

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ „GHEORGHE
ASACHI” DIN IAȘI**



ANALIZA CALITĂȚII APEI ÎNTR-UN SISTEM RÂU-LAC

– REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT –

Doctorand:

ing. Lavinia Tataru

Conducător de doctorat:

prof.univ.dr.ing. Florian Stătescu

IAȘI, 2024

CUPRINS

Lista figurilor.....	i
Lista abrevierilor.....	iii
CAPITOLUL 1. INTRODUCERE.....	7
1.1. Generalități privind resursele de apă de suprafață	7
1.2. Clasificarea calității apelor de suprafață	8
1.3. Metodologii și surse de cercetare	10
1.4. Obiectivele cercetării	10
CAPITOLUL 2. METODOLOGIA CERCETĂRII CALITĂȚII APELOR DE SUPRAFAȚĂ..	11
2.1. Selectarea parametrilor de calitate analizați.....	11
2.2. Modelarea matematică și numerică a transportului și dispersiei poluanților	12
CAPITOLUL 3. DESCRIEREA ZONEI DE CERCETARE	14
3.1. Sistemul Râul Vaslui – Lacul de acumulare Solești	14
3.2. Sistemul Râul Stavnic – Lacul de acumulare Căzănești	15
3.3. Sistemul Râul Bahlui – Lacul de acumulare Pârcovaci	15
CAPITOLUL 4. ANALIZA IMPACTULUI EVENIMENTELOR EXTREME ASUPRA CALITĂȚII APEI ÎN LACURI ȘI RÂURI.....	17
4.1. Analiza inundațiilor, secetelor și incendiilor la nivel global.....	17
4.2. Analiza debitelor în sistemele Râul Bahlui-Lacul Pârcovaci, Râul Stavnic-Lacul Căzănești și Râul Vaslui-Lacul Solești	23
CAPITOLUL 5. MODELAREA REGIMULUI HIDRAULIC ÎN SISTEMUL RÂUL BAHLUI – LACUL DE ACUMULARE PÂRCOVACI	28
5.1. Modelarea regimului hidraulic al râului Bahlui cu ajutorul programului MIKE 11	29
5.2. Rezultatele simulării.....	31

CAPITOLUL 6. STUDII DE CAZ. REZULTATE ȘI DISCUȚII	34
6.1. Factori ai degradării calității apei.....	34
6.2. Monitorizarea calității apei	35
6.2.1. Analiza regimului termic și acidifierea	36
6.2.1.1. Temperatura apei	36
6.2.1.2. pH-ul apei.....	37
6.2.2. Analiza regimului oxigenului	38
6.2.2.1. Oxigenul dizolvat.....	38
6.2.2.2. Consumul biochimic de oxigen	39
6.2.3. Analiza nutrienților.....	41
6.3. Calculul indicelui de calitate a apei (WQI).....	42
6.4. Cercetări experimentale și rezultate privind calitatea apei în sistemul Râul Kortówka – Lacul Kortowskie, Polonia	44
6.4.1. Zona de studiu	44
6.4.2. Rezultate și discuții	45
CAPITOLUL 7. CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII.....	48
7.1. Concluzii generale.....	48
7.2. Limitările lucrării	50
7.3. Contribuții personale.....	51
7.4. Activitatea științifică	51
Bibliografie selectivă	53

Lista figurilor

Figura 3.1. Prezentare generală a bazinului hidrografic al râului Vaslui (a)	14
Figura 3.2. Prezentare generală a bazinului hidrografic al râului Stavnic	15
Figura 3.3. Prezentare generală a bazinului hidrografic al râului Bahlui	16
Figura 4.1. Indicele de severitate și acoperire a secetei în vestul Statelor Unite ale Americii pentru perioada 2000-2022	18
Figura 4.2. Evoluția secetei în bazinul hidrografic al râului Colorado pentru perioada 2000-2022.....	19
Figura 4.3. Evoluția secetei în Statele Unite ale Americii pentru perioada 2000-2022.....	20
Figura 4.4. Evoluția secetei în Regiunile Climatice ale Statelor Unite ale Americii pentru perioada 2000-2024	21
Figura 4.5. Măsuri pentru atenuarea impactului negativ asupra calității apei în urma unui incendiu de vegetație.....	23
Figura 4.6. Repartiția stațiilor hidrometrice pe râurile Vaslui, Stavnic și Bahlui.....	24
Figura 4.7. Debitul medii anuale înregistrate în perioada 2010-2021 pe râul Vaslui	25
Figura 4.8. Debitul medii anuale înregistrate în perioada 2010-2021 pe râul Stavnic.....	25
Figura 4.9. Debitul medii anuale înregistrate în perioada 2010-2021 pe râul Bahlui	26
Figura 4.10. Tendințele pe termen lung (2010-2021) ale debitului la stațiile de monitorizare selectate	27
Figura 5.1. Fișierul de simulare cu prezentarea modelelor de baza ale softului Mike 11	28
Figura 5.2. Fișierul de simulare și integrarea fișierelor necesare pentru modelare	29
Figura 5.3. Fișierul rețelei hidrografice	30
Figura 5.4. Fișierul secțiunilor transversale.....	30
Figura 5.5. Vizualizarea nivelului apei în profil longitudinal.....	31
Figura 5.6. Vizualizarea nivelului apei în secțiune transversală.....	31
Figura 5.7. Hietograma ploii înregistrată la stația pluviometrică din iulie 2008, utilizată pentru calibrarea modelului	32
Figura 5.8. Hietograma ploii înregistrată la stația pluviometrică din aprilie 2008, utilizată pentru validarea modelului	32
Figura 5.9. Calibrarea modelului pentru evenimentul hidrologic din iulie 2008.....	33
Figura 5.10. Validarea modelului pentru evenimentul din luna aprilie 2008	33

Figura 6.1. Amplasarea stațiilor de monitorizare a calității apelor de suprafață de pe râul Bahlui	35
Figura 6.2. Amplasarea stațiilor de monitorizare a calității apelor de suprafață de pe râul Stavnic și râul Vaslui.....	36
Figura 6.3. Evoluția valorilor medii anuale ale temperaturii apei în secțiunile de monitorizare de pe râurile Bahlui, Stavnic și Vaslui (2019-2022)	37
Figura 6.4. Evoluția valorilor medii anuale ale pH-ului în secțiunile de monitorizare de pe râurile Bahlui, Stavnic și Vaslui (2019-2022)	38
Figura 6.5. Evoluția valorilor medii anuale ale concentrației de oxigen dizolvat în secțiunile de monitorizare de pe râurile Bahlui, Stavnic și Vaslui (2019-2022)	39
Figura 6.6. Evoluția valorilor medii anuale ale concentrației de consum biochimic de oxigen în secțiunile de monitorizare de pe râurile Bahlui, Stavnic și Vaslui (2019-2022)	40
Figura 6.7. Evoluția valorilor medii anuale ale concentrației de azot total în secțiunile de monitorizare de pe râurile Bahlui, Stavnic și Vaslui (2019-2022)	41
Figura 6.8. Evoluția valorilor medii anuale ale concentrației de fosfor total în secțiunile de monitorizare de pe râurile Bahlui, Stavnic și Vaslui (2019-2022)	42
Figura 6.9. Evoluția Indicilor WQI pentru secțiunile de monitorizare de pe râurile Bahlui, Stavnic și Vaslui (2019-2022).....	43
Figura 6.10. Lacul Kortowskie și amplasarea punctelor în care au fost realizate măsurătorile pe râul Kortówka	45
Figura 6.11. Dinamica conținutului de nutrienți în apa râurilor Kortówka (P1-P6) și Łyna (P7 și P8) pentru anii 2018 și 2019	46

Lista abrevierilor

DESWAT	Sistemul Informațional Decizional Integrat în cazul Dezastrelor Provocate de Ape
DHI	Danish Hydraulic Institute
GEMS	Programul Global de Monitorizare a Mediului pentru Apă
HD	Hydrodynamic Model (modul hidrodinamic)
HEI	Heavy Metal Evaluation Index (Indicele de Evaluare a Metalelor Grele)
HPI	Heavy Metal Pollution Index (Indicele de Poluare cu Metale Grele)
NDMC	National Drought Mitigation Center (Centrul Național de Atenuare a Secetei)
PDSI	Palmer Drought Severity Index (Indicele Palmer de Severitate a Secetei)
SPI	Standardized Precipitation Index (Indicele Standardizat al Precipitațiilor)
SUA	Statele Unite ale Americii
UNEP	Programului Națiunilor Unite pentru Mediu
WQI	Water Quality Index (Indicele de Calitate a Apei)

CAPITOLUL 1. INTRODUCERE

1.1. Generalități privind resursele de apă de suprafață

Cea mai importantă resursă este apa, esențială atât pentru susținerea și evoluția vieții pe Pământ, cât și pentru dezvoltarea economică. Disponibilitatea și calitatea apelor de suprafață sunt deosebit de importante pentru o varietate de scopuri, inclusiv ecosistemele acvatice, alimentarea cu apă potabilă, irigații, generarea de energie hidroelectrică, navigație, recreere și diverse activități industriale (Varduca, 1999; Axinte, 2017; Chihăiței, 2017; Talukdar și colab., 2023).

Poluarea apei poate fi naturală, cauzată de interacțiunea apei cu atmosfera, litosfera și organismele vii, sau artificială, determinată de deversările de ape uzate și alte reziduuri. În funcție de natura poluantului, poluarea se clasifică în poluare fizică, chimică și biologică. De asemenea, sursele de poluare se împart în punctiforme și difuze, diferențiate prin modul de descărcare în emisar. Sursele punctiforme, precum deversările prin conducte, pot fi monitorizate și controlate mai ușor, în timp ce sursele difuze, provenind din activități precum agricultura, sunt dificil de gestionat direct. Deversările necontrolate de ape uzate, epurarea insuficientă a apelor uzate sau utilizarea excesivă a pesticidelor au un impact negativ asupra calității apei și biodiversității, atât pe termen scurt, cât și pe termen lung. Principalele materii poluante includ substanțele organice și anorganice, care afectează negativ oxigenarea apei și sănătatea organismelor acvatice prin procese de bioacumulare și toxicitate. Efectele poluării variază în funcție de tipul de utilizare a corpului de apă, intensitatea și natura poluării, poziția geografică și caracteristicile geomorfologice ale corpurilor de apă, fiind mai mult sau mai puțin vizibile în funcție de acești factori (Popa, 1998; Munteanu și colab., 2011; Axinte, 2017; Chihăiței, 2017; Momeu și colab., 2018; Gîlcă, 2019).

În funcție de modul de manifestare, se pot identifica două tipuri de poluare (Momeu și colab., 2018):

- 1. Poluare acută:** un incident brusc care perturbă ecosistemele acvatice.
- 2. Poluare cronică:** un impact de lungă durată, ce afectează treptat ecosistemele acvatice și poate duce la distrugerea acestora.

În funcție de cauzele care o produc, poluarea apei poate fi clasificată astfel (Popa, 1998; Axinte, 2017; Momeu și colab., 2018; Țuchiu, 2018; Frîncu, 2020):

- 1. Poluare naturală:** cauzată de factori naturali, cum ar fi depunerea de frunze și ramuri în albiile râurilor ce traversează zone împădurite sau impurificarea apelor cu sedimente în timpul furtunilor.
- 2. Poluare artificială sau antropică:** determinată de activități umane și clasificată în:
 - poluare fizică;
 - poluare chimică;
 - poluare biologică.

Cercetătorii au ajuns la concluzia că schimbările climatice pot afecta disponibilitatea și calitatea resurselor de apă de suprafață prin modificarea tiparelor de precipitații, topirea ghețarilor și creșterea frecvenței fenomenelor meteorologice extreme, cum ar fi inundațiile, secetele și incendiile (DePalma-Dow și colab., 2022; Talukdar și colab., 2023).

Schimbările climatice rapide din ultima sută de ani se datorează în principal creșterii populației, dezvoltării industriei și agriculturii, dar și lipsei măsurilor de protecție a mediului sau a fondurilor pentru lucrările de restaurare a râurilor și lacurilor (Cojoc, 2016; Gîlcă, 2019).

Creșterea populației a amplificat cerințele asociate pentru apă dulce și modificările aduse terenurilor, contribuind la scăderea calității apei și la diminuarea disponibilității acesteia, amenințând societățile umane și ecosistemele acvatice. Aceste realități ne determină să găsim soluții pentru îmbunătățirea calității apei (Chihăiței, 2017; Momeu și colab., 2018; Gîlcă, 2019).

Îmbunătățirea calității apei din lac este dificilă, mai ales în sistemele râu-lac, unde eliminarea tuturor surselor de poluare reprezintă o provocare. În aceste sisteme, elementele comune ale râurilor și lacurilor sunt interconectate, iar modificările parametrilor fizico-chimici, biologici și hidrologici generează influențe reciproce semnificative, având un impact considerabil asupra echilibrului ecosistemului (Rosińska și colab., 2022).

1.2. Clasificarea calității apelor de suprafață

Calitatea apelor de suprafață este clasificată pe baza unor parametri chimici, fizici, biologici și microbiologici, care sunt stabiliți prin legislație. Clasificarea parametrilor semnificativi utilizați pentru măsurarea stării resurselor de apă poate fi realizată în funcție de mai mulți factori, inclusiv originea și caracteristicile acestor parametri, precum și impactul lor asupra calității apei și a ecosistemelor acvatice (Varduca, 1999; Kwon și Jo, 2023).

În România, această clasificare este reglementată de Ordinul ministrului mediului și gospodăririi apelor nr. 161 din 16 februarie 2006 pentru aprobarea Normativului privind clasificarea calității apelor de suprafață în vederea stabilirii stării ecologice a corpurilor de apă. Clasificarea are ca scop evaluarea și monitorizarea stării apelor pentru a proteja și îmbunătăți calitatea acestora (Axinte, 2017; Frîncu, 2020).

Clasele de calitate a apelor de suprafață sunt:

- **Clasa I** – *Apă de calitate foarte bună.*
- **Clasa II** – *Apă de calitate bună.*
- **Clasa III** – *Apă de calitate moderată.*
- **Clasa IV** – *Apă de calitate slabă.*
- **Clasa V** – *Apă de calitate foarte slabă.*

Principalii parametri utilizați pentru clasificare sunt (Popa, 1998; Varduca, 1999; Axinte, 2017; Frîncu, 2020):

- hidrologici: debit, nivel;
- morfologici: adâncime, lățime, structura și substratul patului albiei, structura zonei riverane;
- organoleptici: culoare, gust, miros;
- fizici: temperatură, pH, conductivitate electrică, turbiditate, transparență;
- chimici: regimul oxigenului, nutrienți, metale, calciu, magneziu, sodiu, potasiu, sulfați, cloruri, poluanți organici și anorganici;
- biologici: fitoplancton, zooplancton, faună bentonică și pești;
- microbiologici: bacterii coliforme, streptococi;
- radioactivi: particule α (nuclee de heliu de mare viteză) și β (electroni de mare viteză); raze γ și x (radiație electromagnetică cu lungime de undă scurtă); neutroni (particule fără sarcină electrică).

Rezultatele clasificării sunt esențiale pentru planificarea gestionării apelor, inclusiv pentru respectarea directivelor europene și naționale privind protecția mediului. Această clasificare ajută la identificarea surselor de poluare și la luarea măsurilor corespunzătoare pentru protejarea ecosistemelor acvatice și a sănătății umane.

Clasificarea stării apelor conform Directivei-cadru privind apa (2000/60/CE) reprezintă un proces complex și cuprinzător de evaluare a calității ecologice și chimice a apelor de suprafață. Directiva-cadru

privind apa (DCA) a fost adoptată de Uniunea Europeană pentru a stabili un cadru comun de politică privind gestionarea durabilă a resurselor de apă și pentru a asigura o bună stare a tuturor corpurilor de apă până la un anumit termen (Munteanu și colab., 2011; Popoiu, 2017; Frîncu, 2020).

Directiva urmărește prevenirea deteriorării stării apelor și îmbunătățirea sau menținerea acesteia, obiectivul fiind ca toate corpurile de apă să atingă o stare bună până la termenul stabilit, cu excepțiile permise de Directivă. Totodată, Directiva promovează utilizarea durabilă a resurselor de apă, ținând cont de nevoile ecologice, economice și sociale.

Prin caracterizarea stării apelor conform Directivei-cadru, statele membre ale Uniunii Europene își coordonează eforturile pentru a proteja resursele de apă și pentru a asigura gestionarea durabilă a acestora în beneficiul generațiilor prezente și viitoare (Munteanu și colab., 2011; Popoiu, 2017; Frîncu, 2020).

Conform Directivei, evaluarea stării apelor de suprafață se bazează pe două componente principale: starea ecologică și starea chimică. Aceste două aspecte sunt esențiale pentru a determina starea generală a unui corp de apă și pentru a stabili măsuri adecvate de gestionare și protecție (Varduca, 2000; Munteanu și colab., 2011; Popoiu, 2017; Axinte, 2017; Chihăiței, 2017; Frîncu, 2020):

1. Starea ecologică/potențialul ecologic

Starea ecologică a apelor, respectiv potențialul ecologic al apelor, reprezintă un indicator al sănătății ecosistemului acvatic și reflectă impactul activităților umane asupra acestuia. Evaluarea stării ecologice pentru râuri și lacuri ia în considerare elemente biologice, hidromorfologice și fizico-chimice.

Clasificarea stării ecologice pentru râuri și lacuri naturale:

- **stare ecologică foarte bună:** ecosistemul este aproape de starea sa naturală, cu impact uman minim;
- **stare ecologică bună:** ușoare deviații față de starea naturală, dar ecosistemul funcționează aproape normal;
- **stare ecologică moderată:** modificări semnificative ale ecosistemului, dar cu o funcționare ecologică relativ stabilă;
- **stare ecologică slabă:** ecosistemul este puternic modificat, cu funcționare ecologică limitată;
- **stare ecologică proastă:** ecosistemul este grav deteriorat, cu disfuncții ecologice majore.

Pentru lacuri, se va ține seama și de gradul de trofie, celor 5 stări ecologice corespunzându-le 5 grade de trofie: ultraoligotrof, oligotrof, mezotrof, eutrof și hipertrof.

Pentru ecosistemele acvatice artificiale sau modificate ireversibil se stabilesc: potențialul ecologic foarte bun (E), bun (B) sau moderat (M).

2. Starea chimică

Starea chimică evaluează prezența și concentrația poluanților periculoși în apa de suprafață, comparativ cu standardele de calitate pentru mediu. Aceasta se concentrează pe poluanții prioritari și alte substanțe periculoase care au efecte nocive asupra sănătății umane și a mediului. Poluanții prioritari pătrund în sursele de apă de suprafață prin diverse procese, cum ar fi transportul în apele naturale și sol, ca urmare a scurgerilor de pe terenurile agricole, a eroziunii sau a infiltrațiilor de levigat. De asemenea, contribuie și epurarea insuficientă a apelor uzate menajere și industriale, din cauza aplicării unor tehnologii neadecvate, precum și prezența substanțelor farmaceutice și a produselor de îngrijire personală (Tataru, 2018; Gîlcă, 2019).

Evaluarea stării chimice:

- **stare chimică bună:** concentrațiile tuturor substanțelor reglementate sunt sub limitele stabilite prin standardele de calitate pentru mediu;
- **stare chimică proastă:** oricare dintre substanțele reglementate depășește limitele stabilite.

O stare chimică bună este esențială pentru protecția sănătății umane, a ecosistemelor acvatice și a utilizării durabile a apei. Starea chimică necorespunzătoare poate duce la restricții privind utilizarea apei și poate necesita măsuri de remediere semnificative.

Conform Directivei-cadru privind apa, pentru ca un corp de apă să fie considerat în stare globală bună, acesta trebuie să atingă atât o **stare ecologică bună**, cât și o **stare chimică bună**. În cazul în care unul dintre aceste aspecte nu este satisfăcător, corpul de apă nu va îndeplini cerințele Directivei și va necesita măsuri de management pentru a atinge obiectivele de calitate.

1.3. Metodologii și surse de cercetare

Pentru realizarea acestei lucrări a fost necesară prelucrarea și interpretarea datelor meteorologice și hidrologice pentru intervalul de timp 2010-2022 și a datelor de calitate a apelor pentru intervalul de timp 2019-2022, obținute de la Administrația Bazinală de Apă Prut-Bârlad, S.C. ANTIBIOTICE S.A., S.C. Termo-Service S.A. – Divizia termoficare, dar și consultarea unei game variate de materiale și lucrări științifice. Toate lucrările revizuite sunt adăugate în bibliografie, inclusiv cele care nu sunt citate direct în text, dar utilizate în estimările cantitative.

1.4. Obiectivele cercetării

Obiectivul principal al tezei: **Analiza multifactorială a interferențelor între fenomenele meteorologice extreme, regimul hidraulic și calitatea apei într-un sistem râu-lac.**

Obiectivele specifice includ:

- 1. Evaluarea calității apei:** Determinarea nivelurilor de poluanți și indicatorilor de calitate a apei pentru a evalua starea generală a calității apei într-un sistem râu-lac.
- 2. Studiarea efectelor hidrologice ale fenomenelor extreme asupra calității apei:** Evaluarea influenței variațiilor hidraulice asupra parametrilor de calitate a apei (ex. oxigen dizolvat, nutrienți, poluanți organici și anorganici).
- 3. Monitorizarea schimbărilor în timp:** Urmărirea variațiilor calității apei pe parcursul timpului pentru a identifica tendințe și modificări semnificative.
- 4. Identificarea surselor de poluare:** Localizarea și caracterizarea surselor de poluare care pot afecta calitatea apei într-un sistem râu-lac.
- 5. Modelarea interacțiunilor dintre fenomenele meteorologice și regimul hidraulic:** Dezvoltarea unui model predictiv pentru a simula efectele posibile ale fenomenelor meteorologice extreme.
- 6. Evaluarea impactului activităților umane:** Examinarea efectelor activităților umane, precum agricultura, industria și urbanizarea, asupra calității apei dintr-un sistem râu-lac.
- 7. Asigurarea conformității cu standardele de calitate a apei:** Compararea rezultatelor analizelor cu standardele de calitate a apei pentru a evalua dacă apa respectă normele de siguranță și protecție a sănătății publice.

CAPITOLUL 2. METODOLOGIA CERCETĂRII CALITĂȚII APELOR DE SUPRAFAȚĂ

Evaluarea impactului poluării resurselor de apă poate fi realizată de către specialiști prin compararea stării actuale cu obiectivele de calitate stabilite sau prin utilizarea modelelor de calitate a apei (Popoiu, 2017).

Un rol determinant asupra stării de sănătate a mediului îl are agricultura. La nivel mondial, aproximativ 70% din utilizarea apei dulci o reprezintă irigațiile. Astfel, devine necesară dezvoltarea modelelor de simulare pentru evaluarea impactului diferitelor planuri de aplicare a irigațiilor, atât pentru creșterea randamentului culturilor, cât și pentru economisirea apei (Pinto și colab., 2014).

Utilizarea și valorificarea resurselor de apă sunt influențate atât de limitările cantitative și de distribuția neuniformă în spațiu și timp, cât și de necesitatea menținerii unor standarde adecvate de calitate, având în vedere situația României printre țările europene cu resurse de apă relativ reduse. Modelele de calitate a apei joacă un rol esențial în stabilirea și monitorizarea limitelor indicatorilor de calitate, permițând o evaluare detaliată a impactului poluării și facilitând luarea de decizii informate. Prin analiza acestor modele, specialiștii pot adapta limitele indicatorilor în funcție de condițiile specifice fiecărui bazin hidrografic, contribuind astfel la protejarea resurselor de apă (M.M., 1992; Popa, 1998).

2.1. Selectarea parametrilor de calitate analizați

Selectarea parametrilor de calitate pentru analiza apelor de suprafață este esențială pentru evaluarea stării ecologice și chimice a acestor ape. Acești parametri sunt aleși pentru a oferi o imagine completă a calității apei și pentru a identifica eventualele surse de poluare. În funcție de obiectivele monitorizării, acești parametri pot include parametri fizico-chimici, biologici, microbiologici, precum și parametri specifici de poluare.

Temperatura apei

Temperatura este un parametru semnificativ al calității apei, care se exprimă în °C, influențând procesele biologice, densitatea și vâscozitatea apei, stratificarea și nivelurile de oxigen dizolvat. Analiza tendinței temperaturii apei oferă o imagine de ansamblu asupra deteriorării calității apei. Chimia apei este puternic influențată de temperatura sa, iar reacțiile chimice tind să devină mai rapide pe măsură ce temperatura crește. Creșterea temperaturii accelerează procesul de degradare a ecosistemelor acvatice. Pe măsură ce crește temperatura și microorganismele mor este promovată descompunerea și mineralizarea materiei organice, influențând dizolvarea, transformarea, difuzia și acumularea nutrienților (Momeu și colab., 2018; DePalma-Dow și colab., 2022; Li și colab., 2023).

Temperatura apelor de suprafață este strâns legată de temperatura aerului și variază între 0 și 35°C. Depășirea pragului de 35°C favorizează o creștere accelerată a agenților patogeni, iar temperaturile ridicate, peste 40°C, sunt letale pentru majoritatea organismelor acvatice. Din acest motiv, multe țări limitează creșterea temperaturii apei deversate în râuri la un maxim de 5°C peste temperatura naturală, pentru a proteja biodiversitatea locală (Popa, 1998; Munteanu și colab., 2011; Strokal și colab., 2019; Frîncu, 2020).

pH

În mod obișnuit, apele naturale au un pH cuprins între 6,5 și 8,5, în timp ce apa pură are un pH neutru, de 7. Se exprimă în unități de pH. Determinarea pH-ului se face cu ajutorul unor substanțe denumite indicatori de pH, care își schimbă culoarea în funcție de concentrația ionilor de hidrogen

prezenți în apă. Concentrația acestor ioni este esențială, deoarece influențează reactivitatea și agresivitatea apei, precum și capacitatea acesteia de a susține viața diferitelor organisme acvaticе. Valorile pH-ului variază în funcție de compoziția chimică a apei, influențată de prezența acizilor, sărurilor și altor substanțe rezultate din procesele de eroziune, din compoziția rocilor și din sursele de poluare (Popa, 1998; Romanescu, 2008; Munteanu și colab., 2011; Popoiu, 2017; Țuchiu, 2018; Frîncu, 2020).

Regimul oxigenului

Parametrii regimului de oxigen includ: oxigenul dizolvat, saturația în oxigen, consumul biochimic de oxigen (CBO₅). Cantitatea de oxigen dizolvat se exprimă în ml/l, mg/l sau ca procent (%) indicând gradul de saturație (Momeu și colab., 2018; Frîncu, 2020).

Oxigenul dizolvat este un alt parametru semnificativ al calității apei. Diferiți factori, precum temperatura apei, presiunea atmosferică, debitul, transparența și turbulența apei, respirația organismelor acvaticе, fotosinteza plantelor acvaticе, nutrienții, pH-ul și salinitatea, pot contribui la modelarea concentrațiilor de oxigen dizolvat, influențând indirect calitatea apei (Neary și colab., 2005; Momeu și colab., 2018; Țuchiu, 2018; Azha și colab., 2023; Li și colab., 2023).

Epuizarea oxigenului se datorează creșterii activităților bacteriene și a altor organisme care consumă oxigen în timpul respirației, precum și poluanților prezenți în apele uzate menajere și industriale sau scurgerilor de pe terenurile agricole (Azha și colab., 2023; Mechal și colab., 2024).

Nutrienți

Nutrienții (azotul și fosforul) sunt esențiali pentru procesele metabolice ale organismelor vii. Azotul (mg N/l) se găsește în diferite forme, precum azotul mineral (amoniu, azotiți sau nitriți, azotați sau nitrați) și azotul organic (aminoacizi). Fosforul (mg P/l) apare sub formă de ortofosfați solubili, fosfați condensați (piro-, meta- și alți polifosfați) și fosfați organici. Acești nutrienți joacă un rol crucial în menținerea echilibrului ecosistemelor acvaticе, însă, în concentrații ridicate, pot duce la eutrofizare, în special în sezonul cald (Varduca, 2000; Momeu și colab., 2018; Frîncu, 2020; Mechal și colab., 2024).

Aceste elemente sunt vitale pentru viața acvatică, însă echilibrul lor trebuie menținut pentru a preveni degradarea calității ecosistemelor (Momeu și colab., 2018; Frîncu, 2020).

2.2. Modelarea matematică și numerică a transportului și dispersiei poluanților

Modelele numerice sunt reprezentări matematice ale fenomenelor reale, realizate prin intermediul ecuațiilor matematice și transpuse în formate aplicabile pentru simulări pe calculator. Aceste modele pot varia în complexitate, de la simplificări unidimensionale cu ecuații cu derivate parțiale nelineare, până la ecuații parțial linearizate sau chiar reprezentări de ordin zero, în care procesele sunt descrise de ecuații diferențiale ordinare.

După stabilirea reprezentării matematice adecvate, aceasta este convertită într-un model numeric, prin algoritmi specifici fiecărui tip de problemă. Sistemele de ecuații cu derivate parțiale pot fi rezolvate prin diferite metode numerice, cum ar fi schemele în diferențe finite (explicite sau implicite) și metodele integrale, cum ar fi metoda elementelor finite sau a volumelor finite. Aceste abordări permit simularea detaliată a proceselor fizice, oferind o bază pentru analiza și prognoza fenomenelor complexe în diverse domenii, de la hidrologie până la inginerie (Popa, 1998).

De-a lungul anilor, cunoștințele despre calitatea apei au fost obținute în principal prin intermediul modelelor fizice. Totuși, știința modernă pune un accent deosebit pe dezvoltarea modelelor matematice, care au devenit dominante în acest domeniu (Popa, 1998; Popoiu, 2017).

Modelarea matematică este utilizată pentru a prezice mișcarea, evoluția și proprietățile de dispersie ale substanțelor poluante, precum și pentru identificarea activităților poluante (Benchea, 2012; Țuchiu, 2018). Metodele de modelare sunt în continuă dezvoltare și pot fi de tip computerizat, conceptual sau de simulare (Varduca, 2000).

Modelele matematice sunt împărțite în categorii, pe baza diferitelor criterii, astfel (Varduca, 2000; Popoiu, 2017):

1. Modele empirice și mecanice:

- modelele empirice se bazează pe date experimentale și sunt utilizate pentru suprafața și perioada de timp în care aceste date au fost obținute;
- modelele mecanice sunt bazate pe principii teoretice și relații matematice.

2. Modele de simulare și de optimizare:

- modelele de simulare sunt concepute pentru a descrie principiul de funcționare al unui sistem;
- modelele de optimizare sunt utilizate pentru a găsi cea mai bună soluție în contextul unor constrângeri, cum ar fi costurile necesare sau atingerea unei bune calități a mediului.

3. Modele statice și dinamice:

- modelele statice descriu comportamentul variabilelor constante în timp;
- modelele dinamice descriu comportamentul variabilelor care se modifică în timp.

4. Modele cu parametri concentrați și distribuiți:

- modelele cu parametri concentrați sunt a-dimensionale în spațiu și presupun condiții constante pe toată perioada de modelare;
- modelele cu parametri distribuiți descriu sisteme cu condiții variabile în una sau mai multe dimensiuni spațiale (modelele unidimensionale, modele bidimensionale și modele tridimensionale).

5. Modele deterministe și stohastice:

- modelele deterministe utilizează valori predefinite pentru toți parametrii și variabilele sistemului;
- modelele stohastice încorporează variabilitatea sistemului și posibilele erori, rezultatele fiind funcții de predicție cu probabilitate mare.

Modelarea numerică este esențială pentru simularea și înțelegerea fenomenelor complexe de inundație, oferind o reprezentare realistă a curgerii și sedimentării. Modelele unidimensionale sunt adesea preferate datorită aplicării simple și a cerințelor reduse de date, fiind un instrument valoros pentru evaluarea riscurilor de inundație (Popa, 1998; Bulti și colab., 2022).

O sinteză a publicațiilor legate de modelarea calității apei în bazinele hidrografice este oferită de Fu și colaboratorii (2020), care au evaluat progresul și au evidențiat lacune semnificative în știința și practica actuală a modelării. Printre acestea se numără complexitatea și lipsa de înțelegere a unor aspecte ale comportamentului sistemelor de apă, precum și provocări contemporane, cum ar fi „controlul calității datelor de monitorizare, parametrizarea și calibrarea modelului, gestionarea incertitudinii, nepotrivirile la scară și furnizarea de instrumente de modelare”.

Conform sintezei realizate de Fu și colaboratorii (2020), dezvoltarea modelelor de calitate a apei într-un bazin hidrografic este mai fragmentată decât în comunitatea meteorologică și climatică, din cauza diversității și influenței multiplelor discipline și domenii de cercetare implicate. Această fragmentare poate împiedica utilizarea unui limbaj comun și dificultăți în stabilirea unui consens științific în modelarea calității apei.

CAPITOLUL 3. DESCRIEREA ZONEI DE CERCETARE

3.1. Sistemul Râul Vaslui – Lacul de acumulare Solești

Râul Vaslui (Figura 3.1.), situat în estul României, izvorăște din platoul Repedea-Păun, la o altitudine de 340 m. Este un afluent de stânga al râului Bârlad și confluează cu acesta în amonte de localitatea Crasna, la o altitudine de 80 m (Jora și Romanescu, 2010).

Acumularea Solești, amplasată pe râul Vaslui, în amonte de localitatea Satu Nou, comuna Solești, județul Vaslui, controlează o suprafață de bazin hidrografic de 429 km², cu un debit mediu multianual de 0,242 m³/s. Este o acumulare permanentă, utilizată pentru alimentare cu apă, atenuarea viiturilor, piscicultura și irigații (M.M., 1992; A.N.A.R.-A.B.A. Prut-Bârlad, 2017b).

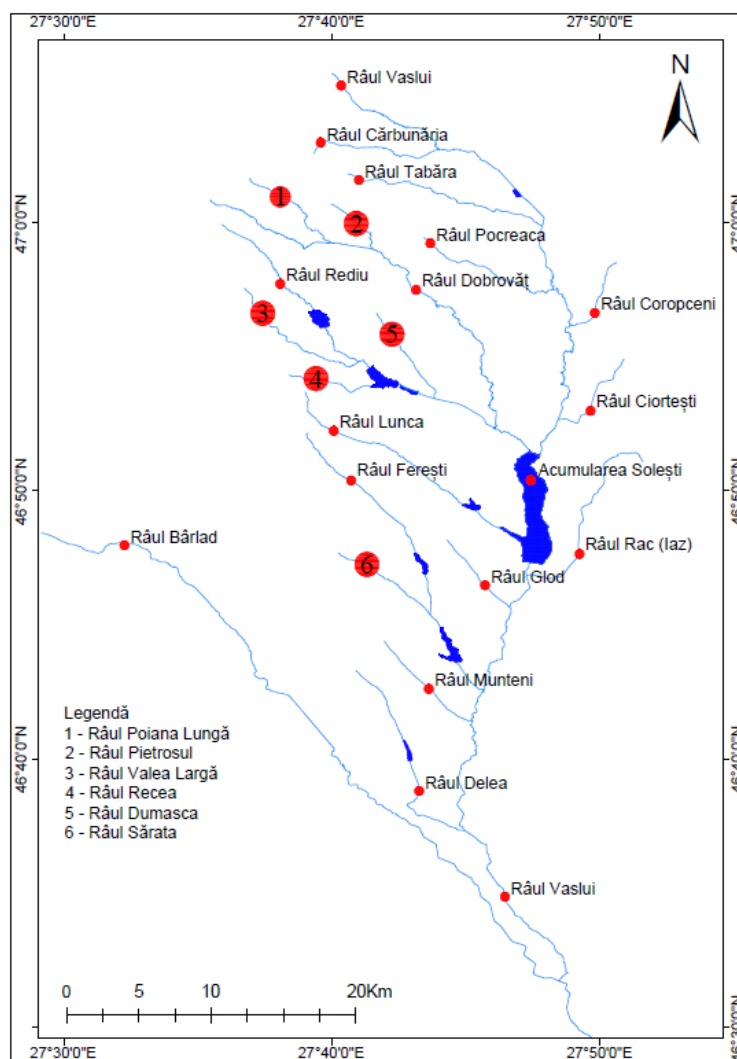


Figura 3.1. Prezentare generală a bazinului hidrografic al râului Vaslui (a)

3.2. Sistemul Râul Stavnic – Lacul de acumulare Căzănești

Râul Stavnic (Figura 3.2.), situat în estul României, este un afluent de stânga al râului Bârlad, având o lungime de 46 km, o suprafață de 212 km² și o altitudine medie de 249 m. Panta medie este de 4‰, iar coeficientul de sinuozitate, calculat în funcție de poziția izvorului, este de 1,31 (M.M., 1992).

Acumularea Căzănești, construită între anii 1972 și 1975, este amplasată pe cursul inferior al râului Stavnic, la 33,40 km aval față de izvoare și la 12,60 km amonte de confluența cu râul Bârlad.

Este o acumulare permanentă, utilizată pentru alimentare cu apă, piscicultură, irigații și protecție împotriva inundațiilor pentru localitățile situate în lunca râului Stavnic și a râului Bârlad, aval de acumulare (localitatea Parpanița), precum și pentru protejarea obiectivelor expuse la inundații din județul Vaslui, în zona orașului Negrești (A.N.A.R.-A.B.A. Prut-Bârlad, 2017a).

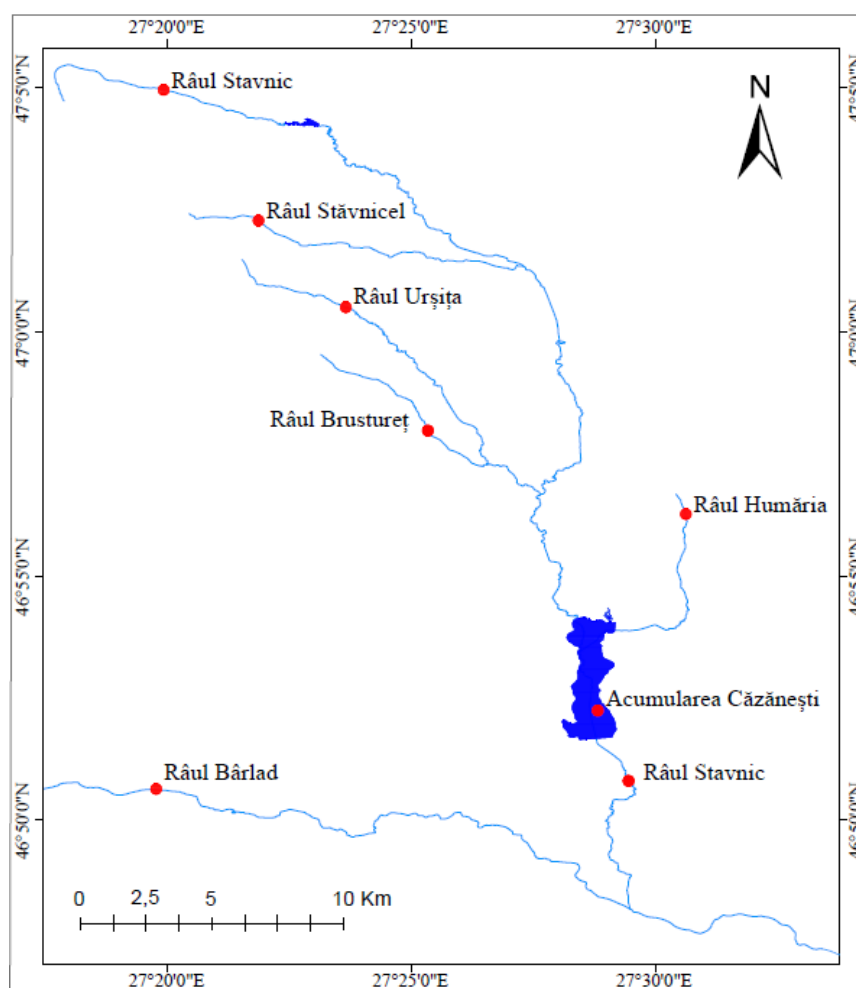


Figura 3.2. Prezentare generală a bazinului hidrografic al râului Stavnic

3.3. Sistemul Râul Bahlui – Lacul de acumulare Pârcovaci

Râul Bahlui (Figura 3.3.), situat în estul României, este principalul afluent de dreapta al râului Jijia, având un debit variabil. Este alimentat de afluenți ce izvorăsc amonte de Hârlău, dar și de un număr de pâraie de stepă ce provin dinspre Târgul Frumos. Din punct de vedere geomorfologic, zona studiată face parte din unitatea Podișul Moldovei. Caracteristica generală a râului Bahlui este prezența unei argile

grase, puternic compresibile, cu sensibilitate ridicată la umflături și contracții mari, având un indice al porilor relativ mare (M.M., 1992).

Acumularea Pârcovaci, construită între anii 1978 și 1984, este amplasată în bazinul superior al râului Bahlui, la aproximativ 18 km de izvoare. Este o acumulare permanentă, destinată în principal alimentării cu apă (pentru populație și industrie) a orașului Hârlău, având și un rol secundar în protecția împotriva inundațiilor locale (M.M., 1992; A.N.A.R.-A.B.A. Prut-Bârlad, 2018).

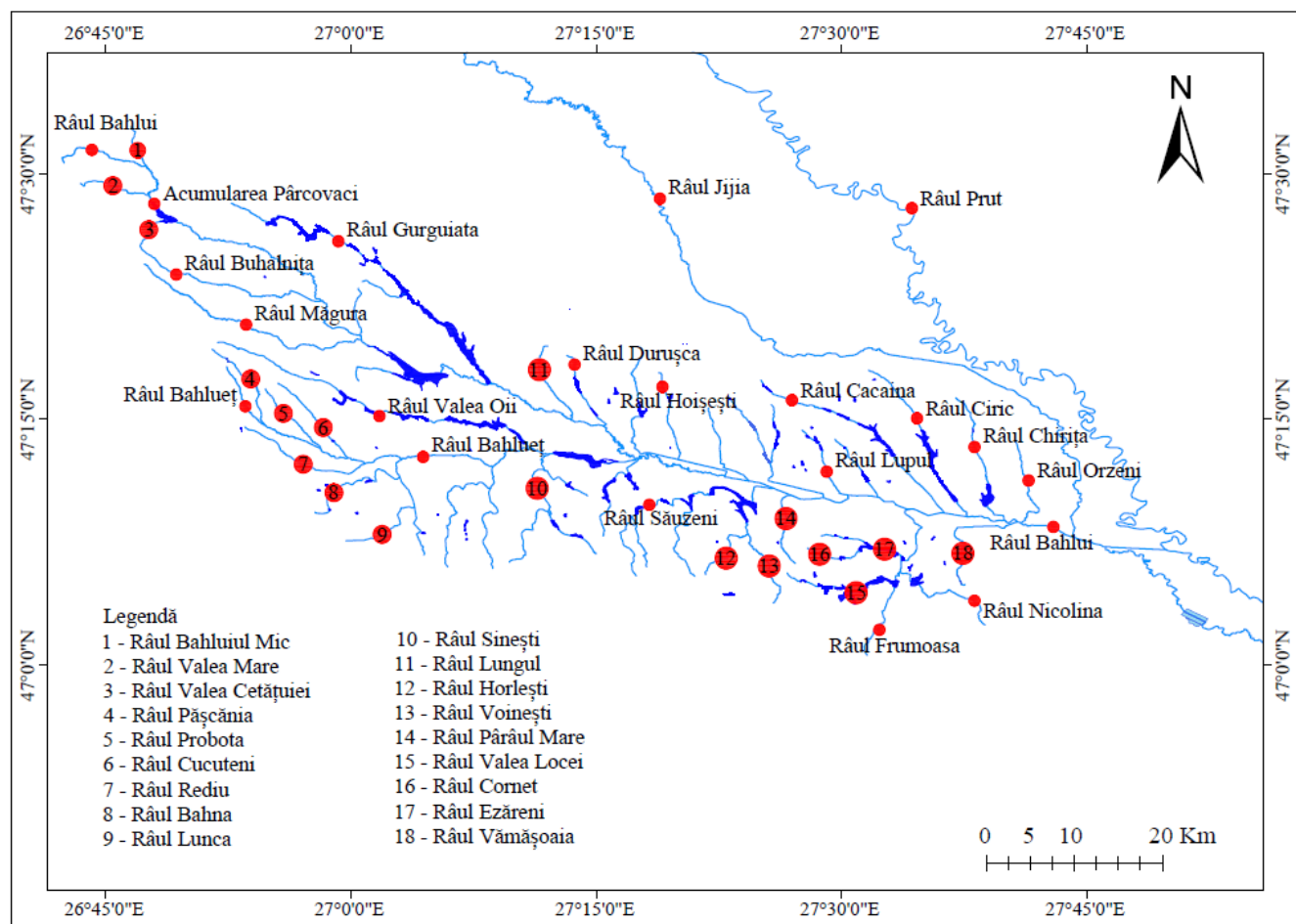


Figura 3.3. Prezentare generală a bazinului hidrografic al râului Bahlui

CAPITOLUL 4. ANALIZA IMPACTULUI EVENIMENTELOR EXTREME ASUPRA CALITĂȚII APEI ÎN LACURI ȘI RÂURI

4.1. Analiza inundațiilor, secetelor și incendiilor la nivel global

Evenimentele de precipitații extreme sunt raportate tot mai frecvent, iar cercetările asupra acestor fenomene sunt intensificate (Cojoc, 2016; Țuchiu, 2018; He și Sheffield, 2020; Ding și colab., 2022). Printre evenimentele extreme care afectează atât mediul acvatic, cât și populația se numără secete, inundații, furtuni, valuri de căldură, valuri de frig și incendii de vegetație (Heim, 2015).

La nivel global, secetele și inundațiile cauzează poluări și modificări ale morfologiei râurilor, fiind printre cele mai frecvente fenomene meteorologice periculoase și reprezentând 26%, respectiv 56%, din dezastrele legate de vreme (Țuchiu, 2018; He și Sheffield, 2020). Calitatea apei este deteriorată prin infiltrarea apei saline din oceane și mări în râurile care se revarsă în acestea, prin scăderea concentrației de oxigen dizolvat cauzată de temperaturile crescute, precum și prin creșterea încărcăturii poluante în apele de suprafață, determinată de evenimentele extreme de precipitații (Chihăiței, 2017).

Oamenii de știință susțin că secetele și inundațiile sunt consecințe ale schimbărilor climatice și chiar dacă țările dezvoltate sunt din ce în ce mai pregătite pentru a gestiona efectele schimbărilor climatice este necesară o analiză mai detaliată a anticipării calității apei, deoarece frecvența și dimensiunea acestor fenomene meteorologice extreme constituie o amenințare la adresa securității apei în țările în curs de dezvoltare. Înțelegerea impactului schimbărilor climatice este esențială pentru dezvoltarea unor strategii de adaptare, de aceea sunt efectuate predicții și simulări ale scenariilor climatice. Din cauza încălzirii globale, cea mai semnificativă schimbare climatică, se observă modificări globale ale tiparelor de precipitații: perioade lungi de secetă în timpul verii și precipitații intense concentrate în perioade scurte în timpul iernii. De asemenea, se înregistrează creșteri ale radiației solare din cauza activității ciclice a petelor solare (Aldescu, 2010; Chihăiței, 2017; Ding și colab., 2022; Fabian și colab., 2023; Torres-Ramírez și colab., 2024).

Riscul de inundații este determinat de probabilitatea producerii acestora și de gravitatea pagubelor directe pe care le pot provoca, fiind corelat cu nivelul de dezvoltare economică al unei țări. Evaluarea și gestionarea eficientă a riscurilor sunt esențiale pentru elaborarea planurilor de management al riscului la inundații, care includ măsuri de prevenire și reducere a impactului viitoarelor dezastre (Ding și colab., 2022; Wang și colab., 2023).

Impactul inundațiilor asupra calității apei este complex: inițial, diluția poate reduce concentrația poluanților, însă, în funcție de compoziția chimică a solului și de utilizarea terenurilor, cantități semnificative de poluanți, cum ar fi solide în suspensie, metale grele, nutrienți și micropoluanți organici, sunt transportate în corpurile de apă, accentuând poluarea ecosistemelor acvatice (Talukdar și colab., 2023; Razguliaev și colab., 2024).

Pentru prevenirea și atenuarea riscurilor de inundații, trebuie adoptate o serie de măsuri, cum ar fi lucrările de împădurire a versanților și corecția torenților, diminuarea suprafețelor impermeabile, restaurarea luncilor inundabile, realizarea unor lucrări de combatere a eroziunii solului și desecare, construcția de lacuri de acumulare sau diguri, sisteme avansate de avertizare timpurie (Giurma și Crăciun, 2010; Țuchiu, 2018; Ding și colab., 2022; Wang și colab., 2023), precum și îmbunătățirea strategiei de apărare împotriva inundațiilor prin analiza, monitorizarea și reevaluarea riscurilor (Aldescu, 2010).

Totuși, secetele au cel mai mare impact asupra mediului, atât din cauza suprafeței afectate, cât și a duratei evenimentului (Sheffield și Wood, 2008; Peña-Angulo și colab., 2022), precum și în ceea ce privește dimensiunea populației afectate (Wang și colab., 2020).

Impactul secetei asupra calității apei este complex și variabil spațio-temporal, deoarece fiecare episod de secetă este unic, la fel ca și efectele pe care le generează (Noel și colab., 2020; Torres-Ramírez și colab., 2024). În general, relația dintre secetă și calitatea apei poate fi evaluată prin intermediul indicilor de secetă: indicele de severitate al secetei Palmer (PDSI) și indicele standardizat de precipitații (SPI) (Fabian și colab., 2023). Indicele SPI măsoară nivelul total anual al precipitațiilor, comparându-l cu norma sau media obișnuită. Un SPI negativ semnalează că o locație a înregistrat mai puține precipitații decât media, în timp ce un SPI pozitiv indică o cantitate de precipitații mai mare decât de obicei (Talukdar și colab., 2023).

În Statele Unite, identificarea zonelor afectate de secetă se realizează prin intermediul Monitorul de Secetă, care încorporează date la diferite scale temporale pentru a descrie atât condițiile secetele pe termen scurt, cât și pe termen lung (USDAM, 2020; Noel și colab., 2020).

Monitorul de Secetă utilizează patru niveluri de severitate, de la D1 (moderată) la D4 (excepțională), și identifică, de asemenea, zonele anormal de uscate (D0), care ar putea intra sau ieși din secetă. Aceste niveluri sunt folosite pentru calcularea Indicelui de Severitate și Acoperire a Secetei (Figura 4.1.), care măsoară amploarea și severitatea pe o scară de la 0 (fără secetă) la 500 (cea mai severă categorie de secetă pe toată suprafața) (Noel și colab., 2020).

În perioada 1900-2014, întreaga suprafață a Statelor Unite ale Americii s-a confruntat periodic cu secete moderate până la extreme (Heim, 2015).



Figura 4.1. Indicele de severitate și acoperire a secetei în vestul Statelor Unite ale Americii pentru perioada 2000-2022

(Monitorul de secetă din SUA este produs în comun de Centrul Național de Atenuare a Secetei de la Universitatea Nebraska-Lincoln, Departamentul de Agricultură al Statelor Unite și Administrația Națională pentru Oceanic și Atmosferic. Grafic prin amabilitatea NDMC.)

Severitatea și amploarea spațială a secetei sunt clasificate în cinci categorii (D0-D4), fiecare având impacturi asociate asupra agriculturii, mediului și aprovizionării cu apă. În cazul secetei severe (D2), se înregistrează pierderi semnificative ale culturilor și pășunilor, începe sezonul activ al incendiilor, iar autoritățile impun restricții privind alimentarea cu apă (USDAM, 2020; Noel și colab., 2020). Evoluția secetei pentru bazinul hidrografic al râului Colorado este ilustrată în Figura 4.2., iar situația la nivelul Statelor Unite ale Americii este prezentată în Figura 4.3. Gradul de severitate al secetei este indicat printr-o scară de culori.

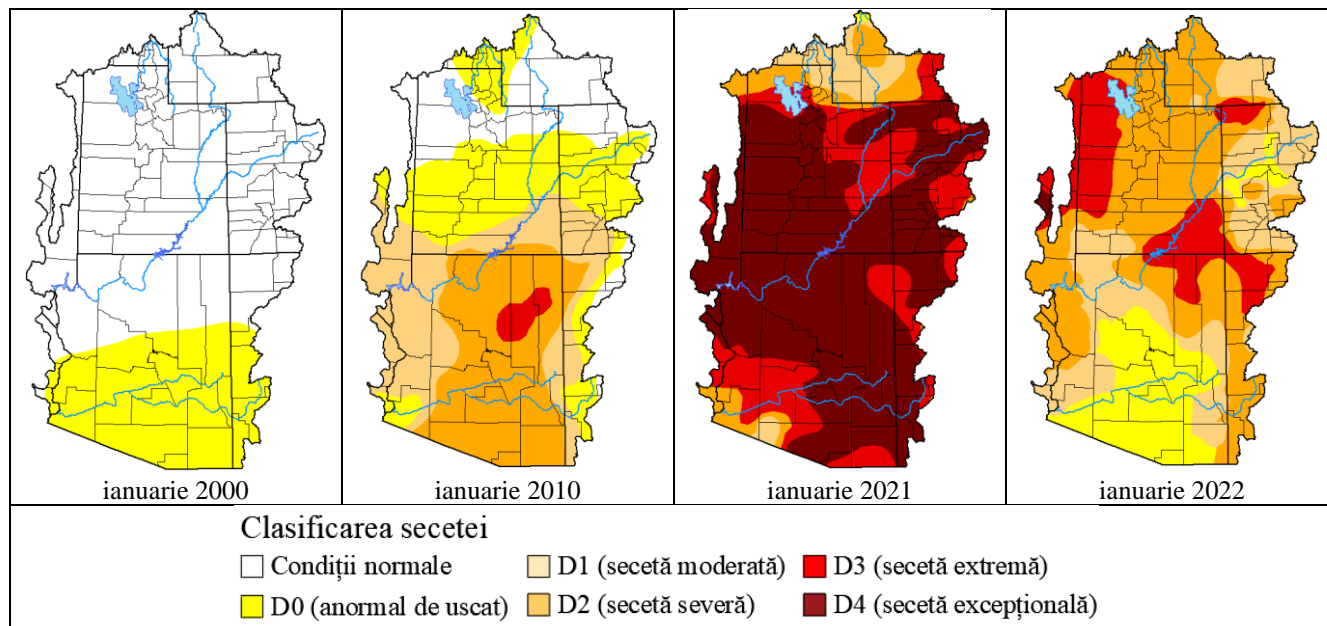
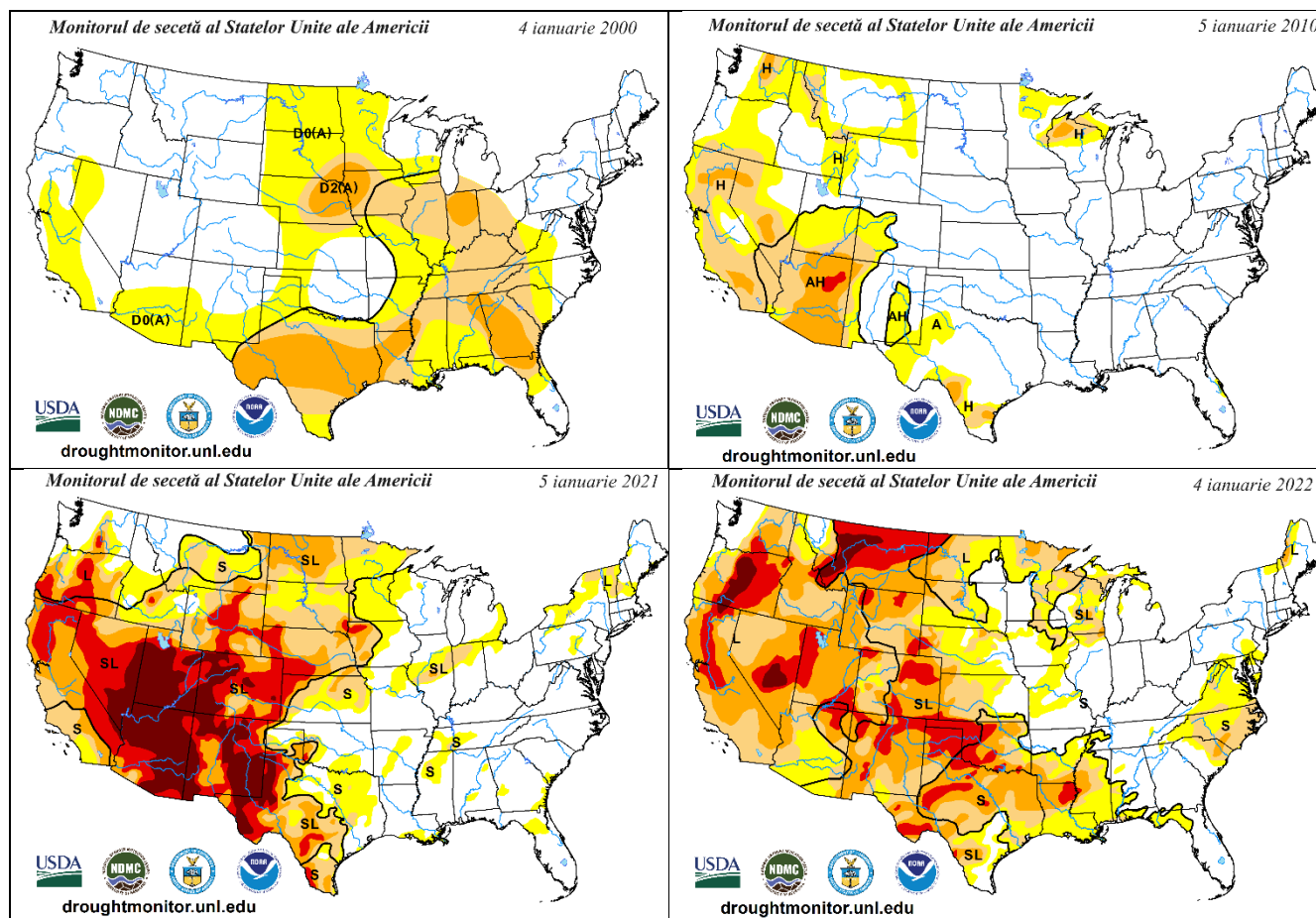


Figura 4.2. Evoluția secetei în bazinul hidrografic al râului Colorado pentru perioada 2000-2022

(Monitorul de secetă din SUA este produs în comun de Centrul Național de Atenuare a Secetei de la Universitatea Nebraska-Lincoln, Departamentul de Agricultură al Statelor Unite și Administrația Națională pentru Oceanic și Atmosferic. Harta prin amabilitatea NDMC.)



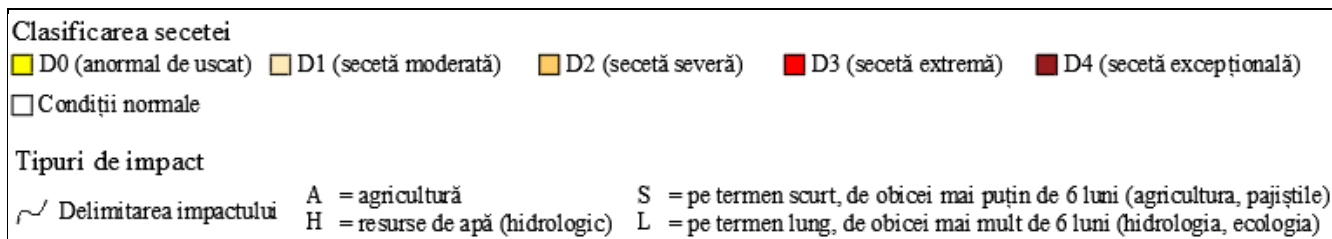
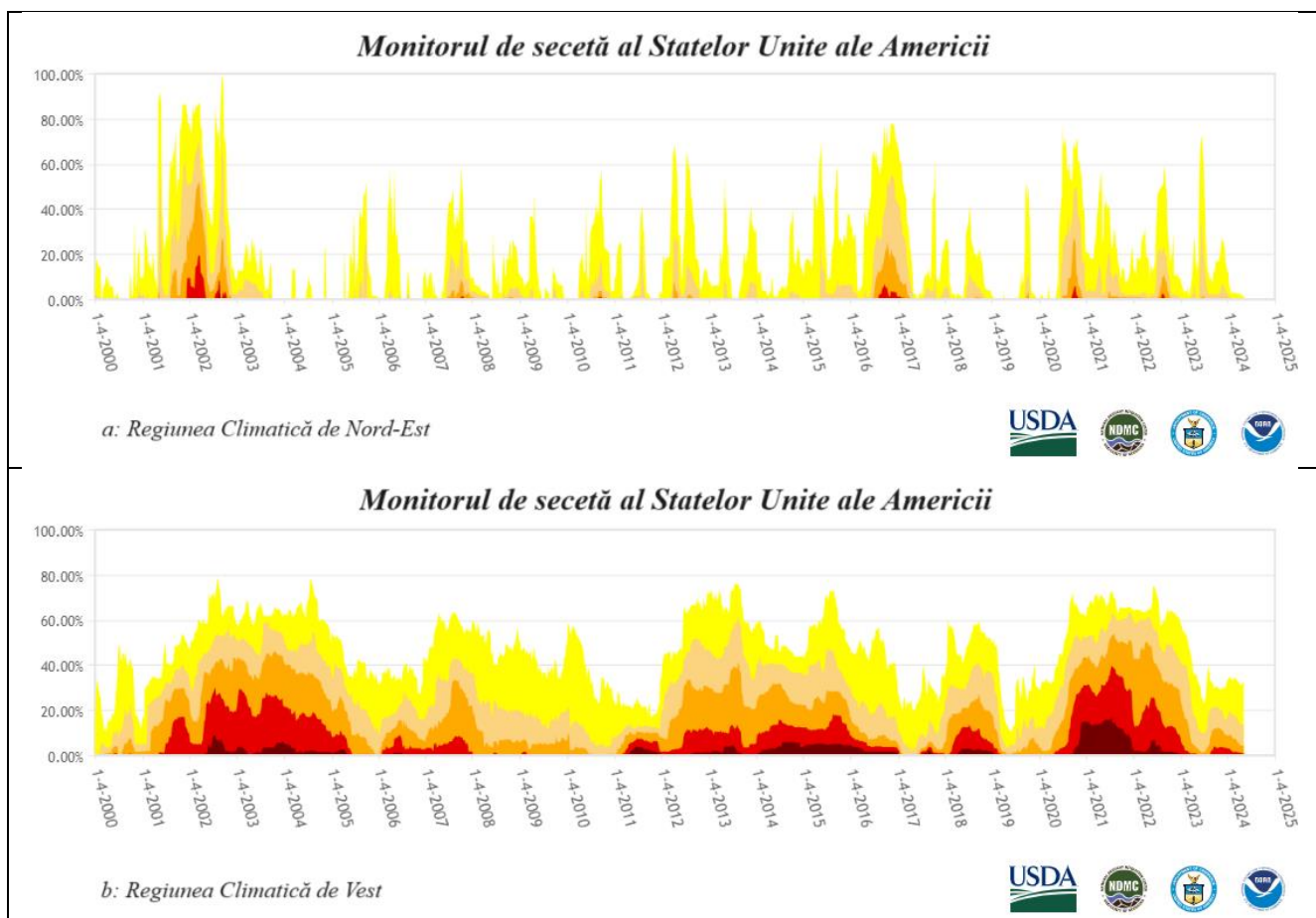


Figura 4.3. Evoluția secetei în Statele Unite ale Americii pentru perioada 2000-2022

(Monitorul de secetă din SUA este produs în comun de Centrul Național de Atenuare a Secetei de la Universitatea Nebraska-Lincoln, Departamentul de Agricultură al Statelor Unite și Administrația Națională pentru Oceanic și Atmosferic. Harta prin amabilitatea NDMC.)

Se observă că seceta pe termen lung afectează doar câteva state din Regiunea Climatică de Nord-Est, în timp ce în Regiunea Climatică de Vest seceta se manifestă relativ constant ca intensitate și suprafață afectată. În Regiunea Climatică a Marilor Câmpii (nordul țării), seceta pe termen lung afectează peste 80% din suprafață. Figura 4.4. prezintă secetele care au avut loc în perioada ianuarie 2000 – mai 2024 în aceste regiuni, precum și suprafața afectată. Culorile indică nivelurile de severitate ale secetei.



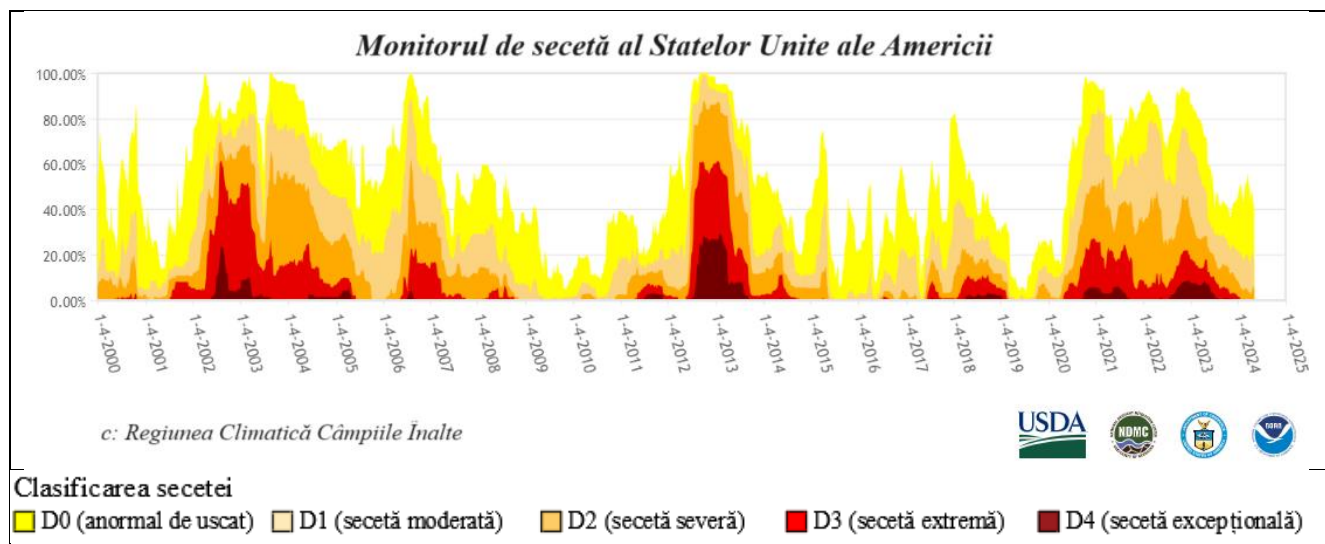


Figura 4.4. Evoluția secetei în Regiunile Climatice ale Statelor Unite ale Americii pentru perioada 2000-2024 (a: Regiunea Climatică de Nord-Est; b: Regiunea Climatică de Vest, c: Regiunea Climatică Marile Câmpii) (Monitorul de secetă din SUA este produs în comun de Centrul Național de Atenuare a Secetei de la Universitatea Nebraska-Lincoln, Departamentul de Agricultură al Statelor Unite și Administrația Națională pentru Oceanic și Atmosferic. Grafic prin amabilitatea NDMC.)

În Chile, mega-seceta din perioada 2010-2023, studiată de Torres-Ramírez și colaboratorii (2024), a determinat o reducere a precipitațiilor cu 30%, afectând procesele hidrologice, structura și distribuția vegetației, precum și regimul incendiilor. În bazinul râului Maule, efectele secetei se resimt prin scăderea debitului, ceea ce reduce volumul necesar diluției poluanților și poate duce la o creștere a concentrației de compuși organici, intensificând cererea biochimică de oxigen și, implicit, reducând disponibilitatea de oxigen. În timpul verii, s-au înregistrat niveluri ridicate de materii totale în suspensie, conductivitate, pH și temperatură, în timp ce iarna au fost observate concentrații mari de uleiuri, grăsimi și alți parametri specifici activităților antropice. Autorii au concluzionat că principalul factor care determină aceste modificări ale calității apei este variația sezonieră a aportului de apă în bazin. Totuși, pe durata întregii perioade de studiu, au fost observate îmbunătățiri ale calității apei datorită reducerii activităților antropice și a scăderii precipitațiilor din cauza secetei, care altfel ar fi transportat cantități semnificative de poluanți în râu.

Activitatea umană a modificat ireversibil natura, influențând inclusiv factorii climatici. Aceste schimbări au dus la creșterea și diversificarea riscurilor pentru ecosisteme, inclusiv a riscului de incendiu. Bazinele hidrografice sunt puternic afectate de incendii, cele mai afectate componente hidrologice sunt scurgerea, infiltrarea, evapotranspirația și eroziunea (Burke și colab., 2013; Dahm și colab., 2015; Emmerton și colab., 2020). Relația pozitivă dintre secetă și incendii, ca urmare a schimbărilor climatice, sugerează o creștere a frecvenței și intensității acestora în viitorul apropiat (Dahm și colab., 2015; Ball și colab., 2021; DePalma-Dow și colab., 2022; Pérez și colab., 2024; Ko și colab., 2024).

Incendiile de vegetație sunt fenomene complexe, cu un comportament impredictibil și o evoluție rapidă. Intensitatea fiecărui incendiu depinde de o serie de factori, precum caracteristicile regiunilor și bazinelor hidrografice, densitatea și conectivitatea rețelei de drenaj, ariditatea, geomorfologia și nivelurile de precipitații (Emmerton și colab., 2020; Ball și colab., 2021).

Spre deosebire de bazinele hidrografice mici și afectate puternic de incendii, unde impacturile asupra calității apei durează de la câteva luni până la ani, bazinele mari, dominate de zone umede și cu pante reduse, experimentează impacturi de scurtă durată asupra calității apei. Acest fenomen este determinat de volumele mari de apă care permit procese de amestecare, diluție și sedimentare, precum și

de influența semnificativă a pantei asupra mișcării solului și nutrienților. Pe măsură ce panta devine mai abruptă, eroziunea este accelerată (Neary și colab., 2005; Emmerton și colab., 2020).

Deși numeroase studii s-au axat pe efectele incendiilor de vegetație asupra ecosistemelor terestre, structurilor umane și calității aerului, impactul acestora asupra calității apei a fost în mare parte ignorat până de curând. Cercetările anterioare au arătat efecte semnificative ale incendiilor asupra calității apei din râuri, însă studiile privind lacurile sunt mult mai puține (Dahm și colab., 2015; DePalma-Dow și colab., 2022; Barron și colab., 2022).

În urma incendiilor, lacurile sunt expuse la niveluri crescute de substanțe chimice anorganice, inclusiv metale. Procesul de ardere mobilizează metale acumulate anterior din activitățile umane, crescând concentrațiile de metale în funcție de severitatea incendiului (Paul și colab., 2022; Barron și colab., 2022). Lacurile de dimensiuni mari sunt mai eficiente în atenuarea efectelor incendiilor, chiar și atunci când până la 25% din suprafața bazinului hidrografic este arsă, volumul considerabil al acestor lacuri poate ascunde schimbările în calitatea apei (DePalma-Dow și colab., 2022).

Pentru a reduce impactul negativ asupra calității apei din aval, în urma unui incendiu de vegetație, sunt propuse următoarele măsuri (Neary și colab., 2005; Burke și colab., 2013; Ball și colab., 2021; Paul și colab., 2022):

- instalarea de bariere și structuri de control al eroziunii pentru captarea și reținerea sedimentelor înainte ca acestea să ajungă în corpurile de apă;
- monitorizarea și întreținerea periodică a acestor structuri pentru a le menține eficiența pe termen lung;
- reducerea severității incendiului, evitarea arderii pe pante abrupte și limitarea arderii pe soluri susceptibile la hidrofobie;
- plantarea de vegetație rezistentă la foc în zonele afectate de incendii;
- utilizarea de specii de plante care contribuie la reducerea temperaturii apei și la filtrarea nutrienților și sedimentelor;
- revegetarea dealurilor și a zonelor riverane pentru a stabiliza solul, reduce eroziunea și crea bariere naturale împotriva poluării, prevenind degradarea suplimentară a apei;
- includerea evaluării impactului incendiilor în programele de monitorizare a calității apei;
- implementarea de practici de gestionare durabilă a terenurilor în bazinele hidrografice afectate, pentru a preveni degradarea ulterioară a solului și a apei;
- organizarea de campanii de conștientizare și educare a comunităților locale despre importanța protejării bazinelor hidrografice și a calității apei;
- încurajarea participării active a comunităților în proiectele de revegetare și în alte practici de gestionare a terenurilor.

În Figura 4.5. este ilustrat nivelul de importanță al măsurilor de atenuarea a impactului negativ asupra calității apei.

Diagrama subliniază o abordare integrată pentru atenuarea efectelor incendiilor de vegetație asupra calității apei, cu un accent deosebit pe controlul eroziunii și pe revegetare. Lucrările de revegetare îmbunătățesc sănătatea râului prin stabilizarea malurilor, reducerea scurgerilor de nutrienți și sedimente și crearea unui habitat mai dens pentru speciile de animale native. Materia organică, precum frunzele căzute, resturile vegetale și alte materiale organice, se descompune în apă și este parțial integrată în rețeaua trofică a cursului de apă, influențând procese fundamentale precum ciclul nutrienților și fluxul de energie. Ratele de descompunere a resturilor de frunze sunt adesea folosite pentru a evalua funcționarea și integritatea ecosistemului acvatic, precum și modul în care aceste proprietăți sunt afectate de diferiți factori de stres (Momeu și colab., 2018; Pérez și colab., 2024). Monitorizarea continuă și implicarea comunității sunt, de asemenea, componente esențiale pentru succesul pe termen lung al acestor măsuri.

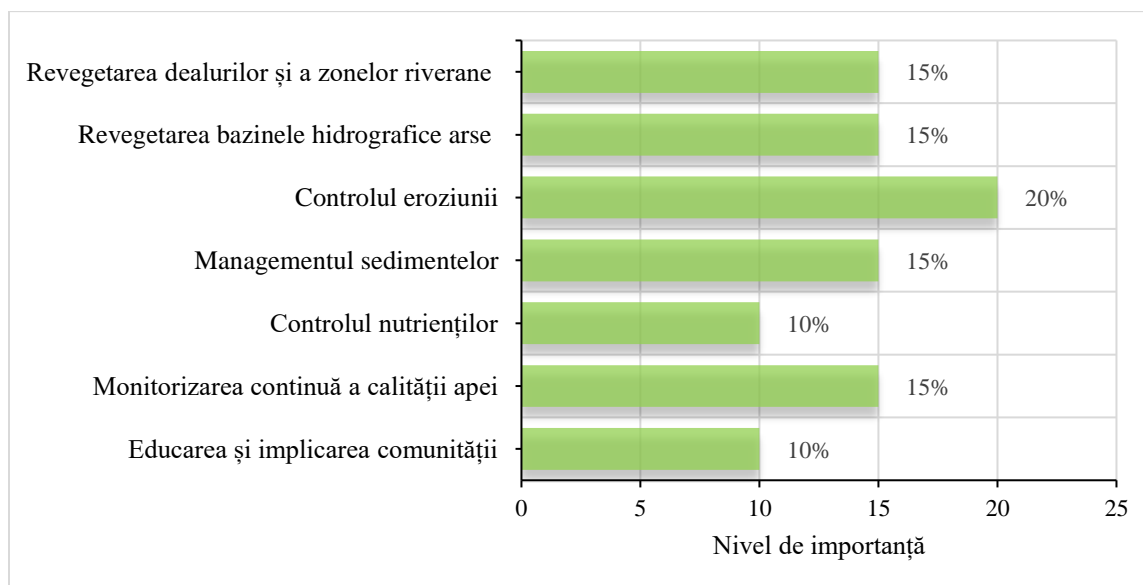


Figura 4.5. Măsură pentru atenuarea impactului negativ asupra calității apei în urma unui incendiu de vegetație

Evenimentele extreme recente subliniază conexiunile complexe dintre dezastrele naturale și impactul amplificat de schimbările climatice. Secetele prelungite și temperaturile record au creat condițiile propice pentru incendii, care, la rândul lor, au sporit vulnerabilitatea regiunilor la inundații și alunecări de teren. Exemplele din Canada și Australia arată cum efectele în cascadă ale acestor evenimente, cum ar fi secetele urmate de incendii, devin tot mai frecvente. Se estimează că, până la sfârșitul secolului, frecvența incendiilor severe ar putea crește cu 57% din cauza schimbărilor climatice. Este esențial ca evaluările riscurilor să includă aceste conexiuni complexe pentru a planifica și atenua viitoarele dezastre. Autoritățile trebuie să înțeleagă mai bine cum schimbările climatice intensifică riscurile și să dezvolte strategii eficiente de adaptare și atenuare pentru a proteja comunitățile și infrastructura (Dahm și colab., 2015; Ball și colab., 2021; Ko și colab., 2024).

4.2. Analiza debitelor în sistemele Râul Bahlui-Lacul Pârcovaci, Râul Stavnic-Lacul Căzănești și Râul Vaslui-Lacul Solești

Cea mai mare problemă pentru corpurile de apă de suprafață este eutrofizarea, fiind cauzată de nivelurile de nutrienți (fosfor și azot), care sunt acumulați în timpul perioadelor secetoase și transportați în râuri în timpul evenimentelor cu precipitații, de aici și relația directă cu debitul râurilor. Pentru majoritatea sarcinilor de monitorizare a calității apei, atât calitatea, cât și cantitatea apei sunt elemente indispensabile (Søndergaard și colab., 2007; Harrison și colab., 2019; Barron și colab., 2022; Fabian și colab., 2023; Li și colab., 2023; Razguliaev și colab., 2024).

În Podișul Moldovei, caracteristicile fizico-geografice specifice nu permit formarea lacurilor naturale. Cu toate acestea, regimul de scurgere, precipitațiile și climatul cu caracteristici extreme favorizează apariția frecventă a viiturilor. Din acest motiv, a devenit necesară construirea lacurilor de acumulare, având ca obiectiv principal atenuarea viiturilor, precum și diverse utilități secundare, cum ar fi alimentarea cu apă, piscicultura, irigațiile și activitățile recreative (Jora și Romanescu, 2010).

Pentru a evidenția impactul activităților umane asupra regimului hidrologic al râurilor, manifestat prin reducerea debitelor lichide din cauza acumulării în lacul din amonte și redistribuirii acestora, au fost analizate măsurătorile efectuate la stațiile hidrometrice situate în amonte și aval de acumulări. În acest context, este esențial să se asigure, în perioadele de scurgere redusă, atât un debit ecologic necesar pentru

supraviețuirea florei și faunei acvatice, cât și un debit minim pentru buna funcționare a unităților socio-economice (Jora și Romanescu, 2010; Popoiu, 2017; Bulti și colab., 2022). De asemenea, determinarea debitului este esențială pentru estimarea concentrațiilor de poluanți.

Au fost utilizate date de la stații hidrometrice, pluviometrice și DESWAT amplasate pe râurile Vaslui, Stavnici și Bahlui (Figura 4.6.).

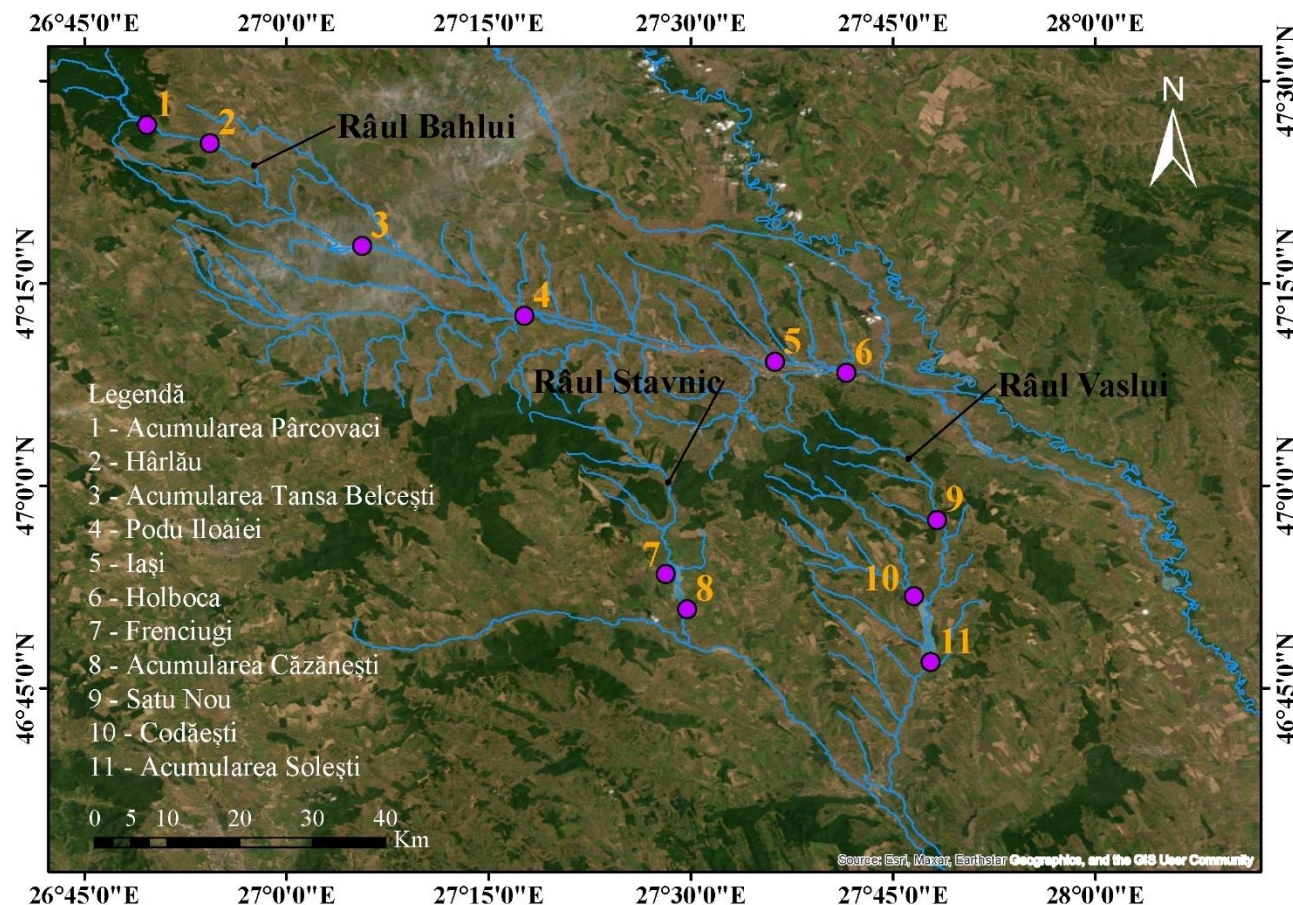


Figura 4.6. Repartiția stațiilor hidrometrice pe râurile Vaslui, Stavnici și Bahlui

La stații hidrometrice din arealul de studiu debitele medii au variat foarte mult de la un an la altul. Evoluția valorilor minime și maxime a fost analizată în funcție de poziționarea secțiunilor de la izvor până la vărsare.

Pentru râul Vaslui (Figura 4.7.) debitele medii maxime anuale au fost înregistrate în toate secțiunile în anul 2017, în timp ce debitele medii minime anuale au fost observate în anul 2020 pentru secțiunea Satu Nou ($0,012 \text{ m}^3/\text{s}$) și secțiunea Codăești ($0,085 \text{ m}^3/\text{s}$), iar în anul 2021 pentru secțiunea Acumularea Solești ($0,002 \text{ m}^3/\text{s}$).

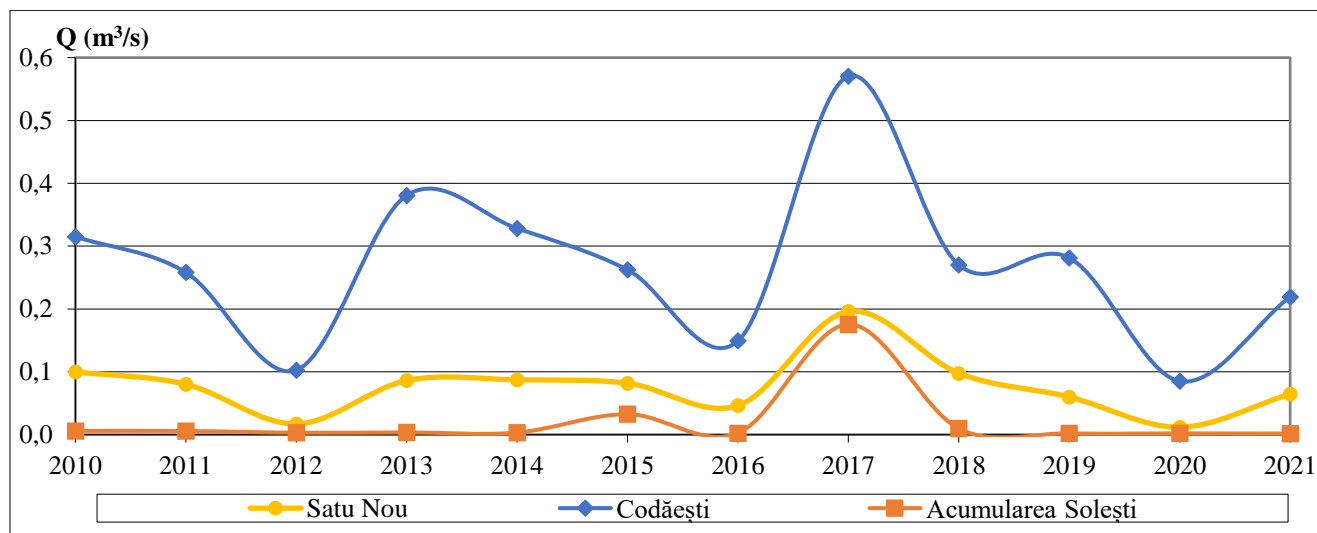


Figura 4.7. Debitele medii anuale înregistrate în perioada 2010-2021 pe râul Vaslui

Pentru râul Stavnic (Figura 4.8.), debitele medii maxime anuale au fost înregistrate în toate secțiunile în anul 2017, în timp ce debitele medii minime anuale au fost observate în anul 2020 pentru secțiunea Frenciugi (0,014 m³/s) și în anul 2021 pentru secțiunea Acumularea Căzănești (0,002 m³/s).

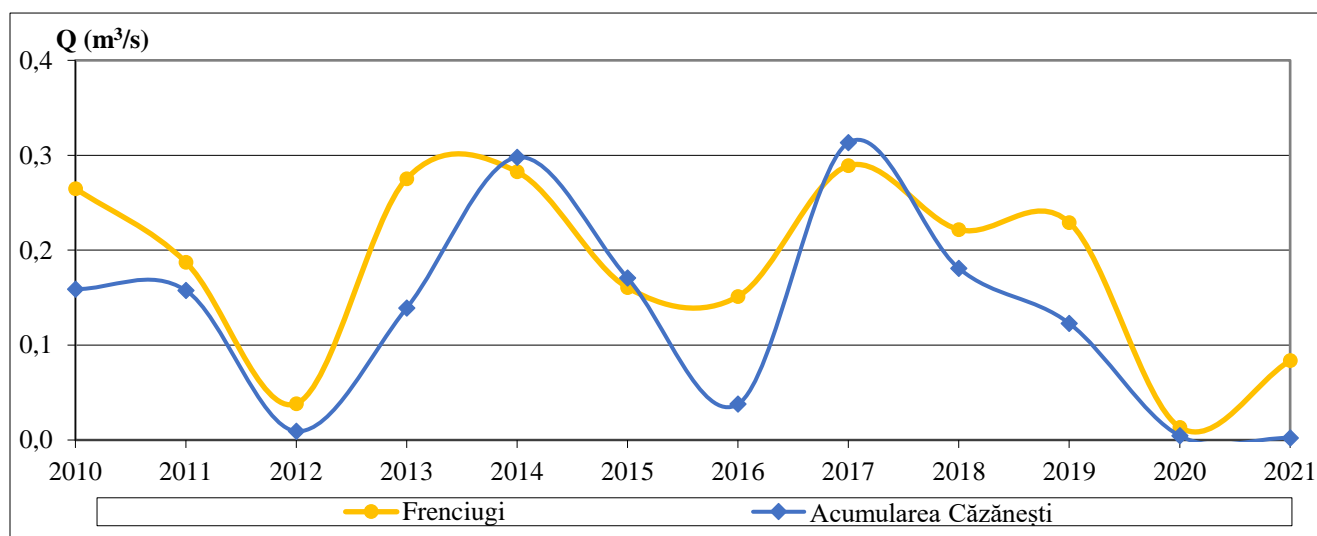


Figura 4.8. Debitele medii anuale înregistrate în perioada 2010-2021 pe râul Stavnic

Pentru râul Bahlui (Figura 4.9.), debitele medii maxime anuale au fost înregistrate în toate secțiunile în anul 2010, în timp ce debitele medii minime anuale au fost observate în anul 2012 pentru secțiunile Acumularea Pârcovaci (0,083 m³/s), Hârlău (0,159 m³/s) și Iași (0,995 m³/s) și în anul 2020 pentru secțiunile Acumularea Tansa Belcești (0,140 m³/s), Podu Iloaiei (0,257 m³/s) și Holboca (1,981 m³/s).

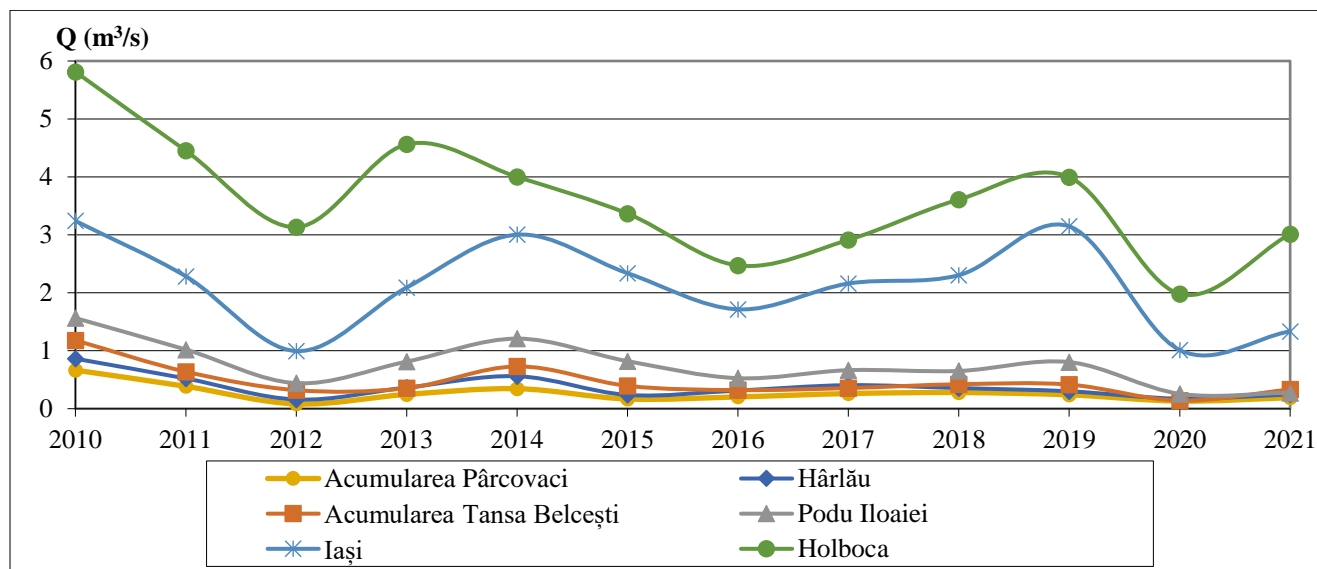
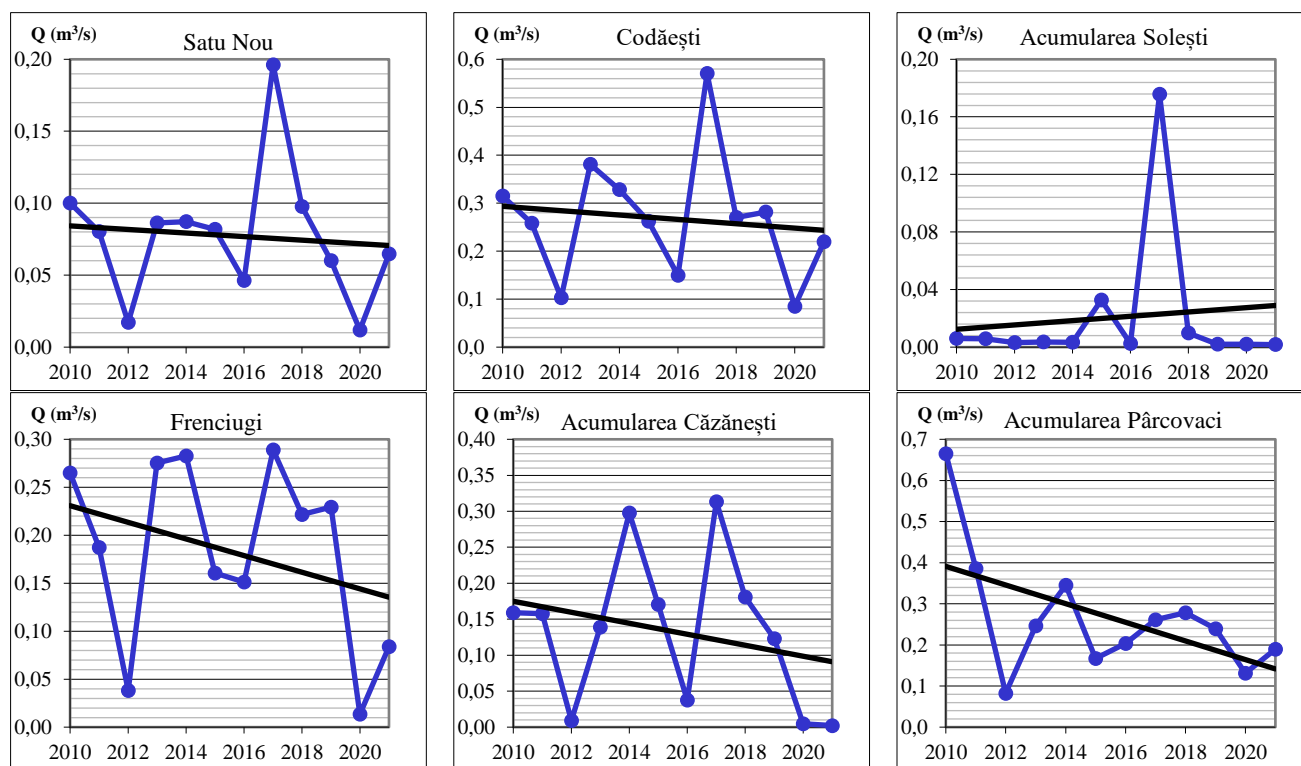


Figura 4.9. Debitul medii anuale înregistrate în perioada 2010-2021 pe râul Bahlui

Tendențele debitelor medii anuale pentru perioada 2010-2021 în cele unsprezece secțiuni selectate sunt prezentate în Figura 4.10. Graficele ilustrează variațiile anuale ale debitelor, evidențiind o tendință generală de scădere în majoritatea secțiunilor, cu excepția secțiunii Acumularea Solești. Linia neagră din fiecare grafic reprezintă trendul general, subliniind o reducere a debitelor medii anuale pe parcursul perioadei studiate.



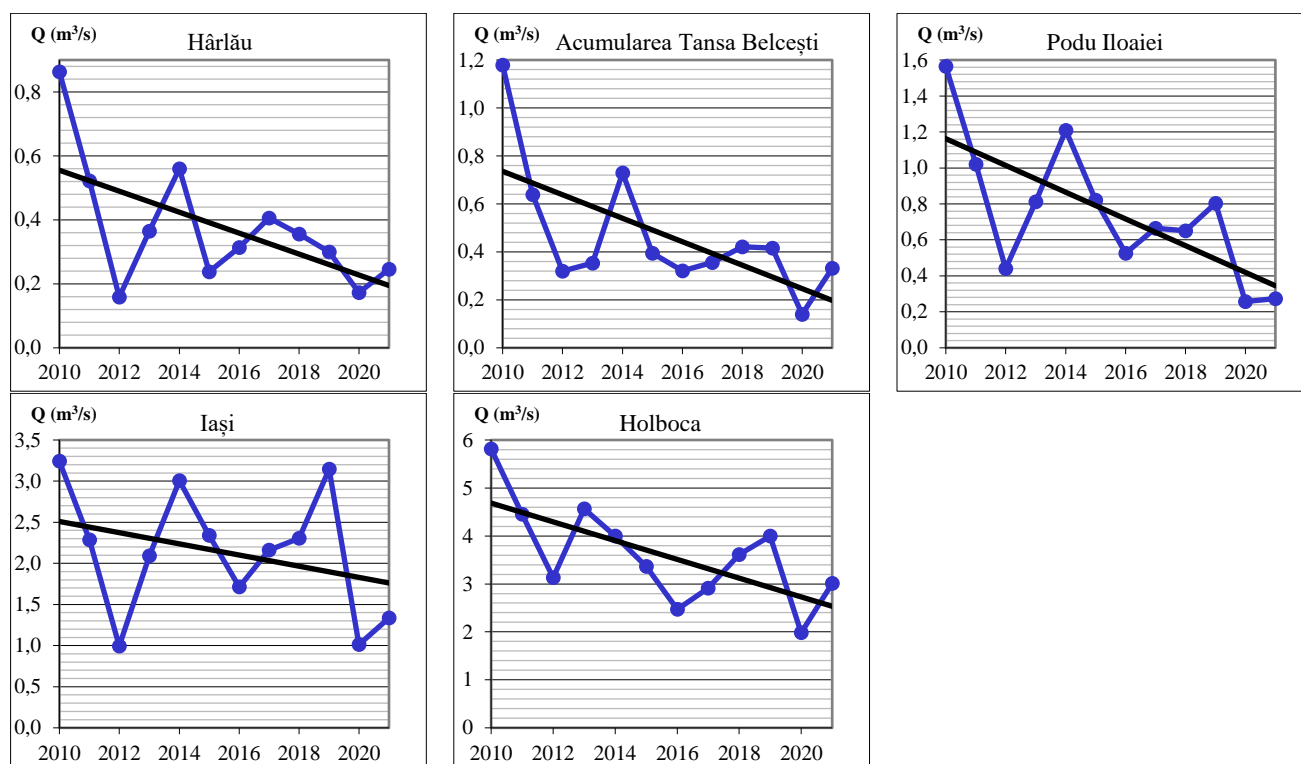


Figura 4.10. Tendințele pe termen lung (2010-2021) ale debitului la stațiile de monitorizare selectate

Bazinele hidrografice studiate se caracterizează prin variații frecvente și intense ale volumelor și nivelurilor de apă, reflectând variabilitatea extremă a condițiilor climatice, cum ar fi inundațiile și secetele, ceea ce generează riscuri semnificative pe suprafețe extinse. Debitul maxim exercită o presiune considerabilă asupra infrastructurii sistemelor de apă, cum ar fi barajele, și impun necesitatea unor strategii eficiente de răspuns la inundații pentru a minimiza pagubele.

Pe de altă parte, debitul minim reprezintă o provocare majoră pentru agricultură, mai ales în asigurarea debitelor necesare irigațiilor, care devin esențiale în perioadele de secetă.

În România, seceta a condus la o scădere semnificativă a debitelor pe majoritatea râurilor, în special în regiunile de sud și sud-est. Principalele cauze includ reducerea cantităților anuale de precipitații, creșterea temperaturii medii anuale, scăderea nivelului apelor freactice în luncile și terasele râurilor și creșterea frecvenței și duratei fenomenelor de secare a râurilor cu bazine de recepție mici (sub 500 km²) (Giurma și Crăciun, 2010).

Debitul scăzut afectează negativ ecosistemele acvatice, reducând disponibilitatea resurselor de apă necesare pentru menținerea biodiversității și funcționarea normală a habitatelor naturale. În acest context, un management eficient al resurselor naturale devine esențial pentru a asigura un echilibru între necesitățile umane și cele ale mediului.

CAPITOLUL 5. MODELAREA REGIMULUI HIDRAULIC ÎN SISTEMUL RÂUL BAHLUI – LACUL DE ACUMULARE PÂRCOVACI

Modelul MIKE 11, dezvoltat de Danish Hydraulic Institute, oferă o platformă complexă și cuprinzătoare pentru modelarea hidrologică, hidrodinamică și de calitate a apei, acoperind o gamă largă de aplicații legate de managementul resurselor de apă. Modelul MIKE 11 este structurat pentru a integra mai multe module – modulul hidrodinamic (HD – Hydrodynamic Model), modulul hidrologic (NAM – Nedbør – Afstrømnings Model), modulul de calitate a apei (AD-WQ – Advection Dispersion-Water Quality Model), modulul pentru transportul sedimentelor și modulul de analiză a zonelor inundabile (FF – Flood Forecast) – care permit o analiză detaliată a ciclului hidrologic, a fluxului de apă, a transportului sedimentelor și a parametrilor de calitate a apei. Acest sistem integrat sprijină deciziile de management ecologic și de protecție a mediului, fiind un instrument esențial în prognoza și gestionarea impactului inundațiilor și în evaluarea stării ecologice a apelor de suprafață (Benchea, 2012; Tataru și colab., 2024a).

Tataru și colaboratorii (2024a) prezintă un studiu aplicat asupra râului Bahlui, utilizând software-ul MIKE 11 pentru a modela atât hidrodinamica, cât și calitatea apei. Modelul hidrodinamic MIKE 11, integrat cu modulele de calitate a apei, s-a dovedit a fi un instrument eficient pentru simularea și analiza dinamicii apei și a parametrilor de calitate în râul Bahlui, permițând o înțelegere detaliată a proceselor de transport și dispersie a poluanților.

În continuare este prezentată conceperea unui model hidraulic 1D aplicat pe sectorul superior al râului Bahlui, de la capătul bazinului până în aval de acumularea Pârcovaci. Modelarea a fost realizată utilizând software-ul Mike 11 (Figura 5.1.). În acest context, au fost prezentate elementele fundamentale ale modelului, precum și procesul de calibrare și validare, bazate pe două evenimente cunoscute.

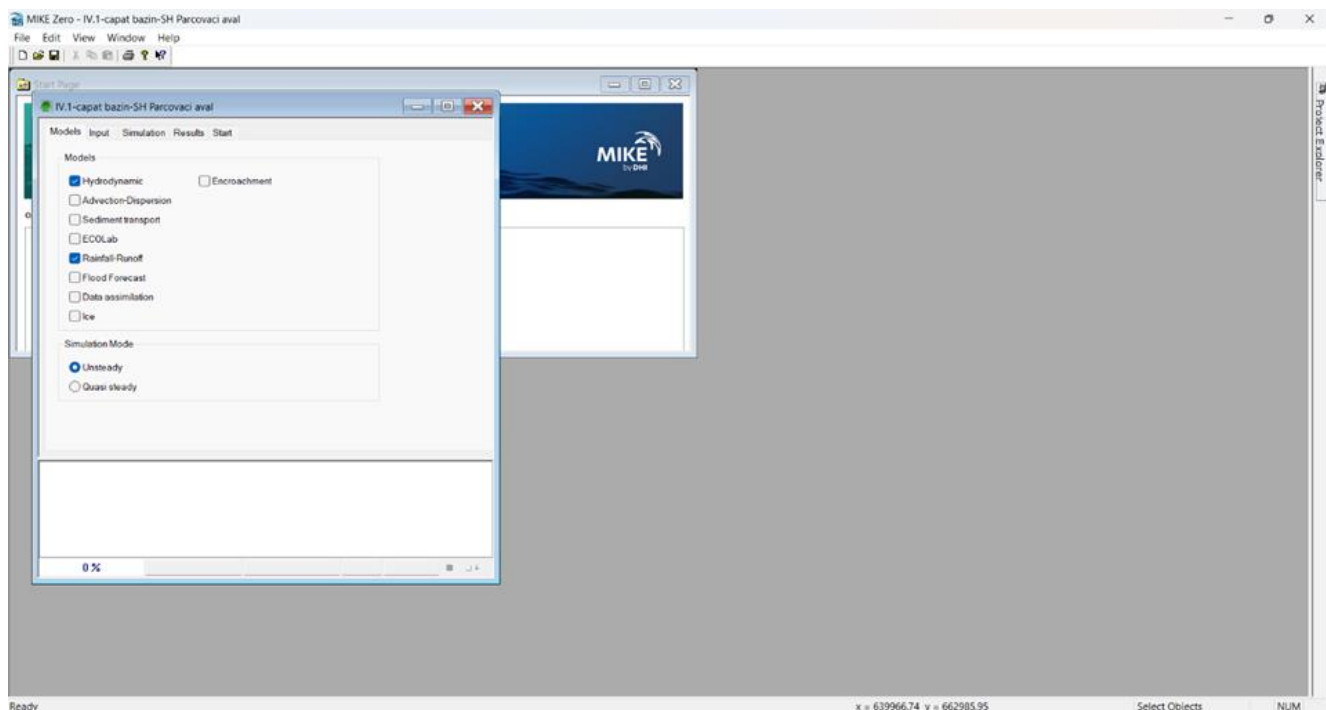


Figura 5.1. Fișierul de simulare cu prezentarea modelelor de baza ale softului Mike 11

5.1. Modelarea regimului hidraulic al râului Bahlui cu ajutorul programului MIKE 11

Modelul a fost de tip cuplat hidrologic-hidraulic. Calibrarea și validarea s-au efectuat pe baza celor două evenimente selectate. Hidrografele generate de cele două ploi (modelul hidrologic) s-au propagat de-a lungul albiei râului (modelul hidraulic), iar hidrografele atenuate, rezultate în urma tranzitării prin lacul de acumulare Pârcovaci, au fost comparate cu cele măsurate în teren pentru cele două evenimente.

Pentru conceperea modelului, sunt necesare anumite fișiere de bază, prezentate în Figura 5.2. Acestea includ fișierul rețelei hidrografice, fișierul secțiunilor transversale, fișierul condițiilor la limită, fișierul parametrilor hidrodinamici, fișierul parametrilor ploaie-scurgere și fișierul de simulare, care integrează și conectează celelalte fișiere menționate.

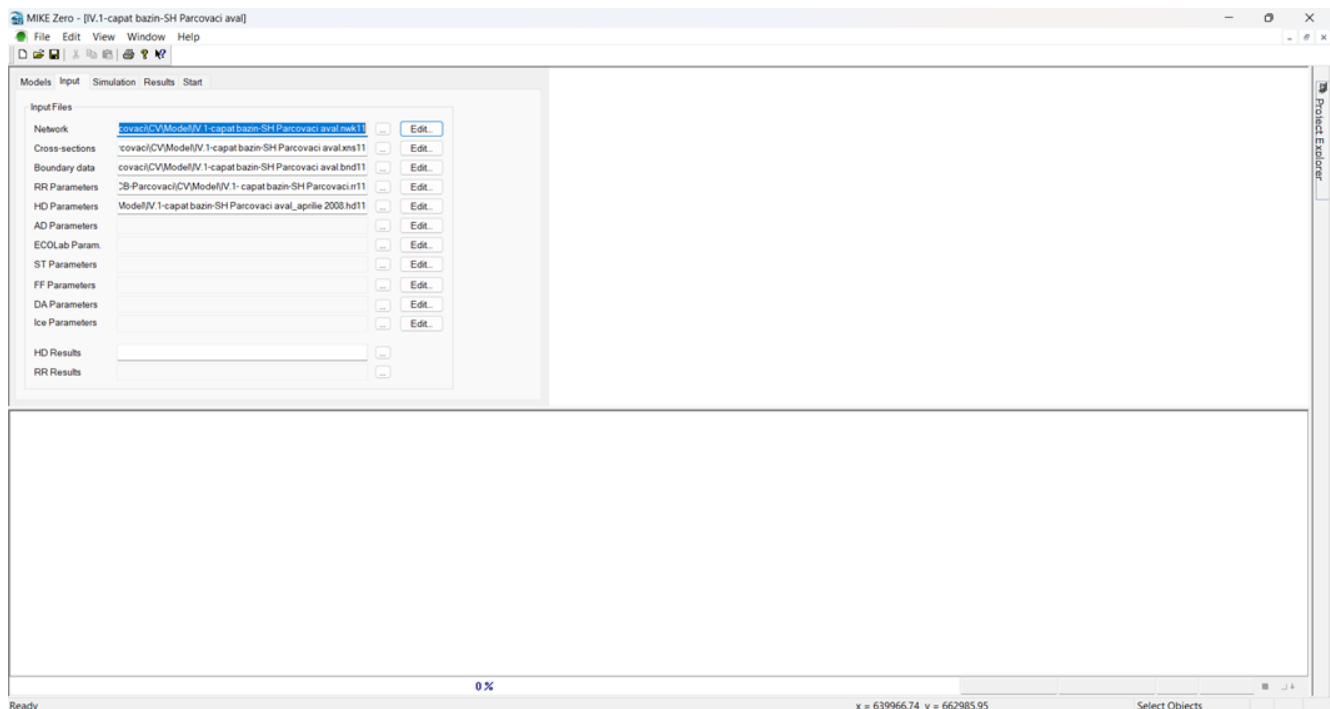


Figura 5.2. Fișierul de simulare și integrarea fișierelor necesare pentru modelare

Fișierul rețelei hidrografice, prezentat în Figura 5.3., oferă planul de situație al rețelei hidrografice, cu poziționarea secțiunilor transversale, a podurilor și a construcțiilor hidrotehnice, precum baraje, stavile, diguri laterale etc. Modelul hidraulic trebuie să includă toate aceste elemente esențiale pentru a simula cât mai fidel realitatea din teren.

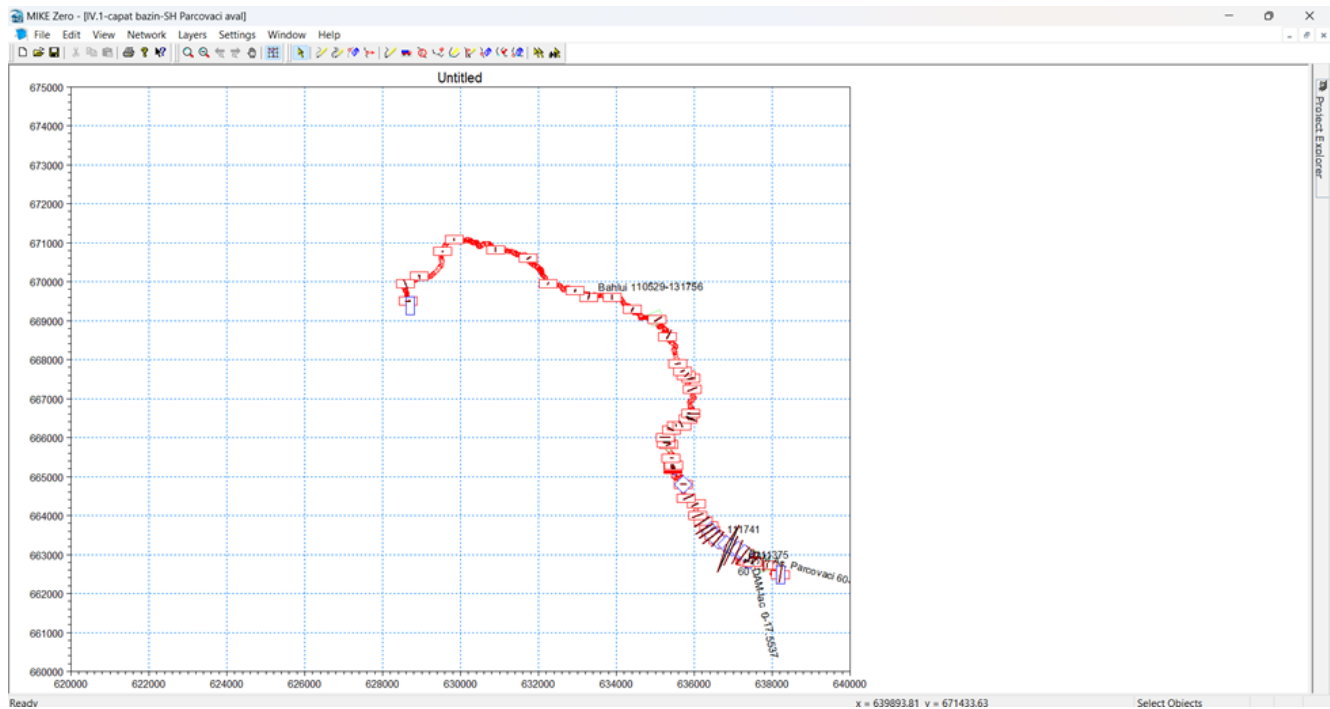


Figura 5.3. Fișierul rețelei hidrografice

Fișierul secțiunilor transversale include toate secțiunile transversale utilizate în modelul hidraulic, așa cum se poate observa în Figura 5.4. Acest fișier permite vizualizarea grafică a fiecărei secțiuni, reprezentând pe ordonata din stânga cotele punctelor secțiunii respective, iar pe ordonata din dreapta, valoarea rugozității hidraulice conform coeficientului Manning. De asemenea, sunt afișate denumirea secțiunii transversale și date brute, cum ar fi tipul de rezistență hidraulică, variația rezistenței pe secțiune și valorile acesteia atât în albia minoră, cât și în cea majoră.

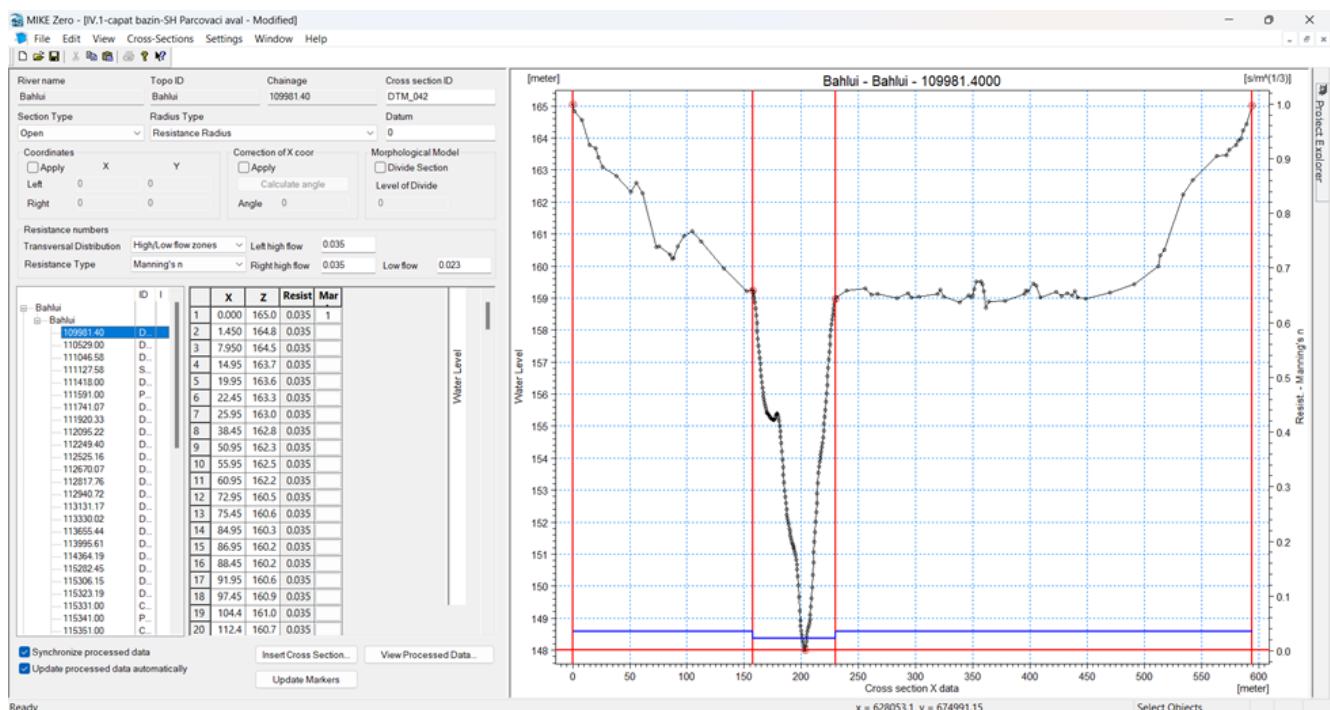


Figura 5.4. Fișierul secțiunilor transversale

5.2. Rezultatele simulării

Vizualizarea rezultatelor modelului se realizează cu ajutorul software-ului Mike View, care permite analizarea diferitelor aspecte ale simulării hidrologice și hidraulice (Figurile 5.5.-5.8.)

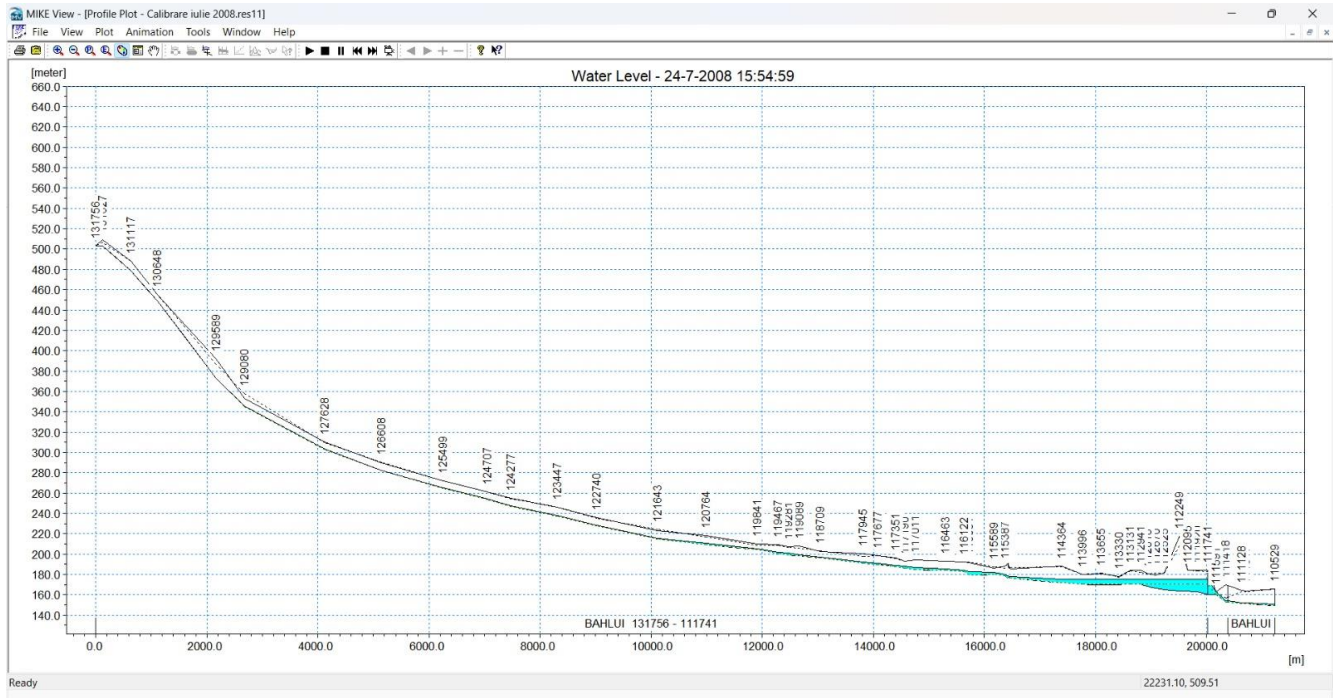


Figura 5.5. Vizualizarea nivelului apei în profil longitudinal

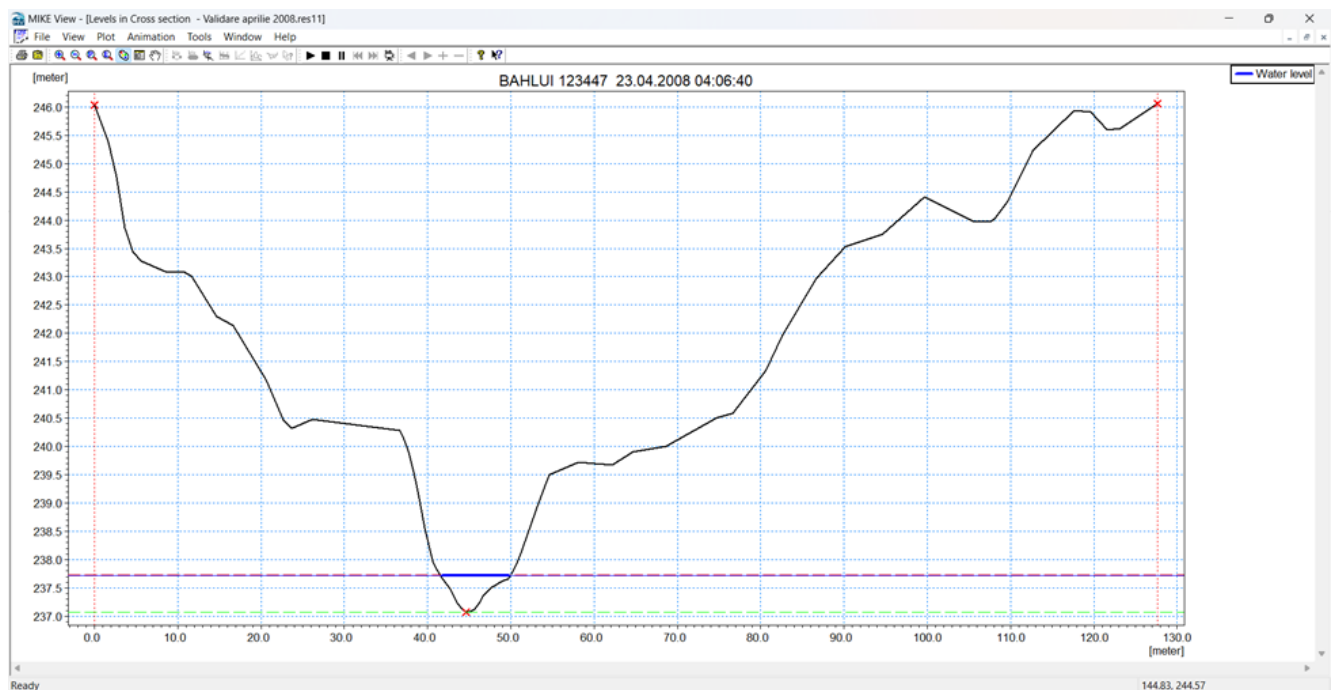


Figura 5.6. Vizualizarea nivelului apei în secțiune transversală

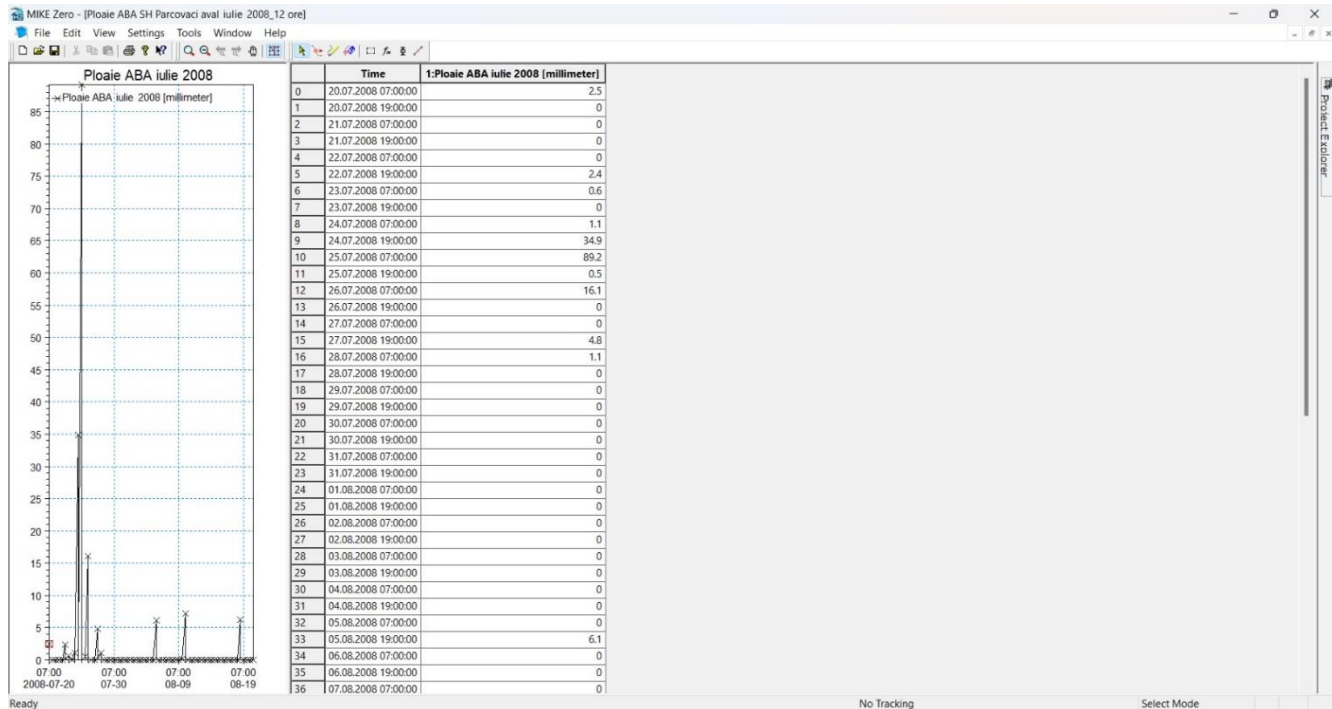


Figura 5.7. Hietograma ploii înregistrată la stația pluviometrică din iulie 2008, utilizată pentru calibrarea modelului

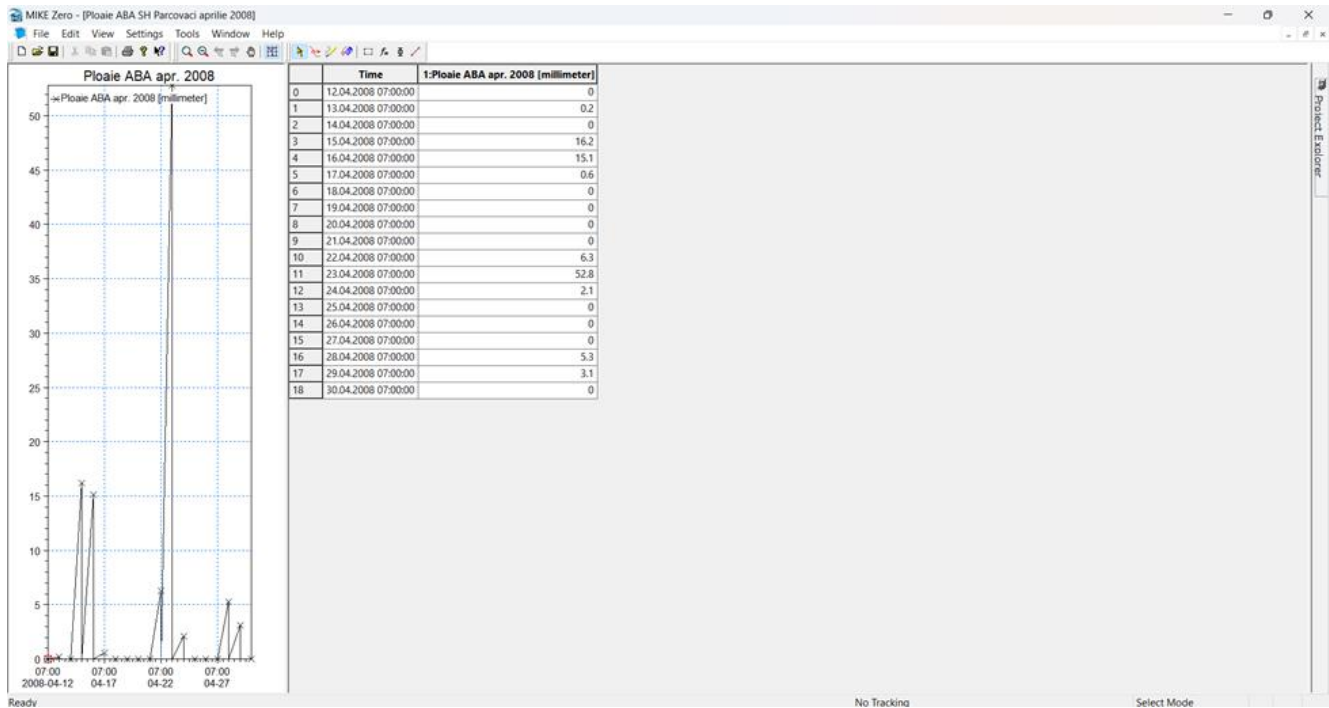


Figura 5.8. Hietograma ploii înregistrată la stația pluviometrică din aprilie 2008, utilizată pentru validarea modelului

În Figura 5.9. este prezentată calibrarea modelului hidrologic-hidraulic cuplat, realizată prin compararea rezultatelor aval de barajul Pârcovaci.

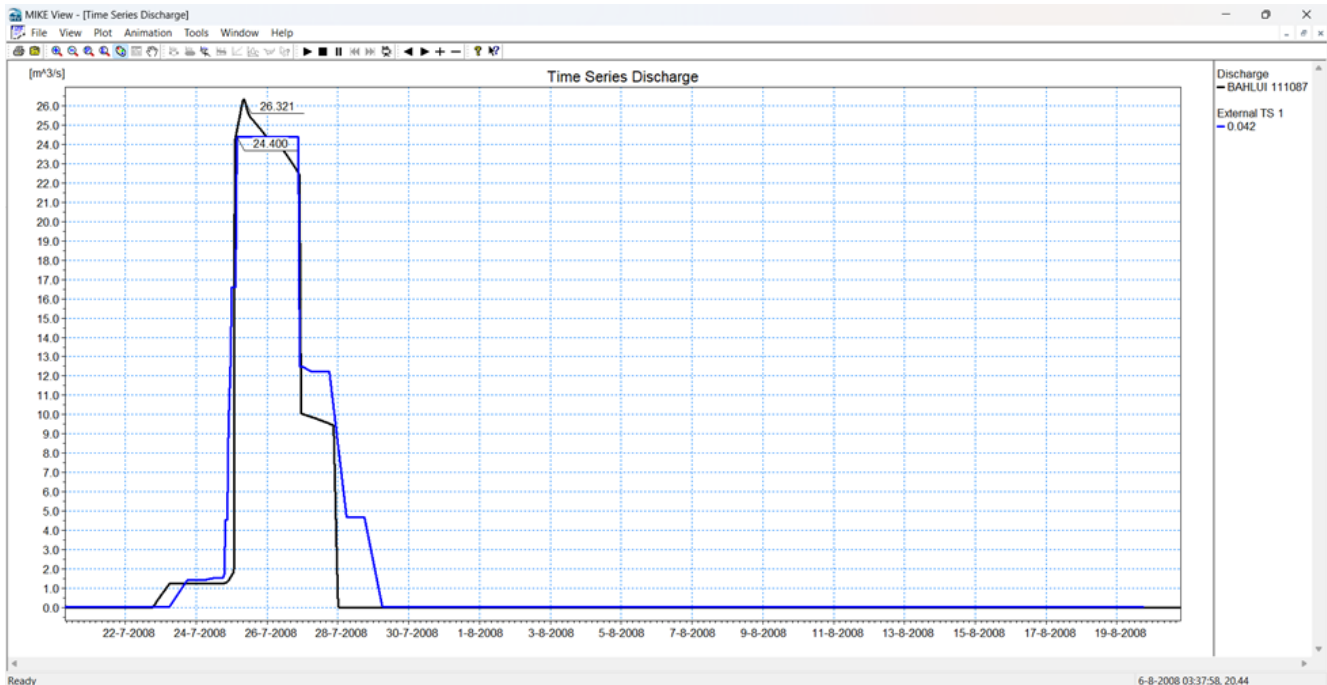


Figura 5.9. Calibrarea modelului pentru evenimentul hidrologic din iulie 2008

În Figura 5.10. este prezentată validarea modelului hidrologic-hidraulic cuplat, realizată prin compararea rezultatelor aval de barajul Pârcovaci.

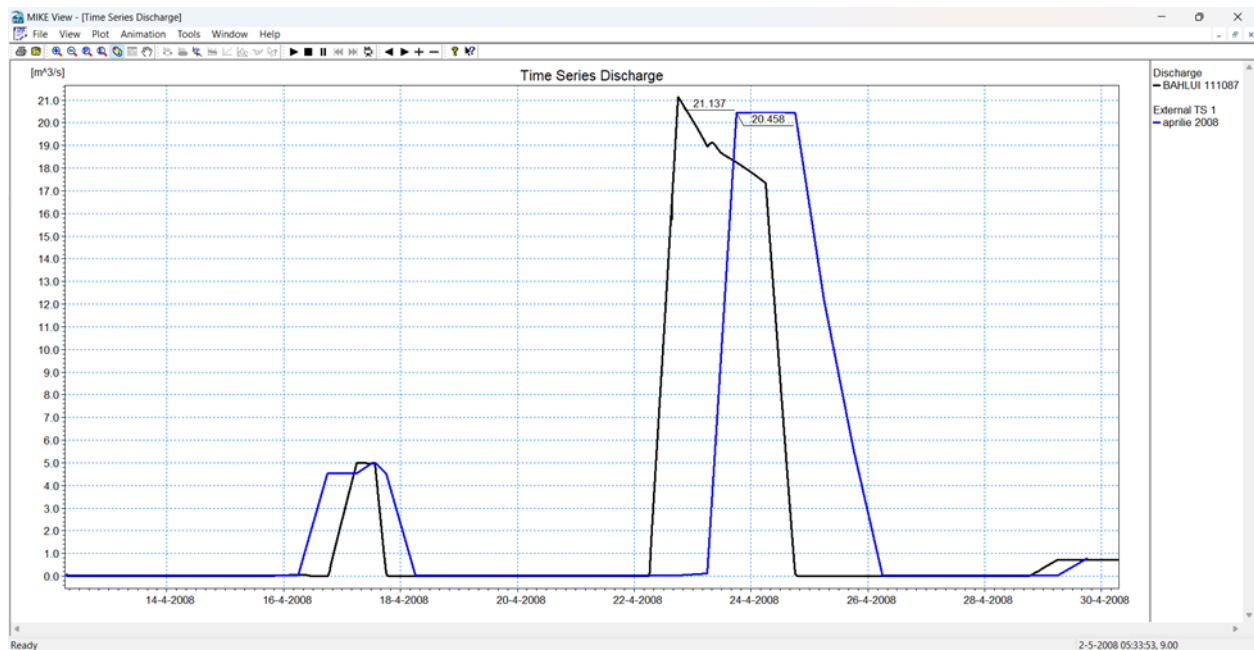


Figura 5.10. Validarea modelului pentru evenimentul din luna aprilie 2008

În concluzie, modelul hidrologic-hidraulic cuplat a fost calibrat și validat pe baza a două evenimente diferite din anul 2008: unul din luna iulie, utilizat pentru calibrare, și celălalt din luna aprilie, utilizat pentru validare. Astfel, modelul poate fi folosit pentru a analiza comportamentul sectorului de râu cuprins între capătul amonte al bazinului râului Bahlui și zona imediat aval de barajul Pârcovaci, pe baza unor ploii de intensități variabile sau debite cu diverse probabilități de calcul.

CAPITOLUL 6. STUDII DE CAZ. REZULTATE ȘI DISCUȚII

6.1. Factori ai degradării calității apei

Diverse studii arată că degradarea calității apei în râuri și lacuri este cauzată de factori naturali (Khan și colab., 2023), contaminanții organici (Strokal și colab., 2019; Talukdar și colab., 2023), activitățile antropice și nivelul de urbanizare (Cojoc, 2016; Azha și colab., 2023), precum și de construcțiile hidrotehnice (cum ar fi regularizările de râuri, îndiguirile și consolidările de maluri) (Popa, 1998; Popoiu, 2017; Momeu și colab., 2018; Veríssimo și Roseta-Palma, 2023). Efectele combinate ale factorilor naturali și antropici pot reduce semnificativ funcțiile ecosistemului acvatic (Fink și colab., 2018; Zhinzhakova și Cherednik, 2023; Talukdar și colab., 2023; Mechal și colab., 2024). Majoritatea bazinelor hidrografice ale râurilor din întreaga lume sunt puternic influențate de activitățile umane (Momeu și colab., 2018; Zhai și colab., 2022).

Alte studii au demonstrat că barajele pot reduce concentrațiile de fosfor în apă, cu condiția să nu existe aporturi externe de fosfor și eliberări interne din sedimente (Harrison și colab., 2019). Calitatea apei ar putea fi îmbunătățită dacă toate apele uzate ar fi tratate mecanic și biologic. Pentru reducerea substanțelor nutritive eliberate în cursurile de apă construirea stațiilor de epurare a apelor uzate este una dintre măsurile pe care autoritățile trebuie să le adopte pentru un management durabil al ecosistemelor (Giurma și Crăciun, 2010; Pinto și colab., 2014; Popoiu, 2017).

Chihăiței (2017) a studiat procesele de sorbție ca metodă pentru eliminarea poluanților prioritari din apele uzate, cum ar fi metalele grele și coloranții, utilizând biosorbenți pentru îndepărtarea acestor substanțe periculoase. Teza sa explorează eficiența și mecanismele procesului de biosorbție în regim static și dinamic, incluzând studii experimentale pentru optimizarea acestuia și propunând soluții pentru aplicarea la scară industrială a acestor tehnologii de epurare.

Procesele convenționale de epurare a apei uzate nu sunt suficient de eficiente pentru a elimina toți poluanții periculoși. De aceea, integrarea unor tehnologii avansate de epurare, cum ar fi biosorbția cu biosorbenți ieftini și accesibili, este esențială pentru a obține o calitate adecvată a apelor epurate înainte de deversare (Chihăiței, 2017).

În cadrul studiului realizat de Søndergaard și colaboratorii (2007), au fost analizate diverse metode de restaurare pentru lacuri puțin adânci și eutrofe din Danemarca și Olanda. Rezultatele au arătat că, pentru multe dintre aceste lacuri, încărcarea externă cu nutrienți a fost redusă prin tratarea chimică a apelor uzate, conectarea gospodăriilor izolate la sisteme de canalizare și devierea surselor de poluare punctiformă, cum ar fi stațiile de epurare a apelor uzate.

Un studiu efectuat pe râurile Uruch și Malka din Caucazul Central de către Zhinzhakova și Cherednik (2023) a observat degradarea calității apei cauzată de evacuările de ape uzate epurate necorespunzător și de activitățile agricole. Poluanții principali identificați au fost nitriții și amoniul pentru râul Malka, iar pentru râul Uruch, doar amoniul.

Sursele de nutrienți, în special fosfor, în corpurile de apă includ (Fink și colab., 2018):

- sisteme septice din localități neconectate la rețeaua de canalizare, care evacuează apele uzate menajere fără procesare prealabilă;
- ape uzate menajere și industriale tratate parțial în stații de epurare, unde doar o parte din fosfor este eliminat, restul fiind evacuat în corpuri de apă;
- ape pluviale din zonele urbane, colectate în sistemele de canalizare sau drenaj, presupunându-se că stațiile de epurare tratează fosforul cu aceeași eficiență ca în cazul apelor menajere;

- îngrășăminte anorganice sau organice, din care fracțiunea neabsorbită de plante ajunge în apele de suprafață prin spălare;
- fosfor atmosferic, sub formă de particule sau compuși, care se depune în apă prin procese de depunere atmosferică.

Pe lângă rolul esențial în menținerea calității apelor de suprafață, apele uzate tratate sunt utilizate în agricultură și pentru suplimentarea debitului râurilor. Practicile de reutilizare a apelor uzate tratate sunt tot mai frecvente, incluse în programele de gestionare a apei (Chihăiței, 2017; Gîlcă, 2019). Organizația pentru Alimentație și Agricultură a Națiunilor Unite (FAO), Programul Națiunilor Unite pentru Mediu (UNEP) și Organizația Mondială a Sănătății (OMS) au dezvoltat ghiduri privind utilizarea sigură a apelor uzate și a apelor gri în agricultură pentru a asigura standarde adecvate în folosirea acestor resurse (WWAP, 2023).

6.2. Monitorizarea calității apei

Toate activitățile dintr-un bazin hidrografic generează un impact asupra mediului, ceea ce face esențială monitorizarea indicatorilor de calitate a apei, reducerea surselor de poluare și prevenirea acestora (Azha și colab., 2023).

Analiza calității apei râurilor Bahlui, Stavnic și Vaslui în perioada 2019-2022 s-a concentrat pe valorile medii anuale **pentru regimul termic și acidifiere (temperatură și pH), regimul oxigenului (oxigen dizolvat și consum biochimic de oxigen), nutrienți (azot total și fosfor total).**

Din bazinul râului Bahlui au fost selectate opt secțiuni de monitorizare (Figura 6.1.): Vama cu Tablă (S1), Acumularea Pârcovaci (S2), Cotnari (S3), Acumularea Tansa Belcești (S4), Belcești (S5), Podu Iloaiei (S6), Valea Lupului (S7) și Holboca (S8), fiecare cu caracteristici distincte.

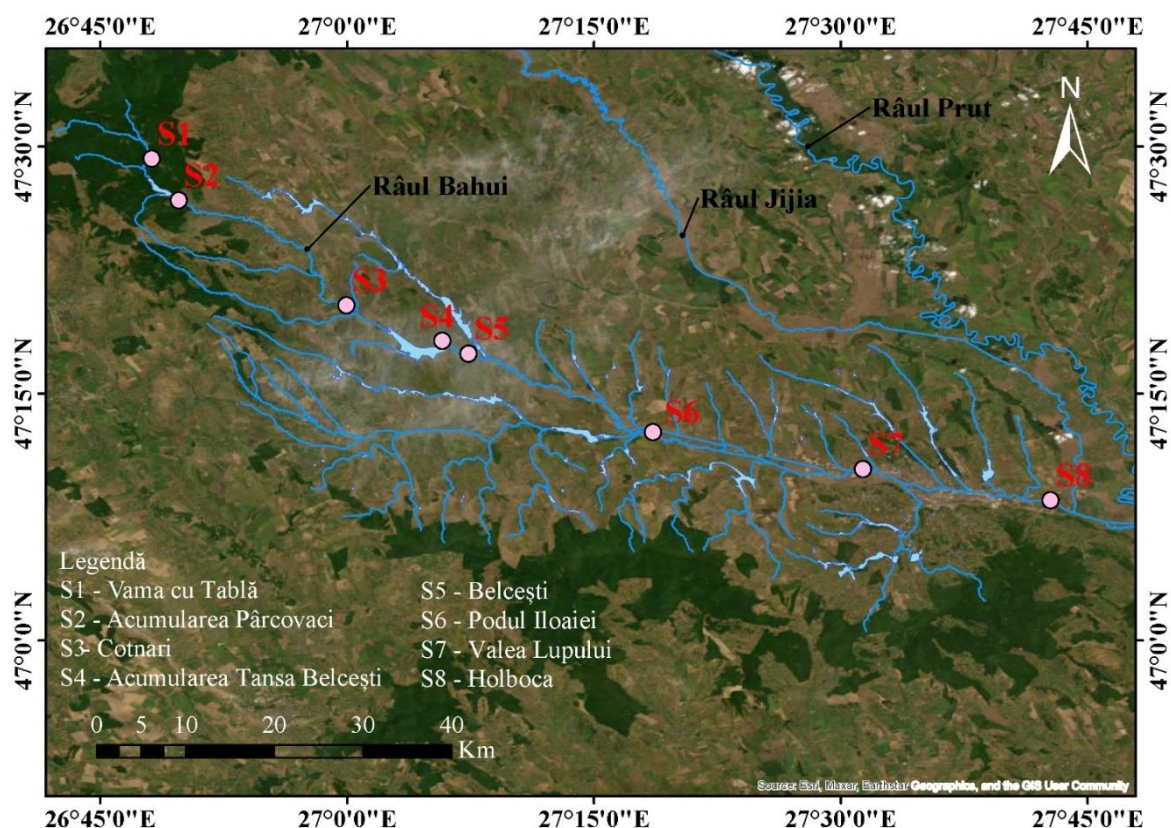


Figura 6.1. Amplasarea stațiilor de monitorizare a calității apelor de suprafață de pe râul Bahlui

Din bazinul hidrografic al râului Stavnic au fost selectate două secțiuni de monitorizare Acumularea Căzănești (S9) și Parpanița (S10), iar din bazinul hidrografic al râului Vaslui a fost selectată secțiunea de monitorizare Acumularea Solești (S11) (Figura 6.2.).

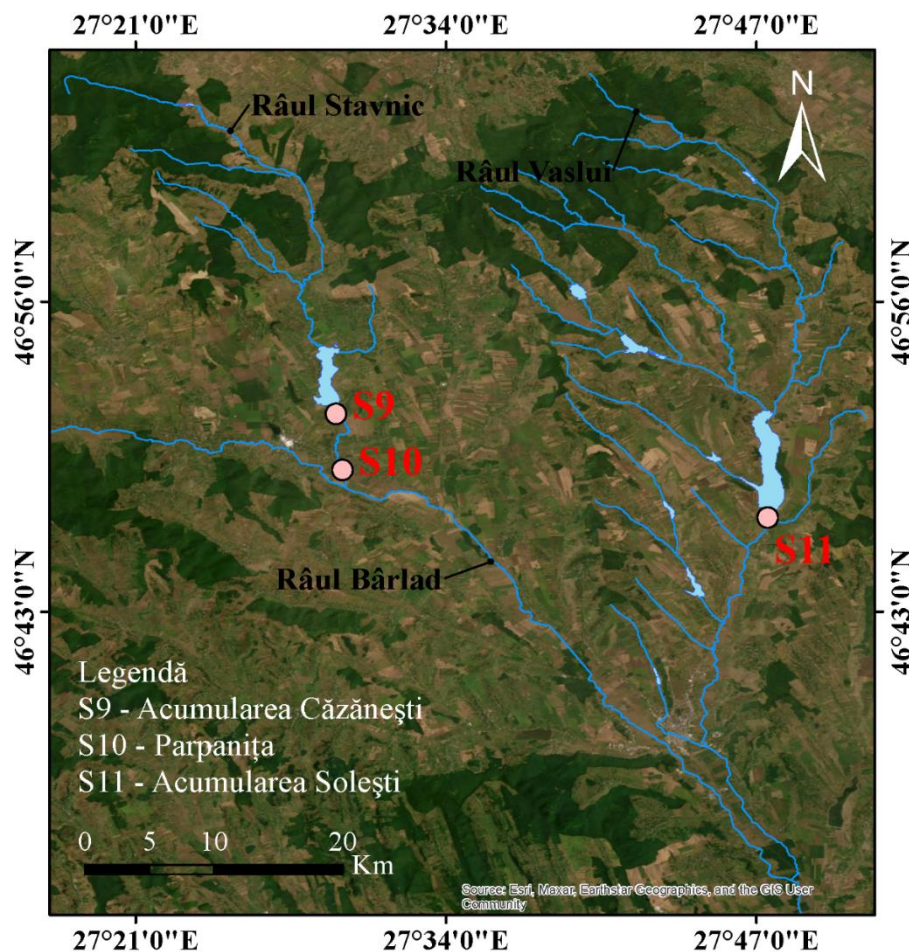


Figura 6.2. Amplasarea stațiilor de monitorizare a calității apelor de suprafață de pe râul Stavnic și râul Vaslui

6.2.1. Analiza regimului termic și acidifierea

6.2.1.1. Temperatura apei

Temperatura apelor de suprafață este strâns legată de temperatura aerului și variază între 0 și 35°C, iar depășirea pragului de 35°C favorizează o creștere accelerată a agenților patogeni (Munteanu și colab., 2011; Strokal și colab., 2019; Frîncu, 2020).

În râuri, temperatura variază în funcție de direcția de curgere, influențele climatice și geografice, sursa de alimentare și dimensiunile cursului. Râurile orientate pe axa nord-sud prezintă o creștere a temperaturii pe direcția aval, datorită expunerii sporite la radiația solară. În schimb, râurile cu direcție sud-nord înregistrează o scădere a temperaturii pe măsură ce avansează, deoarece își pierd treptat căldura acumulată. Râurile care urmează direcția est-vest sau invers, prezintă variații minore de temperatură de-a lungul cursului lor, datorită influențelor climatice relativ constante pe această axă (Romanescu, 2008; Momeu și colab., 2018).

Temperatura apei influențează, de asemenea, indirect salinitatea prin evaporare crescută, ceea ce poate duce la acumularea de săruri în sistemele acvatice (Strokal și colab., 2019).

Figura 6.3. prezintă valorile medii anuale ale variației temperaturii apei în locațiile monitorizate în perioada 2019-2022, împreună cu valorile limită pentru clasele de calitate stabilite de Benchea (2012), deoarece standardele nu prevăd limite pentru acest indicator. Clasele de calitate sunt reprezentate pe grafic astfel: Clasa I sub 1°C (verde deschis); Clasa II între 1-6°C (verde închis); Clasa III între 6-10°C (portocaliu); Clasa IV între 10-20°C.

Cele mai scăzute valori au fost înregistrate în secțiunea Vama cu Tablă (S1) în anul 2021 (7,88°C), iar cele mai ridicate valori au fost observate în secțiunea Acumularea Căzănești (S9) în anul 2019 (16,33°C).

În secțiunile aval de lacuri se înregistrează cele mai mari temperaturi ale apei (Acumularea Tansa Belcești (S4) – 16,05°C în anul 2020; Acumularea Căzănești (S9) – 16,33°C în anul 2019; Acumularea Solești (S11) – 16,14°C în anul 2020). Secțiunea Vama cu Tablă (S1) are cele mai scăzute valori față de restul secțiunilor, ceea ce se explică prin faptul că râul Bahlui traversează aici o zonă împădurită.

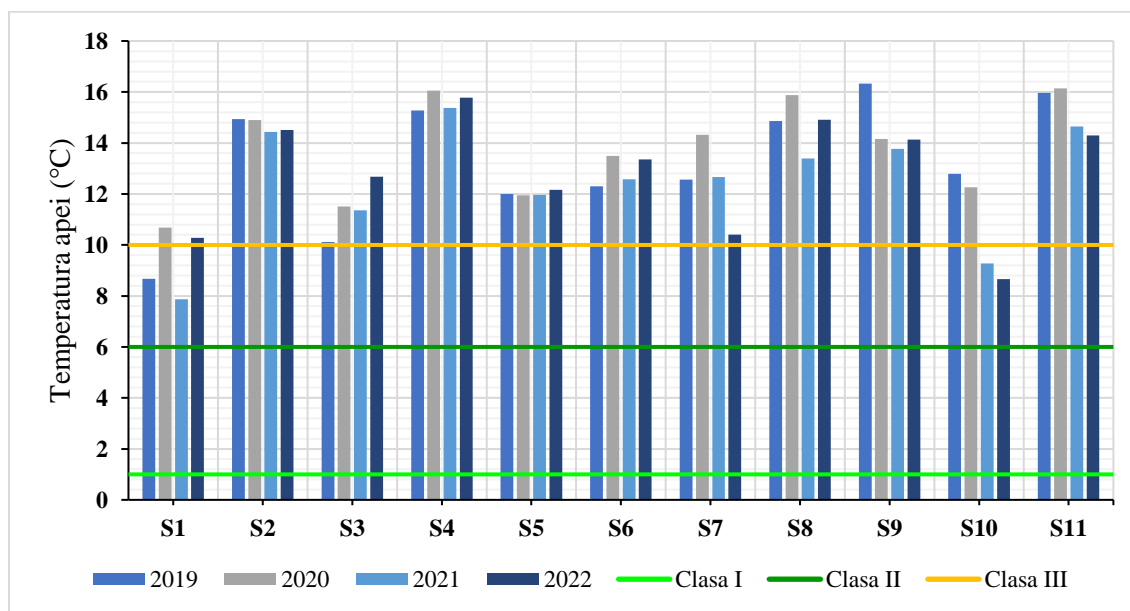


Figura 6.3. Evoluția valorilor medii anuale ale temperaturii apei în secțiunile de monitorizare de pe râurile Bahlui, Stavnic și Vaslui (2019-2022)

6.2.1.2. pH-ul apei

Modificarea pH-ului influențează solubilitatea și toxicitatea unor substanțe chimice și este un indicator al sănătății mediului acvatic, deoarece numeroase reacții biologice și fizico-chimice (cum ar fi fotosinteza, respirația și absorbția nutrienților) depind de pH (Azha și colab., 2023; Razguliaev și colab., 2024). De exemplu, un pH ridicat crește solubilitatea fosfaților și nitraților, ceea ce îi face mai disponibili pentru plante și poate crește cererea de oxigen dizolvat (Mechal și colab., 2024).

Figura 6.4. prezintă valorile medii anuale ale variației pH-ului în locațiile monitorizate între 2019-2022, incluzând intervalul optim pentru apele de suprafață (6,5-8,5) marcat cu linii verzi.

Majoritatea valorilor respectă limitele stabilite de Ordinul ministrului mediului și gospodăririi apelor nr. 161 din 16 februarie 2006 pentru aprobarea *Normativului privind clasificarea calității apelor de suprafață în vederea stabilirii stării ecologice a corpurilor de apă*. pH-ul variază între 7,58 (secțiunea Holboca (S8) în anul 2020) și 8,93 (secțiunea Acumularea Tansa Belcești (S4) în același an).

Secțiunile S3 (2021-2022), S8 (2019-2022), S10 (2021-2022) prezintă un pH între 7,5 și 8, sugerând un caracter ușor alcalin.

Secțiunile S1 (2019-2022), S2 (2019-2022), S3 (2019-2020), S5 (2019-2021), S6 (2019-2022), S7 (2019-2022), S9 (2020-2022), S10 (2019-2020), S11 (2021) prezintă un pH între 8 și 8,5, indicând un caracter moderat alcalin stabil.

Secțiunile S4 (2019-2022), S5 (2022), S9 (2019), S11 (2019-2020 și 2022) prezintă valori de pH care depășesc 8,5, ceea ce sugerează un caracter puternic alcalin.

Valori ridicate de pH sunt observate în ecosisteme antropizate cu surse difuze, cum ar fi secțiunea Acumularea Tansa Belcești (S4), unde valorile au fost de **8,50** în anul 2019, **8,93** în anul 2020, **8,67** în anul 2021 și **8,68** în anul 2022, secțiunea Acumularea Căzănești (S9) unde s-a observat valoarea de **8,51** în anul 2019 sau secțiunea Acumularea Solești (S11) unde s-au observat valori de **8,53** în anul 2019, **8,5** în anul 2020 și **8,54** în anul 2022.

Aceste valori ridicate sunt influențate de activitățile agricole și industriale din zonele respective, care pot introduce substanțe alcaline în apă. De asemenea, stagnarea apei în acumulări favorizează fotosinteza algelor și a altor organisme acvatice, ceea ce reduce concentrația de dioxid de carbon din apă și crește astfel pH-ul.

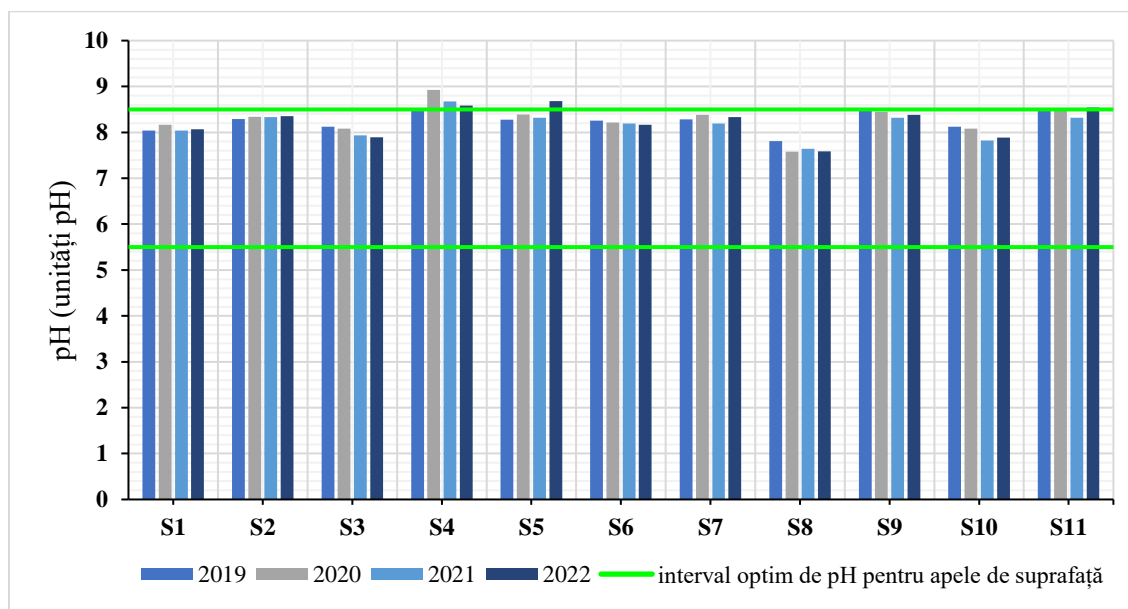


Figura 6.4. Evoluția valorilor medii anuale ale pH-ului în secțiunile de monitorizare de pe râurile Bahlui, Stavnici și Vaslui (2019-2022)

6.2.2. Analiza regimului oxigenului

6.2.2.1. Oxigenul dizolvat

Pentru a menține un ecosistem sănătos, concentrațiile minime de oxigen dizolvat ar trebui să fie de cel puțin 5 mg/l, corespunzătoare clasei III de calitate. Pragul de 2 mg/l poate fi considerat ca intermediar pentru condițiile hipoxice (scăderea nivelului de oxigen dizolvat), în timp ce fluxurile de fosfor din sedimente cresc rapid la concentrații de oxigen sub 1,5 mg/l (Harrison și colab., 2019; DePalma-Dow și colab., 2022).

Procesele biologice și biogeochimice din coloana de apă și interfața sediment-apă contribuie la epuizarea oxigenului. Eutrofizarea și schimbările climatice accentuează hipoxia, afectând calitatea apei și ecosistemele acvatice, necesitând soluții eficiente de monitorizare a oxigenului (Søndergaard și colab., 2007; Popoiu, 2017). Concentrațiile mai mari de oxigen dizolvat pot fi atribuite mișcării și turbulenței apei, de exemplu, în timpul precipitațiilor abundente (Azha și colab., 2023).

Figura 6.5. prezintă valorile medii anuale ale concentrațiilor de oxigen dizolvat determinate în locațiile monitorizate pe parcursul perioadei 2019-2022, împreună cu valorile limită pentru clasele de calitate, conform normelor prevăzute de legislația în vigoare din România. Limitele claselor de calitate sunt reprezentate pe grafic astfel: pentru Clasa I peste 9 mg O₂/l (verde deschis); pentru Clasa II între 7-9 mg O₂/l (verde închis); pentru Clasa III între 5-7 mg O₂/l (portocaliu); pentru Clasa IV între 4-5 mg O₂/l (roșu); pentru Clasa V sub 4 mg O₂/l.

Graficul evidențiază diferențe semnificative în concentrațiile de oxigen dizolvat, indicând poluare agricolă în secțiunea Cotnari (S3) și poluare cu apele uzate insuficient epurate în secțiunile Podu Iloaiei (S6) și Valea Lupului (S7). În secțiunea Holboca (S8) se observă și impactul levigatului provenit de la depozitul de deșeuri Tomești, situat în amonte. Cele mai scăzute concentrații s-au înregistrat în secțiunea Cotnari (S3) în anul 2022 (**5,24 mg O₂/l**), iar cele mai ridicate în secțiunea Podu Iloaiei (S6) în anul 2021 (**15,28 mg O₂/l**).

În județul Vaslui, depozitele de deșeuri neconforme, acum închise, au deversat levigat în apele de suprafață și subterane, amplificând poluarea în perioade de fenomene meteorologice extreme. Pentru a reduce riscul de contaminare a apei de suprafață, noile proiecte de depozite de deșeuri includ sisteme de drenaj și stații de epurare a levigatului. În plus, calitatea apei este monitorizată prin foraje de control în jurul depozitelor. Aceste măsuri urmăresc să minimizeze infiltrarea levigatului în sol și în apele subterane, reducând astfel impactul asupra calității apelor de suprafață (Tataru, 2018).

Majoritatea secțiunilor mențin valori ridicate ale oxigenului dizolvat, încadrându-se în Clasele I și II de calitate, ceea ce indică o apă de bună calitate, capabilă să susțină viața acvatică. În schimb, secțiunile Cotnari (S3) și Holboca (S8) prezintă o tendință descendentă, indicând un consum gradual de oxigen dizolvat în coloana de apă și un potențial risc de deteriorare a calității apei (Li și colab., 2023).

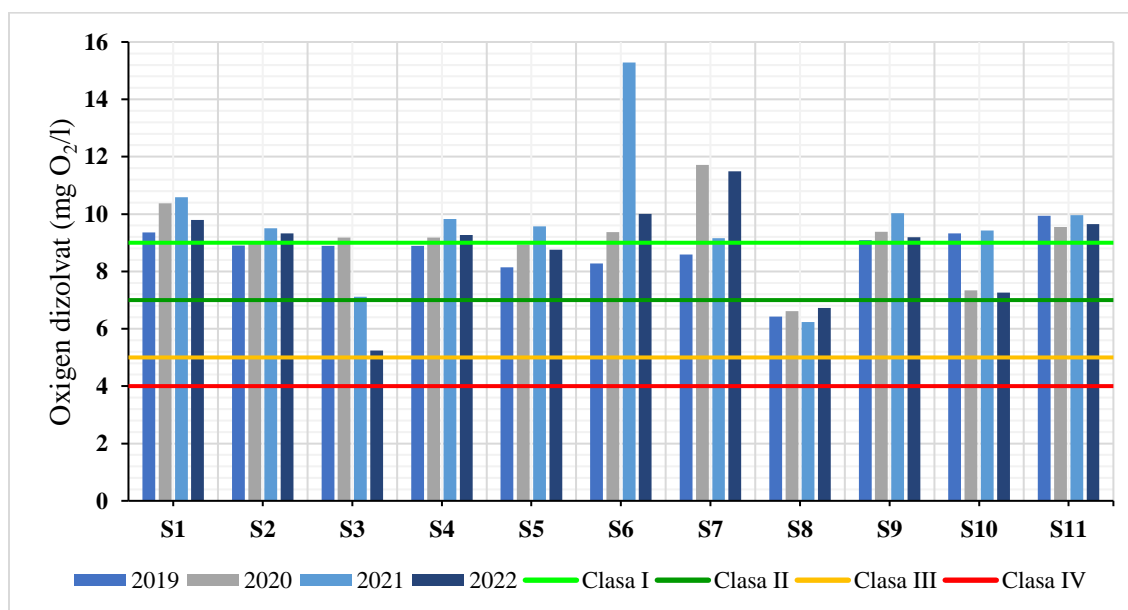


Figura 6.5. Evoluția valorilor medii anuale ale concentrației de oxigen dizolvat în secțiunile de monitorizare de pe râurile Bahlui, Stavnici și Vaslui (2019-2022)

6.2.2.2. Consumul biochimic de oxigen

Influența activităților agricole și a apelor uzate menajere insuficient epurate evidentă prin niveluri ridicate de CBO₅, indică o concentrație mare de materie organică. Aceasta favorizează creșterea algelor și acumularea de substanțe toxice în sedimente (Frîncu, 2020; Azha și colab., 2023). Creșterea algelor poate afecta lanțurile trofice și poate declanșa hipoxia, cauzând mortalitatea peștilor, reducerea

habitatului, eliberarea metalelor din sedimente și alte efecte negative asupra ecosistemului (Harrison și colab., 2019; Paul și colab., 2022).

Degradarea compușilor organici în mediul natural are două faze distincte (Popa, 1998; Frîncu, 2020):

- **faza de oxidare a carbonului:** această etapă, considerată convențional completă după 20 de zile la 20°C, implică utilizarea oxigenului pentru transformarea carbonului organic în dioxid de carbon;
- **faza de oxidare a azotului:** începe în a 10-a zi și poate dura până la 100 de zile, timp în care azotul organic este oxidat la nitrați prin nitrificare.

Reacțiile oxidative implicate în măsurarea consumului biochimic de oxigen sunt influențate de activitatea microbiană, densitatea populațiilor microbiene inițiale și temperatură, iar 20°C este considerată o valoare medie reprezentativă pentru condițiile naturale ale apelor de suprafață (Frîncu, 2020).

Figura 6.6. prezintă valorile medii anuale ale concentrațiilor de consum biochimic de oxigen determinate în locațiile monitorizate pe parcursul perioadei 2019-2022, împreună cu valorile limită pentru clasele de calitate, conform normelor prevăzute de legislația în vigoare din România. Limitele claselor de calitate sunt reprezentate pe grafic astfel: pentru Clasa I sub 3 mg O₂/l (verde deschis); pentru Clasa II între 3 și 5 mg O₂/l (verde închis); pentru Clasa III între 5 și 7 mg O₂/l (portocaliu); pentru Clasa IV între 7 și 20 mg O₂/l (roșu); pentru Clasa V peste 20 mg O₂/l.

Cele mai scăzute concentrații au fost înregistrate în secțiunea Acumularea Căzănești (S9) în anul 2019 (**2,46 mg O₂/l**), iar cele mai ridicate în secțiunea Cotnari (S3) în anul 2022 (**73,42 mg O₂/l**). În general, tendința a fost de creștere în 2019 și 2020 și de scădere în 2021 și 2022.

Secțiunile Cotnari (S3) și Belcești (S5) prezintă cele mai mari valori de CBO₅, indicând o poluare organică semnificativă cauzată de activitățile agricole și deversările de ape uzate. În secțiunea Cotnari (S3), CBO₅ a atins 73,42 mg O₂/l în anul 2021 și 53,31 mg O₂/l în anul 2022, încadrându-se în Clasa V. În secțiunea Belcești (S5), valorile de 23,47 mg O₂/l în anul 2020 și 28,96 mg O₂/l în anul 2022, au fost, de asemenea, clasificate în Clasa V.

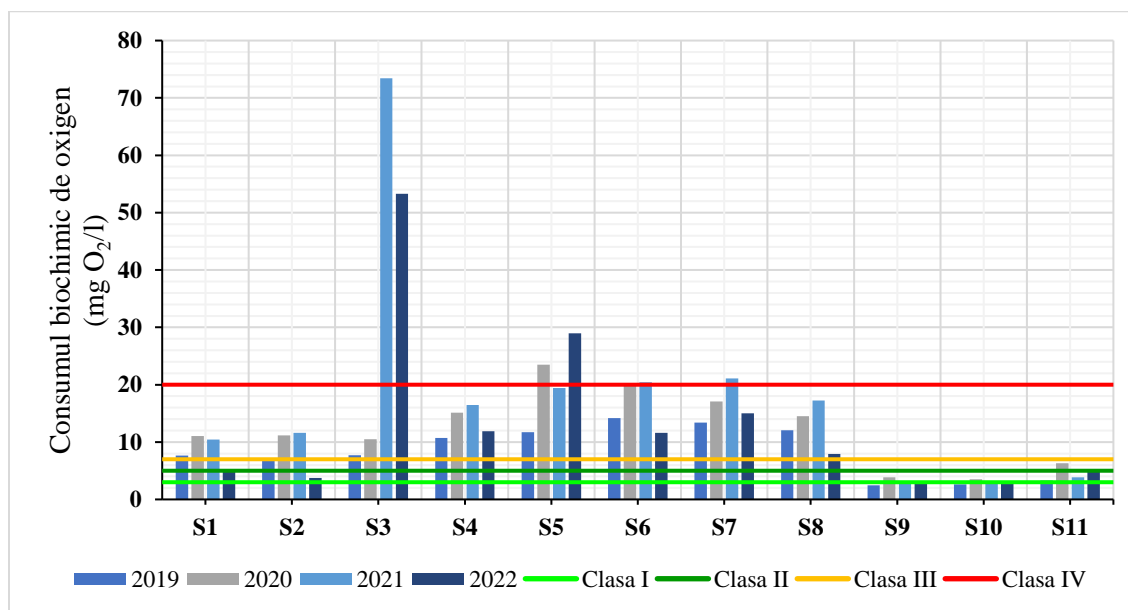


Figura 6.6. Evoluția valorilor medii anuale ale concentrației de consum biochimic de oxigen în secțiunile de monitorizare de pe râurile Bahlui, Stavnici și Vaslui (2019-2022)

6.2.3. Analiza nutrienților

Figura 6.7. prezintă valorile medii anuale ale concentrațiilor de azot total determinate în locațiile monitorizate pe parcursul perioadei 2019-2022, împreună cu valorile limită pentru clasele de calitate, conform normelor prevăzute de legislația în vigoare din România. Limitele claselor de calitate sunt reprezentate pe grafic astfel: pentru Clasa I sub 1,5 mg N/l (verde deschis); pentru Clasa II între 1,5 și 7 mg N/l (verde închis); pentru Clasa III între 7 și 12 mg N/l (portocaliu).

Cele mai scăzute concentrații au fost înregistrate în secțiunea Vama cu Tablă (S1) în anii 2021 și 2022 (**0,25 mg N/l**), iar cele mai ridicate în secțiunea Holboca (S8) în anul 2022 (**11,72 mg N/l**).

Între secțiunile Acumularea Tansa Belcești (S4) și Belcești (S5) se remarcă o poluare cu compuși ai azotului, în special azotați, care pot fi transformați în azot atmosferic prin denitrificare. După secțiunea Belcești (S5), concentrațiile scad, atingând Clasa II de calitate datorită proceselor naturale de autoepurare. În schimb, în secțiunile Podu Iloaiei (S6), Valea Lupului (S7) și Holboca (S8), concentrațiile sunt în creștere, deoarece râul Bahlui este alimentat de afluenți care traversează atât zone urbane, cât și agricole, unde predomină poluarea cu amoniu, provenit în principal din ape uzate menajere. Amoniu trebuie oxidat la azotat înainte de a putea fi eliminat prin denitrificare.

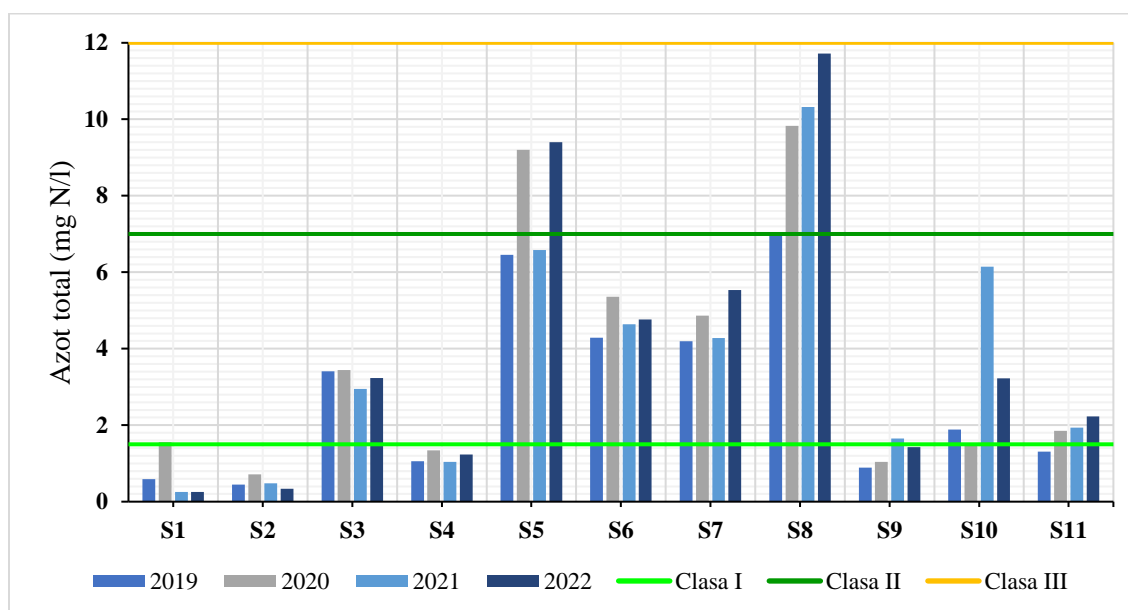


Figura 6.7. Evoluția valorilor medii anuale ale concentrației de azot total în secțiunile de monitorizare de pe râurile Bahlui, Stavnici și Vaslui (2019-2022)

Figura 6.8. prezintă valorile medii anuale ale concentrațiilor de fosfor total determinate în locațiile monitorizate pe parcursul perioadei 2019-2022, împreună cu valorile limită pentru clasele de calitate, conform normelor prevăzute de legislația în vigoare din România. Limitele claselor de calitate sunt reprezentate pe grafic astfel: pentru Clasa I sub 0,15 mg P/l (verde deschis); pentru Clasa II între 0,15 și 0,4 mg P/l (verde închis); pentru Clasa III între 0,4 și 0,75 mg P/l (portocaliu); pentru Clasa IV între 0,75 și 1,2 mg P/l (roșu); pentru Clasa V peste 1,2 mg P/l.

Cele mai scăzute concentrații au fost înregistrate în secțiunea Acumularea Pârcovaci (S2) în anul 2021 (**0,05 mg P/l**), iar cele mai ridicate în secțiunea Holboca (S8) în anul 2022 (**1,36 mg P/l**).

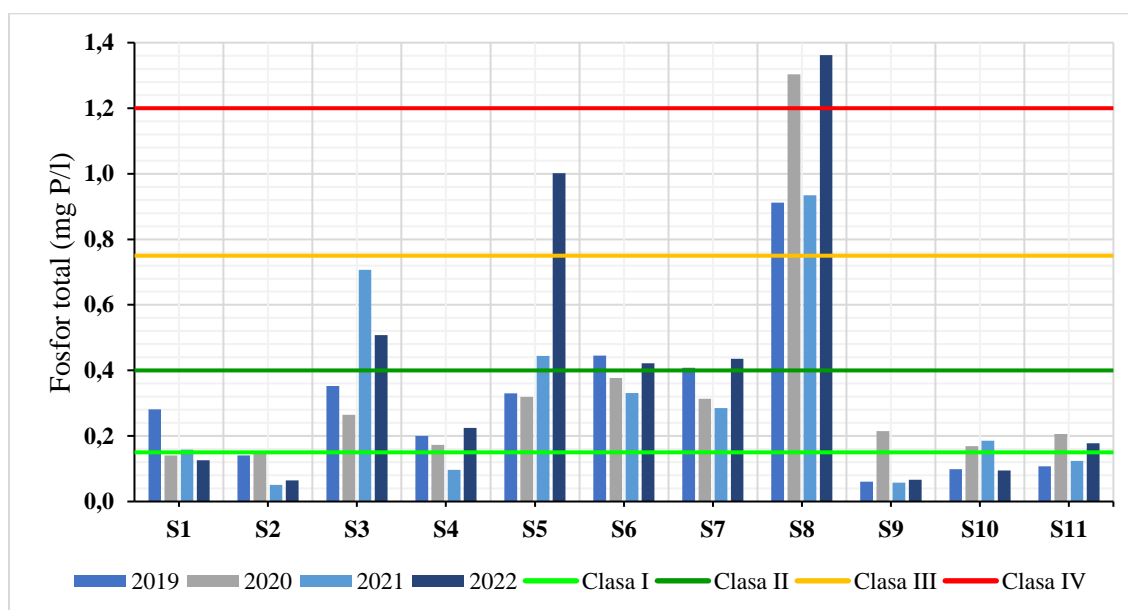


Figura 6.8. Evoluția valorilor medii anuale ale concentrației de fosfor total în secțiunile de monitorizare de pe râurile Bahlui, Stavnici și Vaslui (2019-2022)

6.3. Calculul indicelui de calitate a apei (WQI)

Sursele difuze și punctiforme sunt principalele cauze ale poluării râurilor și lacurilor (Popa, 1998; Popoiu, 2017; Azha și colab., 2023; Mechal și colab., 2024).

Sursele punctiforme, cum ar fi apele uzate menajere, industriale și pluviale, sunt colectate prin sisteme de canalizare și evacuate controlat în receptori naturali. În contrast, sursele difuze, precum cele din agricultură, ferme, depuneri atmosferice, construcții, industrie și traficul auto, emit poluanți în mediu într-un mod dispers, fiind mai dificil de monitorizat și controlat (Munteanu și colab., 2011; Popoiu, 2017).

Un exemplu relevant de studiu al poluării din surse difuze și punctiforme este cercetarea asupra râului Stavnici din România, realizată de Tataru și colaboratorii (2024d). Studiul s-a concentrat pe monitorizarea concentrațiilor de metale grele, analizând nivelurile de poluare și adecvarea apei pentru consumul uman. În acest context, concentrațiile de metale grele au fost analizate prin Indicele de poluare cu metale grele (HPI) și Indicele de evaluare a metalelor grele (HEI), oferind o evaluare comprehensivă a calității apei. Valorile HPI au indicat o calitate excelentă a apei ($HPI < 25$), iar valorile HEI au arătat un nivel de poluare scăzut ($HEI < 10$), ceea ce sugerează că, în ciuda influenței surselor de poluare, râul Stavnici menține o calitate bună a apei, adecvată pentru consum uman.

Deși evacuările urbane sunt surse punctiforme la nivel de bazin hidrografic, ele devin surse difuze în analiza porțiunilor specifice ale corpurilor de apă urbane. Sute de deversări pluviale pot polua un râu, producând efecte cronice și acute, influențate de condițiile sezoniere și variabile ale râului (Fu și colab., 2020).

Programele de monitorizare au ca scop evaluarea modificărilor în calitatea apei și identificarea surselor de poluare, bazându-se pe o gamă largă de parametri biologici, chimici și fizici. Pentru a facilita interpretarea rezultatelor și comunicarea acestora către factorii de decizie, comunitatea locală și alte părți interesate, este important să se simplifice clasificarea parametrilor de calitate a apei. Simplificarea parametrilor poate sprijini, de asemenea, evaluările rapide ale calității apei atunci când este necesar (Kwon și Jo, 2023; Talukdar și colab., 2023).

Aplicarea indicelui are o istorie îndelungată, iar selecția parametrilor de calitate ai apei incluși în WQI variază în funcție de factori precum populația, geologia sau clima locală (Frîncu, 2020). De exemplu:

- un studiu asupra râului Jamuna din Bangladesh a comparat diferite modele WQI, evidențiind o corelație puternică între indici și determinarea precisă a calității apei (Khan și colab., 2023);
- Torres-Ramírez și colaboratorii (2024) au calculat WQI pentru râul Maule din Chile, unde, deși au existat variații temporale ale parametrilor, calitatea apei a variat de la bună la foarte bună.

În România, un studiu recent efectuat de Tataru și colaboratorii (2024c) a evaluat calității apei râului Vaslui în patru secțiuni de monitorizare, folosind WQI. Rezultatele studiului evidențiază faptul că apa acestui râu prezintă variații semnificative de calitate în diferite secțiuni de monitorizare, în funcție de presiunile exercitate de activitățile antropice și de condițiile naturale. Indicele de calitate a apei (WQI) a indicat o calitate bună a apei în secțiunile amonte, dar o degradare semnificativă în aval, în special în zona municipiului Vaslui, unde calitatea a fost clasificată drept foarte slabă. Această degradare este asociată cu urbanizarea, activitățile agricole și lipsa infrastructurii adecvate de epurare.

Există unele limitări în estimarea WQI, printre care faptul că ponderile atribuite fiecărui poluant pentru a evalua relevanța acestuia rămân constante, chiar dacă concentrațiile reale ale poluanților pot varia în timp (Talukdar și colab., 2023). Astfel, au fost selectați următorii parametri: pH, oxigen dizolvat (OD), consumul biochimic de oxigen (CBO₅), consumul chimic de oxigen (CCO-Cr), amoniu (N-NH₄⁺), azotiți (N-NO₂⁻), azotați (N-NO₃⁻), azot total (NT), ortofosfați solubili (P-PO₄³⁻), fosfor total (PT), conductivitatea electrică (CE), calciu (Ca²⁺), magneziu (Mg²⁺).

Analiza Figura 6.9. indică faptul că, în perioada de studiu, calitatea apei râului Bahlui a fost clasificată drept **moderat**, iar pentru râurile Stavnic și Vaslui, calitatea apei a fost **bună**.

În anumite secțiuni, cum ar fi Cotnari (S3), Belcești (S5) și Holboca (S8), se constată o creștere semnificativă a valorilor WQI în anii 2021 și 2022 față de 2019, sugerând o degradare semnificativă a calității apei în aceste locații. Valorile mai scăzute în secțiunile Podu Iloaiei (S6) și Valea Lupului (S7) indică o calitate moderată a apei. Deși aceste secțiuni nu prezintă cele mai ridicate valori ale WQI, ele necesită monitorizare continuă pentru a preveni o posibilă deteriorare a calității apei.

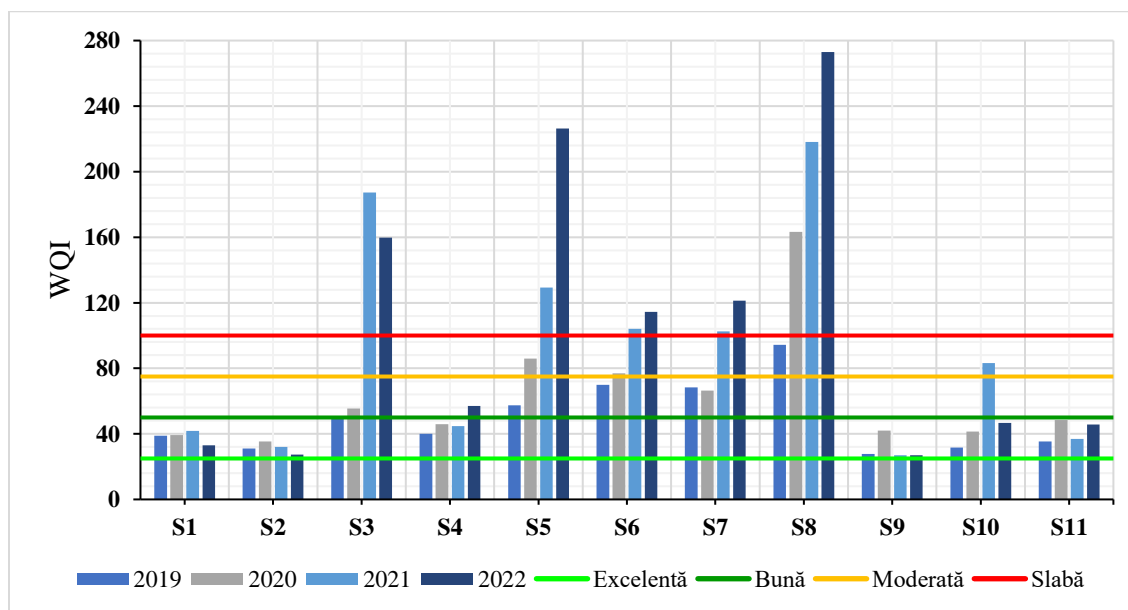


Figura 6.9. Evoluția Indicilor WQI pentru secțiunile de monitorizare de pe râurile Bahlui, Stavnic și Vaslui (2019-2022)

Informațiile obținute prin calculul indicelui WQI constituie o resursă esențială pentru monitorizarea și analiza tendințelor de calitate a apei pe termen lung. Aceste date permit identificarea rapidă a variațiilor în calitatea apei și susțin deciziile legate de gestionarea sustenabilă a resurselor de apă. Extinderea acestui tip de evaluare la nivel național și integrarea sa în reglementările de mediu din România ar putea oferi date critice pentru dezvoltarea politicilor de mediu și protejarea durabilă a resurselor acvatice.

6.4. Cercetări experimentale și rezultate privind calitatea apei în sistemul Râul Kortówka – Lacul Kortowskie, Polonia

Restaurarea lacurilor și râurilor are mai multe obiective importante, printre care adaptarea la schimbările climatice, controlul poluării, reducerea eroziunii malurilor și îmbunătățirea proceselor de absorbție și transformare a nutrienților (Giurma și Crăciun, 2010; Talukdar și colab., 2023; Veríssimo și Roseta-Palma, 2023). Aceasta implică:

- crearea habitatelor necesare pentru susținerea biodiversității;
- asigurarea debitelor ecologice adecvate pe cursurile de apă;
- îmbunătățirea condițiilor hidrologice prin creșterea cantității, calității și dinamicii apelor de suprafață, esențiale pentru ecosistemele naturale și semi-naturale;
- refacerea cursurilor naturale ale râurilor și reconectarea meandrelor sau brațelor moarte modificate artificial;
- înlăturarea barierelor longitudinale și laterale, cum ar fi digurile și barajele, pentru a permite râurilor o mișcare neobstrucționată și refacerea secțiunilor de cursuri de apă;
- renaturalizarea albiilor râurilor, lacurilor și cursurilor de apă de șes prin eliminarea construcțiilor artificiale, optimizarea substratului și extinderea habitatelor naturale.
- restabilirea proceselor naturale de sedimentare;
- creșterea responsabilității civice în ceea ce privește ecologizarea acestor cursuri de apă.

Intervențiile de restaurare nu presupun aplicarea tuturor acțiunilor disponibile, selecția acestora este determinată de gradul de degradare al sitului, caracteristicile morfologice, specificul bazinului hidrografic, proprietățile fizico-chimice ale apei și sedimentelor, precum și parametrii biologici (Veríssimo și Roseta-Palma, 2023).

Cercetătorii din întreaga lume au efectuat numeroase investigații teoretice și aplicative în domeniul restaurării ecologice și al evaluării impactului acesteia, în spiritul unei coexistențe armonioase între om și natură. În China, cercetările naționale se concentrează asupra efectelor restaurării ecologice, vizând îmbunătățirea calității mediului, resursele biologice, serviciile ecosistemice și beneficiile asociate. La nivel internațional, studiile sunt axate pe restaurarea resurselor ecologice, serviciile ecosistemice, valoarea estetică și percepția publicului (Zhai și colab., 2022).

Li și colaboratorii (2023) au concluzionat că măsuri de control și a strategiilor de management sunt esențiale pentru restabilirea calității apei și controlul eutrofizării în lacul de acumulare Biliuhe, principala sursă de apă a orașului Dalian, China. În acest scop, ei propun metode precum îndepărtarea algelor și dragarea sedimentelor.

6.4.1. Zona de studiu

Zona de studiu a fost râul Kortówka, care străbate campusul Universității Warmia și Mazury din Olsztyn, Polonia, de la sursa sa în lacul Kortowskie (ieșirea conductei Olszewski) până la confluența cu râul Łyna.

Măsurătorile au fost efectuate pe o distanță de 1.695 m în următoarele secțiuni (Figura 6.10.):

- a) Pe râul Kortówka:
- secțiunea 1: aval de conducta de evacuare a hipolimnionul (30 m);
 - secțiunea 2: în dreptul sălii de sport (260 m);
 - secțiunea 3: în dreptul stadionului (425 m);
 - secțiunea 4: în dreptul Facultății de Științe ale Mediului, Departamentul de Ingineria Mediului (605 m);
 - secțiunea 5: lângă service Volvo (1.220 m);
 - secțiunea 6: amonte de confluența cu râul Łyna (1.685 m);
- b) Pe râul Łyna:
- secțiunea 7: amonte de confluența cu râul Kortówka (30 m);
 - secțiunea 8: aval de confluența cu râul Kortówka (55 m).

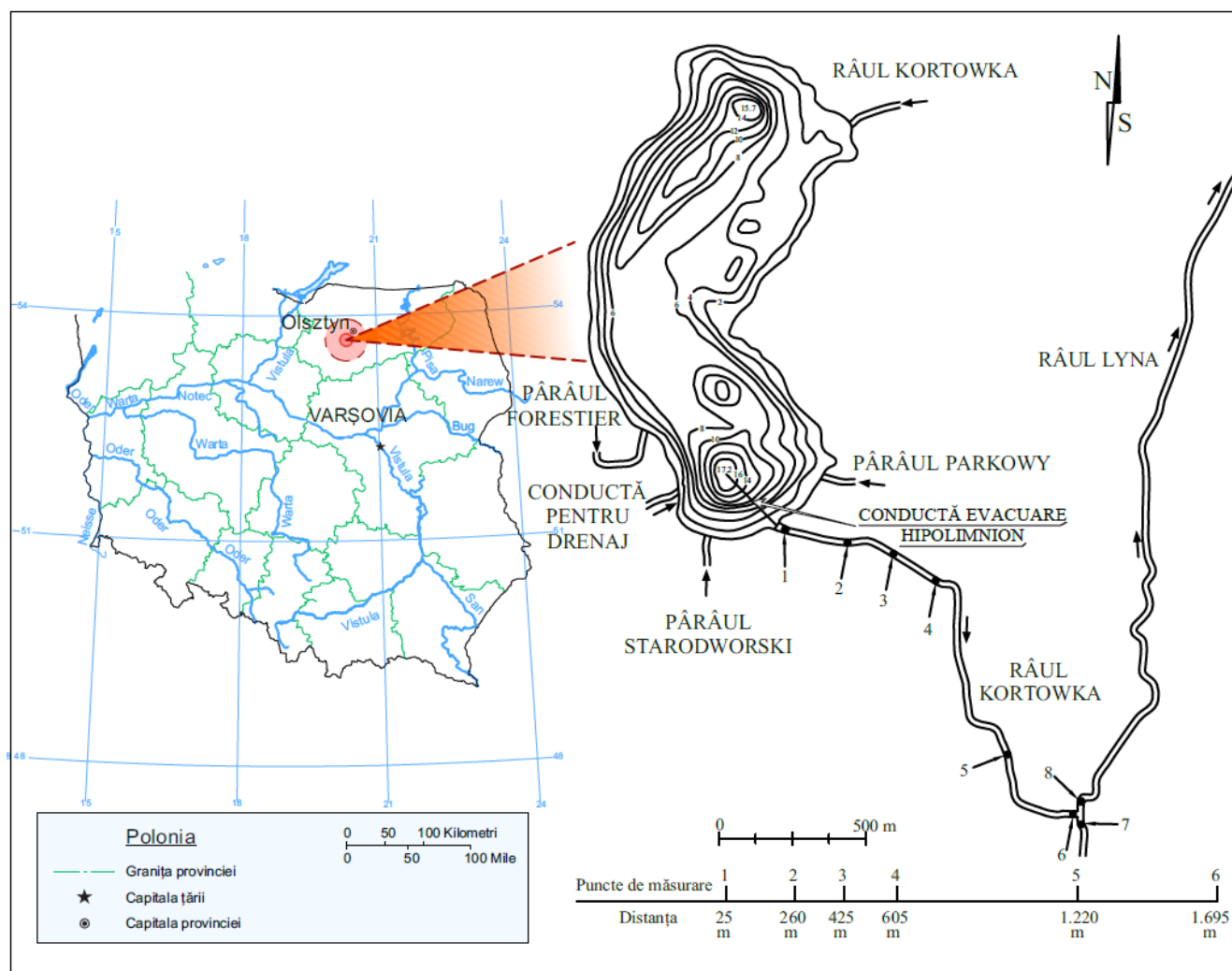


Figura 6.10. Lacul Kortowskie și amplasarea punctelor în care au fost realizate măsurătorile pe râul Kortówka (Sursa: Tataru și colaboratorii, 2024b)

6.4.2. Rezultate și discuții

Un articol esențial care abordează metodele de restaurare a lacurilor, incluzând evacuarea hipolimnionului și impactul acesteia asupra calității apei, a fost publicat de Tataru și colaboratorii (2024b). Lucrarea examinează influența evacuării hipolimnionului din lacul Kortowskie asupra

parametrilor fizico-chimici ai râului Kortówka. Această metodă, utilizată pentru îmbunătățirea calității apei în lacuri, are efecte semnificative asupra râului, printre care scăderea oxigenului dizolvat și modificări ale pH-ului, conductivității electrice și potențialului redox.

Studiul arată că, deși evacuarea hipolimnionului poate îmbunătăți condițiile din lac, aceasta poate avea efecte negative asupra ecosistemelor din aval. Analiza statistică a datelor susține această concluzie, subliniind importanța monitorizării riguroase pentru a minimiza impactul asupra mediului.

Deși eficiență pe termen scurt, evacuarea hipolimnionului poate agrava pe termen lung problemele de eutrofizare în ecosistemele din aval, conform altor cercetări care recomandă tratarea apei înainte de evacuare.

O completare importantă a studiului este analiza nutrienților. Datele referitoare la încărcarea cu nutrienți a cursurilor de apă Kortówka și Łyna sunt reprezentate grafic în Figura 6.11.

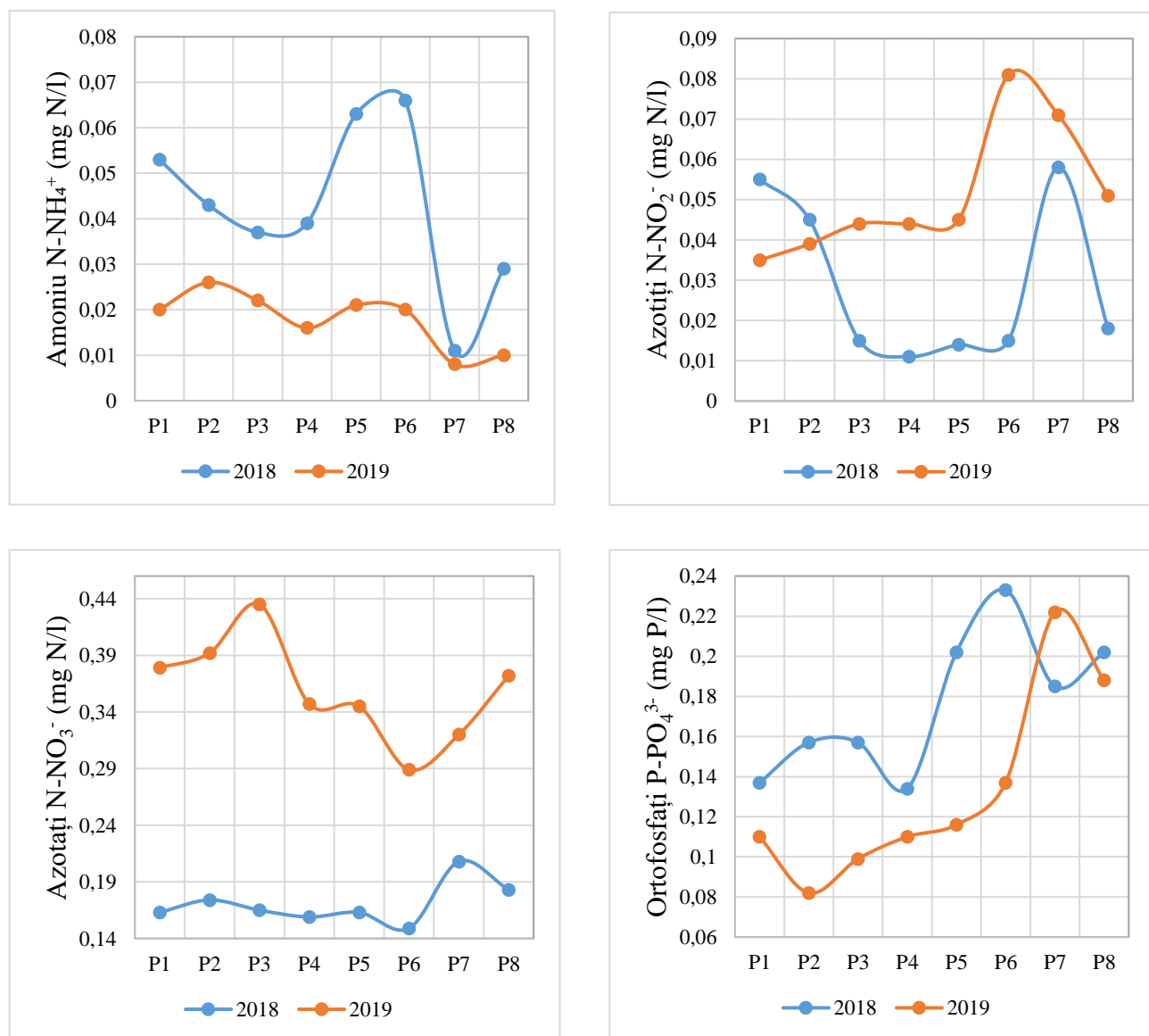


Figura 6.11. Dinamica conținutului de nutrienți în apa râurilor Kortówka (P1-P6) și Łyna (P7 și P8) pentru anii 2018 și 2019

Concentrațiile de N-NH₄⁺ (amoniu): În anul 2018, concentrația de N-NH₄⁺ este mai mare comparativ cu anul 2019. Graficul arată o creștere semnificativă în punctul P6, urmată de o scădere bruscă în P7. În anul 2019, concentrațiile rămân relativ constante pe întreaga secțiune, fără variații majore. Apa râului Kortówka și a râului Łyna corespunde primei clase de calitate, cu un conținut de sub 0,78 mg/l N-NH₄⁺.

Concentrațiile de N-NO₂⁻ (azotiți): Graficul indică o creștere semnificativă a concentrațiilor de N-NO₂⁻ în anul 2019, în special în punctele P6 și P7, comparativ cu anul 2018, când valorile sunt semnificativ mai mici. Aceasta sugerează o posibilă intensificare a proceselor de nitrificare în anul 2019, un posibil indiciu al schimbărilor în calitatea apei sau în procesele biologice din ecosistemul lacului sau al râului. Apa râului Kortówka și a râului Łyna corespunde clasei a II-a de calitate, având un conținut sub 0,5 mg/l N-NO₂⁻.

Concentrațiile de N-NO₃⁻ (azotați): în anul 2019, concentrațiile de N-NO₃⁻ sunt mai mari în toate secțiunile, atingând un vârf în P3, urmat de o scădere ușoară și o nouă creștere în P7 și P8. Valorile din apa râurilor Kortówka și Łyna variază între 0,289 mg/l (P6) și 0,435 mg/l (P3), corespunzând clasei a II-a de calitate (sub 0,5 mg/l). În anul 2018, concentrațiile sunt semnificativ mai mici, sugerând o activitate biologică sau o sursă de nitrați redusă în acel an, cu valori cuprinse între 0,149 mg/l (P6) și 0,208 mg/l (P7), conform primei clase de calitate (sub 0,22 mg/l).

Concentrațiile de PO₄³⁻ (ortofosfați): în anul 2018, se observă o creștere a concentrațiilor de fosfați în punctele P5 și P6, urmată de o scădere în P7 și P8, cu valori între 0,134 mg/l (P4) și 0,233 mg/l (P6). În anul 2019, concentrațiile de PO₄³⁻ sunt în general mai mici decât în anul 2018, dar prezintă o tendință de creștere constantă în apropierea punctelor P6 și P7, variind de la 0,082 mg/l (P2) la 0,222 mg/l (P7). Concentrațiile depășesc limita de 0,2 mg/l pentru prima clasă de calitate atât în anul 2018, cât și în anul 2019.

Graficele ilustrează o variabilitate semnificativă între anii 2018 și 2019 în ceea ce privește concentrațiile de amoniu, nitriți, nitrați și fosfați.

Creșterile de fosfați și nitrați din anul 2018 sugerează o posibilă poluare punctiformă sau o descărcare masivă de nutrienți în acel an.

Creșterea concentrațiilor de nitriți și nitrați în anul 2019 ar putea fi asociată cu intervenții de restaurare sau modificări în managementul lacului.

Aceste observații evidențiază impactul puternic al factorilor externi și al gestionării ecosistemelor asupra calității apei. Variabilitatea dintre ani subliniază importanța unei monitorizări continue și detaliate pentru a înțelege dinamica nutrienților și a preveni eventualele efecte negative asupra mediului.

CAPITOLUL 7. CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII

7.1. Concluzii generale

Schimbările climatice afectează resursele de apă, inclusiv calitatea și morfologia râurilor. Este esențial să se integreze modele matematice în monitorizarea calității apei pentru anticiparea și gestionarea eficientă a impactului schimbărilor climatice asupra corpurilor de apă.

Prezentarea evenimentelor extreme, în special inundațiile, secetele și incendiile, sunt foarte relevante pentru această lucrare, deoarece aceste evenimente sunt consecințe ale schimbărilor climatice, sunt legate între ele într-un mod complex și interdependent și toate cauzează poluări și modificări ale morfologiei corpurilor de apă de suprafață, iar analiza acestora este importantă pentru multe programe de management al calității apei.

De exemplu, seceta poate crește riscul de incendii de vegetație, în timp ce incendiile modifică componentele hidrologice, precum scurgerea, infiltrarea, evapotranspirația și eroziunea, reducând rata de infiltrare fiind observate creșteri semnificative ale inundațiilor, la care se adaugă suprafețele impermeabile ale zonelor urbane care amplifică și ele efectele inundațiilor.

În ceea ce privește secetele, au fost descrise metode pentru reducerea impactului asociate acestor evenimente, prin aplicarea restricțiilor privind utilizarea apei, dar și prin implementarea măsurilor de conservare și reciclare a apei. Au fost descrise și măsurile pentru atenuarea impactului negativ asupra calității apei din aval în urma unui incendiu de vegetație și prezentate studiile care au monitorizat indicatorii de calitate ai apei înainte și după incendiile produse la nivel global.

Evoluția debitelor sistemelor Râul Bahlui-Lacul Pârcovaci, Râul Stavnic-Lacul Căzănești și Râul Vaslui-Lacul Solești

Analiza debitelor anuale (2010-2021) pentru cele trei râuri reflectă fluctuațiile sezoniere specifică fiecărei secțiuni. Lunile martie, aprilie și iunie au înregistrat frecvent debite maxime, datorită topirii zăpezilor și precipitațiilor abundente, în timp ce lunile ianuarie, august și septembrie au fost perioadele cele mai vulnerabile la scăderea debitelor, în special în secțiunile aflate în aval de acumulări.

Pentru râul Vaslui anul 2017 a fost marcat de debite maxime în toate secțiunile analizate, în contrast cu ani secetoși precum 2012 și 2020, care au înregistrat debite minime.

Pentru râul Stavnic anii 2014 și 2017 au fost marcați de debite semnificativ mai mari în toate secțiunile analizate, în contrast cu ani secetoși precum 2012, 2020 și 2021, care au înregistrat debite minime.

Pentru râul Bahlui anul 2010 a fost marcat de debite maxime în toate secțiunile analizate, în contrast cu ani secetoși precum 2012 și 2020, care au înregistrat debite minime

Tendențele debitelor medii anuale pentru perioada 2010-2021 arată o scădere generală a debitelor în majoritatea secțiunilor analizate. Această tendință sugerează o diminuare a resurselor de apă disponibile, probabil influențată de schimbările climatice și de impactul activităților antropice asupra regimului hidrologic al râurilor.

Modelarea hidrodinamică

Modelarea hidrodinamică a râului Bahlui utilizând MIKE 11 a permis simularea precisă a fluxurilor și nivelurilor apei, oferind o bază esențială pentru analiza calității apei și pentru managementul durabil al râului. Utilizarea ecuațiilor Saint-Venant și schema numerică Abbot-Ionescu asigură acuratețea

modelului, în timp ce rețeaua și secțiunile transversale definite în detaliu permit o înțelegere aprofundată a comportamentului râului. Această metodologie poate fi aplicată și altor râuri, oferind informații utile pentru protejarea și îmbunătățirea calității apelor de suprafață.

Evoluția parametrilor de calitate a apei în perioada 2019-2022

Variațiile anuale ale temperaturii apei evidențiază diferențele în funcție de secțiunea analizată și influența factorilor locali. Cele mai scăzute valori au fost înregistrate în secțiunea Vama cu Tablă (S1) în anul 2021 și cele mai ridicate în secțiunea Acumularea Căzănești (S9) în anul 2019.

Impactul deversării apei din lacurile de acumulare asupra regimului termic al râurilor este evident, conducând la creșterea temperaturii în secțiunile din aval. Această tendință este confirmată de valorile ridicate ale temperaturii apei în secțiunile Acumularea Tansa Belcești (S4), Acumularea Căzănești (S9) și Acumularea Solești (S11) în perioada analizată. În contrast, secțiunea Acumularea Pârcovaci (S2) a prezentat valori mai scăzute, datorită influenței zonelor împădurite traversate de râul Bahlui.

Valorile anuale ale pH-ului se încadrează în general în intervalul optim de 6,5-8,5, conform normelor de calitate a apelor de suprafață. Majoritatea secțiunilor prezintă un pH moderat alcalin, însă câteva secțiuni au depășit pragul de 8,5, indicând o alcalinitate ridicată. Această creștere a pH-ului poate fi influențată de activități agricole și industriale, precum și de procese biologice din acumulări.

Variațiile concentrațiilor de oxigen dizolvat, cu majoritatea secțiunilor menținând valori care se încadrează în clasele I și II de calitate, indică o apă de bună calitate, adecvată pentru susținerea vieții acvatice. Cu toate acestea, secțiunile Cotnari (S3) și Holboca (S8) au înregistrat scăderi ale concentrațiilor de oxigen dizolvat, sugerând un consum crescut de oxigen, care ar putea semnala un risc de deteriorare a calității apei în aceste zone. Poluarea agricolă și cea menajeră sunt factorii principali care influențează negativ aceste secțiuni.

Variațiile concentrațiilor de consum biochimic de oxigen (CBO₅) evidențiază o tendință generală de creștere a poluării în anii 2019 și 2020, urmată de o scădere în anii 2021 și 2022. Secțiunile Cotnari (S3) și Belcești (S5) au înregistrat cele mai ridicate valori ale CBO₅, încadrându-se în Clasa V de calitate, ceea ce reflectă o poluare organică severă cauzată de activități agricole, deversări de ape uzate și descompunerea materiei organice.

Aceste niveluri extrem de ridicate de CBO₅ indică un risc major pentru epuizarea oxigenului dizolvat, ceea ce poate avea consecințe grave asupra vieții acvatice și a calității generale a apei. Necesitatea unor intervenții rapide și eficiente pentru reducerea poluării organice este evidentă, pentru a preveni deteriorarea ecosistemelor acvatice din aceste secțiuni.

Variațiile concentrațiilor de azot total subliniază diferențele semnificative între secțiuni. Cele mai scăzute concentrații au fost înregistrate în secțiunea Vama cu Tablă (S1) în anii 2021 și 2022, indicând o calitate superioară a apei, iar cele mai ridicate concentrații au fost observate în secțiunea Holboca (S8) în anul 2022, semnaland o poluare semnificativă.

Între secțiunile Acumularea Tansa Belcești (S4) și Belcești (S5) se constată o poluare pronunțată cu compuși ai azotului, în special azotați, care, însă, se reduc după secțiunea Belcești datorită proceselor naturale de autoepurare, ajungând în Clasa II de calitate. În schimb, în secțiunile Podu Iloaiei (S6), Valea Lupului (S7) și Holboca (S8), concentrațiile de azot total cresc din nou, reflectând influența negativă a poluării provenite din zonele urbane și agricole traversate de afluenții râului Bahlui.

Variațiile concentrațiilor de fosfor total evidențiază diferențe semnificative între secțiuni și influența diverselor factori, atât naturali, cât și antropici. Cele mai scăzute concentrații au fost înregistrate în secțiunea Acumularea Pârcovaci (S2) în anul 2021, iar cele mai ridicate au fost observate în secțiunea Holboca (S8) în 2022, unde concentrațiile au atins Clasa V de calitate.

Variațiile concentrațiilor sunt determinate de schimbările în transportul sedimentelor, timpul de retenție a apei și interacțiunea dintre fosfor și sedimente, cu un impact semnificativ în aval de lacurile de acumulare. Lacurile de acumulare joacă un rol crucial în stocarea sedimentelor și a fosforului asociat,

cea ce poate reduce nivelurile de fosfor în aval. Totuși, fosforul stocat în sedimente poate fi eliberat în condiții de debit scăzut sau în prezența unor factori favorizanți, contribuind la creșterea concentrațiilor în secțiunile din aval.

Evoluția Indicilor WQI în perioada 2019-2022

Calcularea indicelui de calitate a apei (WQI) a oferit o metodă clară și eficientă pentru evaluarea calității apei în secțiunile monitorizate. Valorile limită și sub-indicii calculați pentru parametrii relevanți, au permis analiza detaliată a evoluției calității apei între anii 2019 și 2022. Metoda aritmetică ponderată a evidențiat fluctuații semnificative între diferitele locații și perioade, subliniind astfel necesitatea adoptării unor măsuri de management integrat pentru protecția resurselor de apă.

În mod particular, analiza indicelui WQI a arătat că, pe parcursul perioadei de studiu, calitatea apei râului Bahlui a fost clasificată ca fiind moderată, iar pentru râurile Stavnici și Vaslui calitatea a fost bună. Creșterile semnificative ale indicelui în anumite secțiuni, precum Cotnari, Belcești și Holboca, în anii 2021 și 2022, sugerează o deteriorare a calității apei în acele locații, ceea ce subliniază necesitatea unor acțiuni concrete de remediere.

Extinderea evaluării WQI la nivel național ar putea constitui o bază solidă pentru dezvoltarea politicilor de mediu și protecția durabilă a resurselor de apă în România. Astfel, acest indice reprezintă un instrument esențial pentru monitorizarea și gestionarea eficientă a calității apei pe termen lung.

7.2. Limitările lucrării

Această lucrare este una cuprinzătoare care a analizat diverse abordări cu privire la calitatea apei într-un sistem râu-lac, însă din cauza complexității subiectului abordat unele aspecte nu au putut fi discutate, astfel limitările acestei lucrări sunt:

- deși suprafețele împădurite aduc anumite beneficii pentru ecosistemele acvatice, nu au fost analizate și consecințele care pot apărea în aval, ca urmare a faptului că frunzele pot constitui o sursă importantă de azot și fosfor pentru corpurile de apă;
- sunt necesare studii suplimentare care ar trebui să analizeze bugetele de nutrienți, încărcarea sedimentelor și dinamica oxigenului dizolvat, ca răspuns la schimbările climatice și condițiile extreme de secetă și inundații, pentru a evalua hipoxia și anoxia (în special în timpul verii) din lacurile Solești, Căzănești și Pârcovaci și a compara impactul reducerii încărcării externe și interne de nutrienți;
- sunt necesare cercetări suplimentare și seturi de date pe termen lung pentru a înțelege relațiile între sedimente și proprietățile chimice ale apei de suprafață (de exemplu, transportul fosforului este strâns legat de sedimente). Cercetările privind starea fizico-chimică a râurilor Bahlui, Stavnici și Vaslui sunt relativ limitate și puține studii au folosit seturi de date pe termen lung pentru a examina schimbările în hidrologia și ecologia râului;
- sunt necesare studii suplimentare care ar trebui să analizeze concentrațiile de molibden și cobalt deoarece aceste metale în cantități infime stimulează dezvoltarea fitoplanctonului și zooplanctonului.

Acoperirea acestor lacune de cunoștințe este esențială pentru a evalua riscurile și pentru a dezvolta strategii eficiente și pentru a atenua dezastrele viitoare, în condițiile în care schimbările climatice intensifică aceste riscurile.

7.3. Contribuții personale

În cadrul elaborării tezei de doctorat „ANALIZA CALITĂȚII APEI ÎNTR-UN SISTEM RÂU-LAC” contribuțiile personale au inclus:

- analiza impactului evenimentelor extreme (inundații, secete și incendii) asupra calității apei în lacuri și râuri;
- analiza inundațiilor din România și a precipitațiilor pentru sistemele râul Bahlui-lacul Pârcovaci, râul Stavnic-lacul Căzănești și râul Vaslui-lacul Solești în perioada 2015-2017;
- analiza debitelor medii anuale (2015-2017) și debitelor medii lunare (2010-2021) pentru sistemele râul Bahlui-lacul Pârcovaci, râul Stavnic-lacul Căzănești și râul Vaslui-lacul Solești;
- analiza nivelurilor în acumulările Pârcovaci, Căzănești și Solești;
- analiza datelor disponibile privind 14 parametri importanți pentru calitatea apei pe o perioadă de 4 ani (2019-2022) pentru sistemele râul Bahlui-lacul Pârcovaci, râul Stavnic-lacul Căzănești și râul Vaslui-lacul Solești și obținerea și analizarea datelor pentru apa râului Bahlui (secțiunile de monitorizare Valea Lupului și Holboca) pentru anul 2022;
- analiza calității apei utilizând metoda Indicele de Calitate a Apei (WQI) și analiza evoluției temporale în secțiunile monitorizate;
- analiza calității apei în sistemul râul Kortówka – lacul Kortowskie, Polonia;
- modelarea hidrologică-hidraulică a râului Bahlui utilizând programul MIKE 11.

7.4. Activitatea științifică

1. Lucrări publicate în reviste indexate ISI

Lavinia Tataru, Florian Stătescu, Nicolae Marcoie, *The influence of the lake hypolimnion discharge on the physico-chemical parameters of the river*. Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering, XIII, 633-639, 2024. Print ISSN 2285-6064, CD-ROM ISSN 2285-6072, Online ISSN 2393-5138, ISSN-L 2285-6064, **Web of Science Core Collection: Emerging Sources Citation Index**.

Lavinia Tataru, Tomi Alexandrel Hrăniciuc, Florian Stătescu, Nicolae Marcoie, *The quality of water in rivers and lakes: the impact of heavy metal pollution and the importance of monitoring*. Environmental Engineering and Management Journal, 2024. Print ISSN: 1582-9596, eISSN: 1843-3707, **Web of Science Core Collection: Science Citation Index Expanded. Additional Web of Science Indexes: Essential Science Indicators**. (Lucrare în curs de publicare)

2. Lucrări publicate în reviste CNCSIS B+

Lavinia Tataru, Tomi Alexandrel Hrăniciuc, Florian Stătescu, Nicolae Marcoie, Cristina Mihaela Vârlan (Toma), Raluca Mitroi, *Hydrodynamic modelling and simulation of the variation of the water quality parameters of the Bahlui River*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1304, 012032, 2024. Print ISSN: 1757-8981, Online ISSN: 1757-899X, DOI 10.1088/1757-899X/1304/1/012032.

3. Lucrări publicate în reviste indexate BDI

Lavinia Tataru, Florian Stătescu, Nicolae Marcoie, *Analysis of water resources in the Vaslui hydrographic basin, Romania*. Proceedings of 24th International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, Scientific Area:

Hydrology and Water Resources, 24(3.1), 2024. ISSN 1314-2704 ISBN 978-619-7603-70-5. DOI 10.5593/sgem2024/3.1/s12.03.

4. Lucrări publicate în Buletinul Institutului Politehnic din Iași

Lavinia Tataru, *Environmental impact assessment produced by the integrated solid waste management system in Vaslui county*. Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Editura POLITEHNIUM, Secția Hidrotehnică, 64 (68), 4, 2018. ISSN 1224-3892.

5. Stagii de cercetare, webinare

Stagiu de cercetare prin programul Erasmus+ - Mobilitate de plasament în Polonia la Universitatea Warmia și Mazury din Olsztyn, Facultatea de Management al Mediului și Agricultură, Departamentul de Resurse de Apă, Climatologie și Managementul Mediului, coordonator științific prof.univ.dr.ing. Katarzyna Glińska-Lewczuk, în perioada 01.12.2018-31.05.2019.

Participarea la seminarul Webex Web of Science: Sprijinirea inițiativelor de cercetare deschisă cu date de încredere și instrumente scalabile, 21 martie 2022.

Participarea la seminarul Webex Web of Science: O evoluție continuă în evaluarea revistelor, 23 martie 2022.

6. Participări la conferințe științifice

- Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering, XIII, 2024. *The influence of the lake hypolimnion discharge on the physico-chemical parameters of the river.*
- IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2024. *Hydrodynamic modelling and simulation of the variation of the water quality parameters of the Bahlui River.*
- Proceedings of 24th International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, Scientific Area: Hydrology and Water Resources, 2024. *Analysis of water resources in the Vaslui hydrographic basin, Romania.*
- Buletinul Institutului Politehnic din Iași, 2018. *Environmental impact assessment produced by the integrated solid waste management system in Vaslui county.*

Bibliografie selectivă

- Aldescu V.C., *Studiul inundațiilor pe râul Timiș amenajat în conceptul „mai mult spațiu pentru râuri”*. Teză de doctorat, Timișoara, 2010.
- Axinte (Cortel) O., *Contribuții la caracterizarea ecosistemelor lentiche în curs de eutrofizare - lacul Amara*. Teză de doctorat, Iași, 2017.
- Azha S.F., Sidek L.M., Ahmad Z., Zhang J., Basri H., Zawawi M.H., Noh N.M., Ahmed A.N., *Enhancing river health monitoring: Developing a reliable predictive model and mitigation plan*. Ecological Indicators, **156**, 111190, 2023. ISSN 1470-160X. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111190>
- Ball G., Regier P., González-Pinzón R. et al., *Wildfires increasingly impact western US fluvial networks*. Nature Communications, **12**, 2484, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22747-3>
- Barron S.M., Mladenov N., Sant K.E. et al., *Surface water quality after the Woolsey fire in southern California*. Water, Air, & Soil Pollution, **233**, 377, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05844-x>
- Benchea R.E., *Sistem expert pentru monitorizarea, evaluarea calității și gestionarea resurselor de apă. Studiu de caz: râul Bahlui*. Teză de doctorat, Iași, 2012.
- Bulti A.T., Dai W., Ding M., *Modeling of complex flooding and sedimentation events on the downstream portion of the Yellow River using a 1-D model*. Model. Earth Syst. Environ, **8**, 5193-5206, 2022. <https://doi.org/10.1007/s40808-022-01446-y>
- Burke M.P., Hogue T.S., Kinoshita A.M. et al., *Pre- and post-fire pollutant loads in an urban fringe watershed in Southern California*. Environ Monit Assess, **185**, 10131-10145, 2013.
- Chihăiței (căș. Moroșanu) I., *Procese de sorbție pentru eliminarea poluanților prioritari din apele uzate*. Teză de doctorat, Iași, 2017.
- Cojoc G.M., *Analiza regimului hidrologic al râului Bistrița în contextul amenajărilor hidrotehnice*. Editura Terra Nostra, Iași, 2016.
- Dahm C.N., Candelaria-Ley R.I., Reale C.S., Reale J.K., Van Horn D.J., *Extreme water quality degradation following a catastrophic forest fire*. Freshwater Biology, **60**, 12, 2584-2599, 2015. <https://doi.org/10.1111/fwb.12548>
- DePalma-Dow A., McCullough I.M., Brentrup J.A., *Turning up the heat: Long-term water quality responses to wildfires and climate change in a hypereutrophic lake*. Ecosphere, **13**, 12, e4271, 2022. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4271>
- Ding W., Wu J., Tang R., Chen X., Xu Y., *A review of flood risk in China during 1950-2019: urbanization, socioeconomic impact trends and flood risk management*. Water, **14**, 20, 3246, 2022. <https://doi.org/10.3390/w14203246>
- Emmertson C.A., Cooke C.A., Hustins S., Silins U., Emelko M.B., Lewis T., Kruk M.K., Taube N., Zhu D., Jackson B., Stone M., Kerr J.G., Orwin J.F., *Severe western Canadian wildfire affects water quality even at large basin scales*. Water Research, **183**, 116071, 2020. ISSN 0043-1354. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116071>
- Fabian P.S., Kwon H.H., Vithanage M., Lee J.H., *Modeling, challenges, and strategies for understanding impacts of climate extremes (droughts and floods) on water quality in Asia: A review*. Environmental Research, **225**, 115617, 2023. ISSN 0013-9351. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115617>
- Fink G., Alcamo J., Flörke M., Reder K., *Phosphorus loadings to the world's largest lakes: Sources and trends*. Global Biogeochemical Cycles, **32**, 617-634, 2018. <https://doi.org/10.1002/2017GB005858>

- Frîncu R.M., *Evoluția principalilor parametri fizico-chimici de calitate a apei din Dunăre pe teritoriul României în perioada 1996-2017*. Teză de doctorat, București, 2020.
- Fu B., Horsburgh J.S., Jakeman A.J., Gualtieri C., Arnold T., Marshall L. et al., *Modeling water quality in watersheds: From here to the next generation*. *Water Resources Research*, **56**, e2020WR027721, 2020. <https://doi.org/10.1029/2020WR027721>
- Giurma I., Crăciun I., *Managementul integrat al resurselor de apă*. Editura Politehnică, Iași, 2010.
- Gîlcă (căs. Derevlean) A.F., *Studii privind performanța de mediu a sistemelor de tratare a apei*. Teză de doctorat, Iași, 2019.
- Harrison J.A., Beusen A.H.W., Fink G., Tang T., Strokal M., Bouwman A.F., Metson G.S., Vilmin L., *Modeling phosphorus in rivers at the global scale: recent successes, remaining challenges, and near-term opportunities*. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, **36**, 68-77, 2019. ISSN 1877-3435. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.10.010>
- He X., Sheffield J., *Lagged compound occurrence of droughts and pluvials globally over the past seven decades*. *Geophysical Research Letters*, **47**, 2020. <https://doi.org/10.1029/2020GL087924>
- Heim R.R., *An overview of weather and climate extremes – Products and trends*. *Weather and Climate Extremes*, **10**, Part B, 1-9, 2015. ISSN 2212-0947. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.11.001>
- Jora I., Romanescu G., *Influența activităților antropice asupra regimului hidrologic al râului Vaslui*. Resursele de apă din România, Vulnerabilitate la activitățile antropice, Editura Transversal, Târgoviște, România, 2010.
- Khan M.H.R.B., Ahsan A., Imteaz M., Shafiquzzaman M., Al-Ansari N., *Evaluation of the surface water quality using global water quality index (WQI) models: perspective of river water pollution*. *Scientific Reports*, **13**, 20454, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-47137-1>
- Ko J.W.Y., Ni S., Taylor A. et al., *How the experience of California wildfires shape Twitter climate change framings*. *Climatic Change*, **177**, 17, 2024. <https://doi.org/10.1007/s10584-023-03668-0>
- Kwon H.G., Jo C.D., *Water quality assessment of the Nam River, Korea, using multivariate statistical analysis and WQI*. *Int. J. Environ. Sci. Technol*, **20**, 2487-2502, 2023.
- Li W., Xu S., Chen X., Han D., Mu B., *Influencing Factors and Nutrient Release from Sediments in the Water Level Fluctuation Zone of Biliuhe Reservoir, a Drinking Water Reservoir*. *Water*, **15**, 20, 3659, 2023. <https://doi.org/10.3390/w15203659>
- Mechal A., Fekadu D., Abadi B., *Multivariate and water quality index approaches for spatial water quality assessment in Lake Ziway, Ethiopian Rift*. *Water Air Soil Pollut*, **235**, 78, 2024. <https://doi.org/10.1007/s11270-023-06882-9>
- Momeu L., Cîmpean M., Battes K., *Hidrobiologie*. Presa Universitară Clujeană, 2018.
- Munteanu C., Dumitrascu M., Iliuta A., *Ecologie și protecția calității mediului*. Suport curs: Tehnician ecolog și protecția calității mediului. Editura Balneara, 2011. ISBN 978-606-92826-9-4.
- Nearly D.G., Ryan K.C., DeBano L.F., *Wildland fire in ecosistemes: effects of fire on soils and water*. United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report RMRS-GTR-42-vol.4, 2005.
- Noel M., Bathke D., Fuchs B., Gutzmer D., Haigh T., Hayes M., Poděbradská M., Shield C., Smith K., Svoboda M., *Linking drought impacts to drought severity at the state level*. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **101**, 8, E1312-E1321, 2020. DOI: 10.1175/BAMS-D-19-0067.1
- Paul M.J., LeDuc S.D., Lassiter M.G., Moorhead L.C., Noyes P.D., Leibowitz S.G., *Wildfire induces changes in receiving waters: A review with considerations for water quality management*. *Water Resources Research*, **58**, e2021WR030699, 2022. <https://doi.org/10.1029/2021WR030699>
- Peña-Angulo D., Vicente-Serrano S.M., Domínguez-Castro F., Lorenzo-Lacruz J., Murphy C., Hannaford J. et al., *The complex and spatially diverse patterns of hydrological droughts across Europe*. *Water Resources Research*, **58**, 2022.

- Pérez J., Brand C., Alonso A. et al., *Wildfires alter stream ecosystem functioning through effects on leaf litter*. Fire Ecology, **20**, 36, 2024. <https://doi.org/10.1186/s42408-024-00268-w>
- Pinto R., da Conceição Cunha M., Roseta-Palma C. et al., *Mainstreaming Sustainable Decision-making for Ecosystems: Integrating Ecological and Socio-economic Targets within a Decision Support System*. Environ. Process., **1**, 7-19, 2014.
- Popa R., *Modelarea calității apei din râuri*. Editura *H*G*A, București, 1998.
- Popoiu (Imbrea) L.A., *Cercetări privind calitatea apelor din lacurile de acumulare mici și mijlocii din zonele colinare*. Teză de doctorat, Iași, 2017.
- Razguliaev N., Flanagan K., Muthanna T., Viklander M., *Urban stormwater quality: A review of methods for continuous field monitoring*. Water Research, **249**, 120929, 2024. ISSN 0043-1354. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120929>
- Romanescu G., *Hidrologia uscatului*. Editura Terra Nostra, Iași, 2008.
- Rosińska J., Rybak M., Kowalczywska-Madura K., Dondajewska-Pielka R., Kozak A., Gołdyn R., *Spatio-temporal variations in water quality of a river-lake system during restoration treatments*. Environmental Monitoring and Assessment, **194**, 636, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10307-1>
- Sheffield J., Wood E.F., *Projected changes in drought occurrence under future global warming from multi-model, multi-scenario, IPCC AR4 simulations*. Clim Dyn, **31**, 79-105, 2008.
- Strokal M., Spanier J.E., Kroeze C., Koelmans A.A., Flörke M., Franssen W., Hofstra N., Langan S., Tang T., van Vliet M.T.H., Wada Y., Wang M., van Wijnen J., Williams R., *Global multi-pollutant modelling of water quality: scientific challenges and future directions*. Current Opinion in Environmental Sustainability, **36**, 116-125, 2019. ISSN 1877-3435. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.11.004>
- Søndergaard M., Jeppesen E., Lauridsen T.L., Skov C., Van Nes E.H., Roijackers R., Lammens R., Portielje R., *Lake restoration: successes, failures and long-term effects*. Journal of Applied Ecology, **44**, 6, 1095-1105, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01363.x>
- Talukdar P., Kumar B., Kulkarni V.V., *A review of water quality models and monitoring methods for capabilities of pollutant source identification, classification, and transport simulation*. Rev Environ Sci Biotechnol, **22**, 653-677, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11157-023-09658-z>
- Tataru L.**, *Environmental impact assessment produced by the integrated solid waste management system in Vaslui county*. Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Editura POLITEHNIUM, Secția Hidrotehnică, **64 (68)**, 4, 2018. ISSN 1224-3892.
- Tataru L.**, Hrănciuc T.A., Stătescu F., Marcoie N., Vârlan (Toma) C.M., Mitroi R., *Hydrodynamic modelling and simulation of the variation of the water quality parameters of the Bahlui River*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, **1304**, 012032, 2024a. Print ISSN: 1757-8981, Online ISSN: 1757-899X. DOI 10.1088/1757-899X/1304/1/012032
- Tataru L.**, Stătescu F., Marcoie N., *The influence of the lake hypolimnion discharge on the physico-chemical parameters of the river*. Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering, **XIII**, 633-639, 2024b. Print ISSN 2285-6064, CD-ROM ISSN 2285-6072, Online ISSN 2393-5138, ISSN-L 2285-6064.
- Tataru L.**, Stătescu F., Marcoie N., *Analysis of water resources in the Vaslui hydrographic basin, Romania*. Proceedings of 24th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2024, Scientific Area: Hydrology and Water Resources, **24(3.1)**, 19-26, 2024c. ISSN 1314-2704 ISBN 978-619-7603-70-5. <https://doi.org/10.5593/sgem2024/3.1/s12.03>
- Torres-Ramírez P., Bustos-Espinoza L., Figueroa S. et al., *Influence of the hydrological variability on water quality and benthic macroinvertebrates in a chilean estuary during a megadrought*. Estuaries and Coasts, **47**, 724-742, 2024. <https://doi.org/10.1007/s12237-023-01311-w>

- Țuchiu E., *Studiul privind starea corpurilor de apă de pe cursul inferior al Dunării între Baziaș și Isaccea*. Teză de doctorat, București, 2018.
- Varduca A., *Monitoringul integrat al calității apelor*. Editura *H*G*A, București, 1999.
- Varduca A., *Protecția calității apelor*. Editura *H*G*A, București, 2000.
- Verissimo D., Roseta-Palma C., *Rewilding with the beaver in the iberian peninsula - Economic potential for river restoration*. *Nature-Based Solutions*, **3**, 100055, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2023.100055>
- Wang A., Wang Y., Su B., Kundzewicz Z.W., Tao H., Wen S., et al., *Comparison of changing population exposure to droughts in river basins of the Tarim and the Indus*. *Earth's Future*, **8**, 2020.
- Wang L., Cui S., Tang J., Fang L., Fang X., Shrestha S., Manandhar B., Huang J., Nitivattananon V., *Riverine flood risk assessment with a combined model chain in southeastern China*. *Ecological Indicators*, **154**, 110686, 2023. ISSN 1470-160X. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110686>
- Zhai L., Cheng S., Sang H., Xie W., Gan L., Wang T., *Remote sensing evaluation of ecological restoration engineering effect: A case study of the Yongding River Watershed, China*. *Ecological Engineering*, **182**, 106724, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106724>
- Zhinzhakova L.Z., Cherednik E.A., *Changes in composition and quality of water ecosystems in the central Caucasus based on the content of biogenic compounds: a case study of glacial rivers Uruch and Malka*. *Russ J Gen Chem*, **93**, 3428-3431, 2023. <https://doi.org/10.1134/S1070363223130236>
- ***Administrația Națională „Apele Române”, Administrația Bazinală de Apă Prut-Bârlad, *Raport de sinteză privind U.C.C. – acumularea Pârcovaci*, 2018.
- ***Administrația Națională „Apele Române”, Administrația Bazinală de Apă Prut-Bârlad, *Raport de sinteză privind U.C.C. – acumularea Căzănești*, 2017a.
- ***Administrația Națională „Apele Române”, Administrația Bazinală de Apă Prut-Bârlad, *Raport de sinteză privind U.C.C. – acumularea Solești*, 2017b.
- ***Ministerul Mediului, *Atlasul Cadastrului Apelor din România*, 1992.
- ***Ordinul ministrului mediului și gospodăririi apelor nr. 161 din 16 februarie 2006 pentru aprobarea Normativului privind clasificarea calității apelor de suprafață în vederea stabilirii stării ecologice a corpurilor de apă.
- ***USDM, *United States Drought Monitor*. 2020. <https://droughtmonitor.unl.edu>.
- ***WWAP (UNESCO World Water Assessment Programme), *The United Nations World Water Development Report 2023. Partnerships and cooperation for water*, Paris, UNESCO, 2023. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384655>