

UNIVERSITATEA „ALEXANDRU IOAN CUZA“ DIN IAȘI

FACULTATEA DE GEOGRAFIE ȘI GEOLOGIE

ȘCOALA DOCTORALĂ DE GEOȘTIINȚE

DOMENIUL ȘTIINȚA MEDIULUI

***Ecologia hrănirii populațiilor de pești din bazinul hidrografic al
râului Oituz***

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Conducator de doctorat:

Prof. Dr. Habil. Mircea Nicușor Nicoară

Student-doctorand:

Maxim (căs. Gagea) Roxana - Gabriela

MULȚUMIRI

Finalizarea acestei teze de doctorat reprezintă nu doar o realizare profesională, ci și o călătorie umană complexă, marcată de provocări, învățare și descoperire. Pe parcursul acestui drum, am învățat nu doar despre domeniul meu de cercetare, ci și despre mine însămi, despre determinare și despre puterea de a depăși obstacolele. În acest context, doresc să îmi exprim recunoștința față de toți cei care mi-au fost aproape, care m-au sprijinit și m-au ghidat, oferindu-mi nu doar cunoștințe, dar și răbdare, încredere și generozitate. Fără ajutorul lor, această lucrare nu ar fi fost posibilă.

Cu deosebit respect și admirație, adresez cele mai sincere mulțumiri conducătorului tezei mele de doctorat, Prof. univ. dr. habil. Mircea Nicușor Nicoară, pentru încrederea acordată, pentru îndrumarea competentă și pentru susținerea constantă pe tot parcursul acestui drum științific.

De asemenea, doresc să adresez mulțumiri membrilor comisiei de îndrumare pentru sprijinul oferit, încurajările valoroase și indicațiile constructive, care au contribuit în mod esențial la evoluția parcursului meu profesional.

Doresc să mulțumesc colegilor cu care am avut plăcerea de a împărtăși experiențe valoroase și, uneori, chiar același laborator. În mod special, îi sunt recunoscătoare colegei mele, Rusu Angelica, alături de care am parcurs întreaga etapă a studiilor universitare, de la licență, la master și până la doctorat. Angelica a fost mereu un sprijin constant și un camarad de încredere pe tot acest drum.

Mulțumirile mele se îndreaptă, în primul rând, către familia mea, care m-a susținut constant pe parcursul acestui drum: soțului meu, părinților și surorii mele, pentru încurajările, sprijinul moral și financiar, dar și pentru mândria pe care au simțit-o față de realizările mele. De asemenea, îi sunt recunoscătoare copilului meu, al cărui zâmbet și prezență mi-au oferit puterea și motivația de a merge mai departe, chiar și în cele mai dificile momente ale acestui parcurs.

Mulțumesc bunului Dumnezeu pentru puterea de a depăși toate provocările și pentru ajutorul primit, care m-au condus până în acest punct al călătoriei mele academice.

CUPRINS

LISTĂ ABREVIERI	
INTRODUCERE	
CAPITOLUL 1: STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII	
1.1. Caracterizarea fizico- geografică a zonei.....	
1.1.1. Relieful.....	
1.1.2. Clima.....	
1.1.3. Hidrografia.....	
1.2. Ihtiofauna râului Oituz.....	
1.3. Caracterizarea nișei trofice	
1.3.1. Tipuri de hrană și surse alimentare	
1.3.2. Comportamentul alimentar al peștilor	
1.3.3. Impactul factorilor de mediu asupra hrănirii.....	
1.4. Microplasticele în mediul acvatic	
1.4.1. Definiția și tipurile de microplastice.....	
1.4.2. Sursele de microplastic	
1.4.3. Impactul microplasticelor asupra ecosistemelor acvatice	
CAPITOLUL 2: MATERIALE ȘI METODE.....	
2.1. Pescuitul electric și conservarea probelor.....	
2.2. Analiza spectrului trofic.....	
2.3. Exprimarea rezultatelor prin indici	
2.4. Caracterizarea microplasticelor	
CAPITOLUL 3: REZULTATE	
3.1. Analiza calitativă și cantitativă a macronevertebratelor din conținutul stomacal al peștilor analizați.....	
3.2. Microplasticele din conținutul stomacal al peștilor analizați.....	
3.3. Discuții asupra studiului	
CONCLUZII.....	

BIBLIOGRAFIE.....

LISTĂ ABREVIERI

MPs = microplastice

PA = poliamidă

PP = polipropilenă

PS = polistiren

PET = polietilen tereftalat

PES = poliester

PVC = policlorură de vinil

PE = polietilenă

PMMA = polimetil metacrilat

A = abundența

AR = abundența relativă (în procente)

FA% = frecvența de apariție (în procente)

J' = indicele Pielou (pentru uniformitate)

H_S = indicele Shannon-Wiener (pentru diversitate)

SEM = microscopie electronică de scanare

ATR= reflexie totală atenuată

Micro-FTIR= microscopie cu spectroscopie în infraroșu cu transformare Fourier

INTRODUCERE

Ecosistemele acvatice, prin complexitatea structurilor lor trofice și interacțiunilor dinamice dintre speciile care le populează, joacă un rol esențial în menținerea echilibrului ecologic la nivel global. Aceste ecosisteme sunt fundamentale pentru susținerea biodiversității și pentru gestionarea proceselor biologice și chimice ce influențează resursele naturale ale planetei (Carpenter *et al.*, 2001). Peștii, fiind specii-cheie în cadrul lanțurilor trofice acvatice, sunt frecvent utilizați ca bioindicatori pentru evaluarea stării ecologice a mediului acvatic.

Studiile privind obiceiurile alimentare ale peștilor s-au bazat, de-a lungul timpului, pe analiza cantitativă și calitativă a conținutului stomacal (Hynes, 1950). Aceasta oferă informații valoroase despre structura trofică a ecosistemelor acvatice, formând o imagine clară asupra surselor alimentare. În acest mod se identifică principalele tipuri de hrană consumate de pești. Studiile anterioare au demonstrat că analiza stomacurilor de pește este un instrument util pentru a evalua diversitatea și abundența speciilor de macronevertebrate, dar și pentru a analiza interacțiunile ecologice dintre specii (Córdova *et al.*, 2009). În plus, această metodă poate oferi indici asupra modificărilor ecologice și ale calității apei, esențiale pentru evaluarea stării ecosistemului acvatic (Jimenez-Broncano *et al.*, 2025). Macronevertebratele sunt un grup important de organisme în ecosistemele acvatice, deoarece reflectă calitatea fizică, chimică și biologică a apei dulci (Tupinambás *et al.*, 2015). Anumite specii sunt foarte sensibile la poluare, în timp ce altele tolerează acest aspect. Prezența sau absența anumitor taxoni este adesea corelată cu nivelurile de poluare sau cu modificările habitatului, motiv pentru care aceste organisme sunt adesea folosite în evaluarea biotică a calității ecosistemelor (Bonada *et al.*, 2006).

Poluanții devin din ce în ce mai frecvenți în mediul înconjurător, ca urmare a activităților umane, printre care se numără gestionarea necorespunzătoare a deșeurilor și utilizarea excesivă a substanțelor chimice. Produsele cosmetice și farmaceutice nu sunt complet absorbite de piele și ajung în apele de suprafață (Friot și Boucher, 2017). La scară globală, schimbările rapide în utilizarea terenurilor, în special datorate expansiunii sectorului imobiliar și agriculturii, reprezintă o amenințare semnificativă pentru ecosistemele acvatice. Aceste schimbări s-au intensificat considerabil în ultimele decenii, având un impact negativ asupra biodiversității și calității apei (Barletta *et al.*, 2010).

Teza de față este structurată în trei capitole principale, fiecare dintre ele având un rol esențial în analiza complexă a problemelor ecologice abordate. Capitolul 1 oferă un cadru general pentru înțelegerea zonei studiate, cu o descriere a caracteristicilor fizico-geografice ale râului Oituz și a contextului ecologic în care se desfășoară cercetarea. În cadrul acestui capitol s-a pus accent pe analiza ihtiofaunei din această zonă, pentru a înțelege diversitatea speciilor de pești și

relevanța lor ecologică. Snaaliza importanța hrănirii în ecologia peștilor, evidențiind sursele alimentare și distribuția acestora, precum și factorii de mediu care influențează comportamentele de hrănire. Acest capitol include o prezentare detaliată a microplasticelor din mediul acvatic, fiind prezentate sursele și impactul acestora.

Capitolul 2 se concentrează pe metodologia utilizată în cadrul cercetării, descriind în detaliu tehnicile de colectare a probelor prin pescuit electric și procesul de conservare a acestora pentru analize ulterioare. Apoi, s-a detaliat analiza spectrului trofic, incluzând abordările utilizate pentru a examina dietele și pentru a identifica macronevertebratele din conținutul stomacal. Un alt punct important al acestui capitol este descrierea modului de analiză a microplasticelor. În plus, s-a discutat despre exprimarea rezultatelor prin indici ecologici relevanți și despre modul în care acești indici ajută la evaluarea sănătății ecosistemului studiat.

Capitolul 3 prezintă rezultatele obținute în urma analizei probelor colectate. S-a analizat calitativ și cantitativ prezența macronevertebratelor în dieta peștilor. De asemenea, s-au prezentat datele referitoare la microplasticele detectate în conținutul stomacal al peștilor. Lucrarea se încheie cu o secțiune în care sunt discutate rezultatele obținute și formulată o serie de concluzii, care analizează impactul microplasticelor asupra ecosistemului acvatic studiat.

Scopul acestei lucrări este de a analiza dieta peștilor din râul Oituz, cu accent pe identificarea macronevertebratelor consumate și evaluarea prezenței microplasticelor în conținutul stomacal, în vederea evaluării stării ecologice a ecosistemului. Totodată, se dorește valorificarea rezultatelor obținute prin publicarea de articole științifice care să contribuie la înțelegerea impactului poluării asupra rețelelor trofice acvatice și să sprijine măsurile de conservare și de management ecologic al habitatelor de apă dulce.

Obiectivele lucrării au fost formulate pentru a sprijini înțelegerea complexității ecosistemului acvatic studiat. Acestea includ: analiza conținutului stomacal al peștilor pentru a determina compoziția dietei; identificarea și numărarea macronevertebratelor consumate, precum și evaluarea frecvenței de apariție a acestora; aplicarea indicilor ecologici pentru a analiza structura trofică și starea ecologică a ecosistemului acvatic; numărarea, măsurarea și caracterizarea microplasticelor ingerate de pești prin metode vizuale, precum observarea la stereomicroscop și fotografiere la SEM, în vederea obținerii unei imagini detaliate ale microplasticelor; utilizarea tehnicii micro-FTIR pentru a identifica compoziția materialelor plastice detectate. În plus, s-a urmărit corelarea acestor date cu posibile surse de poluare și impactul acestora asupra calității habitatului. Toate aceste cercetări au fost realizate pentru a obține concluzii relevante despre starea ecologică a râului Oituz.

CAPITOLUL 1: STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII

1.1. Caracterizarea fizico- geografică a zonei

1.1.1. Relieful

Bazinul hidrografic Oituz este situat în vestul județului Bacău, în zona muntoasă și premuntoasă a Carpaților Orientali (Ciurea *et al.*, 2011). Râul Oituz izvorăște din vârful Mușat, județul Vrancea (Romsilva, 1986). Oituzul separă zona mijlocie a Carpaților Orientali de zona Carpaților de curbură, iar relieful dintre Oituz și Trotuș aparține subregiunii munților Vrancei din regiunea Carpaților de curbură (Figura 1.1.). Altitudinea variază între 400 și 1200 m., iar arboretul de pe pâraie și versanți este situat o pantă medie de 25-35 °C. În zona Oituzului, caracteristice sunt culmile paralele și depresiunile longitudinale (Romanescu, 2003).

1.1.2. Clima

Bazinul Oituz face parte din sectorul de climă al munților mijlocii. Temperaturile au valori medii anuale de 18-20 °C. Într-un an sunt între 150-180 de zile cu temperaturi mai mari de 10 °C (Romsilva, 1986). În timpul anului precipitațiile sunt neuniforme, dar cele mai mari se înregistrează în sezonul cald, cu o medie anuală de 600-950 mm. În perioada de vegetație, cantitățile de precipitații sunt aproape de 500 mm. Ploile de vară din acesată zonă au un caracter torențial, de multe ori sunt însoțite de descărcări electrice (Romsilva, 1986).

1.1.3. Hidrografia

În apropierea orașului Onești, Oituzul este colectat de râul Trotuș (Ujvári, 1972), fiind afluent de dreapta al acestuia, cu o lungime de 337 km². Debitul de apă al râului Oituz este de peste 3 m³ sec⁻¹ și înregistrează o ușoară creștere primăvara, când se topește zăpada. Acest fenomen nu are un caracter constant. Afluenții Oituzului adună apele de suprafață și subterane din zona montană și de deal (Avram *et al.*, 2022).

1.2. Ihtiofauna râului Oituz

Râul Oituz este un ecosistem cu elemente de biotop potrivite pentru multe specii de pești, iar în lucrarea de față sunt analizate șase dintre acestea: *Barbatula barbatula* Linnaeus, 1758 (grindul), *Phoxinus phoxinus* Linnaeus, 1758 (boiștean), *Alburnoides bipunctatus* Bloch, 1782 (beldiță), *Gobio obtusirostris* Valenciennes, 1842 (porcușor comun), *Squalius cephalus* Linnaeus, 1758 (clean) și *Salmo trutta* Linnaeus, 1758 (păstrăv).

1.3. Caracterizarea nișei trofice

Peștii sunt organisme heterotrofe, ceea ce înseamnă că nu își pot produce propriile substanțe nutritive și depind de sursele externe de hrană pentru a-și susține metabolismul, creșterea și funcțiile biologice. O alimentație corectă este necesară pentru a determina creșterea armonioasă și dezvoltarea normală a peștelui. Deoarece ecologia hrănirii unei specii este strâns legată de dinamica populației sale, cunoașterea ecologiei hrănirii contribuie la înțelegerea unor subiecte precum împărțirea resurselor, preferințele de habitat, selecția prăzii, prădarea, evoluția, competiția și transferul de energie în cadrul ecosistemelor și între ecosisteme (Braga *et al.*, 2012).

1.3.1. Tipuri de hrană și surse alimentare

Pentru a învăța biologia unei specii (Sarre *et al.*, 2000) trebuie înțelese lanțurile trofice în care aceasta este inclusă și, de asemenea, pentru buna funcționare a ecosistemelor (Cox *et al.*, 2002) este foarte important să înțelegem cum se hrănește aceasta (Buckland *et al.*, 2017).

Majoritatea peștilor de apă dulce sunt omnivori (Thompson *et al.*, 2012). Aceștia se hrănesc atât cu materie vegetală, cât și animală, putând exploata resurse alimentare diverse (Lancaster *et al.*, 2005).

1.3.2. Comportamentul alimentar al peștilor

Comportamentul unei specii și/sau al unui individ este, deopotrivă, foarte influențat de principalele categorii de alimente pe care aceasta/acesta le consumă. Astfel de informații ecologice sunt de mare valoare atunci când se elaborează strategii de conservare și reprezintă, prin urmare, un element cheie în protecția speciilor și ecosistemelor (Braga *et al.*, 2012).

1.3.3. Impactul factorilor de mediu asupra hrănirii

Temperatura apei, lumina, curentul și viteza apei, dar și abundența prăzii existente sunt principalii factori care determină peștele să se hrănească corespunzător (Stoner, 2004).

1.4. Microplasticele în mediul acvatic

1.4.1. Definiția și tipurile de microplastice

Materialele plastice reprezintă una dintre principalele surse de deșeuri, care afectează mediul înconjurător și care poate provoca efecte negative chiar și organismului uman. Termoplasticele și termorezistentele sunt două tipuri principale de polimeri, care se deosebesc prin comportamentul lor la temperaturi ridicate. Termoplasticele se topesc la temperaturi ridicate, în timp ce termorezistentele își păstrează structura și rezistența chiar și în condiții de temperaturi extreme. Aceste diferențe sunt importante pentru înțelegerea comportamentului microplasticelelor în mediul acvatic.

Poluarea cu plastic este cauzată în principal de mici resturi de plastic, care pot fi clasificate după dimensiunea lor ca micro- și nano-plastice, iar acestea sunt omniprezente, de la Polul Nord la Polul Sud, de pe uscat până în mijlocul oceanelor. Plasticele sunt clasificate în funcție de dimensiunea lor, fiind împărțite în macropastice (>25 mm), mesoplastice (5-25 mm), microplastice (<5 mm) și nanoplastice (<1 μm). Această ierarhizare este esențială pentru înțelegerea comportamentului acestora în mediu și a impactului lor ecologic (Săvucă, 2024).

1.4.2. Sursele de microplastic

Microplasticele pătrund în râuri din surse primare și secundare, direct prin deversarea apelor uzate sau pot proveni din descompunerea materialelor plastice mai mari (Strungaru *et al.*, 2019). Produsele farmaceutice pentru piele, cum ar fi creme, unguente, pastă de dinți, săpunuri, farduri de obraz și loțiuni nu sunt absorbite complet în piele și contaminatează apele de suprafață (Friot și Boucher, 2017).

1.4.3. Impactul microplasticelor asupra ecosistemelor acvatice

Poluarea cu microplastice a devenit o preocupare de mediu la nivel mondial (Merga *et al.*, 2020).

Deși în România, studiul microplasticelor este o noutate, la nivel global s-au realizat studii pe toate materialele plastice fabricate în 2015. Rezultatele au fost destul de alarmante, deoarece un procent de 79% din plastic a fost aruncat în gropile de gunoi sau în mediul natural, 12% a fost ars și doar 9% a fost reciclat, așa cum ar trebui să fie, dacă nu toate, cel puțin majoritatea materialelor plastice (Geyer *et al.*, 2017). Producția globală de plastic din 1975 până în 2016, conform statisticilor, a crescut substanțial, ajungând la peste 335 de milioane de tone pe an (Alimba și Faggio, 2019; Shahul Hamid *et al.*, 2018). Faptul că peștii consumă microplastice de diferite culori demonstrează că acestea vin din diverse surse. Degradarea plasticului în timp și descompunerea lui în particule mici, sub acțiunea diferiților factori de mediu, poate duce la ingerarea cu ușurință a acestuia de către pește (Zhao *et al.*, 2021).

Ingestia poate fi directă, din apă sau sedimente, sau indirectă prin ingestia de organisme care au consumat anterior microplastice. În același fel, datorită dimensiunilor lor mici și asemănării cu alimentele naturale, peștii le pot ingera accidental sau intenționat (Collard *et al.*, 2019).

CAPITOLUL 2: MATERIALE ȘI METODE

Acest studiu a fost realizat pe speciile de pești capturate dintr-un total de nouă stații din bazinul râului Oituz (Figura 2.1.). Acesta își are originea în Munții Vrancei și este un important afluent de dreapta al râului Trotuș (Atlasul Cadastrului Apelor din Romania, 1992).

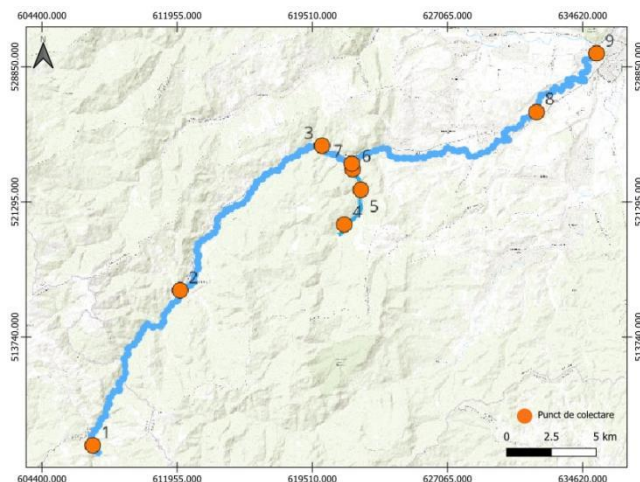


Figura 2.1. Stațiile de colectare distribuite astfel: stațiile 1, 2, 3, 8 și 9 pe râul Oituz; stația 4 pe Leșunțu Mic (afluent al Leșunțului Mare); iar stațiile 5, 6 și 7 pe Leșunțu Mare (afluent al râului Oituz).

2.1. Pescuitul electric și conservarea probelor

Peștii au fost capturați de o echipă de specialiști de la Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău folosind metoda pescuitului electric. Principiul de funcționare: anodul și catodul, prin scufundare în apă, produc un câmp electric care provoacă un răspuns muscular la pești, obligându-i să se orienteze spre anod. Drept urmare a provocat paralizia temporară a peștelui. În acest fel s-a realizat prinderea peștelui folosit ulterior pentru cercetare. După ce peștii au fost capturați și identificați cu atenție, fiecare exemplar a fost supus unei serii de măsurători detaliate. A urmat procesul de disecție, iar stomacul și intestinalele au fost depozitate în recipiente de sticlă. În colecția facultății de biologie, conținutul a fost păstrat în 70% alcool tehnic, apă și glicerină într-un raport de 1:2:0,25 până în anul 2020, când am început folosirea materialului conservat, în interes științific (Ureche *et al.*, 2010).

2.2. Analiza spectrului trofic

Au fost investigate conținuturile stomacale și intestinale peștilor (Figura 2.2.). Materialul analizat a inclus atât exemplare întregi, cât și stomacuri deja extrase și conservate. În cazul peștilor întregi a fost necesară o disecție atentă pentru extragerea stomacului și a intestinelor, urmată de deschiderea acestora și colectarea conținutului. S-au realizat fotografii detaliate la stereomicroscop pentru a sprijini o identificare corectă și precisă a speciilor după caracteristicile vizuale ale acestora (Figura 2.3.). După identificarea acestora, rezultatele obținute din analiza imaginilor au fost supuse unei interpretări statistice detaliate.



Figura 2.2. Investigarea conținutului stomacal (imagine originală)

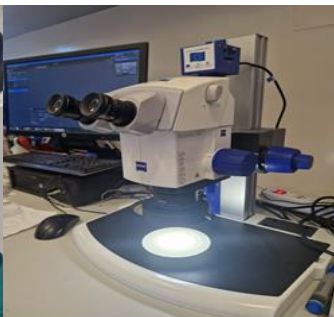


Figura 2.3. Stereomicroscopul binocular (imagine originală)

2.3. Exprimarea rezultatelor prin indici

Pentru interpretarea datelor obținute au fost utilizați parametri ecologici, aceștia oferind o imagine clară și comparabilă asupra modului în care speciile exploatează resursele trofice disponibile în habitatul lor. Au fost calculați următorii indici: abundența (A), abundența relativă (AR%) și de apariție (FA%), alături de indici de biodiversitate precum Shannon- Wiener ($H_{(S)}$), indicele de echitabilitate Pielou (J) și indicele Pianka (O_{jk}), care permit o caracterizare detaliată a comportamentului alimentar al speciilor de pești analizate.

2.4. Caracterizarea microplasticelor

Probele au fost tratate chimic cu KOH 1 M timp de 72 de ore (Figura 2.4.) pentru a elimina materia organică, apoi cu H_2O_2 30%, timp de 2–5 zile. Soluția a fost filtrată prin membrane din fibră de sticlă (47 mm, 1,2 μ m pori) (Figura 2.5.), iar filtrele au fost analizate la stereomicroscop Zeiss Discovery V.8 pentru identificarea, măsurarea și clasificarea microplasticelor după formă, dimensiune și culoare. Pentru a evalua diferențele dintre grupuri, s-a utilizat testul ANOVA (Analiza Variantei).



Figura 2.4 Probele pregătite pentru digestie (imagine originală)



Figura 2.5. Filtrarea probelor folosind pompa de vid (imagine originală)

Pentru observarea caracteristicilor de suprafață ale microplasticelor, s-a utilizat microscopia electronică de scanare (SEM). Probele au fost metalizate cu un strat subțire de aur (10-15 nm) folosind un metalizator EMS 550x și vizualizate cu un microscop TESCAN VEGA II SBH, sub un vid înalt și la o tensiune de 30 kV (Figura 2.6.). Caracterizarea grupărilor funcționale ale compușilor chimici din microplasticele reținute pe filtrele de fibră de sticlă a fost realizată prin microscopie FTIR în modul ATR (reflexie totală atenuată), cu un LUMOS II (Bruker Optik GmbH, Ettlingen, Germania).

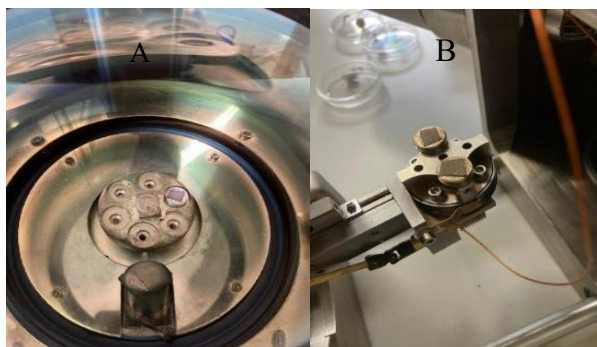


Figura 2.6. (A) Microscop TESCAN VEGA II SBH utilizat la microscopia electronică (SEM), (B) metalizator EMS 550x (imagini originale)

Pentru evaluarea compoziției chimice a microplasticelor colectate din stomacul peștilor, s-a efectuat analiza prin tehnica micro-FTIR, utilizând modul ATR.

CAPITOLUL 3: REZULTATE

În cadrul acestui studiu, s-a realizat o analiză a spectrului trofic pentru șase specii de pești din bazinul hidrografic al râului Oituz, pe baza unui total de 840 de stomacuri colectate. Materialul studiat a provenit de la următoarele specii: *Phoxinus phoxinus* (414 exemplare), *Squalius cephalus* (262), *Gobio obtusirostris* (75), *Barbatula barbatula* (71), *Alburnoides bipunctatus* (14) și *Salmo trutta* (4). Colectarea probelor s-a efectuat în nouă stații, pescuitul având loc în trei ani diferiți 2004, 2008 și 2015.

Capturile s-au realizat în trei perioade distincte:

- Din anul 2004, s-a analizat un număr de 60 de exemplare din specia *Squalius cephalus*.
- Din anul 2008, s-au studiat 469 de exemplare aparținând mai multor specii: *Squalius cephalus*, *Phoxinus phoxinus*, *Barbatula barbatula*, *Alburnoides bipunctatus* și *Salmo trutta*.
- Din anul 2015, s-a realizat analiza spectrului trofic pentru 311 pești din speciile *Squalius cephalus*, *Phoxinus phoxinus*, *Barbatula barbatula*, *Gobio obtusirostris* și *Alburnoides bipunctatus*.
- Stațiile au fost analizate astfel: din 2004 stația 8, din 2008 stațiile 1, 4, 5 și 7, iar din 2015 stațiile 2, 3, 6 și 9.

3.1. Analiza calitativă și cantitativă a macronevertebratelor din conținutul stomacal al peștilor analizați

Din specia *Squalius cephalus* au fost analizate 262 de exemplare care au consumat un total de 344 de indivizi din 15 grupuri taxonomice diferite. Acesta are o dietă moderat diversificată, cu un indice Shannon-Wiener de 1.88, ceea ce indică o diversitate relativ echilibrată a prăzilor. Echitabilitatea de 0.693 sugerează o distribuție moderat uniformă a prăzilor, deși există o preferință pentru grupuri precum Coleoptera și Diptera, care sunt consumate mai frecvent. Dieta este diversificată, dar ușor dezechilibrată, favorizând anumite grupuri de nevertebrate.

În cele 414 stomacuri analizate de *Phoxinus phoxinus* au fost identificate 814 macronevertebrate, aparținând unui număr de 19 grupuri taxonomice diferite. Structura dietei este dominată de Chironomidae care înregistrează cele mai mari valori atât în ceea ce privește frecvența de apariție 29,71% cât și abundența relativă 38,32%, indicând o preferință alimentară clară pentru acest grup. Alte prăzi importante sunt Ephemeroptera 19,65%, Trichoptera 13,02% și Diptera, în general, 8,96%. Indicele de diversitate $H_5 = 1,87$ arată o diversitate trofică moderat ridicată,

ceea ce sugerează o dietă relativ variată. Totuși, Echitabilitatea= 0,649 indică o distribuție inegală a macronevertebratelor consumate.

Pe baza conținutului stomacal analizat din cele 71 de exemplare de *Barbatula barbatula*, a fost identificat un total de 259 de indivizi de macronevertebrate aparținând la 9 grupuri taxonomice. Dominanța aparține Chironomidae 27,41%, Ephemeroptera 25,86% și Trichoptera 18,14%, indicând o dietă predominant acvatică și diversificată. Valoarea indicelui Shannon-Wiener ($H_s = 1.81$) și echitabilitatea= 0.825 sugerează o comunitate trofică bine echilibrată, cu o distribuție relativ uniformă a resurselor alimentare în rândul indivizilor consumați.

În cele 75 de stomacuri de *Gobio obtusirostris* au fost identificate 92 de macronevertebrate aparținând la 4 grupuri. Spectrul trofic este puternic dezechilibrat, fiind dominat de Chironomidae, care reprezintă 80,43% din totalul indivizilor consumați. Această dominanță se reflectă și în valoarea scăzută a indicelui Shannon-Wiener ($H_s = 0,66$), care indică o diversitate specifică redusă. De asemenea, indicele de echitabilitate ($J = 0,476$) sugerează că resursele trofice nu sunt consumate în mod echilibrat, ci sunt concentrate într-un număr restrâns de grupuri, în special Chironomidae.

În 14 stomacuri de *Alburnoides bipunctatus* analizate, au fost identificate un total de 14 macronevertebrate, provenind din 3 grupuri taxonomice. Dintre acestea, Ephemeroptera reprezintă grupul dominant, cu o frecvență de apariție în 69,23% dintre stomacuri și o abundență relativă de 35,71%, indicând că aceste macronevertebrate constituie o parte semnificativă din dieta speciei. Grupurile Baetidae și Trichoptera sunt mult mai puțin reprezentate, având o frecvență și abundență relativă mai scăzute, de 7,14% fiecare. În cele 4 stomacuri de *Salmo trutta* analizate, au fost identificate 18 macronevertebrate din patru grupuri taxonomice diferite. Frecvența cea mai mare a fost întâlnită în cazul Chironomidae, cu 100%, urmat de Ephemeroptera cu 75%, iar diversitatea calculată a fost moderată ($H_s = 1.29$), cu o echitabilitate destul de mare ($J = 0.932$), indicând o dietă variată și echilibrată.

În cele 840 de stomacuri de pești analizate, au fost identificate un total de 1.541 de macronevertebrate (Figura 3.1.) care aparțin unui număr de 24 de grupuri diferite. În dieta peștilor din studiul respectiv, cele mai multe macronevertebrate identificate au fost Chironomidae (Figura 3.7.), cu un total de 498 indivizi, urmate de Ephemeroptera (276 indivizi) (Figura 3.3.) și Trichoptera (193 indivizi) (Figura 3.8.), care au avut o abundență semnificativă. De asemenea, Coleoptera (176 indivizi) (Figura 3.4.) și Diptera (147 indivizi) au fost bine reprezentate, indicând o sursă importantă de hrană pentru pești.

Alte grupuri cu o abundență considerabilă au fost Baetidae (46 indivizi), Hydropsychidae (21 indivizi) (Figura 3.5.) și Formicidae (20 indivizi) (Figura

3.11.). În schimb, grupurile precum Dytiscidae (17 indivizi), Ceratopogonidae (12 indivizi) (Figura 3.6.), și Diplopoda fam. Julidae (14 indivizi) au avut o prezență mai mică în dietă (Figura 3.9). Pe de altă parte, grupurile mai puțin frecvent întâlnite și cu o abundență scăzută au fost Nematoda (87 indivizi) (Figura 3.2.), Oligochaeta (1 individ), Crustacea (2 indivizi), Aphida (2 indivizi), Lepidoptera (1 individ), Syrphidae (2 indivizi), *Tipula* sp. (1 individ), Arachnidae (13 indivizi), Hymenoptera fam. Diapriidae Trichpria sp. (3 indivizi) (Figura 3.10.), și Chilopoda fam. Lithobiidae (2 indivizi). Astfel, Chironomidae, Ephemeroptera și Trichoptera sunt cele mai frecvent întâlnite și cele mai importante grupuri din dieta peștilor studiați, în timp ce Oligochaeta, Lepidoptera, *Tipula* sp. și altele au avut o prezență minoră și o contribuție mică la alimentația acestora.

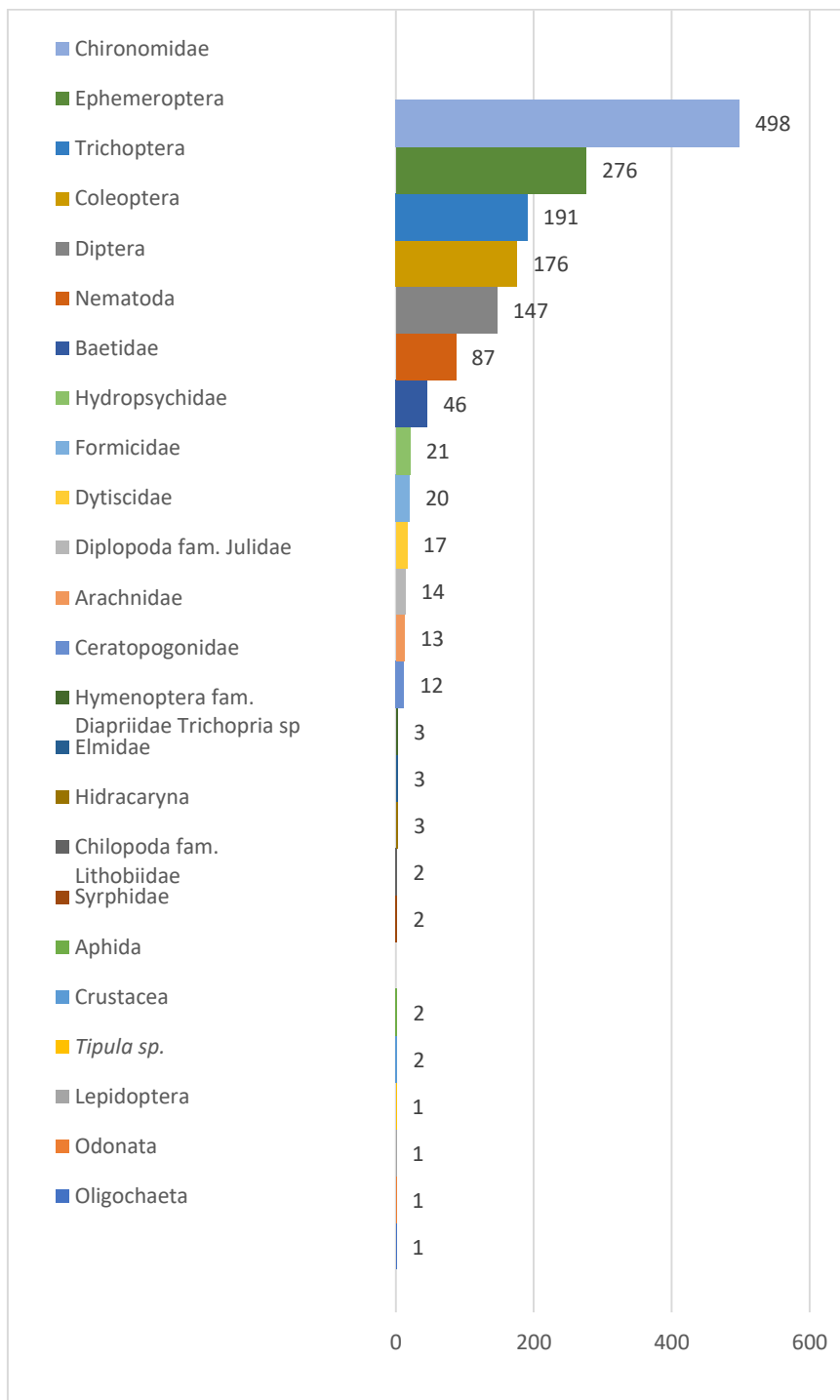


Figura 3.1. Totalul macronevertebratelor identificate în cele 840 de stomacuri analizate din bazinul hidrografic al râului Oituz



Figura 3.2. Nematoda



Figura 3.3. Ephemeroptera



Figura 3.4. Coleoptera



Figura 3.5. Hydropsychidae



Figura 3.6. Ceratopogonidae



Figura 3.7. Chironomidae

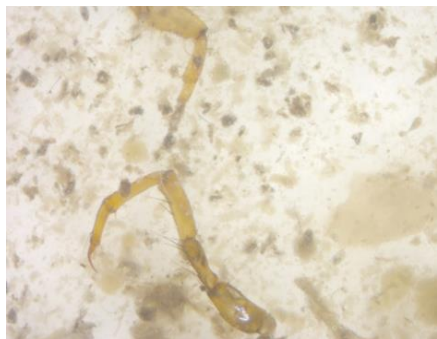


Figura 3.8. Trichoptera



Figura 3.9. Diplopoda fam. Julidae

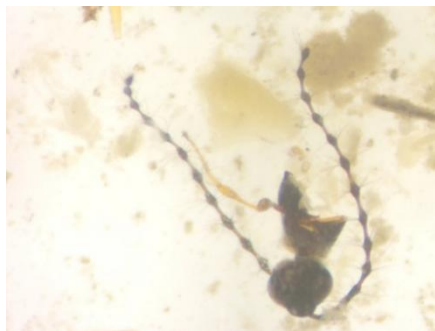


Figura 3.10. Hymenoptera fam. Diapriidae

Trichopria sp.

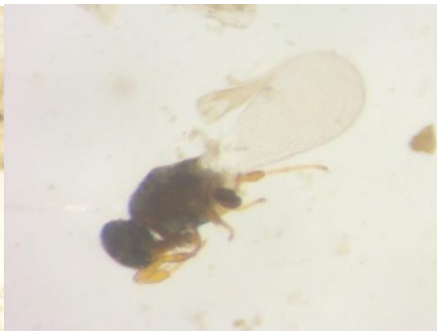


Figura 3.11. Formicidae

(imagini originale)

A fost calculat indicele Pianka pentru toate stațiile și speciile de pești analizate, pentru a evalua suprapunerea trofică dintre acestea. Indicele Pianka arată o suprapunere trofică mare între *Phoxinus phoxinus*, *Gobio obtusirostris* și *Barbatula barbatula*, sugerând o competiție intensă pentru resurse similare. În schimb, *Alburnoides bipunctatus* prezintă o nișă trofică distinctă, cu valori scăzute de suprapunere, indicând utilizarea diferită a resurselor trofice. *Salmo trutta* și *Squalius cephalus* ocupă poziții ecologice intermediare, prezentând suprapuneri moderate cu celelalte specii (Tabel 3.1.).

	<i>Phoxinus phoxinus</i>	<i>Squalius cephalus</i>	<i>Gobio obtusirostri s</i>	<i>Barbatul a barbatul a</i>	<i>Alburnoide s bipunctatu s</i>	<i>Salmo trutta</i>
<i>Phoxinus phoxinus</i>	1					
<i>Squalius cephalus</i>	0,49256936 2	1				
<i>Gobio obtusirostr is</i>	0,89343479	0,28280304 1	1			
<i>Barbatula barbatula</i>	0,90456028 5	0,46997035 1	0,72288313 1	1		
<i>Alburnoide s bipunctatu s</i>	0,47986802 4	0,19532586 8	0,15382061 5	0,65974 6	1	
<i>Salmo trutta</i>	0,61742042 4	0,41155257 6	0,48960832 5	0,48960 8	0,281311	1

Tabel 3.1. Indicele Pianka pentru suprapunerea dietei între specii

Pe lângă macronevertebratele identificate, în conținutul stomacurilor peștilor au fost observate și alte tipuri de componente. Printre acestea se numără pene (Figura 3.26.), fibre vegetale (Figura 3.16.), pietricele (Figura 3.19.) și picături de grăsime (Figura 3.18.). De asemenea, au fost identificate structuri anatomice provenite de la alți pești, precum solzi (Figura 3.15.), vertebre (Figura 3.14.), radii (Figura 3.12.), capete (Figura 3.13.) și chiar fragmente mai mari de pește, fie nedigerate, fie aflate în curs de digestie. Aceste elemente oferă informații valoroase despre dieta variată și comportamentul alimentar al peștilor analizați.



Figura 3.12. Radii de pește



Figura 3.13. Cap de pește



Figura 3.14. Vertebre de pește

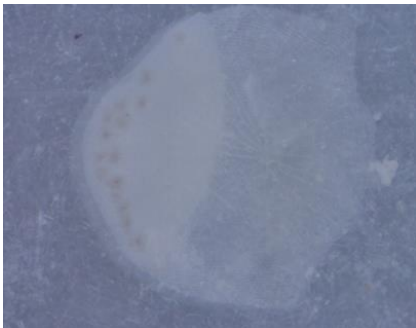


Figura 3.15. Solz de pește

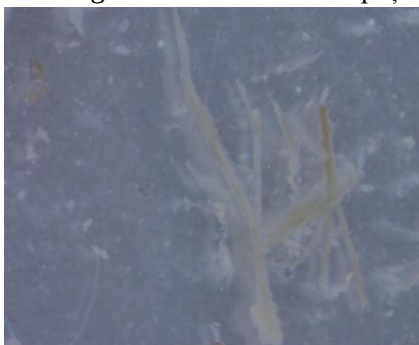


Figura 3.16. Fibre vegetale

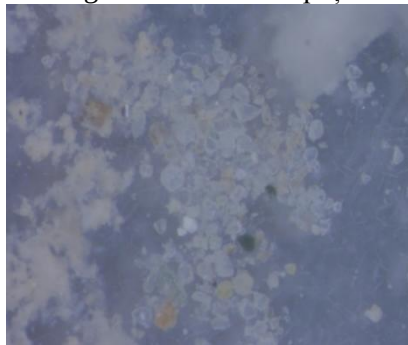


Figura 3.17. Pietricele

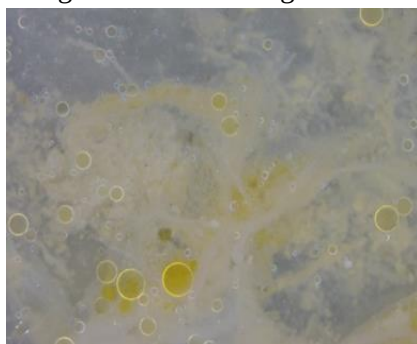


Figura 3.18. Picături de grăsime



Figura 3.19. Pană
(imagini originale)

3.2. Microplasticele din conținutul stomacal al peștilor analizați

Rezultatele obținute au evidențiat prezența unui număr total de 2.340 de particule de microplastic în stomacurile exemplarelor analizate. Din punct de vedere morfologic, majoritatea microplasticele identificate au fost fibre, cu un total de 2.313 particule, ceea ce reprezintă peste 98% din total. În plus, au fost identificate 25 de filme și doar 2 fragmente (Figura 3.20.).

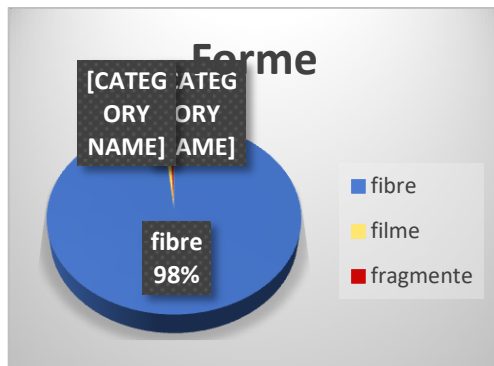


Figura 3.20. Forme ale materialelor plastice exprimate în procente

Dimensiunea particulelor, cele mai multe s-au încadrat în intervalul sub 2 mm, cu 933 de particule între 0-0.9 mm și 803 între 1-1.9 mm. Au urmat particulele de 2-2.9 mm (340), 3-4.9 mm (202), 5-10 mm (59), iar cele mai mari, de peste 10 mm, au fost extrem de rare (3 particule). Dimensiunea medie a microplasticele identificate a fost de 1,69 mm (Figura 3.21.).

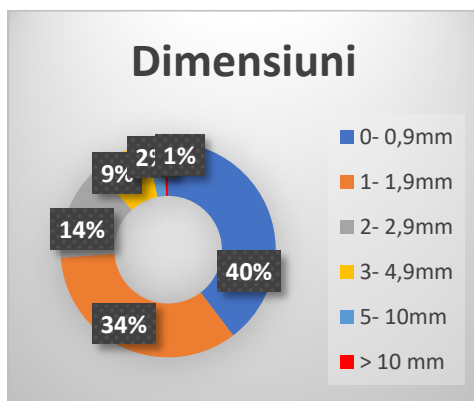


Figura 3.21. Dimensiunea materialelor plastice exprimate în procente

Culoarea predominantă a microplasticelor a fost albastru (1.505), urmată de transparent (511), roșu (149), maro (66), mov (49), negru (38), verde (13) și galben (9) (Figura 3.22.).

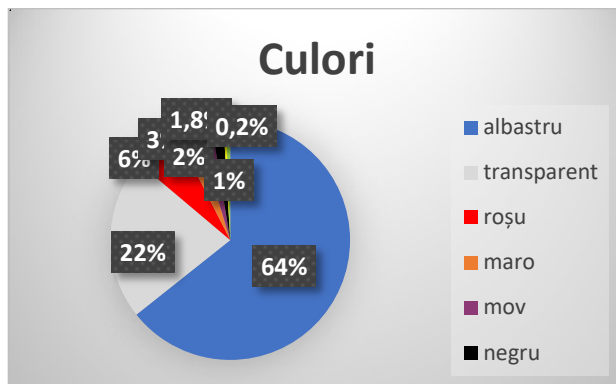


Figura 3.22. Culoarea materialelor plastice exprimate în procente

A fost analizată legătura dintre dimensiunea, greutatea, modul de hrănire, habitat și numărul de particule de plastic din tractul digestiv al peștilor.

Nu s-a găsit corelație între lungime și microplastic, dar greutatea a fost corelată pozitiv cu cantitatea de particule. Toate speciile sunt omnivore, fără diferențe în hrănire. Peștii demersali au acumulat mai multe particule decât cei bentopelagici. Pentru a determina dacă greutatea peștelui influențează acumularea microplasticelor, am efectuat o analiză a corelației dintre aceste variabile. Rezultatul a arătat o valoare p de 0,0028, semnificativ sub pragul de 0,05, ceea ce indică o relație statistică relevantă între greutate și cantitatea de microplastic (Figura 3.33.). Este posibil ca peștii mai mari să acumuleze mai multe microplastice datorită unei expunerii mai îndelungate în medii contaminate și unui consum alimentar mai mare. Totodată, diversitatea hranei la indivizii de dimensiuni mai mari poate crește riscul expunerii la microplastice din diferite surse.

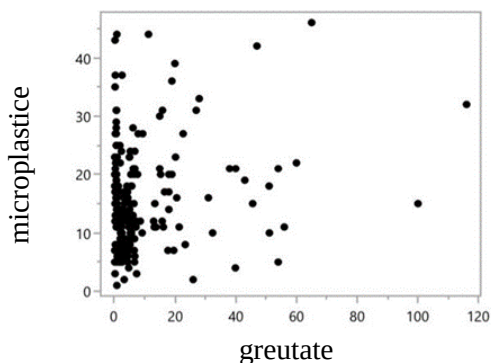


Figura 3.23. Distribuția microplasticelor în funcție de greutatea peștilor, realizată folosind ANOVA unifactorial

Testul ANOVA a arătat o diferență semnificativă ($p < 0,05$) între cele două habitate analizate (Figura 3.24.). Peștii care trăiesc aproape de fundul apei prezintă o acumulare mai mare de microplastice în comparație cu peștii bentopelagici, care ocupă zona dintre fund și coloana de apă. Această diferență poate fi explicată prin concentrația mai ridicată de microplastice din sedimente, dar și de modul în care peștii se hrănesc și de sursele de contaminare ale apei.

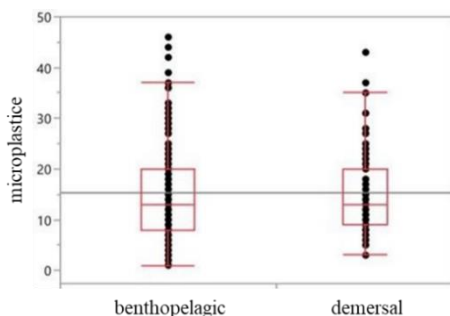


Figura 3.24. Distribuția microplasticului în funcție de habitat, realizată folosind ANOVA unifactorial

Caracteristicile de suprafață ale microplasticelor identificate în tractul gastrointestinal al peștilor au fost analizate și descrise cu ajutorul microscopiei electronice cu scanare (SEM) (Figura 3.25.). Acest tip de analiză oferă informații esențiale despre textură, rugozitatea, prezența fisurilor, zgârieturilor sau altor semne de degradare mecanică și chimică a microplasticelor, indicând astfel posibila lor

proveniență, gradul de uzură și interacțiunile anterioare cu mediul acvatic sau cu organismul gazdă.

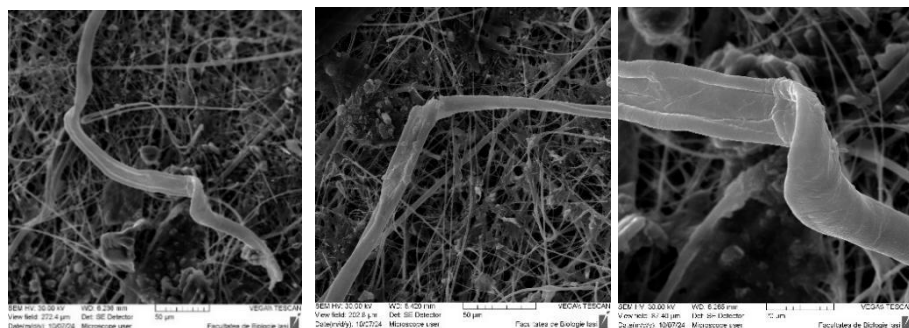


Figura 3.25. Fibre în *Barbatula barbatula* (2008) (imagini originale)

Pentru evaluarea compoziției chimice a microplasticelor extrase din tractul gastrointestinal al peștilor, s-a utilizat tehnica micro-FTIR în modul ATR (Attenuated Total Reflectance). Această metodă permite atât vizualizarea probei în timp real în timpul analizelor, cât și achiziția de spectre direct din punctele de interes, reducând semnificativ riscul interferențelor cu alte materiale, precum fibra filtrului o problemă frecventă în cazul analizelor clasice FTIR. Spectrele au fost colectate punctual, în zonele selectate pe baza imaginilor obținute cu microscopul încorporat în sistemul micro-FTIR, ceea ce a permis o identificare precisă a tipurilor de polimer. Astfel, spectrele obținute pentru probele de microplastic au arătat semnătura specifică a poliamidei (PA), confirmând prezența microfibrilor de poliamidă în mostrele analizate, dar și semnătura specifică a polietilen tereftalatului (PET). Diferențele de intensitate a transmisiei observate în spectrele FTIR ale microplasticelor colectate de la același exemplar pot fi explicate prin variații ale eficienței analizei și prin prezența unor substanțe chimice absorbite pe suprafața acestora. În imaginile microscopice obținute în timpul analizei particulele de microplastic apar în culori diferite. Totuși, s-a constatat că nu există o legătură directă între culoare și intensitatea transmisiei spectrale.

3.3. Discuții asupra studiului

Peștii demonstrează o mare adaptabilitate față de mediul acvatic în care trăiesc, ceea ce se reflectă în diversitatea hranei pe care o consumă. Dieta peștilor studiați este predominant constituită din insecte acvatice, cu predominanța unui grup sau altul, ceea ce reflectă condițiile locale de habitat, dar sunt prezente și nevertebrate terestre. Diferențele în acumularea microplasticelor între peștii demersali și bentopelagici pot fi legate de concentrația mai mare a microplasticelor

în sedimente și de modul de hrănire, peștii care consumă hrană de pe substrat fiind mai expuși.

CONCLUZII

Studiul asupra spectrului trofic al speciilor de pești din râul Oituz a evidențiat următoarele aspecte:

- ✓ Analiza spectrului trofic, deși presupune un process îndelungat și laborios, oferă informații esențiale despre dieta speciilor studiate și relațiile trofice din ecosistemul analizat.
- ✓ În cele 840 de stomacuri analizate, au fost identificate 1.541 de macronevertebrate, aparținând unui total de 24 de grupuri taxonomice.
- ✓ La *Phoxinus phoxinus*, dieta a fost predominant alcătuită din insecte acvatice, cu o abundență semnificativă a grupurilor Chironomidae (38,32%), Ephemeroptera (19,65%) și Trichoptera (13,02%), dar am identificat și grupuri mai puțin frecvente, precum familiile Baetidae și Dytiscidae.
- ✓ La *Squalius cephalus*, dieta a fost majoritar formată din insecte acvatice, în special coleoptere (36,04%), diptere (13,08%) și trichoptere (9,88%), iar grupuri precum nematodele și oligochetele sunt prezente, dar în cantități mult mai mici.
- ✓ La *Gobio obtusirostris*, am constatat că dieta este dominată de Chironomidae, care au fost găsite în 44% dintre stomacuri și constituie 80,43% din abundența totală. De asemenea, au fost identificate și grupuri precum Ephemeroptera (13,04%) și Diptera (4,34%), în timp ce Trichoptera au avut o frecvență de apariție mai mică (2,66%).
- ✓ La *Barbatula barbatula*, dieta a fost dominată de insecte acvatice, cu o prezență semnificativă a grupurilor Ephemeroptera (33 stomacuri, 46,48%), Chironomidae (19 stomacuri, 26,76%) și Trichoptera (24 stomacuri, 33,80%), în timp ce grupuri cum ar fi familiile Dytiscidae și Hydropsychidae au fost întâlnite într-un număr mult mai mic de stomacuri.
- ✓ Dieta speciei *Alburnoides bipunctatus* a fost dominată de grupul Ephemeroptera, care a fost identificat în 69,23% din stomacuri. De asemenea, au fost întâlnite familia Baetidae și Trichoptera, fiecare având o frecvență de 23,07% și respectiv 15,38%, cu o abundență relativă de 7,14% fiecare.
- ✓ La *Salmo trutta*, dieta a fost dominată de Chironomidae, care au fost găsite în toate stomacurile (100%), reprezentând 22,22% din abundența totală. De asemenea, au fost identificate Ephemeroptera (16,66%), Hydropsychidae

(16,66%) și Diptera (44,44%), cu o frecvență de apariție de 75%, 50% și respectiv 50%.

- ✓ În cele 149 de exemplare de pești analizați au fost identificate 2.340 de particule de micro și mezoplastice, cu o medie de 15,03 particule pe individ, majoritatea fiind fibre de dimensiuni sub 2 mm, predominant de culoare albastră.
- ✓ Acumularea microplasticelor este influențată de habitat și comportamentul alimentar, iar greutatea peștilor este corelată pozitiv semnificativ cu cantitatea de particule ingerate.
- ✓ În urma analizei microplasticelor, folosind sistemul micro-FTIR au fost identificate microplastice din poliamidă și polietilen tetrafarat, polimeri frecvent întâlniți în diferite produse de consum.
- ✓ Rezultatele obținute evidențiază necesitatea unor măsuri urgente și eficiente de gestionare a deșeurilor plastice, pentru reducerea poluării ecosistemelor acvatice cu microplastice.
- ✓ Monitorizarea continuă a prezenței microplasticelor în mediul acvatic (coloană de apă, sedimente și biotă) și corelarea cu proximitatea surselor de poluare pot constitui baza unor politici publice și a unor intervenții locale sustenabile.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- Abarghouei, S., Hedayati, A., Raeisi, M., Hadavand, B. S., Rezaei, H., & Abed-Elmdoust, A. (2021). Size-dependent effects of microplastic on uptake, immune system, related gene expression and histopathology of goldfish (*Carassius auratus*). *Chemosphere*, 276, 129977. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129977>
- Adeogun, A. O., Ibor, O. R., Khan, E. A., Chukwuka, A. V., Omogbemi, E. D., & Arukwe, A. (2020). Detection and occurrence of microplastics in the stomach of commercial fish species from a municipal water supply lake in southwestern Nigeria. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(25), 31035–31045. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09031-5>
- *Atlasul Cadastrului Apelor din România*. București: Ministerul Mediului, Aquaproiect S.A., 1992. 694 p.
- Ciurea, I. V., Mihalache, R., Ungureanu, G., & Brezuleanu, S. (2011). Studies regarding the evaluation of the tourist potential of Oituz hydrographical basin - Bacau County. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture*, 68(2), 49–54.
- Curtean-Bănăduc, A., & Bănăduc, D. (2004). Cibin River fish communities structural and functional aspects. *Studii și Cercetări Științifice – Seria Biologie*, May, 93–102.
- Dusek, R., & Popelkova, R. (2012). Theoretical view of the Shannon index in the evaluation of landscape diversity. *AUC Geographica*, 47(2), 5–13.
- *Review of Systematical and Ecological Research*, 11, 169–182.
- Nicoara, M., Ureche, D., Ureche, C., & Nicoara, A. (2006). Macroinvertebrate presence in food of fish population from River Buzau (Romania). *SIL Proceedings*, 1922-2010, 29(5), 2256–2258. <https://doi.org/10.1080/03680770.2006.11903093>
- Rusu, A., Maxim, R., & Ureche, D. (2025). The trophic spectra of *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758) and *Rhodeus amarus* (Bloch, 1782) fish species from Dâmbovnic River (Neajlov / Danube basin). *Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle "Grigore Antipa"*, 1, 25–32. <https://doi.org/10.2478/trser-2025-0003>

- Strungaru, S.-A., Jijie, R., Nicoara, M., Plavan, G., & Faggio, C. (2019). Micro- (nano) plastics in freshwater ecosystems: Abundance, toxicological impact and quantification methodology. *Trac Trends in Analytical Chemistry*, 110, 116–128. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.025>
- Ujvári, I. (1972). *Geografia apelor României*. București: Editura Științifică.
- Ureche, D., Ureche, C., & Lăzăr, I. (2012). Length- weight relationships and Fulton's condition factor for nine species of fish captured from the basin of river Casin including some of its tributaries. *Environmental Engineering and Management Journal*, 11(12), 2275–2283. <https://doi.org/10.30638/eemj.2012.281>
- Ureche, D., Ureche, C., Nicoara, M., & Plavan, G. (2010). The role of macroinvertebrates in diets of fish in River Dambovita, Romania. *SIL Proceedings*, 1922-2010, 30(10), 1582–1586. <https://doi.org/10.1080/03680770.2009.11902380>
- Uurasjärvi, E., Pääkkönen, M., Setälä, O., Koistinen, A., & Lehtiniemi, M. (2021). Microplastics accumulate to thin layers in the stratified Baltic Sea. *Environmental Pollution*, 268, 115700. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115700>

ANEXA 1- Diseminarea rezultatelor

I. Articole ISI publicate ce conțin rezultate ale tezei de doctorat.

1. **Maxim, R.**, Rusu, A., Nicoară, M., Plavan, G., Ureche, D. (2025). Comparative analysis of the trophic spectra of six fish sympatric in the Oituz River basin. *Present Environment and Sustainable Development*, (F.I.=0,5; zona gri/Q3 pentru Geography).

2. **Maxim, R.**; Rusu, A.; Nicoara, M. N.; Jijie, R.; Olaru, S. M.; Cocean, A.; Garofalide, S.; Cocean, I.; Gurlui, S.; Cristache, I. D.; Ureche, D. *Two Decades of Plastic Exposure in Freshwater Fishes from Romania. Preprints 2025*, 2025042141. <https://doi.org/10.20944/preprints202504.2141.v1>

II. Articole ISI publicate în domeniul tezei de doctorat.

1. Rusu, A., **Maxim, R.**, Nicoară, M., Plavan, I. G., Ureche, D. (2025). The trophic niches of fish species from the Neajlov River Basin: dietary diversity assessment. *Present Environment and Sustainable Development*, (F.I.=0,5; zona gri/Q3 pentru Geography).

III. Articole indexate BDI care includ rezultate obținute în cadrul tezei de doctorat.

1. **Maxim, R.**; Rusu, A.; Plavan, G.-I.; Ureche, D.; Cojocaru, I.; Nicoara, M. (2024) Feeding ecology of *Squalius cephalus* population from river Oituz, Scientific Study & Research. *Biology*, 33, 2, pp. 31-34. <https://doi.org/10.29081/scsb.2024.33.2.05>

IV. Articole indexate BDI publicate în cadrul aceluiași domeniu științific.

1. Rusu, A.; **Maxim, R.**; Ureche, D.; Plavan, G.-I.; Cojocaru, I.; Nicoară M. (2025) The trophic spectra of *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758) and *Rhodeus amarus* (Bloch, 1782) fish species from Dâmbovnic River (Neajlov/Danube Basin). *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research* , 27.1 The Wetlands Diversity pp.25-32. https://magazines.ulbsibiu.ro/trser/trser27/trser_27.1-2025-25-32.pdf

V. Participări la manifestări științifice internaționale

1. **Maxim R.**, Plăvan G., Ureche D., Cojocaru I., Nicoară M., “*Trophic spectrum of the amur sleeper (Percotus glenii) population in the Suceava River basin*”, The

16th Edition of Present Environment and Sustainable Development International Conference, Iași, Romania, 18 June, 2021.

2. **Roxana Maxim**, Angelica Rusu, Gabriel-Ionut Plavan, Dorel Ureche, Ion Cojocaru, Mircea Nicoară, prezentare orală cu titlul „*Feeding ecology of fish populations from River Oituz*”, International Conference on Innovation and Recent Trends in Engineering and Science”, 10-11 iunie 2023.

3. Angelica Rusu, **Roxana Maxim**, Gabriel Plăvan, Dorel Ureche, Viorica Rarinca, Mircea Nicoară, prezentare orală cu titlul “*The trophic spectrum of certain fish species from the Rancaciov river*”, International Conference on Innovation and Recent Trends in Engineering and Science”, 10-11 iunie 2023.

VII. Participări la manifestări științifice naționale.

1. **Maxim, R.**; Rusu, A.; Plăvan, G.; Nicoară, M. “*Ingestion of polystyrene-like microplastics can have harmful effects on fish growth, development, and reproduction*”. Simpozionul Național Studentesc „Mihai David”, ediția a XI-a, 4-5 Martie 2022, Iași.

2. **Roxana Maxim**, Angelica Rusu, Gabriel-Ionut Plavan, Dorel Ureche, Ion Cojocaru, Mircea Nicoară, poster cu titlul „*Feeding ecology of Phoxinus phoxinus populations from River Oituz*”, Conferința națională cu participare internațională „Ecologia și Protecția Ecosistemelor”, Ediția a XIV-a, November 2-4, 2023, Bacau, Romania.

3. Angelica Rusu, **Roxana Maxim**, Dorel Ureche, Gabriel Plavan, Viorica Rarinca, Ion Cojocaru, Mircea Nicoară, poster cu titlul „*The trophic spectrum of certain fish species from the Doamnei River*”, Conferința națională cu participare internațională „Ecologia și Protecția Ecosistemelor”, Ediția a XIV-a, November 2-4, 2023, Bacau, RomaniaRusu Angelica,

4. **Maxim Roxana**, Ureche Dorel, Plavan Gabriel, Nicoară Mircea, poster cu titlul “*The trophic spectrum of certain fish species from the Dambovnic River*”, Conferința națională cu participare internațională “Natural sciences in the dialogue of generations”, Ediția a VII-a, Septembrie 12-13, 2024, Chișinău, Republica Moldova.