei: fratele mai mare are aceeași soartă, fiind condamnat la 5 ani de închisoare, tatăl este oprit să practice avocatura, apoi este arestat și moare în condiții suspecte în pușcărie, fără a se cunoaște locul unde este înmormântat, iar mama este evacuată din propria casă, care devine sediul miliției raionale. Dramele pe care le-a trăit în această etapă a vieții, la începutul maturității, nu au reușit să-l îngenuncheze, ci, dimpotrivă, l-au călit și l-au făcut mai tenace în fața valurilor vieții.

O carieră dedicată amenajării pădurilor și protejării peisajelor naturale carpatine

În toamna anului 1953, reușește să se înscrie la Facultatea de Silvicultură din Brașov (oraș denumit atunci, pentru o scurtă perioadă, Stalin), pe care o absolvă ca șef de promoție în 1958. Încă

Borlea et al.: Consecvență și pasiune - dr. ing. Zeno Oarcea la 90 de ani

din anul al IV-lea de facultate și până la pensionare, în 1990, lucrează în domeniul amenajării pădurilor, la Filiala din Timișoara a Institutului de Cercetări și Amenajări Silvice. S-a căsătorit în 1958 cu Valeria Pralea, colegă de facultate, din Golești, județul Vâlcea, care i-a fost alături toată viața, atât în calitate de soție, cât și de colegă de serviciu, amândoi fiind ingineri silvici. În timpul primelor campanii de amenajare a pădurilor, ca tânăr inginer amenajist, a fost norocosul și fericitul admirator al multor păduri virgine pe care le-a întâlnit în actualele județe Caraș Severin, Hunedoara, Gorj, Alba și Arad și care prin măreția și perenitatea lor i-au desăvârșit educația profesională și i-au consolidat devotamentul pentru conservarea peisajelor și naturalității pădurilor românești.

Crearea de arii naturale protejate, cu deosebire a unei rețele de Parcuri Naționale, în România, era permanent în gândurile sale, astfel că, în 1964, lucrând la amenajarea pădurilor din Masivul Retezat, propune extinderea prin amenajament a suprafeței singurului parc național existent în țară la acea vreme. Parcul Național Retezat, înființat în 1935, avea o simplă existență formală, pe hârtie, fără administrație proprie, străbătând anii și provocările contextului istoric doar prin pasiunea și dăruirea unor biologi și silvicultori și prin accesul dificil în zonă. Propune, de asemenea, înființarea unei administrații a Parcului Național Retezat, dar ideea este obstrucționată de șeful de proiect. Într-o perioadă în care preocupările pentru conservarea biodiversității prin crearea de arii naturale protejate erau aproape inexistente în țara noastră, ideile și propunerile tânărului inginer amenajist păreau mai degrabă un moft decât o necesitate în rândul celor cu putere de decizie. Astfel, înființarea administrației Parcului Național Retezat avea să fie amânată pentru mai bine de trei decenii, până în 1999, România anilor '60 - '70 nefiind pregătită pentru o astfel de abordare.

Cu sprijinul profesorului Nicolae Rucăreanu, titularul disciplinei de Amenajarea Pădurilor de la Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere din Brașov, în 1968, se înscrie la doctorat cu teza „*Cercetări privind stabilirea principiilor organizatorice pentru amenajarea turistică a pădurilor și a zonelor adiacente*”. Susține doctoratul în martie 1977, dar titlul de doctor i se acordă abia peste doi ani, în 1979, după îndelunga insistență a eminentului profesor Emil Negulescu, care apreciază în mod deosebit metoda de cartare peisagistică propusă de doctorand, dar mai ales propunerea, în premieră pentru România, de înființare a unui sistem de parcuri naționale și parcuri naturale, care e prezentată magistral ca o oportunitate dar și ca o necesitate. Ideea înființării sistemului de parcuri naționale și parcuri naturale în țara noastră este reluată în anii următori de către dr. ing. Zeno Oarcea într-o serie de articole științifice ce culminează cu un referat prezentat la un simpozion al Academiei, unde propune un sistem de 13 parcuri naționale care să fie înființate în România, propunere foarte bine primită și apreciată de către Comisia Monumentelor Naturii a Academiei Române. Pentru fundamentarea propunerii, Comisia Monumentelor Naturii îi solicită autorului elaborarea de studii științifice pentru înființarea parcurilor naționale. Dr. ing. Zeno Oarcea elaborează studiile respective în perioada 1973-1978, dar ulterior acestea nu sunt luate în considerare de către organele de Stat de atunci.

Variatatea cadrului natural, excepționala diversitate biologică și gradul ridicat de naturalitate al pădurilor României erau totuși recunoscute pe plan european și internațional, iar ca un ecou internațional al articolelor pe care le-a publicat în diferite reviste de specialitate, dr. Zeno Oarcea este invitat, în 1974, la Colocviul Internațional în problema pădurilor de agrement, de la Versailles, în Franța, ocazie cu care are extraordinara șansă de a vizita parcuri naționale din Alpi. Urmare a legăturilor stabilite cu ocazia participării la colocviul din Franța, este invitat să participe, în 1985, timp de o lună, la un Simpozion pe problema Parcurilor Naționale, în America de Nord. În această

Borlea et al.: Consecvență și pasiune - dr. ing. Zeno Oarcea la 90 de ani

extraordinară excursie de documentare are șansa unică de a vizita marile parcuri naționale din Canada și Statele Unite ale Americii: *Elk Island, Jasper, Banff, Glacier, Yellowstone, Grand Canyon, Saguaro, Muir Woods - National Monument* (Rezervația de Sequoia) și de a prezenta proiectele de parcuri naționale din România.

Visul începe să devină realitate

O altă etapă importantă a activității profesionale a dr. ing. Zeno Oarcea are loc în anii 1986 - 1989, când studiile de înființare a parcurilor naționale realizate pentru Comisia Monumentelor Naturii, din cadrul Academiei Române, sunt preluate și incluse de către dr. docent V. Giurgiu în lucrarea privind Zonarea funcțională a pădurilor României. Această etapă a pregătit ce a urmat după 1990: prima confirmare a preocupărilor de-a lungul a 25 de ani a lui Zeno Oarcea, adoptarea Ordinului Ministrului Apelor, Pădurilor și Mediului Înconjurător nr. 7/1990, prin care sistemul de parcuri naționale este declarat și preluat în cadrul Departamentului Silviculturii și acceptat. Abia în 2003, după 13 ani de la acest prim pas, și în anii următori, cele 13 parcuri naționale devin realitate, cu administrații proprii. Aceasta este o frumoasă confirmare a visurilor sale de o viață.

În paralel cu preocupările privind parcurile naționale din țara noastră și cu activitățile legate de amenajarea pădurilor, dr. ing. Zeno Oarcea elaborează în cadrul Institutului de Cercetări și Amenajări Silvice numeroase studii privind amenajările recreative în jurul unor orașe (ex. Timișoara) și lucrări de reconstrucție ecologică, în special împădurirea unor halde de steril și cariere. Astfel, „*Studiul de reconstrucție ecologică a carierei de șisturi bituminoase de la Anina*”, este probabil cea mai reprezentativă experiență de acest gen din țară, un real succes de reconstrucție prin împădurire a terenurilor afectate de impactul antropic.

Dr. ing. Zeno Oarcea se pensionează în 1990, dar în conformitate cu spiritul său temerar și tenacitatea pe care a dovedit-o în întreaga activitate profesională, rămâne extrem de activ, executând lucrări de amenajări silvice și alte lucrări de specialitate în cadrul unei firme private, fiind și din acest punct de vedere un pionier, un deschizător de drumuri. În același timp, rămâne un sfătuitor permanent și voluntar al celor iubitori de pădure și de natură, în general.

În 1998, la solicitarea Primăriei Municipiului Timișoara concepe, în premieră pentru țara noastră, Cadastrul Verde al Municipiului Timișoara, idee ce este preluată și extinsă la nivelul întregii țări prin act normativ. Realizează în 4 ani Cadastrul solicitat. Pe lângă acestea, în perioada 1995 - 2003, este cooptat profesor asociat la două Universități din Timișoara. Predă cursurile Ocrotirea Naturii și Cadastrul Verde.

În perioada 2007 - 2009 coordonează un studiu privind constituirea unui parc natural în Munții Codru Moma, la poalele cărora a copilărit. Situată în jumătatea sud-estică a Munților Codru-Moma, zona aleasă pentru constituirea viitorului parcul natural se caracterizează printr-o varietate apreciabilă de peisaje, în mare parte cu caracter natural. Bogăția cadrului fizico-geografic și a vegetației (numeroase obiective naturale - Rezervația botanică Dosul Laurului - Zimbru, Izvorul Izbuș, Peștera Câmpenească - Avenul Câmpeneasa și Izbușul Boiu, uvalele și dolinele din Platoul Vașcău, falezele panonice de la Gurahonț, stațiunea cu *Centaurea simonkaiana* de pe Dealul Baltele, numeroasele tăuri și lacuri) se îmbină armonios în această zonă cu diverse obiective culturale și istorice (cuptoarele de fier topit de la Moneasa, Rășchirata și Zimbru, Stațiunea Paleolitică de la

Borlea et al.: Consecvență și pasiune - dr. ing. Zeno Oarcea la 90 de ani

Iosășel, Cetatea Deznei, Mănăstirea Izbug, Arboretumul Sylva-Gurahonț, Stațiunea balneo-climaterică Moneasa) și cu vechi ocupații tradiționale (prelucrarea lemnului, fierăritul și vărăritul), toate acestea transformându-se în argumente favorabile constituirii acestui parc natural.



Figura 1. Un nou proiect al dr. ing. Zeno Oarcea poate deveni realitate: Parcul Natural Codru-Moma: stânga - cuptorul de topit minereu de fier (Jumelțul) din localitatea Zimbru, comuna Gurahonț, județul Arad; dreapta - localizarea proiectului Parcul Natural Codru-Moma

În îndelungata sa activitate profesională a adunat multă experiență și cunoștințe de specialitate, pe care le transmite cu un real talent narativ prin cărțile publicate: *Valea Cernei - ghid turistic*; *Munții Semenicului și Aninei - ghid turistic*; *Ocotirea Naturii - de la filosofie la practică*; *Timișoara Verde* (colaborare); *Eseuri Carpatine*; *Note de campanie*; *Amintirile unui amenajist*; *Studiul de constituire și amenajare a Parcului Natural Codru-Moma*, *Scurta cronică a înscrisurilor*.

În anul 2016, a publicat la Editura Silvică cartea autobiografică „*Amintirile unui amenajist*”, care conține însemnări, mărturisiri, gânduri și dorințe ale autorului, a cărui carieră de peste 50 de ani s-a contopit cu amenajarea pădurilor, în mod special cu abordarea unor direcții noi în domeniu: conservarea biodiversității, crearea ariilor naturale protejate și amenajarea turistică și recreativă a pădurilor. Lucrarea constituie nu numai o mărturie a unui om care și-a dedicat viața pădurii, ci și un crez privind datoria noastră, a tuturor, de a le proteja pentru asigurarea frumuseții și echilibrului spațiului carpatin. Sistemul național de parcuri și rezervații din România este una din cele mai mari bogății ale țării, iar dr. ing. Zeno Oarcea a demonstrat că un vis poate deveni realitate.

MULȚUMIRI

Autorii mulțumesc familiei dr. ing. Zeno Oarcea pentru informațiile și fotografiile puse la dispoziție.

