



MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE
UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE CONSTRUCȚII BUCUREȘTI
FACULTATEA DE HIDROTEHNICĂ

REZUMAT
TEZĂ DE DOCTORAT

CERCETĂRI PRIVIND COMBATEREA EROZIUNII SOLULUI PRIN
AMENAJAREA BAZINELOR HIDROGRAFICE CU LUCRĂRI
ECOLOGICE

Doctorand,
Ing. Vasile Ciocan

Conducător de doctorat
Prof. univ. dr. ing. Ioan BICA

București 2022

CUPRINS

Introducere	1
Capitolul 1. Probleme actuale privind eroziunea hidrică	2
1.1. Elemente sintetice ale fenomenului de eroziune	2
1.2. Stadiul actual al fenomenului de eroziune	2
1.3. Eroziunea	2
1.3.1. <i>Eroziunea hidrică</i>	2
Capitolul 3. Identificarea zonelor cu eroziune prin metode clasice și inovative în bazinul hidrografic al râului Siret curs mijlociu și curs inferior - studiu de caz	3
3.1. Caracteristici generale ale zonei de cercetare	3
3.1.2. <i>Localizarea și prezentarea bazinului hidrografic al râului Siret</i>	3
3.2. Analiza și modelarea zonelor cu eroziune	3
3.2.1. <i>Metode abordate în analiza și modelarea zonelor</i>	3
3.3. Prezentarea și analiza zonelor cu eroziune	4
3.3.3. <i>Eroziune mal stâng râu Milcov, localitatea Odobești, județul Vrancea</i>	4
Capitolul 4. Studiul transportului de aluviuni și a factorilor erozionali în bazinul hidrografic Siret curs mijlociu și inferior	11
4.1. Analiza evoluției transportului de aluviuni pe râurile Siret, Râmnicu Sărat și Milcov	11
4.1.4. <i>Caracteristicile râului Milcov</i>	11
4.2. Analiza multicriterială privind factorii ce favorizează apariția eroziunilor în bazinul hidrografic Siret, curs mijlociu și inferior	16
4.2.1. <i>Metode de evaluare multicriterială</i>	16
4.2.2. <i>Criterii de evaluare a eroziunii hidrice</i>	16
Capitolul 7. Analiză comparativă a soluțiilor utilizate în combaterea eroziunii	19
7.2. Forme de degradare a lucrărilor de combatere a eroziunii – studiu de caz	19
7.2.1. <i>Degradarea lucrărilor din gabioane</i>	19
7.2.2. <i>Degradarea lucrărilor din geocontainere</i>	19
7.3. Analiza și comportamentul geotextilului din care sunt realizate geocontainerele	21
Capitolul 9. Evoluția lucrărilor ecologice de combatere a eroziunii hidrice	22
9.1. Metode abordate în analiza și modelarea comportamentului lucrării	22
9.2. Evoluția și analiza lucrărilor din geocontainere	22
9.2.3.. <i>Consolidare mal râu Milcov, localitatea Odobești, județul Vrancea</i>	22
9.3. Evoluția și analiza lucrărilor din geocontainere asupra mediului	30
Capitolul 10. Concluzii, contribuții și perspective de cercetare	32
10.1. Concluzii	32
10.2. Contribuții	37
10.3. Perspective de cercetare	38
Lista figurilor	39
Lista tabelor	40
Bibliografie selectivă	41

LISTA FIGURILOR

Fig.1.1. Procentul eroziunii hidrice și procesele asociate în România	2
Fig.1.2. Eroziune liniară pârâu Bănița	2
Fig.1.3. Eroziune laterală râu Putna	2
Fig.1.4. Eroziune carstică râu Zăbala	2
Fig.3.1. Aspectul eroziunii de mal stâng, râu Milcov, loc. Odobești, jud. Vrancea	5
Fig.3.2. Evoluția spațială a eroziunii malului stâng al râului Milcov în perioada 2015, 2016 și 2017 (hartă Google Earth)	6
Fig.3.3. Evoluția profilului transversal în zona (amonte A) în perioada 2016-2017	8
Fig.3.4. Evoluția profilului transversal în zona monitorizată (aval B) în perioada 2016-2017	9
Fig.3.5. Hidrograful viiturii din anul 2016	10
Fig.3.6. Dependența transportului debitului solid în funcție de cel lichid în anul 2016	10
Fig.4.1. Harta râului Milcov și sectoarele analizate	11
Fig.4.2. Profilul longitudinal al râului Milcov de la vărsare spre izvor	12
Fig.4.3. Forma secțiunii transversale a albiei minore a râului Milcov în diferite zone	13
Fig.4.4. Evoluția secțiunii transversale a albiei râului Milcov în zona localității Odobești	13
Fig.4.5. Curba granulometrică a aluviunilor în lungul râului Milcov (în profilele măsurate)	14
Figura 4.6. Distribuția diametrului mediu (d_{50}) în lungul albiei	15
Fig.4.7. Influența factorilor erozionali naturali și antropogeni pe râurile analizate	17
Fig.4.8. Diagrama cu influența factorilor erozionali naturali și antropogeni principali pe râurile analizate din bazinul hidrografic Siret curs mijlociu și inferior	18
Fig.4.9. Diagrama cu rezultatele obținute de influența pe care o are factorii erozionali asupra criteriilor analizate pe fiecare râu în parte	18
Fig.7.1. Degradare prin, încovoiere, aplatizarea, aplecare, efectul „omidă”	19
Fig.7.2. Degradarea lucrării de geocontainere prin scăderea cotei talvegului	20
Fig.7.3. Degradarea lucrării de geocontainere prin deplasarea geocontainerului	20
Fig.7.4. Degradarea prin vandalism, tăierea sacilor și incendiere	21
Fig.7.5. Geotextil degradat de raze U.V și transport de aluviuni	22
Fig.7.6. Geotextil afectat de plutitori	22
Fig.9.1. Evoluția spațială a lucrării din geocontainere în perioada 2018 și 2019 (hartă Google Earth)	24
Fig.9.2. Evoluția profilului transversal în perioada 2018-2019, zona în monitorizată (amonte A)	26
Fig.9.3. Amplasamentul lucrării și evoluția colmatării în zona monitorizată (amonte A)	26
Fig.9.4. Amplasamentul lucrării în secțiunea albiei în zona monitorizată (aval B)	27
Fig.9.5. Amplasamentul lucrării și evoluția colmatării în zona monitorizată (aval B)	28
Fig.9.6. Hidrograful viiturii din anul 2018	29
Fig.9.7. Dependența transportului debitului solid în funcție de cel lichid în anul 2018	29
Fig.9.8. Evoluția depunerilor de aluviuni din zona cu lucrare	29

Fig.9.9. Dezvoltarea anuală a puieților de plop	30
Fig.9.10. Dezvoltarea plantelor și arbuștilor spontani în zona lucrărilor cu geocontainere	30
Fig.9.11. Apariția speciilor sensibile pe lucrările de geocontainere	31
Fig.9.12. Dezvoltarea vegetației pe lucrările de geocontainere	31
Fig.10.1. Modele noi de geocontainere	38

LISTA TABELELOR

Tabel nr.3.1. Debitele maxime din timpul viiturilor și suprafețe erodate	7
Tabel nr.3.2. Evoluția lățimii albiei pe baza datelor obținute de satelit	7
Tabel nr.3.3. Evoluția profilului transversal al albiei (amonte A) rezultat din măsurători clasice	7
Tabel nr.3.4. Evoluția profilului transversal al albiei (aval B) rezultat din măsurători clasice	8
Tabel nr.4.1. Sinteză distribuția aluviunilor în lungul râului Milcov	15
Tabel nr.9.1. Debitele maxime din timpul viiturilor și suprafețe erodate	25
Tabel nr.9.2. Evoluția profilului transversal al albiei	25
Tabel nr.9.3. Evoluția profilului transversal al albiei în zona monitorizată (amonte A) rezultată din măsurători clasice	25
Tabel nr.9.4. Evoluția profilului transversal al albiei zona monitorizată (aval B) rezultată din măsurători clasice	27

INTRODUCERE

Modificările climatice din ultimii ani au avut influențe negative asupra regimului precipitațiilor. În urma acestor modificări perioada de secetă este înlocuită rapid de perioada cu ploi. Acest fenomen a favorizat apariția de viituri cu debite foarte mari pe cursurile principale de apă, cât și pe cele secundare.

Modificările albiei minore și majore a râului Siret, curs Inferior, și a afluenților principali, se datorează variației de debite, evoluției naturale a văii, absenței unor lucrări hidrotehnice și influența antropică. Albiile majore s-au extins prin acțiunea eroziunii laterale și prăbușirea malurilor, iar adâncirea lor s-a realizat prin scăderea cotei talvegului.

Teza de doctorat cu tema **“Cercetări privind combaterea eroziunii solului prin amenajarea bazinelor hidrografice cu lucrări ecologice”** prezintă o analiză a factoriilor care determină apariția fenomenului de eroziune în bazinul hidrografic Siret, curs inferior, și influența comportamentului unor tipuri de lucrări hidrotehnice de combatere a eroziunii.

Metodele de cercetare abordate sunt o combinație a metodelor de cercetare tradiționale, bazate pe măsurători realizate în teren, și a metodelor moderne, bazate pe o analiză spațială.

Teza este structurată pe 10 capitole, bibliografie și anexe.

Capitolul 1 prezintă un studiu privind problemele actuale ale fenomenului de eroziune, în special cea hidrică și consecințele acesteia pe plan mondial și național.

Capitolul 2 se referă în sinteză, la o serie de teorii și relații de calcul a eroziunii hidrice și la o serie de factori care favorizează fenomenul de eroziune.

Capitolul 3 prezintă zona de studiu, evoluția albiei și evidențierea zonelor cu eroziune, prin măsurători satelitare și măsurători clasice cu interpretarea datelor obținute din teren.

Capitolul 4 prezintă analiza transportului de aluviuni și analiza factorilor erzionali.

Capitolul 5 prezintă o serie de lucrări clasice de combatere utilizate la nivel național și mondial în combaterea eroziunii solului și amenajare a bazinelor hidrografice.

Capitolul 6 prezintă o serie de lucrări ecologice din materiale clasice și moderne de combatere eroziunii solului și amenajare a bazinelor hidrografice, în special utilizarea materialelor geosintetice și studiul utilizării geocontainerelor în combaterea eroziunii.

Capitolul 7 prezintă o analiză a utilizării lucrărilor de gabioane și geocontainere în combaterea eroziunii și formele de degradare.

Capitolul 8 analizează implementare a unor lucrări din geocontainere în vederea combaterii eroziunii și refacerii habitatelor din zonele cu eroziune prezentate în capitolul 3.

Capitolul 9 prezintă evoluția lucrărilor ecologice de combatere a eroziunii din geocontainere, din punct de vedere tehnic prin evoluția comportamentului albiei și a malurilor prin analiza satelitară și prin metoda calculului analitic.

Capitolul 10 prezintă concluziile generale ale tezei de doctorat, contribuțiile personale și perspective de cercetare.

CAPITOLUL 1

PROBLEME ACTUALE PRIVIND EROZIUNEA HIDRICĂ

1.1. Elemente sintetice ale fenomenului de eroziune

Factorii principali care provoacă degradarea solului pot fi grupați în două categorii:

- *Factori naturali*: relieful, climă, natura terenurilor;
- *Factori antropici* sau sociali [10].

Procesul mecanic, care provoacă fenomenul de degradarea a solului sau a rocilor, prin desprinderea particulelor de sol neconsolidate, înlăturare, transport și depozitare, se numește eroziune [6].

1.2. Stadiul actual al fenomenului de eroziune

La noi în țară, aproximativ 43%, adică peste 6 milioane ha, din terenul agricol este situat în pantă și are potențial de degradare prin eroziune hidrică [19].

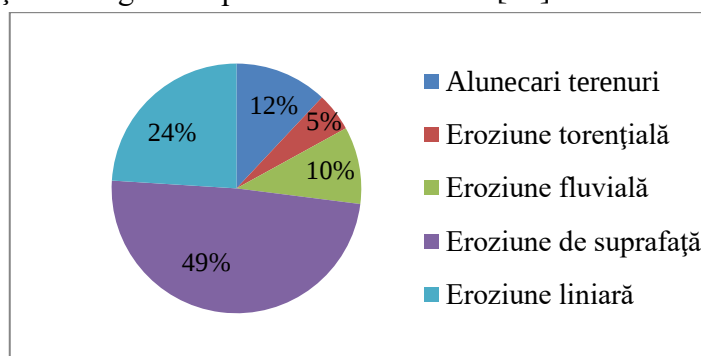


Fig.1.1. Procentul eroziunii hidrice și procesele asociate în România

1.3. Eroziunea

1.3.3. Tipuri de eroziune produsă de cursul de apă

Eroziunea torențială, eroziunea liniară, eroziunea regresivă, eroziunea laterală, eroziune prin prăbușirea malurilor, eroziunea marină, eroziunea carstică sau corozivitatea.



Fig.1.2. Eroziune liniară, pârâu Bănița



Fig.1.3. Eroziune laterală, râu Putna



Fig.1.4. Eroziune carstică, râu Zăbala

CAPITOLUL 3

IDENTIFICAREA ZONELOR CU EROZIUNE PRIN METODE CLASICE ȘI INOVATIVE ÎN BAZINUL HIDROGRAFIC AL RÂULUI SIRET CURS MIJLOCIU ȘI CURS INFERIOR - STUDIU DE CAZ

3.1. Caracteristici generale ale zonei de cercetare

3.1.2. Localizarea și prezentarea bazinului hidrografic al râului Siret

Râul Siret este cel mai mare râu interior al României. Izvorăște din Carpaților Păduroși din Ucraina.

Suprafața totală a bazinului hidrografic Siret este de 44 871 km² din care 42 890 km² pe teritoriul României. Lungimea râului Siret pe teritoriul României este de 548 km, iar pe teritoriul Ucrainei are o lungime de 110 km [26].

După caracteristicile morfohidrografice și hidrologice, Siretul se împarte în trei sectoare distincte:

- *Siretul superior*, până la pătrunderea râului pe teritoriul țării noastre la Văscăuți, cu pantă medie de scurgere de 7%.
- *Siretul mijlociu*, până la vărsarea Putnei, adică sectorul de podiș al râului, cu pantă medie de 0,5%.
- *Siretul inferior*, sau sectorul de câmpie, în aval de vărsarea Putnei, unde pantele longitudinale ale râului scad până la 0,23% [21].

3.2. Analiza și modelarea zonelor cu eroziune

3.2.1. Metode abordate în analiza și modelarea zonelor

Metodele abordate la modelarea zonelor cu eroziune sunt o combinație dintre metodele moderne bazate pe o *analiză spațială* realizată cu *aerofotointerpretarea* geografică ce utilizează imagini satelitare și teledetecția pe harta generată software-ul Google Earth, și cele tradiționale bazate pe *măsurători realizate în teren* [137].

Pentru urmărirea *spațială* a zonelor cu eroziune am utilizat *aerofotointerpretarea geografică*, care realizează legătura dintre imaginile satelitare și teledetecție pentru a genera rezultate cu privire la localizare spațială. Este utilizată în domenii precum: geografie, geomorfologie, hidrologie, și ajută la colectarea rapidă a informațiilor, localizarea obiectelor, actualizarea hărților, dar mai ales în cercetarea și monitorizarea regiunilor întinse și mai ales greu accesibile și fragmentate.

Prin utilizarea teledetecției am identifica, măsurat și analiza, fără contact direct, de la distanță, caracteristicile zonelor cu eroziune analizate. Teledetecția pentru identificarea obiectelor utilizează fotogrametria, foto-geologia.

Pentru analiza și evoluția zonelor cu eroziune am utilizat software-ul Google Earth, ce este format dintr-un glob virtual 3D. Conține informații geografice și fotografii aeriene, [167] și este un motor de căutare care ajută cercetătorii și oamenii de știință să urmărească mai bine

și să analizeze și să monitorizeze mai ușor schimbările și modificările de pe întreg globul pământesc.

Pentru urmărirea proceselor se utilizează hărți și fotografii actuale sau mai vechi făcute cu ajutorul sateliților (imaginilor satelitare) și date despre acestea, permițând astfel monitorizarea [169].

Monitorizarea zonelor cu eroziune prin metode *clasice* s-a realizat cu ajutorul măsurătorilor executate în teren cu ajutorul G.P.S Hi-Target și stația totală Leica. Interpretarea datelor obținute în urma efectuării măsurătorilor s-au realizat prin metoda calculului analitic cu programele AutoCAD și ProgeCAD pe hărți georeferențiate în programul ArcGIS [70].

Pentru a urmărirea evoluției lucrărilor din geocontainere, a procesului de acumulare a aluviunilor, dar și a procesului de eroziune au fost folosite date din mai multe perioade de timp.

Datele au fost luate cu ajutorul aparatului G.P.S. care utilizează sateliții ca puncte de referință pentru a genera coordonate STERO 70 (X, Y și Z). Aceste coordonate raportate pe planuri de referință, redau în mod fidel detaliile topografice de pe teren [166].

Pentru interpretarea datelor și urmărirea procesului de acumulare și eroziune am folosit metoda calculului analitic, care se aplică atunci când se cunosc coordonatele STERO 70, comparativ cu celelalte metode, asigură precizia cea mai mare.

Relația de calcul a suprafeței unui poligon cu, "n" laturi este:

$$2 \cdot S = \sum_{i=1}^n X_i (Y_{i+1} - Y_{i-1}) \quad (3.1)$$

Unde:

S - aria suprafeței;

n - număr laturi;

(X_i) - abscisei fiecărui punct;

(Y_{i+1}) - ordonata punctului următor;

(Y_{i-1}) - ordonata punctului precedent.

Pentru a obținerea diferențelor de nivel între suprafețele sunt necesar să fie cunoscute două puncte A și B astfel rezultă relația:

$$\Delta H_{AB} = B - A, \text{ sau } \Delta H_{AB} = H_B - H_A. \quad (3.2)$$

Valorile au fost obținute din măsurătorile efectuate la intervale de timp diferite, în zonele cu eroziune monitorizate.

Diferența de nivel poate să fie pozitivă sau negativă, în funcție de altitudinea punctului și sensul considerat. Dacă $H_B > H_A$, atunci $\Delta H_{AB} = H_B - H_A$ este pozitivă, dar $\Delta H_{BA} = H_A - H_B$ este negativă [73].

3.3. Prezentarea și analiza zonelor cu eroziune

3.3.3. Eroziune mal stâng râu Milcov, localitatea Odobești, județul Vrancea

Tipul și caracteristicile eroziunii

În zonă studiată lărgirea albiei minore variază și este despletită-împletită. Transportul de aluviuni este mare în timpul viiturilor. Acesta provine din alunecări de teren din amonte, iar în aval principala sursă de aluviuni fiind din malurile râului.

Procese de eroziune se semnalează la baza ambelor maluri, iar depunerile se fac în general pe centrul albiei.

Eroziunea este laterală acționând asupra sectorului de mal abrupt al albiei influențată de scurgerea turbulentă a apei în timpul viiturilor aceasta fiind încărcată cu aluviuni provenite din alunecări de teren în zona de izvor iar în partea mijlocie, de tranzit cu aluviuni provenite din eroziuni de mal. Eroziunea pune în pericol obiective social economice (stația de epurare a localității Odobești) și terenurile agricole din zonă.

În figura 3.1, este prezentată zona cu concavitate pe harta generată de Google Earth și aspectul eroziunii studiate.



Fig.3.1. Aspectul eroziunii de mal stâng, râu Milcov, loc. Odobești, jud. Vrancea

Analiza și evoluția eroziunii prin metoda spațială

Metoda analizei spațiale se referă la mediul geografic privit ca un sistem complex, care permite urmărirea în timp a evoluției modificărilor scoarței terestre [139].

În figura 3.2, este prezentată evoluția eroziunii malurilor râului Milcov, în perioada 2015-2017, în zona localității Odobești, unde am marcat zona monitorizată cu puncte de referință pentru a reprezenta suprafața și lungimea zonelor erodate pe fiecare an în parte. Pentru reprezentare s-a folosit harta generată de Google Earth.

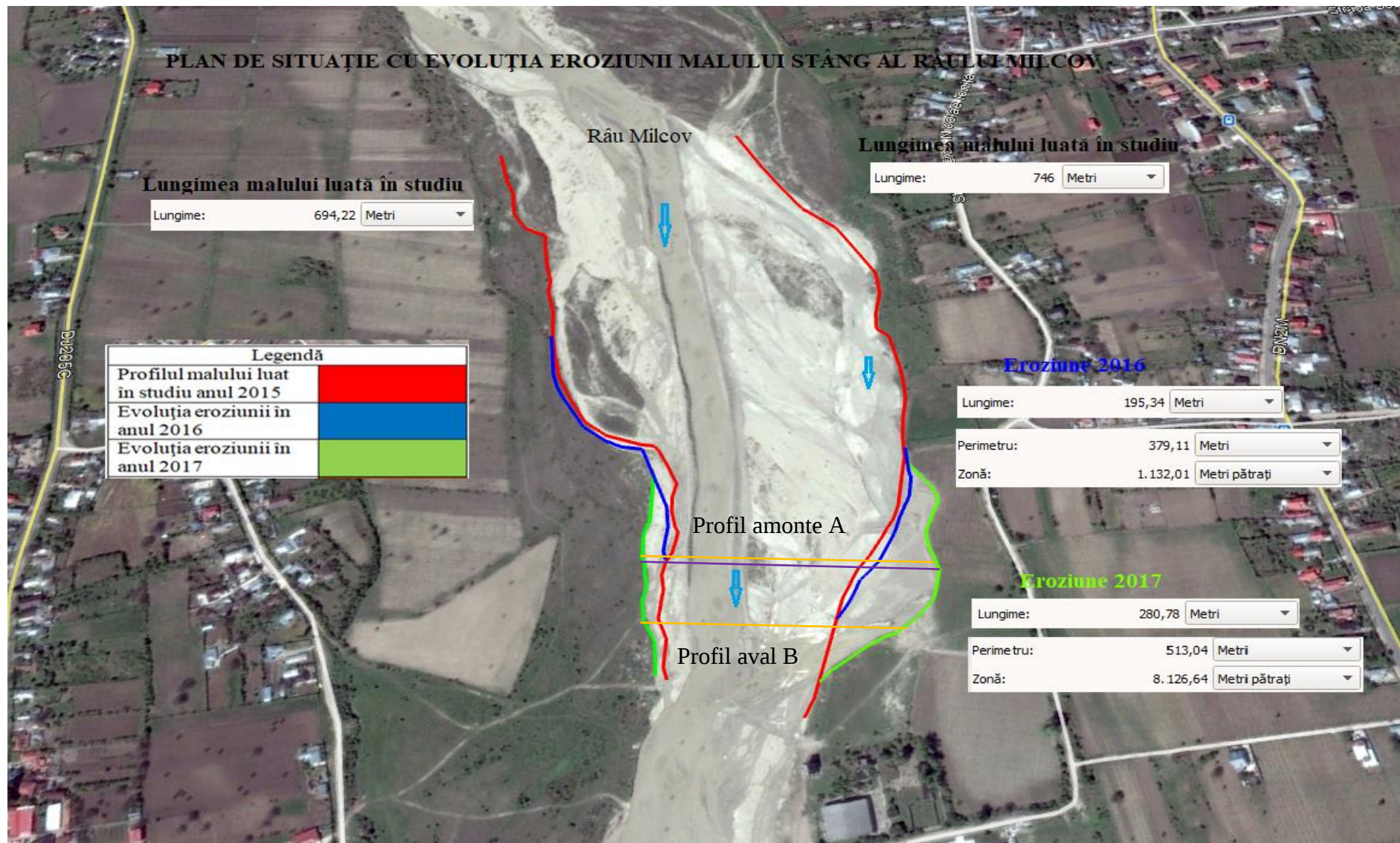


Fig.3.2. Evoluția spațială a eroziunii malului stâng al râului Milcov în perioada 2015, 2016 și 2017 (reprezentare autor, hartă Google Earth)

În urma precipitațiilor abundente din perioada 2016-2017, pe râul Milcov s-au înregistrat viituri cu debite considerabile drept urmare malurile râului în zona localității Odobești, au fost puternic erodate și în special malul stâng.

În tabelul 3.1, sunt prezentate debitele maxime din timpul viiturilor înregistrate pe râul Milcov în perioada 2016-2017, și suprafețele de teren erodate în urma viiturilor.

Tabel nr.3.1. Debitele maxime din timpul viiturilor și suprafețe erodate

Anul	Q viitură (mc/s)	Suprafață erodată (mp)	Lungime mal erodat (m)
2016	78	1.132	195
2017	13	9.348	280
<i>Total</i>		57.533	1562

Pentru urmărirea spațială a evoluției eroziunii, am marcat malul drept în anul 2016 cu puncte de referință.

În tabelul 3.2, este prezentată evoluția lățimea albiei pe baza datelor obținute de satelit în urma viiturilor înregistrate pe râul Milcov în perioada 2015-2017, unde se constată o lărgire a albiei cu 8 m, în anul 2016 și o lărgire a albiei cu 83 m, în anul 2017.

Zona monitorizată este reprezentată cu mov pe harta reprezentată în figura 3.2.

Tabel nr.3.2. Evoluția lățimii albiei pe baza datelor obținute de satelit

Anul	Q viitură (mc/s)	Lățime albie (m)	Lățime mal erodat (m)
2015	0	164	0
2016	78	172	8
2017	13	255	83
<i>Total</i>		255	91

Analiza și evoluția eroziunii prin metoda calculului analitic

La începutul anul 2016, am realizat în teren 2 profile transversale (amonte profil A și aval profil B) valorile fiind determinat pentru fiecare profil în parte, aceste valori au fost luate ca puncte de referință pentru urmărirea evoluției eroziunii.

Prin realizarea profilelor transversale (amonte profil A și aval profil B) au fost determinate suprafețele de teren erodate în urma viiturilor importante înregistrate pe râul Milcov.

În figurile 3.3, și 3.4, este reprezentată evoluția profilului transversal al albiei râului Milcov, în zona localității Odobești, prin suprapunere punctelor topografice rezultate în urma măsurătorilor efectuate în teren cu ajutorul G.P.S Hi-Target, în perioada 2016-2017. Zonele (amonte profil A și aval profil B) unde am realizat măsurătorile și monitorizarea sunt reprezentate cu portocaliu pe harta reprezentată în figura 3.2.

În tabelul 3.3, este prezentată evoluția profilului transversal a albiei în zona monitorizată (amonte profil A) rezultată în viiturilor înregistrate pe râul Milcov în perioada 2016-2017.

Tabel nr.3.3. Evoluția profilului transversal al albiei (amonte A) rezultat din măsurători clasice

Anul	Q viitură (mc/s)	Lățime profil transversal (m)	Lățime mal erodat (m)	Cotă (m) și poziție talveg (dreapta/stânga)
Inițial	-	165	0	2,88/dreapta
2016	78	175	10	3,13/stânga
2017	13	257	82	3,33/stânga
<i>Total</i>		257	92	3,33/stânga

Notă: datele din tabelul 3.3, sunt interpretate în felul următor:

- La începutul anul 2016, profilul transversal al albiei în zona monitorizată (amonte profil A) a avut o lățime de 165 de m, și cu poziționarea talvegului către malul stâng, înălțimea taluzului fiind de 2,88 m.
- În urma viiturii înregistrate pe râul Milcov, în anul 2016, cu $Q=78 \text{ m}^3/\text{s}$, profilul transversal al albiei în zona monitorizată (amonte profil A) are o lățime de 175 m, fapt ce indică o erodare a malului stâng pe o lățime de 10 m, și o schimbare a configurației talvegului râului care s-a poziționat către malul stâng. Eroziunea a acționat pe lățimea malului și la talveg, cu evoluție continuă către baza malului stâng, înălțimea taluzului fiind de 3,13 m.
- Idem anul 2017.

În urma viiturilor, înregistrate în perioada 2016-2017, pe râul Milcov, malul stâng în zona amonte, a fost erodat pe o lățime de 92 m.

În urma efectuării măsurătorilor și suprapunerii cotelor rezultă o suprafață erodată de 8.260 m^2 și un volum erodat de 24.780 m^3 în perioada 2016-2017, în zona (amonte profil A).

În figura 3.3, este reprezentată evoluția profilului transversal în zona (amonte A) în perioada 2016-2017.



Fig.3.3. Evoluția profilului transversal în zona (amonte A) în perioada 2016-2017

În tabelul 3.4, este prezentată evoluția profilului transversal al albiei în zona monitorizată (aval profil B) rezultată în urma viiturilor înregistrate pe râul Milcov, în perioada 2016-2017.

Tabel nr.3.4. Evoluția profilului transversal al albiei (aval B) rezultat din măsurători clasice

Anul	Q viitură (mc/s)	Lungime profil transversal (m)	Lățime mal erodat (m)	Cotă (m) și poziție talveg (dreapta/stânga)
Inițial	-	160	0	2,25/dreapta

2016	78	173	13	2,37/stânga
2017	13	181	8	2,45/stânga
<i>Total</i>		<i>181</i>	<i>21</i>	<i>2,45/stânga</i>

Notă: datele din tabelul 3.4, sunt interpretate în felul următor:

- La începutul anului 2016, profilul transversal al albiei în zona monitorizată (aval profil B) a avut o lăţime de 160 de m şi cu poziţionarea talvegului către malul stâng, înălţimea taluzului fiind de 2,25 m.
- În urma viiturii înregistrate pe râul Milcov, în anul 2016, cu $Q=78 \text{ m}^3/\text{s}$, profilul transversal al albiei, în zona monitorizată (aval profil B) are o lăţime de 168 m, fapt ce indică o erodare a malului stâng pe o lăţime de 8 m, şi o schimbare a configuraţiei talvegului râului care s-a poziţionat către malul stâng. Eroziunea a acţionat pe lăţimea malului şi la talveg, cu evoluţie continuă către baza malului drept, înălţimea taluzului fiind de 2,37 m.
- Idem anul 2017.

În urma viiturilor, înregistrate în perioada 2016-2017, pe râul Milcov, malul stâng în zona (aval profil B), a fost erodat pe o lăţime de 21 m.

În urma efectuării măsurărilor şi suprapunerii cotelor rezultă o suprafaţă erodată de 1.230 m^2 şi un volum erodat de 2.706 m^3 în perioada 2016-2017, în zona (aval profil B).

În figura 3.4, este reprezentată evoluţia profilului transversal în zona monitorizată (aval B) în perioada 2016-2017.

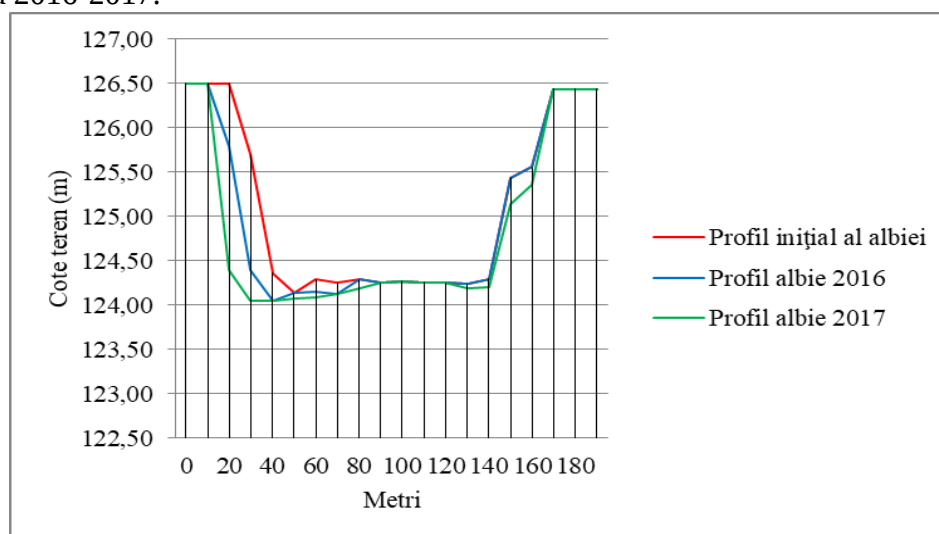


Fig.3.4. Evoluția profilului transversal în zona monitorizată (aval B) în perioada 2016-2017

În urma suprapunerii profilelor transversale rezultă diferențe de valori ale cotelor, talvegului cât și a malurilor, fapt ce indică că eroziunea malului stâng al râului Milcov, s-a produs sub diferite intensități în timpul viiturilor cu debite semnificative.

Prin suprapunerea profilelor rezultă o suprafață totală de teren erodată în ambele puncte monitorizate de 9.490 m^2 cu un volum de 27.486 m^3 .

Date hidrologice

În urma proceselor de colmatare și eroziune, în zona localității Odobești, fenomenul de eroziune accentuată a malurilor râului s-a produs în special în timpul viiturilor, atunci când

râul a dispus de energie mare. Albia a fost acoperită în întregime de apă, iar curenții au acționat asupra malurilor, atât în lungimea lor cât și în zona de concavitate. Debitele importante tranzitate de râul Milcov a fost în perioada martie-aprilie în anul 2016, un $Q=78 \text{ m}^3/\text{s}$ și în luna iunie anul 2017 un $Q=13 \text{ m}^3/\text{s}$.

În figura 3.5, este prezentat hidrograful viiturii înregistrate pe râul Milcov, în perioada martie-aprilie în anul 2016, unde râul a avut un $Q=78 \text{ m}^3/\text{s}$, debitul mediu al râului fiind cuprins între $1-2 \text{ m}^3/\text{s}$.

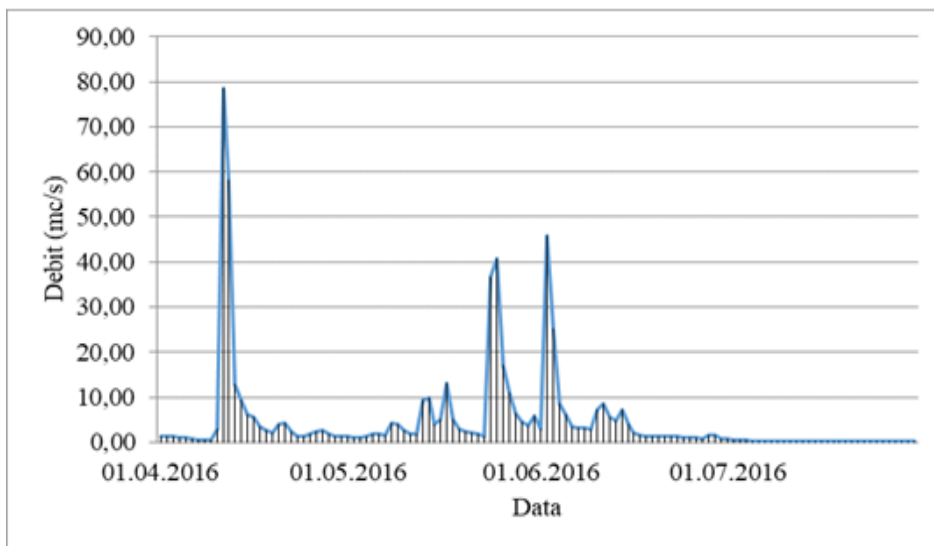


Fig.3.5. Hidrograful viiturii din anul 2016

În figura 3.6, este prezentată dependența transportului debitului solid (R) în funcție de debitul lichid (Q) pe râul Milcov în 2016. Reprezentarea pune în evidență o dependență de tip putere între debitul solid (R) și debitul lichid (Q), sub forma relației $R = 0,1534x^{2,2545}Q$, ($R^2 = 0,9858$).

În timpul viiturilor și iarna debitul solid crește în concordanță cu debitul lichid, ceea ce dovedește că mare parte din aluviuni provin din eroziunea malurilor și din alte arii sursă, precum alunecările de teren.

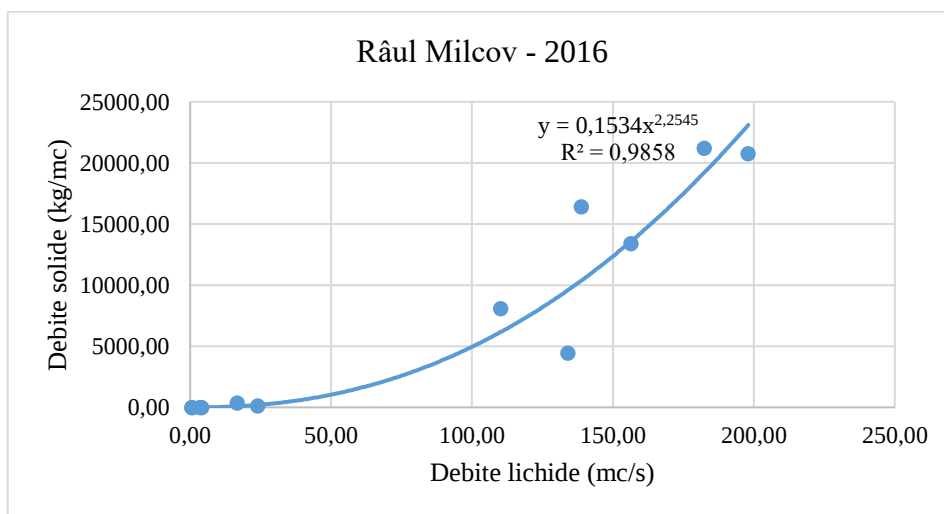


Fig.3.6. Dependența transportului debitului solid în funcție de cel lichid în anul 2016

CAPITOLUL 4

STUDIUL TRANSPORTULUI DE ALUVIUNI ȘI A FACTORILOR EROZIONALI ÎN BAZINUL HIDROGRAFIC SIRET CURS MIJLOCIU ȘI INFERIOR

4.1. Analiza evoluției transportului de aluviuni pe râurile Siret, Râmnicu Sărat și Milcov

4.1.4. Caracteristicile râului Milcov

Suprafața bazinului hidrografic al râului Milcov este de 444 km² cu o lungime de 79 km, iar direcția generală de curgere este NV-SE. Milcovul izvorăște din muntele Monteoru, de la altitudinea de 1040 m și se varsă în râul Putna, la Răstoaca, la cota 23 m.

Cursul superior străbate o vale îngustă până în dreptul localității Mera, cursul mijlociu (zona de tranzit) începe din zona localității Broșteni, până în zona localității Câmpineanca, valea își schimbă aspectul devenind largă și împrăștiind materialul erodat pe ambele maluri, iar cursul inferior începe din zona localității Golești, până în zona localității Răstoaca, la vărsarea în râul Putna, albia se îngustează, și devine meandrată (figura 4.1).

Pe sectorul Broșteni-Odobesti-Golești, râul Milcovul primește mai mulți afluenți pe partea dreaptă: Valea Badei, Mera, Dilgovul, Valea Seacă, Dalhauti, care au un regim torențial și nepermanent de curgere.

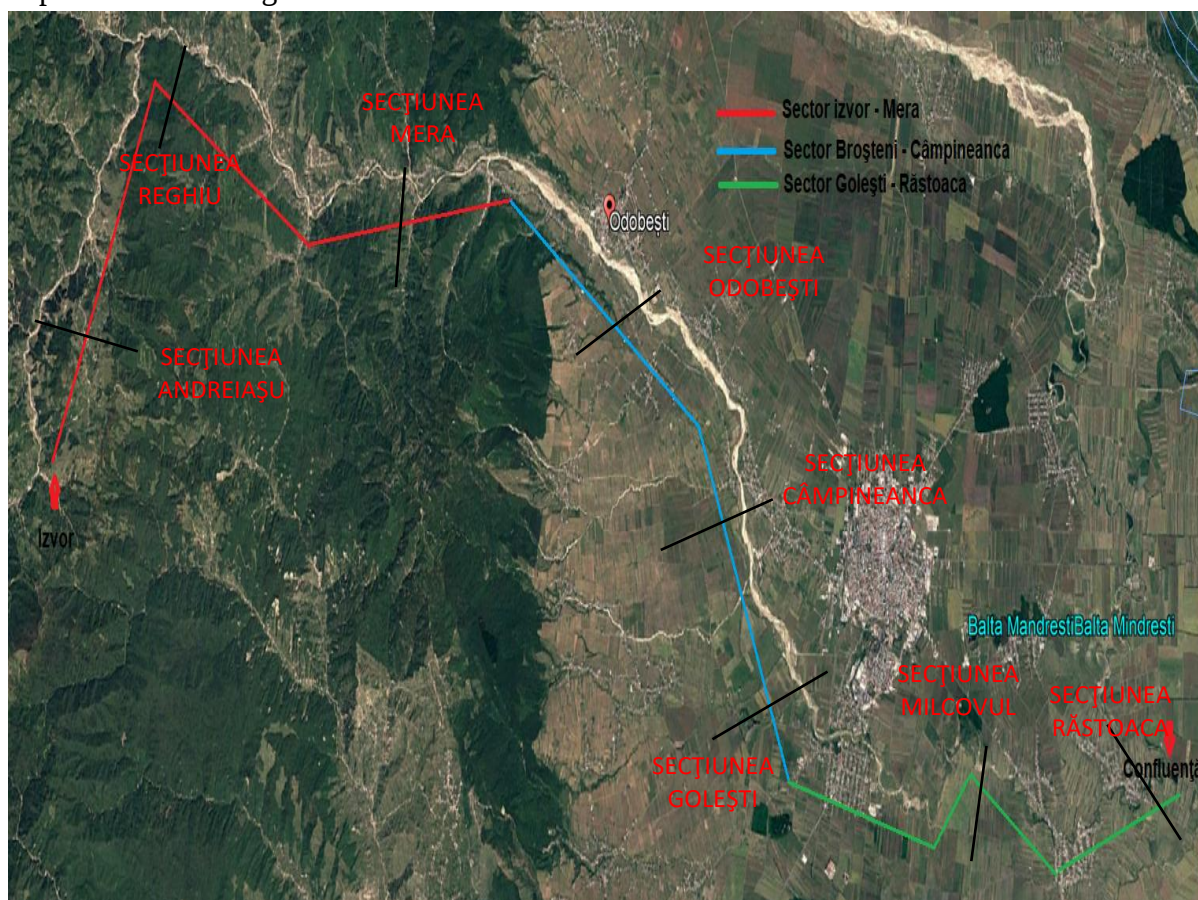


Fig.4.1. Harta râului Milcov și sectoarele analizate

Din punct de vedere geomorfologic, zona studiată este situată în extremitatea N-E a Câmpiei Române. Aceasta are caracterul unei mari depresiuni, caracter subliniat de afundarea unităților înconjurătoare sub cuvertură pliocen cuaternară, pe linii de contact care joacă un rol important în geneză și morfodinamica reliefului.

Ca urmare a friabilității rocilor din bazinul sau de recepție, a despăduririlor masive, a prezenței numeroaselor ravene, ogase pantei accentuate și viiturile torențiale ale văilor care ajung în albia sa, materialul erodat transportat de Milcov este foarte mare.

Profilul longitudinal

Forma profilului longitudinal real al râului Milcov este un profil de rupere, prima rupere mai importantă este vizibilă amonte în zona de izvor unde râul are o albie majoră bine conturată. În această zonă este o schimbare de pantă între partea superioară a râului și restul profilului.

Se evidențiază o ușoară deformare a profilului odată cu pătrunderea în albia Milcovului a unor afluenți mai importanți (Valea Badei, Mera, Dilgovul, Valea Seacă). În această zonă se confirmă tendința de supraînălțare a fundului albiei. În această zonă mișcarea sedimentelor joacă un rol deosebit în evoluția albiei râului (figura 4.2).

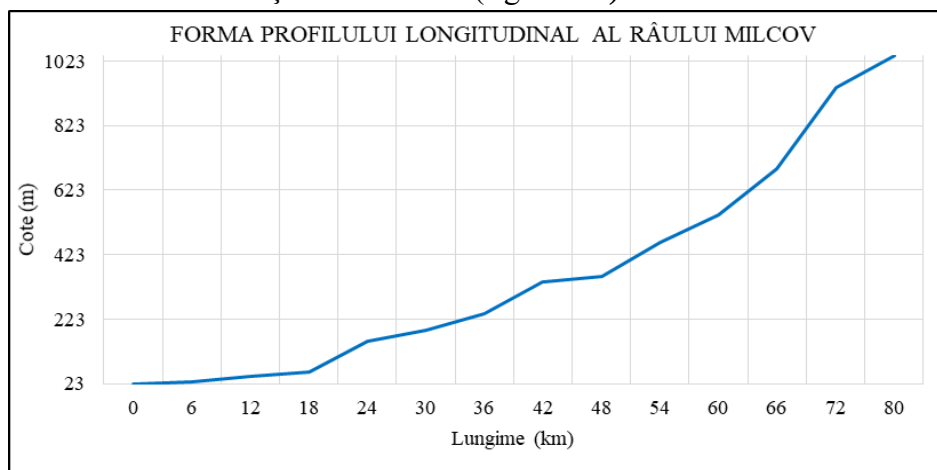


Fig.4.2. Profilul longitudinal al râului Milcov de la vărsare spre izvor

În concluzie, profilul longitudinal al râului Milcov este sensibil la ritmul de transfer al aluviunilor din domeniul versanților în cel al albiei, fiind ușor deformat prin agardare în zona de tranzit, râul neavând competență suficientă de a îndepărta materialul adus de afluenți iar de degradare către izvor.

Forma secțiunii transversale

În urma măsurărilor, secțiunea transversală a albiei minore a râului Milcov are o formă relativ stabilă care poate fi identificată cu ajutorul unui „coeficient de formă”, determinat între suprafața secțiunii albiei și suprafața unei forme geometrice (parabolă, dreptunghi, trapez) în care se înscrie secțiunea respectivă. Albia râului Milcov are forma secțiunii transversale, în general trapezoidală și este o caracteristică a albiilor adâncite în materiale argilo-prăfoase coezive.

În figura 4.3, este prezentată forma secțiunii transversale a râului Milcov în diferite zone din aval către amonte, rezultată în urma măsurărilor topografice.

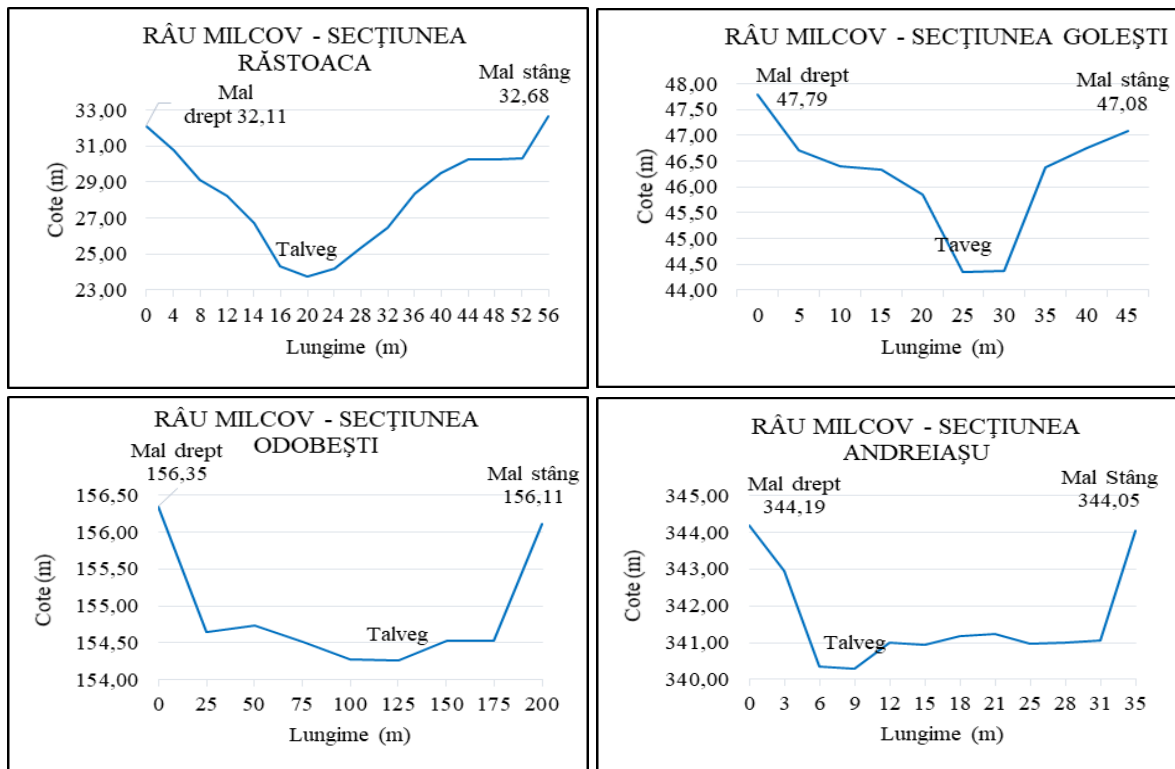


Fig.4.3. Forma secțiunii transversale a albiei minore a râului Milcov în diferite zone

Coeficientul de formă, calculat ca relație între suprafața secțiunii albiei și suprafața unui trapez înscris secțiunii, a înregistrat valori între 0,87 și 0,91, pe râul Milcov.

Albia râului Milcov este formată în depozite, alcătuite din pietrișuri și bolovănișuri în partea superioară și relativ fine în partea inferioară, ceea ce reflectă tipul de debit solid transportat de râu.

Pe numeroase sectoare ale râului, mai ales pe cursul mijlociu (în partea de tranzit) și partea inferioară secțiunea transversală se modifică anual, fiind favorizată de viituri și de intervenția antropică prin execuția de lucrări.

În figura 4.4, este prezentată evoluția secțiunii transversale a albiei râului Milcov în zona de tranzit, care se modifică anual mai ales în timpul viiturilor.

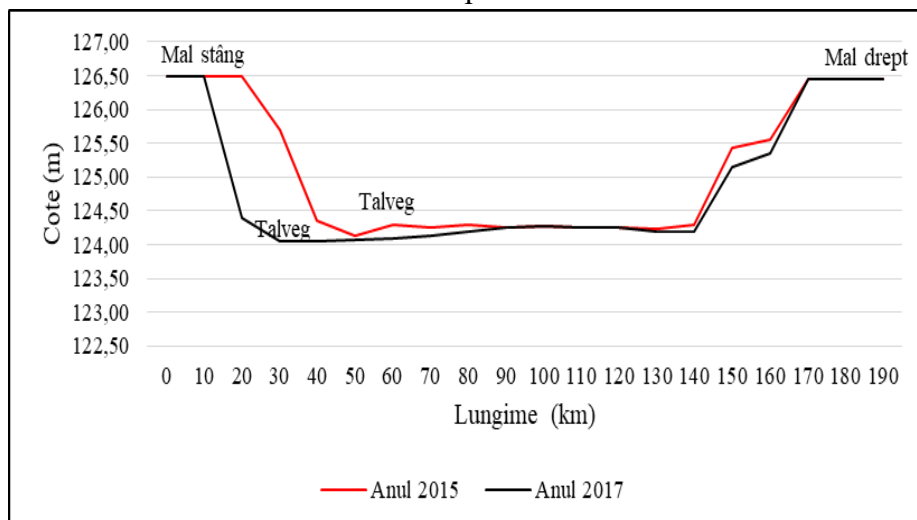


Fig.4.4. Evoluția secțiunii transversale a albiei râului Milcov în zona localității Odobești

Albia râului Milcov are o secțiune transversală cu grade diferite de asimetrie.

Măsurătorile realizate arată caracterul oscilator al albiei, din ce în ce mai accentuat cu cât panta scade și lungimea râului crește. Dezvoltarea asimetriei secțiunilor transversale este favorizată în special de viiturile cu debite importante și de transportul de aluviuni.

Tendențele în asimetria secțiunii transversale sunt comune cu cele ale morfologiei patului albiei.

Granulozitatea depozitelor din albie

Albia minoră a râului Milcov a înregistrat caracteristici asemănătoare sub aspect granulometric între patul albiei și cele două maluri. Patul albiei râului Milcov este format în general din pietrișuri, dimensiunea acestora înregistrând o ușoară creștere din aval către amonte.

Dacă la obârșie diferențierea granulometrică între patul și malurile albiei aproape că nu se realizează, în zona de tranzit patul albiei și malurile sunt formate din amestecuri de pietrișuri și bolovănișuri cu aluviuni fine, iar în aval patul albiei și malurile sunt formate din aluviuni fine.

În urma măsurătorilor pentru determinarea granulozității aluviunilor din patul albiei râului Milcov, în secțiunile Răstoaca, Milcovul, Golești, Câmpineanca, Odobești, Mera, Reghiu și Andreiașu (vărsare-izvor) procentajul raportat la diametrul aluviunilor este variat înregistrându-se o cantitate mare de aluviuni cu diametrul cuprins între 0,05 - 80 mm (figura 4.5).

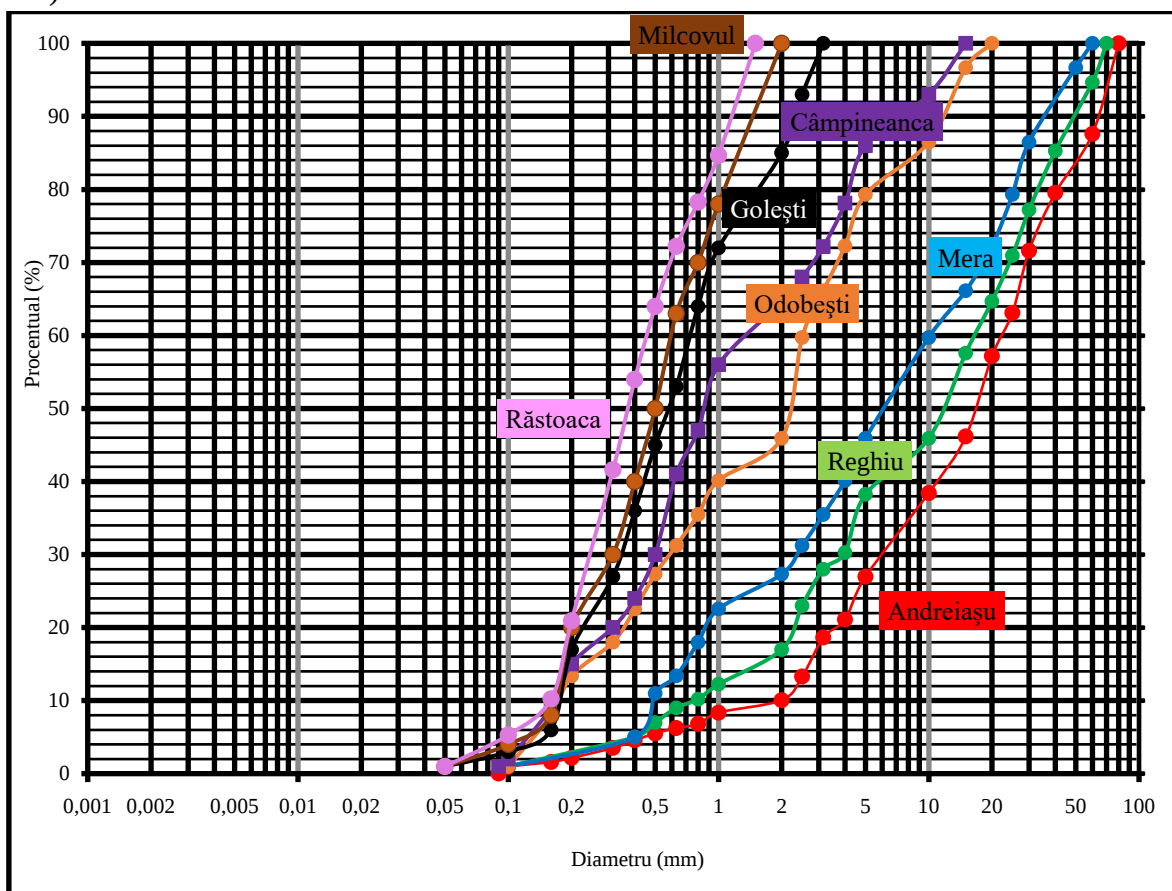


Fig.4.5. Curba granulometrică a aluviunilor în lungul râului Milcov (în profilele măsurate)

Tendința generalizată a variației diametrului aluviunilor din patul albiei este la fel ca și pentru profilul longitudinal, unde se realizează o creștere a dimensiunii aluviunii în lungul râului din aval către amonte.

Tabel nr.4.1. Sinteza distribuția aluviunilor în lungul râului Milcov

Secțiunea	km	d ₆₀	d ₁₀	C = d ₆₀ /d ₁₀	d ₅₀
Răstoaca	0	0,45	0,17	2,65	0,38
Milcovul	12	0,60	0,175	3,43	0,50
Golești	24	0,70	0,178	3,93	0,58
Câmpineanca	36	1,40	0,18	7,78	0,88
Odobești	48	2,50	0,18	13,89	2,20
Mera	60	10,0	0,50	20,0	6,0
Reghiu	72	17,0	0,80	21,25	12,0
Andreiașu	80	22,0	2,0	11	18,0

Distribuția aluviunilor în lungul albiei rezultată din curbele granulometrice ale aluviunilor (tabel 4.1) în secțiunile monitorizate pune în evidență creșterea gradului de neuniformitate (d₆₀/d₁₀) din aval spre amonte de la 2,65-21,11.

Reprezentarea grafică a distribuției diametrului mediu (d₅₀) în lungul albiei pune în evidență creșterea acestuia din aval spre amonte (figura 4.6).

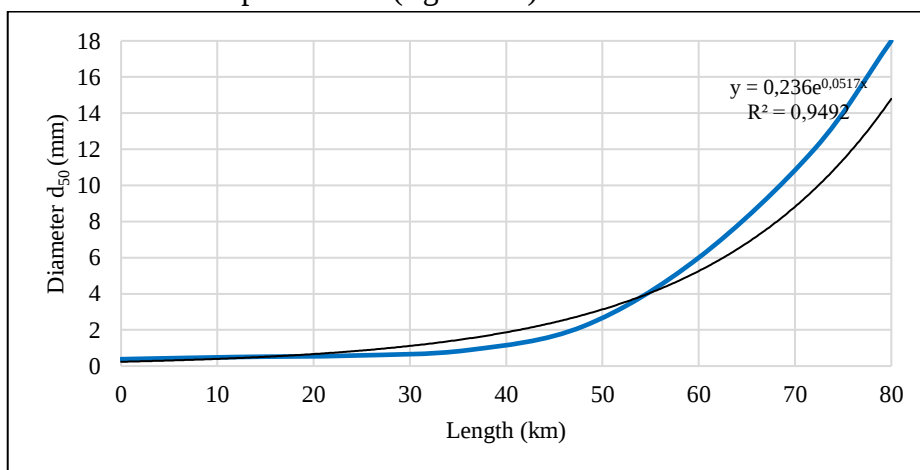


Figura 4.6. Distribuția diametrului mediu (d₅₀) în lungul albiei

Acesta distribuție pune în evidență o dependență de tip exponențial, relația obținută este $y = 0,2361e^{0,0299x}$, ($R^2=0,9619$).

Concluzii

În zona de izvor, râul Milcov are o albie îngustă și relativ simetrică.

În zona de versare, albia râului Milcov devine puternic meandrata iar malurile sunt acoperite cu vegetație.

Forma secțiunii transversale a albiei râului Milcov este în general trapezoidală, dar are grade diferite de asimetrie de la izvor la varsare.

În zona cursului mijlociu, albia râului Milcov își schimbă anual forma, mai ales în timpul viiturilor majore.

În zona cursului mijlociu, malurile râului Milcov se erodează puternic, iar albia râului tinde să se lărgască anual.

4.2. Analiza multicriterială privind factorii ce favorizează apariția eroziunilor în bazinul hidrografic Siret curs mijlociu și inferior

4.2.1. Metode de evaluare multicriterială

Analiza multicriterială este utilizată la evaluarea factorilor erozionali în bazinul hidrografic Siret pe baza unor criterii bine stabilite. În cadrul analize se pot lua în calcul mai multe criterii în mod simultan.

4.2.2. Criterii de evaluare a eroziunii hidrice

În cadrul metode de ierarhizare a factorilor erozionali sunt specificate obiectivele urmărite și sunt identificate atributele sau indicatorii corespunzători fiecărui obiectiv, prin aplicarea „Matricei de decizie multicriterială (MCDM)”[169].

Etapele matricei sunt:

- 1 - stabilirea obiectivelor;
- 2 - identificarea criteriilor;
- 3 - factori analizați;
- 4 - ierarhizarea/ponderea;
- 5 - alocare punctaje pentru fiecare opțiune;
- 6 - efectuarea calculelor.

1. Stabilire obiectivelor

În vederea realizării unei analize multicriteriale privind impactul eroziunii hidrice în Bazinul hidrografic Siret, curs mijlociu și inferior au fost analizate râurile: Râul Siret din aval de acumulare Movileni (județul Galați) până în zona localității Nănești județul Vrancea, râul Trotuș din zona localității Vrânceni, județul Bacău până la vărsarea în râul Siret, râul Putna, râul Zăbala, râul Râmnicu Sărat și Milcov.

Obiectivele principale ale analizei multicriteriale sunt:

- Identificarea factorilor erozionali principali;
- Analiza factorilor erozionali;
- Ierarhizarea factorilor erozionali;
- Influența factorilor erozionali asupra comportamentului albiei râurilor.

2. Identificarea criteriilor

În vederea realizării unei analize multicriteriale privind impactul eroziunii hidrice în Bazinul hidrografic Siret, curs mijlociu și inferior au fost ierarhizate următoarele criterii:

- A. Măsura în care eroziunea hidrică contribuie la creșterea volumului de aluviuni.**
- B. Măsura în care eroziunea hidrică afectează mediul.**
- C. Măsura în care eroziunea hidrică contribuie la diminuarea suprafețelor de teren.**
- D. Măsura în care eroziunea hidrică afectează locuitorii și obiectivele din zonă.**

3. Factori analizați

- Factori naturali: *Factorii Hidrologici, Factori climatici, Factorii geologici.*

- Factori antropici: *Utilizarea terenurilor, Lucrări de artă, Exploatarea de agregate minerale.*

4. Ierarhizare/ponderi

În funcție de impactul pe care îl are eroziunea hidrică specifică pe fiecare râu analizat asupra celor patru criterii analizate se acordă o pondere în cadrul evaluării multicriteriale astfel.

A - 1;

B - 2;

C - 2;

D - 3.

5. Alocarea punctajelor

Punctajele utilizate sunt numere întregi cuprinse între 1 și 4:

1 - nesemnificativ;

2 - redus;

3 - moderat;

4 - extrem.

6. Efectuare calcule

Se face înmulțire pe coloană, element cu element, și se adună valorile. Suma reprezintă valoarea opțiunii respective. Suma maximă arată opțiunea cea mai influențată.

$$\max(\sum_{opțiune} pondere_{criteriu} * punctaj) \quad (4.1)$$

Rezultate

În figura 4.7, este prezentată diagrama cu valorile obținute de influența factorilor erozionali naturali și antropogeni pe râurile analizate din bazinul hidrografic Siret curs mijlociu și inferior.

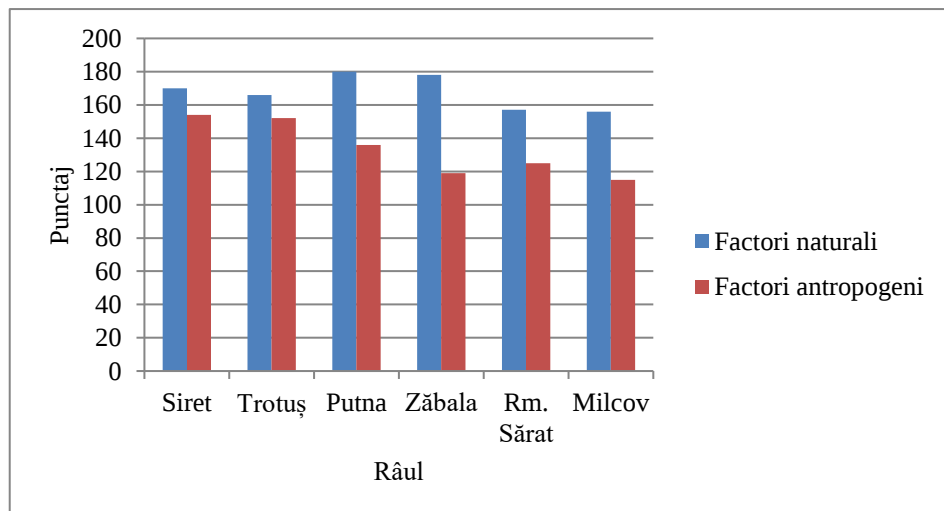


Fig.4.7. Influența factorilor erozionali naturali și antropogeni pe râurile analizate

În urma rezultatelor obținute râurile Putna și râul Zăbala sunt cele mai afectate de factorii erozionali și în special cei naturali.

Râurile Siret și Trotuș au valori aproximativ egale și pentru factorii naturali dar și pentru cei antropogeni, dar râurile nu au fost luate în studiu pe toată lungimea.

În figura 4.8, este prezentată diagrama cu influența factorilor erozionali naturali și antropogeni principali pe râurile analizate din bazinul hidrografic Siret curs mijlociu și inferior.

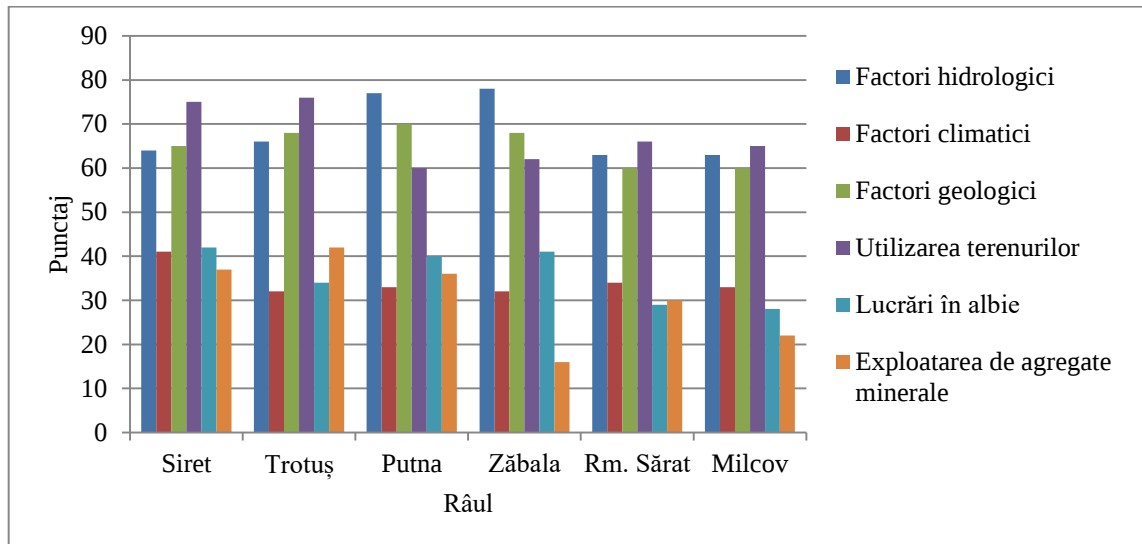


Fig.4.8. Diagrama cu influența factorilor erozionali naturali și antropogeni principali pe râurile analizate din bazinul hidrografic Siret curs mijlociu și inferior

În urma rezultatelor obținute factorii naturali erozionali principali sunt cei hidrologici și geologici, iar cei antropogeni sunt utilizarea terenurilor și lucrările în albie.

Influența cea mai mică o au factorii climatici ca factori naturali și exploatarea de agregate minerale ca factori antropogeni.

În figura 4.9, este prezentată diagrama cu rezultatele obținute de influența pe care o au factorii erozionali asupra criteriilor analizate pe fiecare râu în parte.

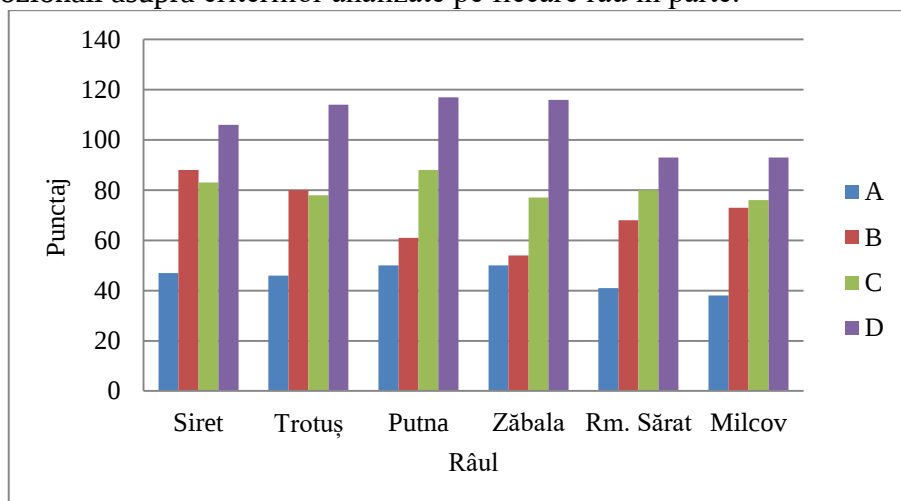


Fig.4.9. Diagrama cu rezultatele obținute de influența pe care o are factorii erozionali asupra criteriilor analizate pe fiecare râu în parte

În urma rezultatelor obținute pe toate râurile analizate criteriul (D) este cel mai afectat de influența factorilor erozionali iar criteriul (A) este cel mai puțin afectat.

CAPITOLUL 6

LUCRĂRI ECOLOGICE DE COMBATERE A EROZIUNII SOLULUI ÎN BAZINELE HIDROGRAFICE

6.1. Lucrări de apărare consolidare ecologice din materiale clasice

Lucrările cu rol ecologice au scopul principal de a utiliza resurse materiale care să asigure dezvoltarea și conservarea favorabilă plantelor, animale și pești din habitate.

Materialele utilizate în combaterea eroziunii solului care nu creează perturbații asupra mediului sunt: - lemnul, piatra, materiale geosintetice.

6.2. Lucrări de apărare din materialelor geosintetice

Produsele geosintetice sunt produse într-o gamă mare de forme și materiale diferite.

Rolul utilizării geosinteticelor: stabilizarea solului, armarea patului drumurilor, ranforsarea terasamentelor, construirea zidurilor de sprijin, protecție împotriva alunecărilor de teren.

Principalele categorii de produse sunt: geotextile, geogridurile, geosaltele, geomembrane, geocelule, geocompozite, geocontainere, plase de ancorare [33].

6.3. Lucrări din geotextile pentru combaterea eroziunii

Saltelele cu beton

Geotuburi

Saci din geotextil

6.3.1. Geocontainere

Geocontainere sunt realizate în general din materiale geotextile din polipropilenă sau alți polimeri.

** Aplicații:*

- Protecția infrastructurilor de poduri împotriva afuerilor locale, protecția terenurilor inundabile, praguri de fund, lucrări hidrotehnice, protecția malurilor, plajelor.

** Avantaje:*

Geocontainerele oferă o adaptare ușoară la multe aplicații din domeniul lucrărilor hidrotehnice, aducând următoarele avantaje:

- Înlocuiesc soluțiile clasice de îndiguiri sau praguri de fund, și reduc costurile de realizare privind materialele și manopera implicate;
- Reducerea duratelor de executare a lucrărilor și simplificarea operațiunilor;
- Soluțiile ce utilizează geocontainere s-au dovedit, în practică, a fi soluții ecologice și prietenoase mediului;
- Au un raport rezistență/alungire optim și se adaptează ușor neregularităților stratului suport;
- Geocontainerele fabricate cu geotextile neșesute rezistă bine șocurilor mecanice, deformându-se și absorbind forța de impact;
- Înlocuiesc cu succes toate tipurile de gabioane având avantajul că pot fi umplute cu orice tip de material local;

CAPITOLUL 7

ANALIZĂ COMPARATIVĂ A SOLUȚIILOR UTILIZATE ÎN COMBATEREA EROZIUNII

7.2. Forme de degradare a lucrărilor de combatere a eroziunii - studiu de caz

7.2.1. Degradarea lucrărilor din gabioane

Răsturnarea lucrărilor din gabioane

** Cauze:*

- Debite ridicate ale cursului de apă ce au depășit coronamentul lucrării;
- Transportul de aluviuni groșiere în timpul viiturilor care au afectat salteaua de la baza lucrării;
- Instabilitatea umpluturii din spatele lucrării.

Degradare prin alunecarea

** Cauze:*

- Debite ridicate ale cursului de apă ce au depășit coronamentul lucrării;
- Teren instabil pe care a fost fundată lucrarea;
- Instabilitatea umpluturii din spatele lucrării.

Degradare prin scăderea cotei talvegului

** Cauze:*

- Diferențe de nivel mare între izvor și vărsare;
- Exploatarea de agregate minerale.

Degradare provocată de la modul incorect de execuție

Execuția și fundarea incorectă a lucrărilor din gabioane poate provoca avaria și degradarea lucrării.

Degradarea provocată de transportul de aluviuni și plutitori

În timpul viiturilor transportul aluviunilor groșiere și a plutitorilor sau flotorilor este mult mai ridicat decât în perioada în care debitele râului sunt scăzute.

În zonele cu vegetație forestieră spontană aflate în albia minoră sau în zona malurilor în timpul viiturilor, malurile sunt erodate, iar arborii sunt dislocați și apoi sunt transportați.

7.2.2. Degradarea lucrărilor din geocontainere

Degradarea geocontainerului în sine

Degradarea geocontainerului în sine este în general provocată de umplerea incompletă și de materialul cu care este umplut.

Forme de avarie a geocontainerului:

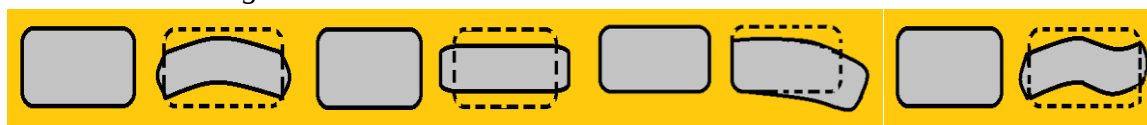


Fig.7.1. Încovoiere

aplatizarea

aplecare

efectul "omidă"

O problemă a degradării lucrărilor hidrotehnice amplasate pe râurile neamenajate, o constituie evoluția talvegului.

Cele mai mari avarii provocate lucrărilor hidrotehnice o constituie scăderea cotei talvegului, acesta avariind lucrările sau chiar pot fi distruse în totalitate.

Cele mai întâlnit fenomen de degradare prin scăderea cotei talvegului este subminarea.

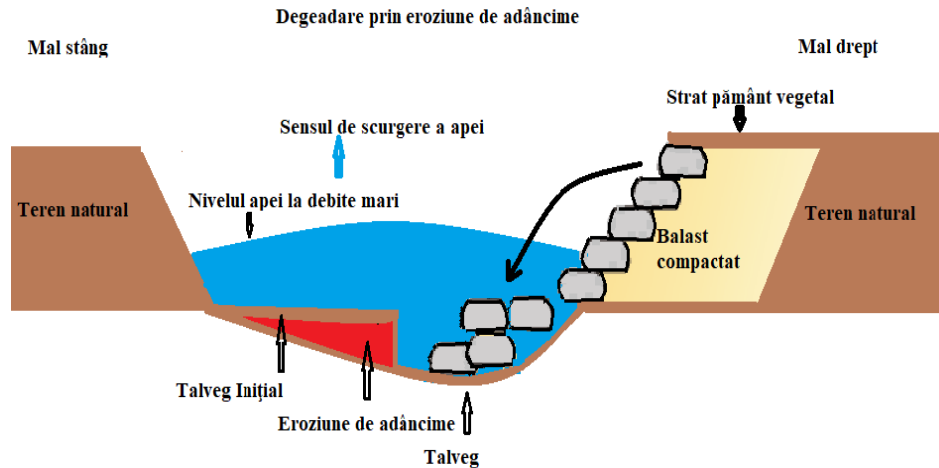


Fig.7.2. Degradarea lucrării de geocontainere prin scăderea cotei talvegului

Geocontainerele pot fi deplasate din lucrarea atunci când lucrarea este executată transversal sub formă de epiu, energia apei lovește în ea și prin scăderea cotei talvegului.

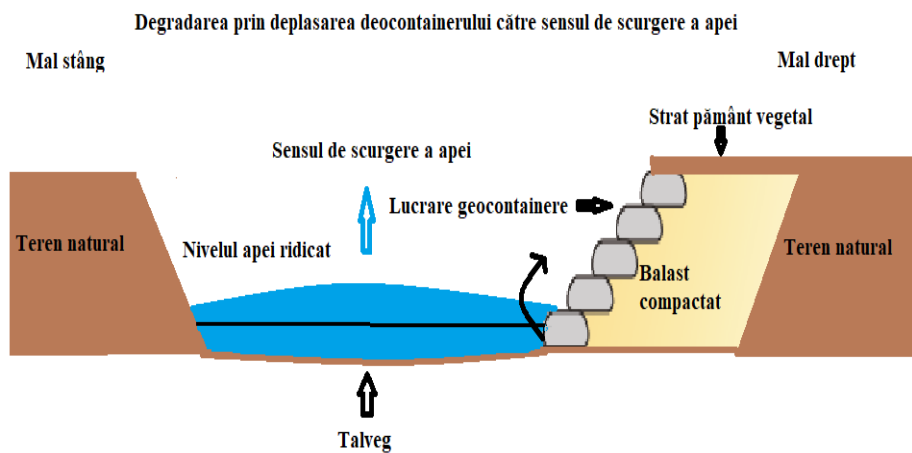


Fig.7.3. Degradarea lucrării de geocontainere prin deplasarea geocontainerului

Degradarea prin vandalismul

Vandalismul este o acțiune care implică distrugerea intenționată sau deteriorarea unei bun.

Lucrările din geocontainere pot fi vandalizate prin:

- Tăierea sacilor;
- Incendiere.



Fig.7.4. Degradarea prin vandalism, tăierea sacilor și incendiere

Degradarea prin ruperea cusăturilor

Așa folosită la coaserea geocontainerelor dacă este de o calitate mai scăzută la contactul cu apa intră în putrefacție și se distruge cusătura.

Prin distrugerea cusăturii, materialul din geocontainer este spălat și transportat de apă. Rapiditatea cu care se pierde nisipul din el este în funcție de poziția cusăturii și modul în care este amplasat geocontainerul.

Degradarea provocată de obiecte ascuțite sau colțuroase

Obiectele ascuțite sau colțuroase în timpul încărcării în geocontainer sau manipulării acestuia în realizarea lucrării, străpung geotextilul și, în timp, materialul din interiorul lui este spălat de apă și poate să apară fenomenul ”omidă”.

Degradarea provocată de transportul plutitorilor

În urmă verificărilor în teren în zonele cu lucrări din geocontainere studiate fenomenul de degradare provocat de plutitori este identificat în cazul lucrărilor transversale (epiuri).

7.3. Analiza și comportamentul geotextilului din care sunt realizate geocontainerele

Pentru a compara comportamentul evoluției în timp a geotextilului utilizat la confecționarea geocontainerelor s-a realizat măsurarea diferitelor eșantioane de geotextil.

Prima măsurătoare a fost realizată la o mostră de geotextil neutilizat la lucrări, care are o grosime cuprinsă între 0,5 și 0,6 cm.

Datorită condițiilor climatice din România și a transportului de aluviuni și plutitori, geotextilul este afectat în mai mică sau mai mare măsură de acești factori.

Pentru a vedea evoluția geotextilului, s-a analizat mostra de geotextil care a fost utilizat într-o lucrare de geocontainere pe râul Siret. Acest geocontainer este amplasat în partea superioară a lucrării și a fost în contact cu razele U.V. și cu aluviunile transportate de către râul Siret.

În figura 7.5, se arată faptul că geotextilul, după o durată de viață de aproximativ 8-10 ani, la condițiile climatice și la transportul de sedimente este afectat și grosimea lui a scăzut la aproximativ 0,3 cm și este vulnerabil sau chiar distrus, de unde apare și fenomenul de degradare sau avarie a lucrării din geocontainere.



Fig.7.5. Geotextil degradat de raze U.V

O altă analiză și măsurătoare s-a realizat pe o mostră de geotextil care a fost degradată de plutitorii care sunt transportați de râu în timpul viiturilor.

Plutitorii transportați de râu afectează lucrarea din geocontainere prin ruperea geocontainerelor sau prin micșorarea densității geotextilului unde poate să apară fenomenul de migrare sau spălare a nisipului din geocontainere, care poate duce la o avarie a lucrării din geocontainere.

În figura 7.6, este prezentat faptul că geotextilul își pierde din densitate, este scămoșat și își mărește grosimea de la 0,5-0,6 cm la 0,7-0,8 cm, fapt ce conduce la slăbirea țesăturii și ajută la spălarea nisipului.



Fig.7.6. Geotextil afectat de plutitori

CAPITOLUL 9

EVOLUȚIA LUCRĂRILOR ECOLOGICE DE COMBATERE A EROZIUNII HIDRICE

9.1. Metode abordate în analiza și modelarea comportamentului lucrării

Metodele abordate la modelarea zonelor cu eroziune sunt o combinație dintre metodele moderne bazate pe o *analiză spațială* realizată cu aerofotointerpretarea geografică, utilizând imagini satelitare și teledetecția pe harta generată software-ul Google Earth, și cele tradiționale bazate pe *măsurători realizate în teren* realizate cu ajutorul aparatului G.P.S Hi-Target și Stația totală Leica [167].

9.2. Evoluția și analiza lucrărilor din geocontainere

9.2.3. Consolidare mal râu Milcov, localitatea Odobești, județul Vrancea

Analiza și evoluția eroziunii prin metoda spațială

În figura 9.1, este prezentată evoluția lucrării din geocontainere și efectul ei asupra malurilor și profilul albiei râului Micov, în perioada 2018-2019, în zona localității Odobești.

Pentru urmărirea comportamentului albiei râului Milcov, am marcat cu puncte de referință zona monitorizată pentru a reprezenta suprafața și lungimea erodată a malului drept, pe fiecare an în parte. Pentru reprezentare s-a folosit harta generată de Google Earth.

În urma execuției lucrării din geocontainere, malul stâng al râului Milcov, unde este amplasată lucrarea, a fost protejat, iar malul drept a fost erodat în urma viiturilor din perioada 2018-2019.

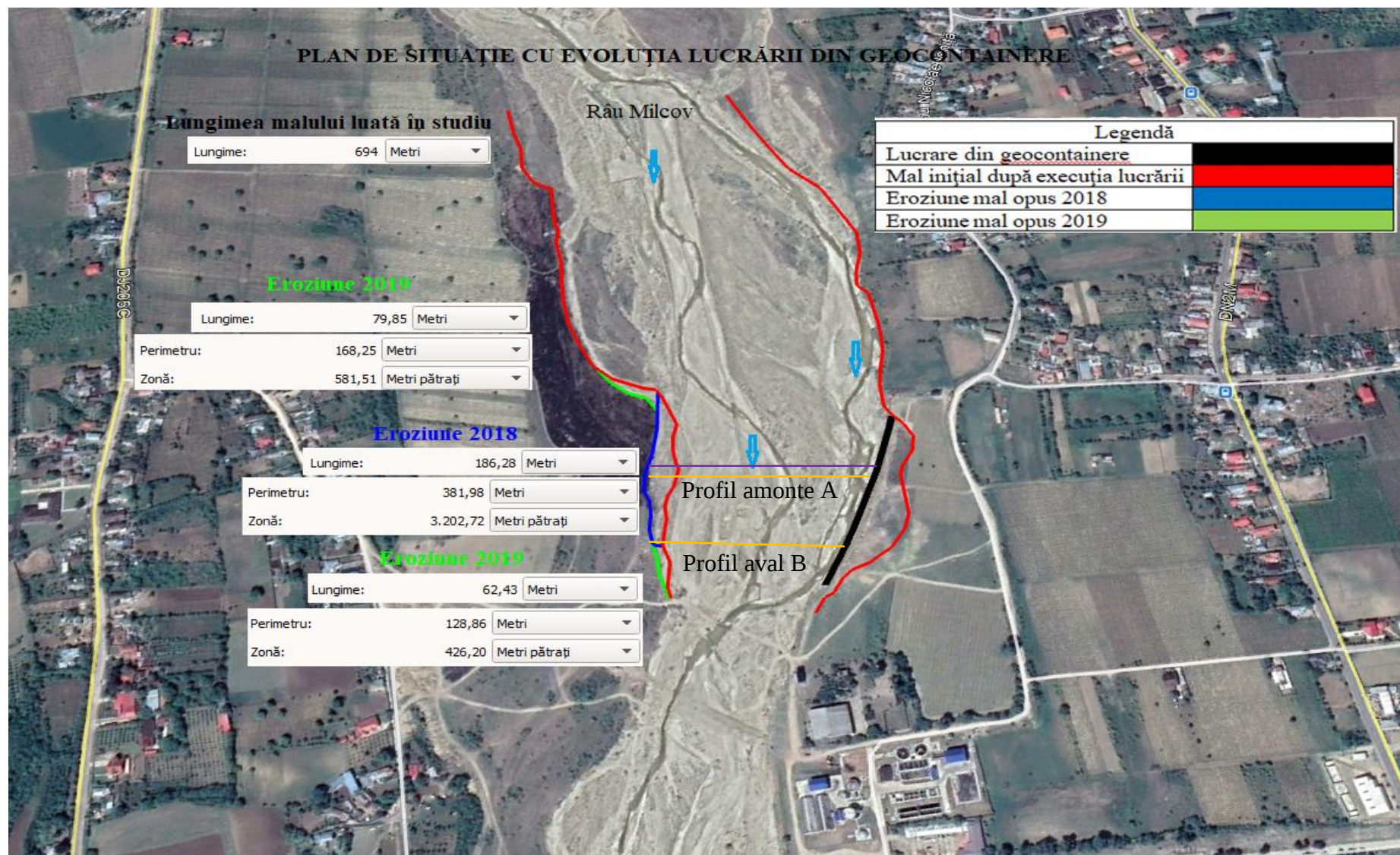


Fig.9.1. Evoluția spațială a lucrării din geocontainere în perioada 2018 și 2019 (hartă generată de Google Earth)

În tabelul 9.1, sunt prezentate debitele maxime din timpul viiturilor înregistrate pe râul Milcov, în perioada 2018-2019, și suprafețele de teren erodate de pe malul drept în urma viiturilor.

Tabel nr.9.1. Debitele maxime din timpul viiturilor și suprafețe erodate

Anul	Q viitură (mc/s)	Suprafață erodată (mp)	Lungime mal erodat (m)
2018	22	3.202	382
2019	13	1.008	142
<i>Total</i>		<i>4.210</i>	<i>524</i>

Pentru urmărirea spațială a evoluției eroziunii, am marcat malul drept în anul 2018 cu puncte de referință.

În tabelul 9.2, este prezentată lățimea profilului transversal a albiei și evoluția lui în urma execuției lucrării pe malul stâng și a viiturilor înregistrate pe râul Milcov, în perioada 2018-2019.

Zona monitorizată este reprezentată cu mov pe harta reprezentată în figura 9.1.

Tabel nr.9.2. Evoluția profilului transversal al albiei

Anul	Q viitură (mc/s)	Lățime albie (m)	Lățime mal erodat (m)
2018	22	208	5
2019	13	213	0
<i>Total</i>		<i>213</i>	<i>5</i>

Analiza și evoluția eroziunii prin metoda calculului analitic

La începutul anului 2018, am realizat în teren 2 profile transversale (amonte profil A și aval profil B) valorile fiind determinat pentru fiecare profil în parte, aceste valori au fost luate ca puncte de referință pentru urmărirea evoluției lucrării din geocontainere amplasată pe malul stâng și comportamentul malului drept.

În figurile 9.2, 9.3, 9.4 și 9.5, este reprezentată evoluția profilului transversal (amonte profil A și aval profil B) al albiei râului Milcov, în zona localității Milcov, prin suprapunerea punctelor topografice rezultate în urma măsurărilor efectuate în teren cu ajutorul G.P.S Hi-Target, în perioada 2018-2019.

În tabelul 9.3, este prezentată evoluția profilului transversal (amonte profil A) a albiei în zona localității Odobești rezultată în urma măsurărilor efectuate în teren și evoluția în urma a amplasamentului lucrării și viiturilor înregistrate pe râul Milcov, în perioada 2018-2019.

Tabel nr.9.3. Evoluția profilului transversal al albiei în zona monitorizată (amonte A) rezultată din măsurători clasice

Anul	Q viitură (mc/s)	Lățime profil transversal (m)	Lățime mal erodat (m)	Cotă (m) și poziție talveg (dreapta/stânga)
Inițial	-	206	0	3,68/stânga
2018	22	211	5	3,93/dreapta
2019	43	215	4	3,93/dreapta

<i>Total</i>	<i>215</i>	<i>9</i>	<i>3,93/dreapta</i>
--------------	------------	----------	---------------------

Notă: datele din tabelul 9.3, sunt interpretate în felul următor:

- La începutul anul 2018, profilul transversal al albiei în zona monitorizată (amonte profil A) a avut o lăţime de 206 m, şi cu poziţionarea talvegului către malul stâng, înălţimea taluzului fiind de 3,68m.
- După protejarea malului stâng cu lucrarea din geocontainere, în urma viiturii înregistrate pe râul Milcov, în anul 2018 cu $Q=22 \text{ m}^3/\text{s}$, profil transversal al albiei în zona monitorizată (amonte profil A) are o lăţime de 211 m, fapt ce indică o erodare a malului drept pe o lăţime de 5 m şi o schimbare a configuraţiei talvegului râului către malul drept, înălţimea taluzului fiind de 3,93m.
- Idem anul 2019.

Amplasamentul lucrării de pe malul stâng şi viiturile înregistrate în perioada 2018-2019, pe râul Milcov, au favorizat erodarea malului drept în zona monitorizată (amonte profil A) pe o lăţime de 9 m.

În urma efectuării măsurărilor şi suprapunerii cotelor rezultă o suprafaţă erodată de 1.517 m^2 şi un volum erodat de 4.551 m^3 în perioada 2018-2019, în zona monitorizată (amonte profil A).

În figura 9.2 şi 9.3, este reprezentat amplasamentul lucrării în secţiunea albiei în zona monitorizată (amonte A).

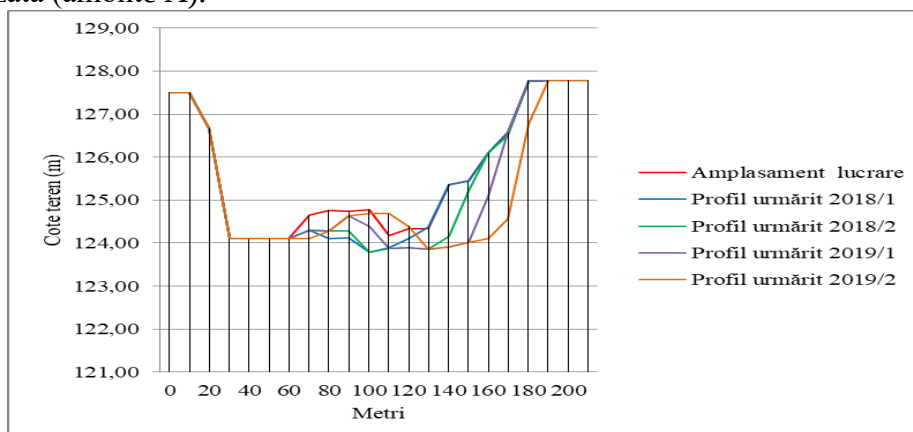


Fig.9.2. Evoluția profilului transversal în perioada 2018-2019, zona în monitorizată (amonte A)

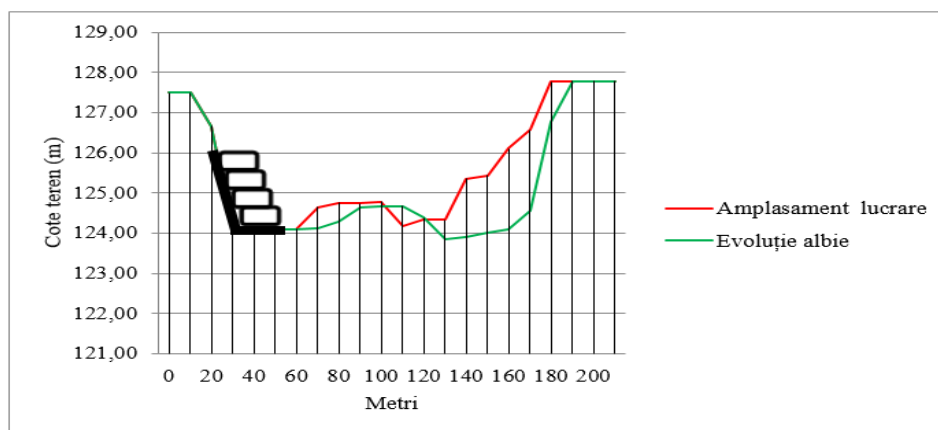


Fig.9.3. Amplasamentul lucrării și evoluția colmatării în zona monitorizată (amonte A)

În tabelul 9.4, este prezentată evoluția profilului transversal (aval profil B) al albiei în zona localității Odobești rezultată în urma măsurărilor efectuate în teren și evoluția în urma amplasamentului lucrării și viiturilor înregistrate pe râul Milcov în perioada 2018-2019.

Tabel nr.9.4. Evoluția profilului transversal al albiei zona monitorizată (aval B) rezultată din măsurători clasice

Anul	Q viitură (mc/s)	Lungime profil transversal (m)	Lățime mal erodat (m)	Cotă (m) și poziție talveg (dreapta/stânga)
Inițial	-	152	0	2,45/stânga
2018	22	163	11	2,63/dreapta
2019	43	176	13	2,63/dreapta
Total		176	24	2,63/dreapta

Notă: datele din tabelul 9.4, sunt interpretate în felul următor:

- La începutul anul 2018, profilul transversal al albiei în zona monitorizată (aval profil B) a avut o lățime de 152 mși cu poziționarea talvegului către malul stâng, înălțimea taluzului fiind de 2,45m.
- După protejarea malului stâng cu lucrarea din geocontainere, în urma viiturii înregistrate pe râul Milcov, în anul 2018, cu $Q=22 \text{ m}^3/\text{s}$, profil transversal al albiei în zona monitorizată (aval profil B) are o lățime de 161 de m, fapt ce indică o erodare a malului drept pe o lățime de 11 m și o schimbare a configurației talvegului râului către malul drept, înălțimea taluzului fiind de 2,63 m.
- Idem pentru anul 2019.

Amplasamentul lucrării de pe malul stâng și viiturile înregistrate în perioada 2018-2019, pe râul Milcov, au favorizat erodarea malului drept în zona monitorizată (aval profil B) pe o lățime de 24 m.

În urma efectuării măsurărilor și suprapunerii cotelor rezultă o suprafață erodată de 1.954 m^2 și un volum erodat de 5.446 m^3 în perioada 2018-2019, în zona (aval profil B).

În figura 9.4 și 9.5, este reprezentat amplasamentul lucrării în secțiunea albiei în zona monitorizată (aval B).

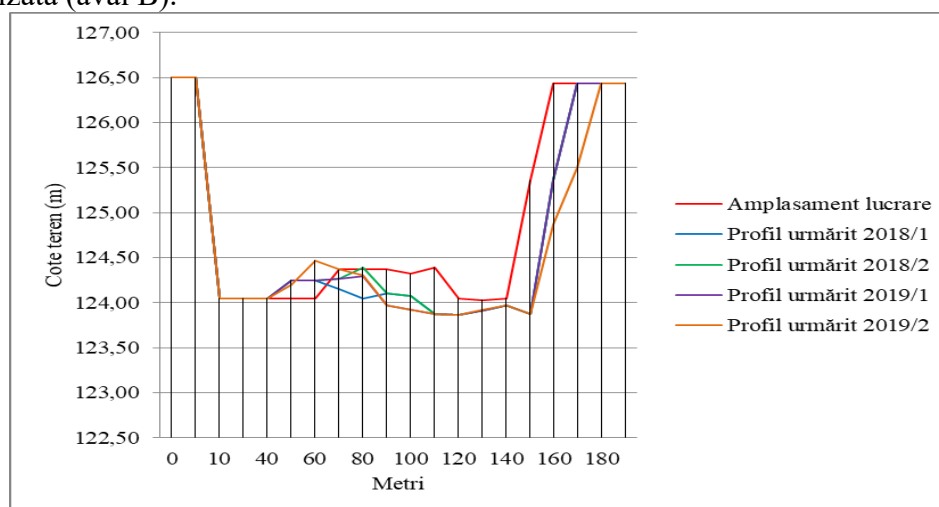


Fig.9.4. Amplasamentul lucrării în secțiunea albiei în zona monitorizată (aval B)

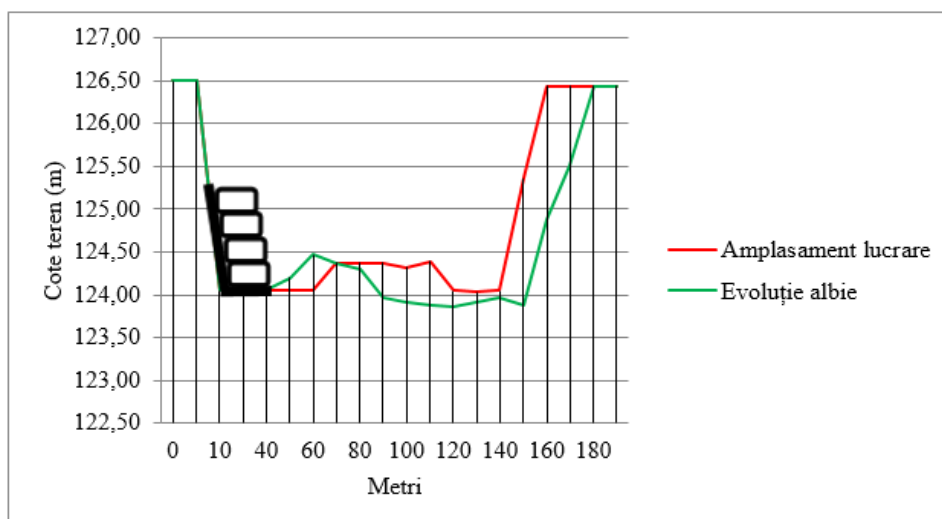


Fig.9.5. Amplasamentul lucrării și evoluția colmatării în zona monitorizată (aval B)

În urma interpretării datelor obținute din măsurătorile topografice rezultă schimbarea morfologiei profilului albiei râului Milcov, prin colmatarea zonei malului stâng unde este amplasată lucrarea și o eroziune a malului opus, favorizată de amplasamentul lucrării, dar și de viiturile înregistrate pe râul Milcov.

Prin suprapunerea profilelor rezultă o suprafață totală de teren erodată de 3.462 m^2 , cu un volum de 9.997 m^3 în ambele puncte monitorizate.

Depunerile de aluviuni formate în zona lucrării, dar și în aval și amonte de aceasta, au fost favorizate de viiturile înregistrate pe râul Milcov, de poziția și capacitatea lucrării. Materialul solid este depus lucrării, provine din eroziunile de mal, dar mare parte din ele provin din frecvențele alunecări de teren din amonte și au fost transportate de viituri pe distanțe de aproximativ 5-10 km. Cantitățile cele mai mari de aluviuni sunt depuse în special în partea din amonte a lucrării, unde albia este mai largă, malul opus este concav și funcționează ca un epui natural.

În zona din aval aluviunile sunt mai puține, deoarece albia este mai îngustă. Diferența de la cota talvegului și nivelul depunerilor este cuprinsă între 0,60-1,20 m. În zona lucrării, insula aluvionară formată are o suprafață totală de 46.370 m^2 , cu un volum de 37.096 m^3 .

Date hidrologice

În urma proceselor de colmatare și eroziune, în zona localității Odobești, fenomenul de eroziune accentuată a malului drept al râului Milcov s-a produs în special în timpul viiturilor, atunci când râul a dispus de energie mare, albia a fost acoperită în întregime de apă, iar curenții au acționat asupra malului. Debitele importante tranzitate de râul Milcov au fost în perioada iunie-iulie în anul 2018, un $Q=22 \text{ m}^3/\text{s}$ și în perioada aprilie-mai anul 2019, un $Q=13 \text{ m}^3/\text{s}$.

În figura 9.6, este prezentat hidrograful viiturii înregistrate pe râul Milcov, în perioada iunie-iulie în anul 2018, un $Q=22 \text{ m}^3/\text{s}$, debitul mediu al râului fiind cuprins între $1-2 \text{ m}^3/\text{s}$.

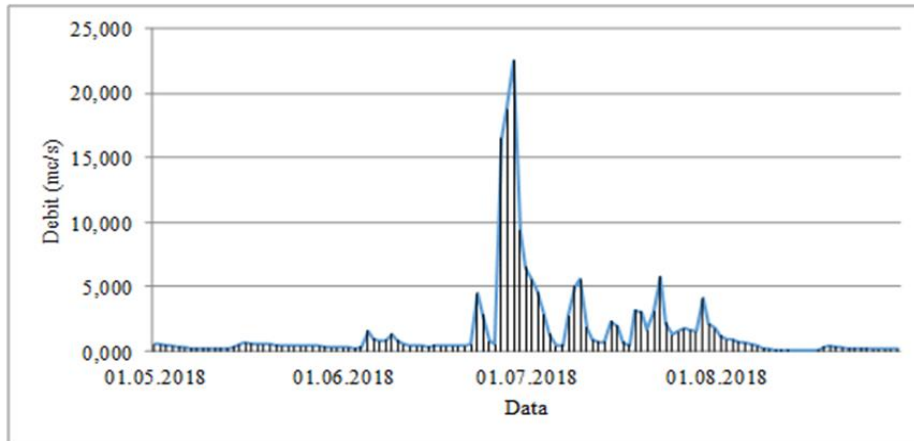


Fig.9.6. Hidrograful viiturii din anul 2018

În figura 9.7, este prezentată dependența transportului debitului solid (R) în funcție de debitul lichid (Q) pe râul Milcov (2018). Reprezentarea pune în evidență o dependență de tip putere între debitul solid (R) și debitul lichid (Q), sub forma relației $R = 0,3454x^{2,1452}$, ($R^2 = 0,972$).

În timpul viiturilor debitul solid crește în concordanță cu debitul lichid, ceea ce dovedește că mare parte din aluviuni provin din eroziunea malurilor și din alte arii sursă precum alunecările de teren.

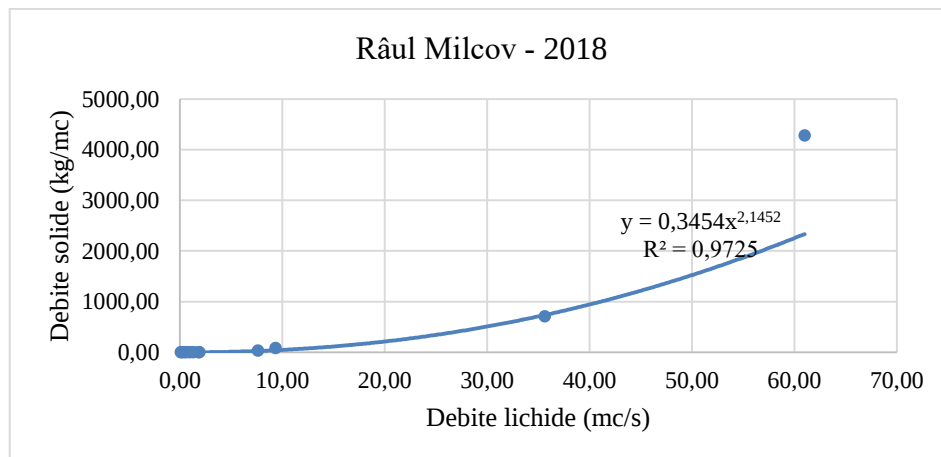


Fig.9.7. Dependența transportului debitului solid în funcție de cel lichid în anul 2018

În figura 9.8, este prezentată evoluția lucrării și zona colmatată



Fig.9.8. Evoluția depunerilor de aluviuni din zona cu lucrare

9.3. Evoluția și analiza lucrărilor din geocontainere asupra mediului

În vederea urmăririi procesului de refacere a habitatelor și a dezvoltării populației vegetale și animale și a monitorizării comportamentului lucrărilor din geocontainere asupra habitatelor din albia râurilor au fost utilizate metoda *indirectă* și *directă*

Pentru monitorizarea *indirectă* a comportamentului lucrărilor de geocontainere s-a utilizat *metoda ecologică*, prin realizarea de măsurători biologice privind masa arborilor, ritmurile de creștere, sporul anual al puieților plantați și observații privind prezența unor specii sensibile care reacționează rapid la creșterea concentrației de poluanți precum sunătoarea, urzicuța.

Pentru urmărirea dezvoltării puieților plantați de *plop tremurător* și pentru realizarea observațiilor comportamentului lor s-a realizat măsurarea diametrului arborii cu ajutorul clupei forestiere (șubler).

În urma măsurătorilor efectuate în situ, dezvoltarea puieților de plop a fost de aproximativ 2,5 cm, în ϕ în fiecare an și aproximativ 1 m, în înălțime.

Rezultatele măsurătorilor sunt prezente în figura 9.9.

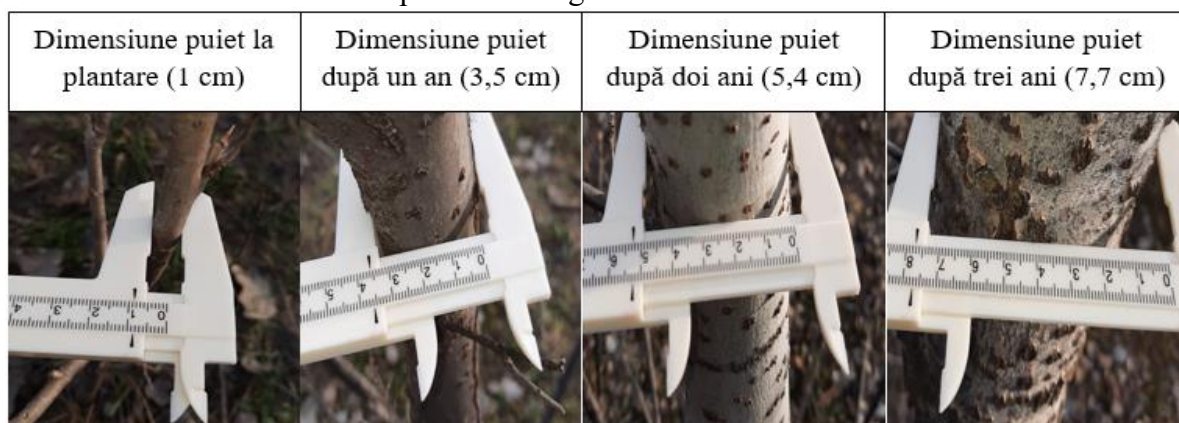


Fig.9.9. Dezvoltarea anuală a puieților de plop

Pe lângă puieții de plop tremurător plantați au apărut și dezvoltat spontan noi puieți de plop și din alte specii.



Fig.9.10. Dezvoltarea plantelor și arbuștilor spontani în zona lucrărilor cu geocontainere

În urma observațiilor realizate în teren s-a întâlnit pe lucrările de geocontainere prezența specii sensibile, apărute în mod natural precum sunătoarea și urzicuța (figura 9.11).



Fig.9.11. Apariția speciilor sensibile pe lucrările de geocontainere

Pe lângă aceste specii sensibile, și alte specii de plante autohtone, perene, sunt prezente și au o dezvoltare și o înmulțire rapidă.

Pentru monitorizarea directă, care utilizează imagini satelitare, s-a folosit software-ul Google Earth Pro care generează o fotografie aeriană și permite urmărirea în timp a unui fenomen.

Monitorizarea s-a realizat în perioada 2017-2020, unde în anul 2017, la finalul execuției lucrărilor nu se afla vegetație ierboasă sau forestieră în zona de monitorizare. În anul 2018, a apărut vegetația ierboasă spontan în spatele amplasamentului lucrării. În perioada 2019-2020, pe lângă vegetația ierboasă au apărut specii spontane de plop și anin, care se dezvoltă pe lucrarea de geocontainere și pe depozitele de aluviuni dintre epiuri.

În figura 9.12, este prezentată evoluția dezvoltării vegetației pe lucrările din geocontainere în perioada 2017-2020.



Fig.9.12. Dezvoltarea vegetației pe lucrările de geocontainere

CAPITOLUL 10

CONCLUZII, CONTRIBUȚII ȘI PERSPECTIVE DE CERCETARE

10.1. Concluzii

Teza de doctorat analizează procesele de eroziune hidrică în albiile râurilor, având ca studiu de caz bazinul hidrografic al râului Siret curs mijlociu și inferior cu afluenții săi. În acest context sunt evaluați factorii care produc acest fenomen și propune soluții de combatere a eroziunii prin implementarea unor lucrări hidrotehnice specifice. Sunt propuse soluții ecologice pentru protecția împotriva eroziunii utilizând lucrările din geocontainere având în vedere că acestea se integrează armonios în cadrul natural. O cerință specială a utilizării lucrărilor ecologice din geocontainere a rezultat din faptul că o parte din zona studiată aparține ariilor naturale protejate.

Capitolul 1. În dezvoltarea tezei s-a pornit de analiza generală a eroziunii solului, focalizându-se pe eroziunea în bazinele hidrografice și în special în albia râurilor.

Documentarea amplă realizată pune în evidență ca acest fenomen are o largă răspândire pe întreaga suprafață a planetei, generând efecte negative importante asupra ecosistemelor, așezărilor umane, respectiv asupra lucrărilor de artă amplasate în albiile râurilor. Necesitatea studierii, înțelegerii și modelării acestui fenomen a condus la dezvoltarea unei teorii ample privind interdependența dintre factorii care contribuie la dezvoltarea eroziunii hidrice, rezultând relații de calcul și concepte utilizate pentru proiectarea, dimensionare, implementarea măsurilor de minimizare a acestui fenomen.

Capitolul 3 este dedicat unui amplu studiu de caz privind identificarea zonelor cu eroziune din bazinul hidrografic Siret utilizând metode clasice și inovative. Monitorizarea zonelor cu eroziune prin metode *clasice* s-a realizat prin măsurători executate în teren cu ajutorul G.P.S Hi-Target și stația totală Leica, la perioade de timp diferite, în special în urma viiturilor pe cursul de apă, iar interpretarea datelor obținute în urma efectuării măsurătorilor s-a realizat prin calcule analitice folosind programele AutoCAD și ProgeCAD pe hărți georeferențiate în programul ArcGIS.

Pentru urmărirea *spațială* a zonelor cu eroziune s-a utilizat software-ul Google Earth.

Pe râul Milcov în zona localității Odobești în urma viiturilor din perioada 2015 - 2017, procesele erozionale s-au manifestat la baza ambelor maluri și în special la baza malului stâng, unde pune în pericol stația de epurare a localității Odobești și terenurile agricole din zonă.

Pentru urmărirea *spațială* a evoluției eroziunii, am marcat malul drept în anul 2015 cu puncte de referință, unde se constată o lărgire a albiei cu 8 m, în anul 2016 și o lărgire a albiei cu 83 m, în anul 2017.

Pentru urmărirea evoluției eroziunii prin metode clasice s-au realizat la începutul anului 2016, în teren 2 profile transversale (amonte profil A și aval profil B, fig.3.3 și 3.4) valorile cotei terenului fiind determinate pentru fiecare profil în parte.

La începutul anului 2016, profilul transversal al albiei în zona monitorizată (amonte profil A) a avut o lățime de 165 m. În urma viiturilor, înregistrate în perioada 2016-2017, pe râul Milcov, malul stâng în zona monitorizată a fost erodat pe o lățime de 92 m, rezultând o lățime a albiei de 257 m.

La începutul anului 2016, profilul transversal al albiei în zona monitorizată (aval profil B) a avut o lățime de 160. În urma viiturilor, înregistrate în perioada 2016-2017, pe râul Milcov, malul stâng în zona monitorizată, a fost erodat pe o lățime de 21 m, rezultând o lățime a albiei de 181 m.

Un factor erozional important este acumularea aluviunilor în albie ce se realizează prin eroziunea produsă de râu sau prin aport lateral. Reducerea vitezei apei, din cauza scăderii pantei sau a obstacolelor, diminuează capacitatea de transport și astfel începe procesul de acumulare aluvionară.

În cadrul albiei, se poate delimita o aluvionare pe fundul albiei minore, în care domină materialele mai groasere, și o aluvionare în cadrul albiei majore, cu materiale fine, provenite din suspensie. Acumulările din albie favorizează fenomenul de eroziune în special în zona de vărsare, în concavitățile malurilor.

Un rol important în dezvoltarea eroziunilor îl are variația debitului lichid, în timpul viiturilor acesta antrenând și transportând materialele necoezive din zona malurilor. Un alt factor care influențează frecvent apariția și dezvoltarea eroziunilor este aportul de aluviuni provenit în special din alunecări de teren în zona de amonte a cursului de apă dar și depunerile de aluviuni, din zona de tranzit și de confluență, care influențează dirijarea curentului apei către un mal sau altul.

Principalul factor provocator al fenomenului de eroziune din zonele studiate a fost debitul lichid în special în timpul viiturilor, acesta având o variație foarte mare, față de debitul mediu, acesta acționând asupra malurilor albiei creând presiuni în timpul creșterii nivelului, iar la scăderea acestuia favorizează fenomenul de eroziune și de prăbușire a malurilor.

În cazul râului Milcov, alunecările de teren reprezintă unul din procesele cu rol important în furnizarea aluviunilor, care sunt transportate și depozitate în zonele din aval. Aportul alunecărilor de teren ca surse de aluviuni este însemnat atunci când are loc furnizarea de materiale direct albiei, aceste alunecări produc perturbații importante în morfologia albiei râului, favorizând procesul de eroziune, către malul apus și prin transportul de aluviuni. În zonele studiate o contribuție la dezvoltarea eroziunilor o are lipsa vegetației lemnoase din zona malurilor.

Utilizarea metodelor clasice de măsurare oferă o acuratețe mare, sunt relevante pentru situația din teren, dar necesită deplasări de fiecare dată când se fac măsurători. Metodele inovative de monitorizare nu necesită deplasarea pe teren, se pot realiza pe scară largă și pe distanțe foarte mari, dar sunt relative și în unele cazuri nu se potrivesc cu realitatea din teren. Utilizarea metodelor inovative necesită conectarea la rețele de internet și programe software pentru interpretare a datelor.

Capitolul 4. Prelevarea de probe de aluviuni de pe cele trei râuri studiate s-a realizat prin campanii de teren, utilizând aparatură și tehnologie adecvată acestui proces. Ținta acestor

campanii a fost determinarea distribuției granulometrice a aluviunilor în lungul celor trei râuri, pe sectoarele monitorizare. Pentru fiecare râu au fost definite secțiunile de monitorizare, distanțate între ele la 8-12 km. Au fost mășurați parametrii secțiunilor transversale ale râurilor și s-a reprezentat profilul acestora pentru fiecare secțiune. Secțiunea naturală este asimilată ca fiind trapezoidală, și pe această bază s-a calculat coeficientul de formă, acesta având valori apropiate pentru toate secțiunile motorizate (0,80 - 0.90).

Variația diametrului aluviunilor din albie este mare în lungul celor trei sectoare ale râurilor monitorizate. În sectorul superior cu pantă generală mare, cu frecvente schimbări de formă de ordin petrografic și structural, diametrul aluviunilor este cuprins între 0,1- 80 mm.

Reprezentarea curbelor granulometrice pentru secțiunile monitorizate pune în evidență, așa cum era de așteptat, creșterea diametrului aluviunilor dinspre aval spre amonte. Aceiași tendință o are și gradul de neuniformitate al curbelor granulometrice, acestea crescând de la 3 la 28 pentru râurile Milcov și Râmnicu Sărat. Era de așteptat ca secțiunea râului Siret, monitorizată, să aibă un comportament ușor diferit având în vedere influența acumulării din amonte, deși tendința generală este aceeași, dar cu ecarturi de variație mai mici.

Curbele de variație a diametrului mediu - d_{50} - sunt similare pentru cele trei râuri monitorizate, și de asemenea sunt similare acestor variații semnalate în literatura de specialitate. Legea de variație este exponențială și demonstrează o foarte bună corelare cu distribuția teoretică rezultată din ecuația exponențială respectivă, demonstrat și prin coeficienții de corelație foarte apropiați de valoarea 1.

Pornind de la documentarea făcută în cadrul tezei, de la rezultatele investigațiilor și observațiilor de teren realizate pe cele trei sectoare care au constituit studiile de caz, am propus o analiză multicriterială pentru ierarhizarea factorilor care guvernează procesul de eroziune a albiei râurilor. Au fost luate în analiză următoarele criterii:

- A. Măsura în care eroziunea hidrică contribuie la creșterea volumului de aluviuni,
- B. Măsura în care eroziunea hidrică afectează mediul,
- C. Măsura în care eroziunea hidrică contribuie la diminuarea suprafețelor de teren,
- D. Măsura în care eroziunea hidrică afectează locuitorii și obiectivele din zonă.

Acestora li s-au adăugat punctaje și ponderi funcție de importanța lor. Factorii luați în considerare sunt grupați pe două categorii: factori naturali (9 factori) și factori antropici (9 factori).

În urma analizei multicriteriale rezultă că din factorii naturali cei mai importanți în producerea eroziunilor sunt factorii hidrologici cu un punctaj total de 411 puncte, cel mai reprezentativ fiind variația debitului lichid și factorii geologici cu un punctaj total de 391 puncte, cel mai reprezentativ fiind structura malurilor.

Din analiza rezultatelor obținute se constată că criteriul D - afectarea locuitorilor și obiectivelor din zonă - are cea mai mare influență în cazul factorilor naturali (63 puncte), iar criteriul B - afectarea mediului - are influență dominantă în cazul factorilor antropici (43 puncte).

Dintre factorii antropici cei mai importanți în producerea eroziunilor sunt utilizarea terenurilor cu un punctaj total de 404 puncte, cel mai reprezentativ fiind exploatarea vegetației forestiere și lucrările în albie cu un punctaj total de 214 de puncte, cel mai reprezentativ în acest caz fiind lacurile de acumulare.

În urma analizei multicriteriale rezultă că pe râurile Putna, Zăbala, Râmnicu Sărat și Milcov factorul natural principal este cel hidrologic, reprezentativ fiind variația debitului lichid. Pe râurile analizate temperatura nu este un factor esențial în producerea eroziunilor. Pentru râurile Siret și Trotuș factorul natural principal este cel geologic, reprezentativ fiind, în acest context, structura malurilor.

Modelul de analiza multicriterială dezvoltat a fost aplicat luând în considerare specificul râurilor din bazinul hidrografic care a constituit studiul de caz - bazinul hidrografic al râului Siret -, dar acesta poate fi utilizat și pentru oricare alt bazin, considerând punctajele după specificul și condițiile locale ale bazinului respectiv. Acest model de analiză permite evidențierea factorilor pentru care trebuie acordată atenție prioritară în adoptarea măsurilor de minimizare a efectelor eroziunii.

Capitolul 7 prezintă o analiză comparativă, tehnică a utilizării lucrărilor clasice din gabioane și a lucrărilor ecologice cu materiale geosintetice, geocontainere, în vederea combaterii fenomenului de eroziune.

Există multe forme de degradare a lucrărilor de gabioane și pot fi cauzate factorii naturali și antropici. Sârma și plasa folosită la gabioane poate fi distrusă prin transportul aluviunilor și a plutitorilor în timpul viiturilor, dar și factorii de mediu favorizează degradarea lor. În mediu acid sau salin gabioanele nu pot fi folosite datorită degradării rapide a materialelor din care sunt confecționate. Lucrările cu gabioane deteriorate nu mai pot fi reparate sau refolosite și nu permit dezvoltarea faunei și florei.

Pentru a evalua comportamentul evoluției în timp a geotextilului utilizat la confecționarea geocontainerelor s-a realizat măsurarea diferitelor eșantioane de geotextil. Prima măsurătoare a fost realizată la o mostră de geotextil neutilizat la lucrări, care are o grosime cuprinsă între 0,5 și 0,6 cm. Durată de viață de aproximativ 8-10 ani, în condiții climatice variabile și la transportul de sedimente este afectată, iar grosimea lui a scăzut la aproximativ 0,3 cm și este vulnerabil sau chiar distrus, de unde apare și fenomenul de degradare sau avarie a lucrării.

O altă măsurătoare s-a realizat pe o mostră de geotextil care a fost degradată de plutitorii care sunt transportați de râu în timpul viiturilor, unde arată faptul că geotextilul își pierde din densitate, este scămoșat și își mărește grosimea de la 0,5-0,6 cm la 0,7-0,8 cm, fapt ce conduce la slăbirea țesăturii și ajută la spălarea nisipului.

O nouă măsurătoare s-a realizat pe o mostră de geotextil în contact direct cu apa unde se pune în evidență că geotextilul nu este afectat de razele U.V, plutitori și își menține grosimea inițială, colmatându-se cu aluviunile fine transportate de râu.

În *Capitolul 9*, este prezentată evoluția lucrărilor ecologice, din geocontainere aplicate în zonele cu eroziune și evoluția albiilor monitorizate din Bazinul Hidrografic Siret.

Monitorizarea zonelor cu eroziune prin metode *clasice* s-a realizat prin măsurători executate în teren cu ajutorul G.P.S Hi-Target și stația totală Leica, la perioade de timp diferite, în special în urma viiturilor pe cursul de apă, iar interpretarea datelor obținute în urma efectuării măsurătorilor s-au realizat prin calcule analitice cu programele AutoCAD și ProgeCAD pe hărți georeferențiate în programul ArcGIS.

Pentru urmărirea *spațială* a zonelor cu eroziune am utilizat software-ul Google Earth.

Pe râul Milcov pentru urmărirea spațială a evoluției eroziunii, am marcat malul drept în anul 2018 cu puncte de referință unde se constată o lărgire a albiei, malul stâng fiind erodat pe o lățime de 5 m, în anul 2019.

Pentru urmărirea evoluției eroziunii prin metode clasice s-au realizat la începutul anului 2018, 2 profile transversale (amonte profil A și aval profil B, fig.9.2 și 9.4) valorile cotei terenului fiind determinate pentru fiecare profil în parte.

La începutul anul 2018, profilul transversal al albiei în zona monitorizată (amonte profil A) a avut o lățime de 206 m, ca urmare a amplasamentului lucrării de pe malul stâng, viiturile înregistrate în perioada 2018-2019, pe râul Milcov, au favorizat erodarea malului drept în zona monitorizată (amonte profil A) pe o lățime de 9 m, profilul albiei având o lățime de 215 m.

La începutul anul 2018, profilul transversal al albiei în zona monitorizată (aval profil B) a avut o lățime de 152 m, ca urmare a amplasamentului lucrării de pe malul stâng, viiturile înregistrate în perioada 2018-2019, pe râul Milcov, au favorizat erodarea malului drept în zona monitorizată (aval profil B) pe o lățime de 24 m, profilul albiei având o lățime de 176 m.

Pe lângă debitele lichide a fost analizată și dependența transportului debitului solid în funcție de cel lichid pentru fiecare râu în parte.

În urma analizei și a măsurătorilor efectuate în teren se recomandă evitarea utilizării geocontainerelor în zona cu pantă ridicată a terenului, deoarece transportul de aluviuni este în cantități mari, cota talvegului scade relativ repede, și acest fenomen poate provoca subminarea lucrării.

Geocontainerele sunt vulnerabile și în zonele unde transportul plutitorilor este frecvent, favorizat de viiturile rapide și de alunecările de teren din zona montană. Plutitorii pot provoca tăieturi (spărturi) geocontainerelor și ca urmare materialul din interior este spălat și lucrarea poate fi degradată.

Lucrările longitudinale din geocontainere sunt indicate a se executa în zonele unde nu sunt acumulări hidroenergetice, pentru nu a exista riscul scăderii cotei talvegului râului, iar lucrarea poate să se prăbușească.

În cazul lucrărilor din geocontainere de tip epui, acestea trebuie să fie cât mai scurte și cât mai apropiate unul de celălalt pentru a favoriza colmatarea rapidă, și să nu apară fenomenul de eroziune în spatele lucrării.

Lucrările de geocontainere longitudinale sau de regularizare sub formă de epiu, se comportă bine pe râurile care nu depășesc un debit (Q) de $500 \text{ m}^3/\text{s}$, cu o pantă a terenului de până în 10%.

În realizarea lucrărilor din geocontainere este necesar executarea saltelei de fascine, fundată sub cota talvegului pentru a nu apărea fenomenul de afuiere, iar lucrarea să fie subminată. Se recomandă amenajarea unei pante de $1/1,5$ - $1/3$, la realizarea lucrării din geocontainere, iar poziția favorabilă a geocontainerelor, față de cursul de apă este transversal.

La umplerea geocontainerelor trebuie evitate materiale ascuțite sau colțuroase, deoarece poate provoca spargerea acestora și materialul cu care este umplut părăsește geocontainerul. Migrația nisipului în geocontainere determină mecanismul, "omidă", acesta are o influență semnificativă asupra stabilității geocontainerelor, prin urmare, este recomandat ca geocontainerul să fie umplut în proporție de 90% și cu un material cu o granulometrie cuprinsă între 0,2-5 cm, pentru a nu trece nisipul prin geocontainer și să nu fie rupt geotextilul când este umplut sau pus în operă.

Transportul de aluviuni grosier format din pietriș și bolovăniș este mai ușor de reținut în cazul lucrărilor longitudinale, în zona râurilor cu debite mici și medii, acesta nu afectează materialul din care este realizat geocontainerul.

Pentru evitarea degradării geotextilului de razele UV este indicat acoperirea geocontainerelor cu pământ vegetal, acesta permite dezvoltarea plantelor, dar și evită degradare lucrării prin vandalism.

Lucrările din geocontainere pot înlocui cu succes lucrările clasice din gabioane sau alte soluții tehnice care implică costuri foarte mari de execuție sau achiziție, se comportă bine în timpul viiturilor, nu sunt degradate de transportul de aluviuni, nu sunt afectate de solurile sau apele saline și în cazul apariției fenomenului de degradare, prin subminare lucrarea este avariata punctual, datorită mobilității și elasticității geocontainerelor.

Lucrările din geocontainere pot fi folosite ca soluții ecologice de combatere a eroziunii, deoarece se comportă bine în cadrul natural, permițând instalarea și dezvoltarea rapidă a plantelor și arborilor. În acest fel, prin vegetația dezvoltată se asigură încadrarea armonioasă a lucrării în ecosistem și protecția acesteia împotriva factorilor de degradare.

10.2. Contribuții

- Analiza factorilor erozionali din bazinul Hidrografic Siret, curs inferior și identificarea cauzelor apariției și dezvoltării fenomenului de eroziune, provocat de factorii naturali sau antropici.
- Analiza evoluției eroziunii din bazinul Hidrografic Siret, curs inferior, pe cele trei studii de caz cu ajutorul măsurărilor satelitare și a celor clasice; formularea unor concluzii utile pentru înțelegerea acestui fenomen și pentru proiectarea soluțiilor de minimizare a impactului eroziunii hidrice.
- Prelucrarea și analiza datelor hidrologice, debite, transport de aluviuni și evaluarea dependenței debitul solid de cel lichid, din bazinul Hidrografic Siret, curs inferior, înregistrate la stațiile hidrometrice, din județul Vrancea și Buzău.

- Dezvoltarea unui model de protecție împotriva eroziunii folosind geocontainere, favorabil din punct de vedere tehnic și economic pentru implementarea în secțiunea albiilor râurilor.
- Propunerea unei metode multicriteriale de prioritizare a factorilor naturali și antropici care guvernează eroziunea hidrică.
- Studiul comparativ al a soluțiilor utilizate în combaterea eroziunii; evaluarea avantajelor și dezavantajelor soluțiilor studiate; formularea unor concluzii privind criteriile de implementare a acestora.
- Propunerea și implementarea lucrărilor ecologice din geocontainere în zonele cu eroziune studiate aflate în zone de protecție specială; monitorizarea comportării acestora în timp; formularea unor concluzii privind fezabilitate acestei soluții;
- Analiza cauzelor și formelor de degradare a geocontainerelor utilizate în protecția albiilor râurilor împotriva eroziunii; formularea unor criterii de îmbunătățire a proiectării și implementării acestora.
- Analiza comportamentului geotextilului și a lucrărilor din geocontainere în mediu natural în bazinul hidrografic Siret.

10.3. Perspective de cercetare

- Cercetări privind utilizarea și evoluția geocontainerelor stabilizate cu ciment, ca soluții înlocuitoare a prefabricatelor și anrocamentelor;
- Dezvoltarea și analiza comportamentului, unor noi modele de geocontainere pentru combaterea eroziunii și refacerea mediului. (figura 10.1)
- Analiza transformării și utilizării materialelor reciclate în realizarea de soluții tehnice de combatere a eroziunii.

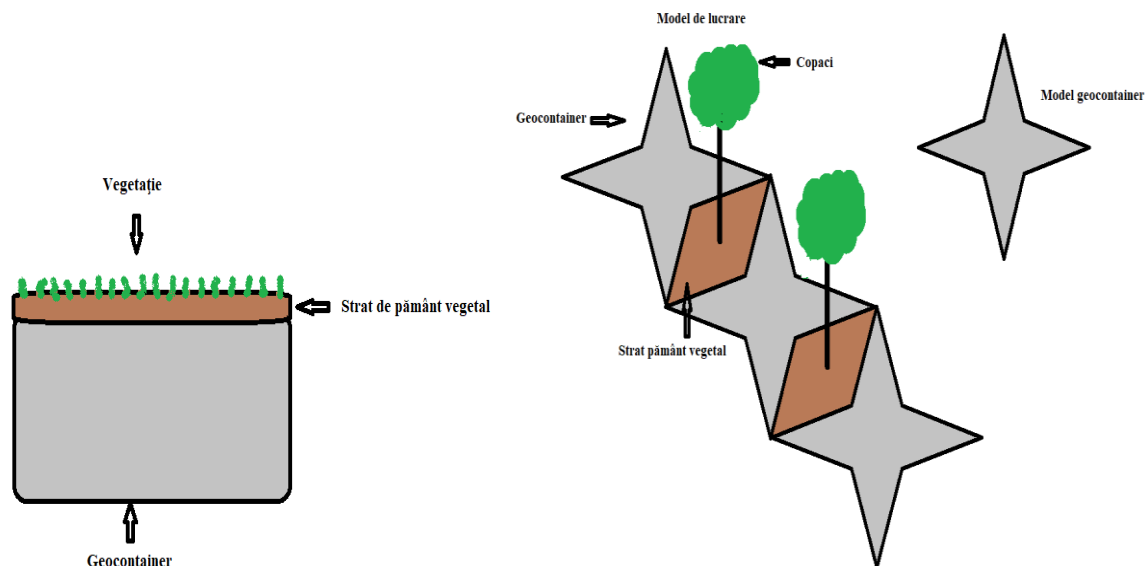


Fig.10.1. Modele noi de geocontainere

Bibliografie selectivă

- [6] Dârja M., Budiu V., Tripon D., Păcurar I., Olaru M., Cumpănăsoiu D., - Estimarea riscului erozional în subbazinul hidrografic Valea Sărată – Cluj, Lucrările Simpozionului științific anual al Facultății de Agricultură USAMV Cluj-Napoca “Agricultură și alimentație - prezent și perspectivă”, vol. II, Ed. Academic Pres, 2000.
- [10] Gobina, A., Jonesb, R., Kirkbyc, M., Camplingd, P., Goversa, G. Kosmase C., Gentiled A.R., - Indicators for pan-European assessment and monitoring of soil erosion by water, Environmental Science & Policy, 2004.
- [19] Popa, N., - Realizarea unor modele la scara naturala de amenajare antierozionala a bazinelor hidrografice mici, in vederea extinderii masurilor și lucrărilor antierozionale, Centrul de Cercetare Dezvoltare pentru Combaterea Eroziunii Solului, Perieni, 2011.
- [21] Ujvári I., - Geografia apelor României, Ed, Științifică și Enciclopedică, București, 1972.
- [26] Atlasul Cadastrului Apelor din România, 1992.
- [137] https://ro.wikipedia.org/wiki/Google_Earth
- [167] https://ro.wikipedia.org/wiki/Adaptarea_plantelor_la_mediu
- [169] http://old.fonduri-ue.ro/res/filepicker_users/cd25a597fd-62/Documente_Suport/Studii/0_Studii_Instrumente_Structurale/Pag.3_ACB/19_Analiza_Multicriteriala.pdf
- [166] https://ro.wikipedia.org/wiki/Google_Earth

[73] Nikolova, M., Nedkov, S. and Nikolov, V. - Risk from Natural Hazards for the Archaeological Sites along Bulgarian Danube Bank, in Naydenova, V. and Stamenov, S., eds., Proceedings of the First European SCGIS Conference 'Best practices: Application of GIS technologies for conservation of natural and cultural heritage sites, 2012.

[139] https://ro.wikipedia.org/wiki/Analiz%C4%83_spa%C8%9Bial%C4%83

[169] http://old.fonduri-ue.ro/res/filepicker_users/cd25a597fd-62/Documente_Suport/Studii/0_Studii_Instrumente_Structurale/Pag.3_ACB/19_Analiza_Multicriteriala.pdf