

SIMULAREA UNUI DEBIT CONSTANT ÎN CAZUL PRODUCERII UNEI INUNDAȚII, FOLOSIND HEC-RAS ȘI DATELE HIDROLOGICE CALCULATE DE AUTORITĂȚILE REGIONALE. STUDIU DE CAZ: BAZINUL HIDROGRAFIC AL RÂULUI PODRIGA (NE ROMÂNIEI)

*Andrei Urzică^a, Cristian. C. Stoleriu^a, Claudiu Pricop^b, Elena Huțanu^a, **Gheorghe Romanescu^a***

^aAlexandru Ioan Cuza University of Iasi, Faculty of Geography and Geology, Department of Geography, Bd. Carol I 20A, 700505, Iasi, Romania

^bWater Basin Administration Prut-Bârlad, Str. Theodor Văscăuțeanu, 10, 700462, Iași

INFORMAȚII ARTICOL

Cuvinte cheie:

HEC-RAS,
LiDAR,
simulare,
inundații,
Podriga

ABSTRACT

Nord-Estul României se confruntă cu fenomene excepționale date de producerea inundațiilor încă de la începutul primăverii, odată cu topirea zăpezilor și începerea ploilor torențiale. Aceste evenimente amenință în fiecare an majoritatea bazinelor hidrografice, atât de dimensiuni mari, cât și de dimensiuni mici și mijlocii. Acesta este și cazul bazinului hidrografic al râului Podriga, care este un bazin de dimensiuni mici și este supus unui risc continuu la inundație. Râul Podriga este afluent de stânga al râului Bașeu, fiind cel mai mare bazin hidrografic ca dimensiune ce alimentează scurgerea râului Bașeu. Pe baza debitelor cu probabilitate de apariție de 1%, 5% și 10%, calculate de autoritățile regionale, s-au generat 3 benzi de inundabilitate, cu ajutorul programului open-source, HEC-RAS. Pe baza limitelor de inundabilitate, s-au extras suprafețele afectate de inundație, generate manual, pe baza ortofotoplanurilor (ed. 2015). În cele din urmă s-a realizat o comparație între suprafețele inundate rezultate în urma simulării de inundație folosind programul HEC-RAS și suprafețele existente în Planul Județean de Apărare Împotriva Inundațiilor, Fenomenelor Meteorologice Periculoase, Accidentelor la Construcții Hidrotehnice și Poluărilor Accidentale al Județului Botoșani.

Introducere

Inundațiile au fost, rămân și încă vor rămâne, cele mai puternice forme de distrugere, cu impact major asupra societății umane, dar și asupra mediului natural. Pagubele survenite în urma

producerii unor astfel de fenomene, pot fi de natură economică, cu pierderi financiare enorme în rândul cetățenilor, cât și de natură umană, cu pierderi de vieți omenești. Primele mențiuni ale producerii de fenomene hidrologice devastatoare pe teritoriul României datează încă din

secolul al XI – lea. Primele descrieri ale fenomenelor distructive de origine hidrologică datează din anul 1234, când s-a produs o revărsare a fluviului Dunărea, în perioada 25 decembrie – 7 ianuarie, în cadrul sectorului mijlociu. Cele mai recente inundații, viituri s-au revărsări au fost studiate în lucrări de specialitate, atât la nivel local, cât și la nivel regional (Romanescu et al., 2009, 2011a, 2011b, 2012, Kourgialas & Karatzas, 2011; Salit et al., 2013; Costache et al., 2015; Romanescu et al., 2018; Arghius et al., 2014).

La nivelul regiunii de nord-est a României, au fost făcute analize asupra bazinelor hidrografice de dimensiuni mari, precum bazinul hidrografic al râului Prut, bazinul hidrografic al râului Jijia, abordând atât tehnici moderne de analiză (simularea unor inundații cu debit constant cu diferite probabilități de apariție, utilizarea tehnicilor de teledetecție pentru identificarea extinderii inundațiilor încă de la apariția primelor imagini satelitare de înaltă rezoluție, cât și tehnici de analiză descriptivă a evenimentelor (Romanescu et al., 2017, Huțanu et al., 2018, Urzică et al., 2018, Enea et. al., 2018).

Fenomenele hidrologice cele mai devastatoare din ultimii ani, ce au afectat bazinele hidrografice amintite mai sus, au avut loc în 1991, 2008 și 2010 cu repercusiuni majore asupra populației locale, pierderile materiale și umane fiind însemnate (Romanescu and Stoleriu 2013, 2017).

Scopul acestei lucrări este de a pune în evidență zonele cu risc ridicat la inundații, de pe valea râului Podriga, folosind o metodologie bine definită, dar și de a analiza suprafețele afectate în cazul producerii unei inundații cu o probabilitate de apariție de 1%, 5% sau de 10%.

Studiul de față se concentrează pe un bazin hidrografic de mici dimensiuni, bazinul hidrografic al râului Podriga, situat în nord-estul României (Figura 1). Râul Podriga este trecut în Atlasul Cadastrului Apelor din România sub codul RO.XII.1.10.6 și este afluent de stânga al râului Bașeu, iar suprafața de 234 de km² de pe care își adună apele, face ca bazinul hidrografic Podriga să fie cel mai mare bazin hidrografic ce alimentează cursul râului Bașeu.

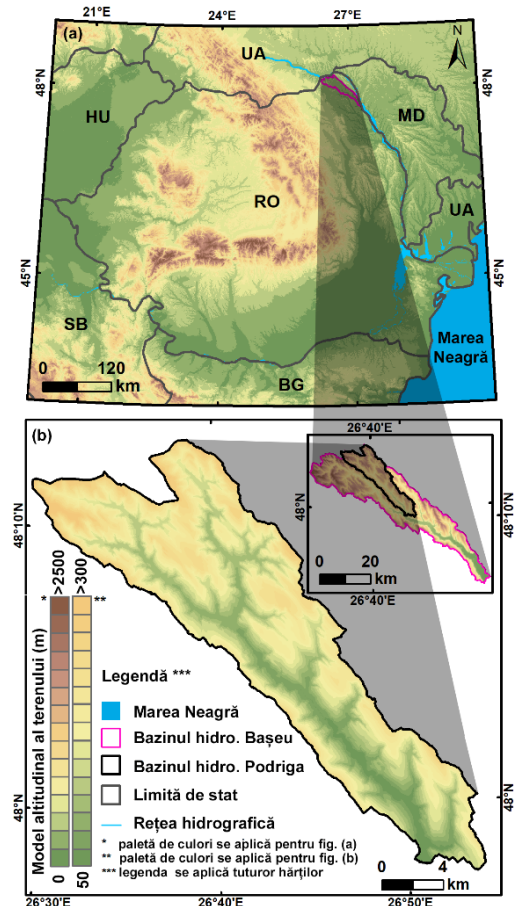


Figura 1 Localizarea fizico-geografică a bazinului hidrografic al râului Podriga în cadrul României și în cadrul bazinului hidrografic al râului Bașeu

Altitudinea din cadrul bazinului hidrografic este cuprinsă între 85 m, în zonele de luncă a râurilor și 283 m, în partea de nord-vest. Râul Podriga are o lungime de 40 km. Altitudinea maximă de la care izvorăște este de 250 m, iar în zona de confluență cu râul Bașeu, altitudinea ajunge la 87 m. Lungimea totală a rețelei hidrografice este de 71 km. Apele râului Podriga sunt alimentate doar de 3 afluenți importanți, r. Valea Boului (afluent de stânga, cu o lungime de 6,3 km și o suprafață a bazinului colector de 17 km²), r. Lișmănița (afluent de stânga, cu o lungime de 14,4 km și o suprafață a bazinului hidrografic de 49 km²), r. Izvoarele (afluent de dreapta, cu o lungime de 7,3 km și o suprafață a bazinului de recepție de 12 km²). În ceea ce privește acumulările acvatice din cadrul bazinului hidrografic Podriga, acestea sunt în număr de 16 și totalizează un volum de retenție de aproximativ 17 mil. m³. Pe cursul râului Podriga sunt amenajate 5 lucrări hidrotehnice, cea mai mare acumulare are un volum de retenție de 14,35 mil m³ și este în administrația Apelor Române (Ac. Mileanca). Debitul maxim înregistrat a fost de 190 m³/s, iar debitul minim înregistrat a fost de 0,015 m³/s.

Materiale și metode

În ceea ce privește metodologia abordată, aceasta implică tehnici și cunoștințe avansate în mediul Sistemelor Informaționale Geografice (SIG), fiind vorba de implementarea unui model hidrologic uni-dimensional pentru simularea unui debit constant în cazul producerii unor inundații cu probabilitate de apariție de 1%, 5% și 10%, pe cursul râului Podriga. Programele folosite au fost

atât cu licență (ArcGIS), cât și open-source (HEC-RAS). Literatura asimilată în vederea stăpânirii tehnicilor de lucru și a metodologiei este compusă atât din titluri internaționale (Dawson et al., 2008, Jonkman et al., 2008, Patel and Gundaliya, 2016), cât și din titluri naționale (Huțanu et al., 2018, Ghindăoanu et al., 2018). Metodologia pe baza căreia a fost realizată analiza s-a axat în principal pe lucrul cu programul HEC-RAS, program ce a fost dezvoltat de Institutul Resurselor de Apă, din cadrul armatei americane. Programul HEC-RAS este capabil de analize hidrologice 1D sau 2D, având ca date hidrologice de intrare, fie debite cu un caracter stabil, fie instabil. De asemenea, pot fi generate analize privind transportul de sedimente, ori modificarea cursului unui râu.

Setul de date principal necesar rulării simulării de inundație cu caracter uni-dimensional este format dintr-un Model Numeric Altitudinal al Terenului și datele hidrologice privind debitele istorice din cadrul bazinului hidrografic, pentru diferite probabilități de apariție, în cazul de față fiind vorba probabilități de 1%, 5% și de 10%.

Modelul Numeric Altitudinal al Terenului a fost obținut de la Administrația Bazinală de Apă Prut-Bârlad, sub forma unor fișiere de tip LiDAR cu extensia .tiff. Fișierele de tip LiDAR au fost realizate în cadrul proiectului *SMIS-CSNR No.17945: Lucrări pentru reducerea riscului la inundații în bazinul hidrografic Prut-Bârlad* de către ANAR. Unirea fișierelor .tiff a presupus crearea unui *Geodatabase*, în cadrul căruia a fost generat un *Raster Dataset*. În urma încărcării fișierelor în *Raster Dataset*, a rezultat un raster cu o rezoluție spațială de 1m. Modelul

Altitudinal al Terenului a fost validat folosind o serie de filtre precum *flow direction*, *sink* și *fill* (Figura 2).

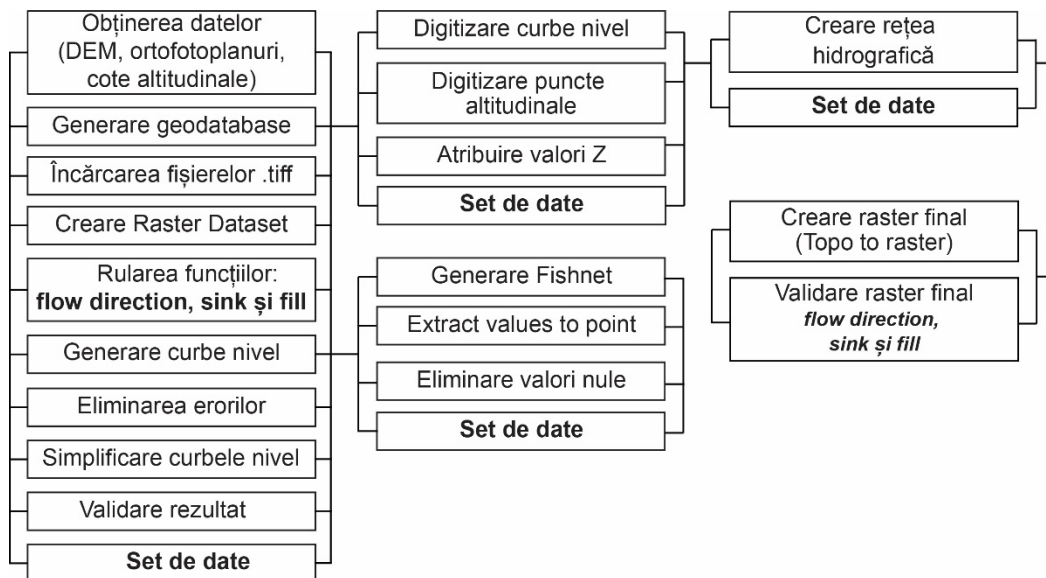


Figura 2 Schemă metodologică privind prelucrarea fișierelor LiDAR, dar și utilizarea altor două seturi de date pentru generarea unui Model Numeric Altitudinal al Terenului

Datele hidrologice pe baza cărora s-au generat cele 3 situații cu probabilitate de apariție de 1%, 5% și 10% au fost preluate din *Planul Județean de Apărare Împotriva Inundațiilor, Fenomenelor Meteorologice Periculoase, Accidentelor la Construcții Hidrotehnice și Poluărilor Accidentale al Județului Botoșani*, valabil pentru intervalul 2014 – 2017.

Pentru obținerea benzilor de inundabilitate s-a folosit programul HEC-RAS 5.0.5, și s-a parcurs trei etape principale: etapa de pre-procesare, etapa de procesare și etapa de post-procesare. În cele ce urmează se va face o detaliere a fiecărei etape (Figura 3).

Prima etapă, cea de pre-procesare a presupus generarea straturilor vectoriale specifice: talvegul (center line), malurile (bank), calea de scurgere (flowpaths) și

secțiunile transversale (cross-sections). O dată generate aceste straturi a fost nevoie de generare a tabelor de attribute aferente fiecărui strat și popularea acestora cu attribute precum: length, hydroID, station, name's river, reach, left bank, right bank, left length, channel length și right length.

Pentru trasarea straturilor vectoriale s-a utilizat rasterul de umbră a bazinului hidrografic (generat cu funcția *Hillshade*), dar și cu ajutorul ortofotoplanurilor (ed. 2015), în zonele în care cursul râului a fost greu de identificat.

Trasarea straturilor a presupus urmărirea unor reguli stricte precum: digitizarea talvegului s-a realizat de la izvoare spre vărsare, pentru stabilirea direcției de scurgere; digitizarea malurilor s-a realizat începând cu malul stâng, urmat de cel drept; digitizarea secțiunilor

transversale s-a realizat de la izvoare spre vărsare, dinspre malul stâng spre cel drept, perpendicular pe talveg, cu condiția de a se intersecta o singură dată cu direcția de

scurgere, fără a se intersecta între ele și să nu fie mai lungi decât limita Modelul Numeric Altitudinal al Terenului.

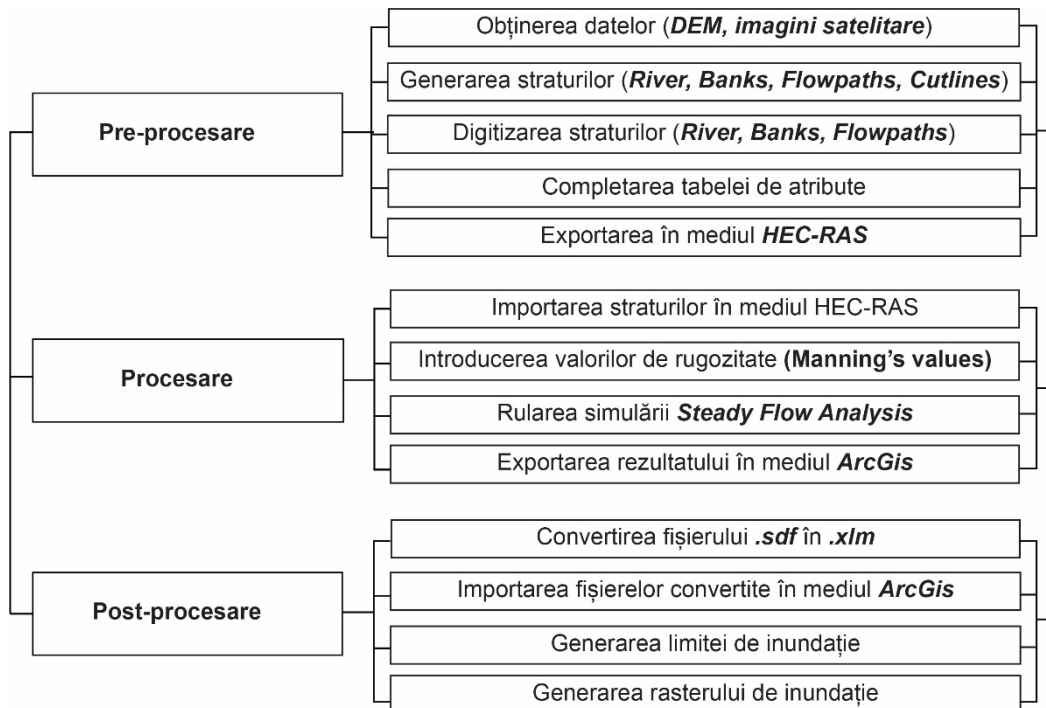


Figura 3 Schemă metodologică privind etapele de lucru în vederea realizării unei simulări de inundație cu ajutorul suitei de program ArcGIS și HEC-RAS

Etapa de procesare a presupus exportarea straturilor vectoriale anterior generate, din mediul ArcGIS, în mediul de lucru HEC-RAS, dar și de introducere a unor parametri esențiali rulării simulării de inundație, precum coeficientul de rugozitate, date hidrologice cu privire la regimul de scurgere, volumul acumulărilor acvatice de pe cursului râului Podriga, altitudinea minimă la care sunt localizate acumulări acvatice și un ultim parametru a fost cel legat de panta medie a râului. Coeficienții de rugozitate introduși au fost de: 0,035 pentru pășuni, 0,025 pentru terenuri agricole, 0,04 pentru suprafețe

acvatice și 0,08 pentru terenuri degradate. Debitele introduse în cazul celor trei situații ipotetice analizate sunt de: 190 m³/s pentru situația de 1%, 110 m³/s pentru situația de 5% și 90 m³/s pentru situația de 10%.

Etapa de post-procesare a presupus exportarea rezultatului din mediul HEC-RAS, în mediul ArcGIS și generarea limitei de inundație și a rasterului cu valorile adâncimii inundației.

Stratul vectorial cu utilizarea terenului a fost obținut prin digitizarea on-screen a ortofotoplanurilor, ediția 2015. În urma procesului de digitizare au fost generate

16.143 poligoane, care au fost clasificate în 19 categorii de utilizare a terenului (locuințe, construcții anexe, clădiri administrative și social culturale, căi ferate, drumuri de interes național, drumuri de interes județean, drumuri de interes local, drumuri de exploatare, străzi secundare, teren arabil, curți, teren neproductiv, teren degradat, păduri, vegetație forestieră, tufărișuri, pășuni, ape curgătoare, ape stătătoare și zone umede).

Rezultate și discuții

Analizând rezultatele obținute se poate observa faptul că amplasarea corectă a locuințelor și a construcțiilor anexe, (în general a gospodăriilor) pe cursul râului Podriga oferă un grad de siguranță ridicat populației în cazul producerii unor fenomene hidrologice de tipul inundațiilor (Figura 4).

Producerea unei inundații cu o probabilitate de 1%, având un debit de 190 m³/s, amenință un număr de construcții anexe și locuințe relativ redus, fiind afectate 3 construcții anexe și 2 locuințe, echivalentul a două gospodării. Categoriile de utilizare a terenului mai sus menționate acoperă o suprafață de 0,02 ha (Tabel 1). Printre categoriile de utilizare a terenului afectate într-un număr redus se numără curțile, cu o suprafață totală afectată de 0,4 ha, tufărișurile, cu o suprafață de 0,1 ha, categoriile de drumuri (căi ferate, drumuri de interes național, județean, local, de exploatarea sau străzi secundare), totalizând 4,7 ha, ceea ce înseamnă 12.462 m (12,462 km). Cele mai afectate categorii sunt cele aflate în extravilan, acestea fiind reprezentate de terenurile arabile, pășuni, păduri, suprafețe acvatice, și zone umede. Terenurile arabile sunt inundate pe o suprafață de 155 ha, pășunile pe o

suprafață de 453 ha, pădurile pe o suprafață de 14 ha, suprafețele acvatice însumează 147 ha, iar zonele umede 18 ha. Suprafața totală afectată în cazul producerii unei inundații cu o probabilitate de apariție o dată la 100 de ani este de 797 ha, ceea ce înseamnă 3,2% din întreaga suprafață a bazinului hidrografic al râului Podriga. Valorile detaliate ale suprafețelor afectate în cazul celor trei situații analizate pot fi consultate în Tabelul 1.

Tabel 1 Suprafețele afectate în cazul producerii unei inundații cu o probabilitate de apariție de 1%

Utilizare teren	Suprafață (ha)
Teren arabil	155.92
Construcții anexe	0.01
Drumuri județene	0.13
Teren degradat	0.89
Drumuri de exploatare	2.39
Păduri	14.17
Perdea forestieră	1.08
Pășuni	453.73
Locuințe	0.01
Lacuri	119.38
Drumuri locale	1.87
Drumuri naționale	0.01
Căi ferate	0.24
Străzi secundare	0.07
Tufărișuri	0.13
Cursuri de apă	28.84
Zone umede	18.46
Curți	0.40
Total	797

Producerea unei inundații cu un debit de 110 m³/s, echivalentul unei probabilități de apariție de 5%, afectează o suprafață totală de 674 ha (Tabel 2). Suprafața afectată reprezintă 2,8% din întreaga suprafață a bazinului hidrografic analizat. Categoriile de utilizare a terenului cu suprafețele cele mai mici afectate sunt, ca și în cazul inundației cu probabilitatea de 1%, construcțiile anexe și locuințele, cu o suprafață totală afectată de 0,007 ha, fiind afectat un singur imobil pentru

fiecare categorie mai sus menționată. Curțile sunt afectate pe o suprafață de 0,2 ha, cu 0,2 ha mai puțin decât în cazul producerii unei inundații de 1%. Categoriile de drum totalizează o suprafață inundată de 3,9 ha, echivalentul a 10.781 m (10,781 km). Cele mai afectate categorii de utilizare a terenului sunt cele date de terenurile arabile, pășuni, păduri, suprafețe acvaticice și zone umede. Terenurile arabile sunt afectate pe o suprafață de 133 ha, echivalentul a aproximativ 20% din întreaga suprafață afectată. Ponderea pășunilor inundate depășește 50%, suprafața totală fiind de 360 ha. Pădurile însumează 13 ha de teren inundat, suprafețe acvaticice 147 ha, iar zonele umede 14 ha.

Tabel 2 Suprafețele afectate în cazul producerii unei inundații cu o probabilitate de apariție de 5%

Utilizare teren	Suprafață (ha)
Teren arabil	133.74
Construcții anexe	0.001
Drumuri județene	0.06
Teren degradat	0.60
Drumuri de exploatare	2.08
Păduri	12.97
Perdea forestieră	0.84
Pășuni	360.11
Locuințe	0.01
Lacuri	119.26
Drumuri locale	1.65
Drumuri naționale	0.00
Căi ferate	0.17
Străzi secundare	0.02
Tufărișuri	0.11
Cursuri de apă	28.70
Zone umede	13.71
Curți	0.28
Total	674

Producerea unui debit de 80 m³/s pe cursul râului Podriga poate duce la o inundație ce se întinde pe 564 de ha,

echivalentul a 2,3% din întreaga suprafață a bazinului colector al râului Podriga. Ca și în cazul celor două situații analizate mai sus, suprafețe afectate într-un grad mai redus sunt date de construcțiile anexe și locuințele, ambele categorii totalizând 0,003 ha (Tabel 3). Curțile sunt afectate pe o suprafață de 0,2 ha, iar categoriile de drumuri 3,5 ha, cu o lungime totală de 9.671 m (9,671 km), la acest debit, nivelul inundației nemaiajungând la nivelul străzilor secundare.

Tabel 3 Suprafețele afectate în cazul producerii unei inundații cu o probabilitate de apariție de 10%

Utilizare teren	Suprafață (ha)
Teren arabil	120.54
Construcții anexe	0.0001
Drumuri județene	0.03
Teren degradat	0.58
Drumuri de exploatare	1.87
Păduri	12.38
Perdea forestieră	0.71
Pășuni	274.07
Locuințe	0.00
Lacuri	119.20
Drumuri locale	1.59
Drumuri naționale	0.004
Căi ferate	0.10
Tufărișuri	0.09
Cursuri de apă	28.57
Zone umede	4.74
Curți	0.25
Total	564

Din întreaga suprafață a bazinului Podriga, sunt inundate 120 ha de teren arabil. Pășunile prezintă 274 ha inundate, cu o pondere de sub 50% din totalul suprafeței afectate. Pădurile sunt afectate pe o suprafață de 12 ha, iar suprafețe acvaticice prezintă aceeași arie de 174 ha afectate, la fel ca și în cazul celorlalte două scenarii.

În ceea ce privește suprafețele supuse riscului de a fi afectate de inundație, menționate în *Planul Împotriva Inundațiilor*, producerea unei inundații cu o asigurare de 1% sau de 5%, ar duce la afectarea unei suprafețe de 25 de ha în cazul terenurilor arabile, de 215 ha în cazul pășunilor, de 150 ha în cazul terenurilor forestiere, de 3 ha în cazul grădinilor (Tabel 4). În același timp, 28 de gospodării, 300 m de drum de interes județean, 300 m de căi ferate ar fi afectate.

Tabel 4 Suprafețele afectate în cazul producerii unei inundații de 1%/5% prezente Planul Împotriva Inundațiilor

Utilizare teren	Suprafață (ha)
Teren arabil	25
Grădini	3
Păduri	150
Pășuni	215
Total	393

Făcând o comparație a suprafețelor cu potențial inundabil aferente categoriilor de utilizare a terenului prezente în *Planul Județean de Apărare Împotriva Inundațiilor, Fenomenelor Meteorologice Periculoase, Accidentelor la Construcții Hidrotehnice și Poluărilor Accidentale al Județului Botoșani* la o asigurare de 1% sau de 5%, cu suprafețele generate prin intermediul tehnicilor GIS, se poate observa faptul că unele categorii au fost subevaluate, cum este cazul terenurilor arabile, pășunilor, drumurilor de interes județean, căilor ferate (Tabel 5).

La polul opus se regăsesc unele categorii care au fost supraevaluate, cum este cazul gospodăriilor și a pădurilor (Tabel 6).

Tabel 5 Comparația lungimilor de drumuri afectate în cazul analizei rezultate cu HEC-RAS și cele extrase din Planul Împotriva Inundațiilor (eng. CSDAF)

Utilizare teren	HecRas (m)	PÎI* (m)
Căi ferate	720	300
Drumuri naționale	26	-
Drumuri județene	274	300
Drumuri locale	4543	-
Străzi secundare	224	-
Drumuri de exploatare	6674	-

Tabel 6 Comparația suprafețelor afectate a terenurilor ocupate de vegetație forestieră în cazul analizei rezultate cu HEC-RAS și cele extrase din * Planul Împotriva Inundațiilor

Utilizare teren	Hec-Ras (ha)	CSDAF* (ha)
Pădure	15.25	150
Total	15.25	150

Realizând o medie a construcțiilor prezente într-o gospodărie, reiese faptul că o singură gospodărie, are, în medie, o locuință și două, maxim trei construcții anexe. Dacă fiecare gospodărie ar avea câte o singura locuință, ar rezulta că la producerea unei inundații cu un debit de 190 m³/s sau 110 m³/s ar fi afectate 28 de locuințe, lucru supraevaluat, dacă este să facem comparație cu benzile de inundabilitate generate în mediul GIS, unde sunt afectate doar 2 locuințe. În același timp, cu o medie de 2 construcții anexe/gospodărie, ar rezulta faptul că ar fi afectate în total 56 de construcții anexe, comparativ cu 3 construcții anexe rezultate din mediul GIS. Numărul de construcții anexe afectate este, din nou, supraevaluat în Planul Împotriva Inundațiilor.

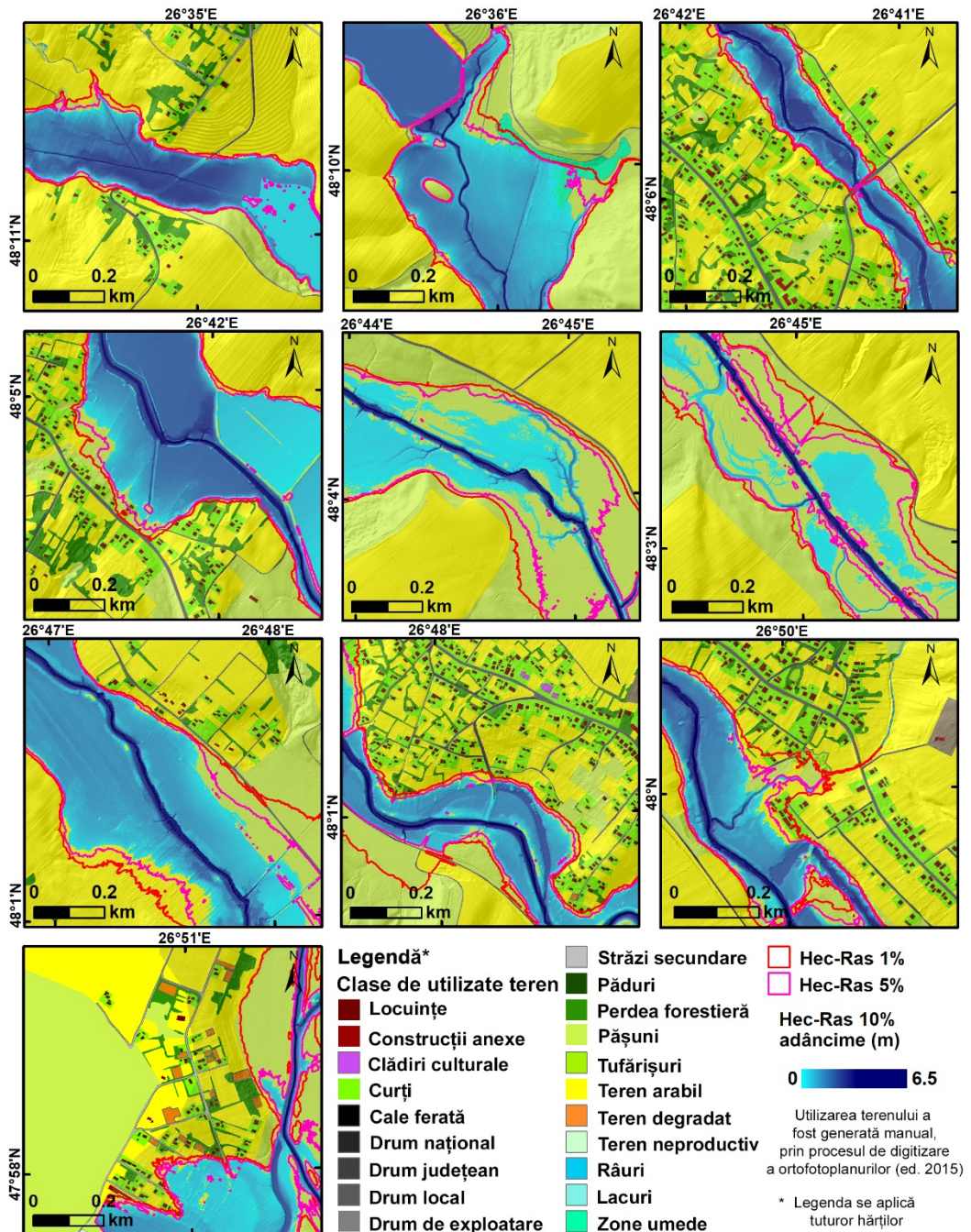


Figura 4 Exemple de zone afectate de inundații, la diferite probabilități de apariție (1%, 5% și 10%), din cadrul bazinului hidrografic al râului Podriga

Concluzii

Studiul de față a urmărit aplicarea unei metodologii de identificare a zonelor cu potențial inundabile din cadrul bazinului hidrografic al râului Podriga. Cu ajutorul programului de modelare hidrologică au fost generate trei situații ipotetice de producere a unei inundații cu diferite probabilități de apariție, de 1%, 5% și de 10%. Producerea unei inundații cu un debit istoric de 190 m³/s (cu probabilitate de apariție o dată la 100 de ani) ar putea afecta 797 ha din cadrul bazinului hidrografic studiat. Un debit de 110 m³/s (cu o probabilitate de apariție o dată la 20 de ani) ar putea afecta 672 ha a bazinului colector al râului Podriga, iar un debit de 80 m³/s (cu o probabilitate de apariție o dată la 10 ani) ar putea afecta 564 ha din întregul bazin hidrografic.

Totodată, s-a realizat extragerea suprafețelor afectate prezente în Planul Împotriva Inundațiilor, pus la dispoziție de prefectura județului Botoșani și s-a realizat o comparație a categoriilor de utilizare a terenului identificate de autoritățile regionale ca fiind supuse unui risc hidrologic, cu suprafețele supuse riscului hidrologic generate cu ajutorul programului HEC-RAS. Comparația celor două surse a scos la evidență faptul că unele categorii de utilizare a terenului au fost subevaluate în ceea ce privește riscul pe care îl dețin în fața unui fenomen hidrologic, în Planul Împotriva Inundațiilor. Categoriile precum terenurile arabile, pășunile, drumuri de interes județean și căi ferate dețin suprafețe sau lungimi mult sub rezultatul obținut de simulările HEC-RAS. La polul opus, se găsesc pădurile și gospodăriile a căror suprafață și număr au fost supraevaluate.

BIBLIOGRAFIE

- Costache R., Pravalie R., Mitof I. & Popescu C. Flood vulnerability assessment in the low sector of Sărețel cathement. Case study: Joseni village. *Carpath J Earth Environ Sci* 2015 **10**, 161–169.
- Romanescu G. Siret river basin planning (Romania) and the role of wetlands in diminishing the floods. *WIT Trans Ecol Environ* 2009, **125**, 439–453.
- Romanescu G. & Nistor I. The effect of the July 2005 catastrophic inundations in the Siret River's Lower Watershed, Romania. *Nat Hazards* 2011, **57**, 345–368.
- Romanescu G., Stoleriu C.C. & Romanescu A.M. Water reservoirs and the risk of accidental flood occurrence. Case study: Stanca-Costesti reservoir and the historical floods of the Prut river in the period July–August 2008, Romania. *Hydrol Process* 2011, **25**, 2056–2070.
- Romanescu G., Zaharia C. & Stoleriu C.C. Long-term changes in average annual liquid flow river Miletin (Moldavian Plain). *Carpathian J Earth Environ Sci* 2012, **7**, 161–170.
- Romanescu G. & Stoleriu C.C. Causes and Effects of the Catastrophic Flooding on the Siret River (Romania) in July–August 2008. *Nat Hazards* 2013b, **69**, 1351–1367.
- Romanescu G. & Stoleriu C.C. Exceptional floods in the Prut basin, Romania, in the context of heavy rains in the summer of 2010. *Nat Hazards Earth Syst Sci* 2017, **17**, 381–396.
- Romanescu G., Cimpianu C.I., Mișu-Pintilie A. & Stoleriu C.C. Historic flood events in

- NE Romania (post-1990). *J Maps* 2017, **13**, 787–798
- Romanescu G., Hapciuc O.E., Minea I. & Iosub M. Flood vulnerability assessment in the mountain–plateau transition zone: a case study of Marginea village (Romania). *J Flood Risk Manage* 2018b, **11**, 502–513.
- Dawson R.J., Speight L., Hall J.W., Djordjevic S., Savic D. & Leonardo J. Attribution of flood risk in urban areas. *J Hydroinf* 2008, **10**, (4), 275.
- Jonkman S.N., Vrijling J.K. & Vrouwenvelder A.C.W.M. Methods for the estimation of loss of life due to floods: a literature review and a proposal for a new methods. *Nat Hazards* 2008, **46**, 353–389.
- Patel C.G. & Gundaliya P. J. Floodplain delineation using HEC-RAS model – A case study of Surat city. *Open Journal of Modern Hydrology* 2016, **6**, 34–42 . doi: 10.4236/ojmh.2016.61004.
- Kourgialas N. & Karatzas G. Flood management and a GIS modelling method to assess flood-hazard areas – a case study. *Hydrol Sci J* 2011, **56**, (2), 212–225.
- Salit F., Zaharia L. & Beltrando G. Assessment of the warning system against floods on a rural area: the case of the lower Siret River (Romania). *Nat Hazards Earth Syst Sci* 2013, **13**, 409–416.
- Urzica A., Miha-Pintilie A., Hutanu E., Ghindaoanu V. B., Albu L. M. Using GIS methods for modelling exceptional flood events in Baseu river basin, NE Romania, *Geobalcanica 4th International Scientific Conference*, 15-16 mai 2018, Ohrid, Republic of Macedonia, pp. 463 – 471.
- Hutanu E., Miha-Pintilie A., Urzica A. The use of GIS techniques for obtaining potentially floodable surfaces in the jijia floodplain, *Geobalcanica 4th International Scientific Conference*, 15-16 mai 2018, Ohrid, Republic of Macedonia, pp. 473 – 480.
- Ghindaoanu V. B., Hutanu E., Urzica A. The GIS modeling of the terrain favorability for the placement of constructions in the areas with hydrogeomorphological risk, *Geobalcanica 4th International Scientific Conference*, 15-16 mai 2018, Ohrid Republic of Macedonia, pp. 22 – 30.
- Enea A., Urzica A., Breaban I. G. Remote sensing, GIS and HEC-RAS techniques, applied for flood extent validation, based on LANDSAT imagery, LIDAR and hydrological data. Case study: Bașeu river, Romania, *J. of Environmental Protection and Ecology*, vol 19 (3), 2018 *** County Scheme of Defence Against Flooding (online),, http://www.prefecturabotosani.ro/urgent_a/Plan%20jud.Botosani%202014%20-%202017.pdf (accessed 19 September, 2018)

