1. Lista principalelor reziduuri farmaceutice din apele de suprafață

Reziduurile farmaceutice din apele de suprafață (râuri, lacuri, fluvii și ape costiere) reprezintă contaminanți de interes pentru monitorizarea calității apei. Acestea provin în principal din evacuarea apelor uzate menajere și spitalicești insuficient epurate, din activități industriale și, în anumite situații, din utilizarea medicamentelor veterinare.
În literatura științifică, printre substanțele active identificate frecvent se numără diclofenacul, ibuprofenul, naproxenul, carbamazepina și diferite antibiotice. ACS Publications

Tabelul 1. Principalele categorii de reziduuri farmaceutice

Nr.	Categoria farmaceutică	Exemple de substanțe active
1	Analgezice și antipiretice	Paracetamol, acid acetilsalicilic (aspirină), metamizol
2	Antiinflamatoare nesteroidiene (AINS)	Diclofenac, ibuprofen, naproxen, ketoprofen, indometacin
3	Antibiotice	Sulfametoxazol, trimetoprim, ciprofloxacină, eritromicină, azitromicină, claritromicină
4	Antiepileptice	Carbamazepină, gabapentin
5	Antidepresive și alte medicamente psihotrope	Fluoxetină, citalopram, venlafaxină, sertralină
6	Beta-blocante	Metoprolol, atenolol, propranolol
7	Medicamente antihipertensive	Losartan, valsartan, irbesartan
8	Hormoni și contraceptive	17α-etinilestradiol, estradiol
9	Medicamente hipolipemiante	Bezafibrat, gemfibrozil, acid clofibric
10	Diuretice	Hidroclorotiazidă, furosemid
11	Medicamente pentru afecțiuni gastrointestinale	Omeprazol, ranitidină
12	Substanțe de contrast pentru investigații imagistice	Iopromid, iopamidol
13	Antihistaminice	Cetirizină, loratadină
14	Corticosteroizi	Prednisolon, dexametazonă
15	Antineoplazice (medicamente citostatice)	Ciclofosfamidă, capecitabină

Aceste categorii și exemple sunt documentate în studii privind prezența compușilor farmaceutici în mediul acvatic. Nu toate substanțele sunt detectate cu aceeași

frecvență în fiecare râu sau lac; rezultatele depind de consumul de medicamente, sursele de poluare, eficiența epurării și metodele analitice utilizate. ACS Publications

2. Cele mai importante reziduuri pentru monitorizarea apelor de suprafață

Dacă urmărești realizarea unui studiu de mediu sau alegerea unor indicatori pentru analize de laborator, aș prioritiza următoarele substanțe:

- Diclofenac – antiinflamator frecvent identificat în apele de suprafață, cu preocupări privind efectele asupra organismelor acvatice.
- Carbamazepină – antiepileptic relativ persistent, utilizat frecvent ca indicator al contaminării cu ape uzate.
- Ibuprofen – antiinflamator și analgezic întâlnit în numeroase studii de monitorizare.
- Naproxen – antiinflamator identificat în efluenți de stații de epurare și în râuri.
- Sulfametoxazol – antibiotic de interes pentru contaminarea mediului acvatic și pentru riscul asociat rezistenței antimicrobiene.
- Trimetoprim – antibiotic analizat frecvent împreună cu sulfametoxazolul.
- Ciprofloxacină – antibiotic care poate afecta microorganismele acvatice și poate contribui la presiunea de selecție pentru rezistența antimicrobiană.
- Metoprolol – beta-blocant întâlnit în studiile privind contaminanții farmaceutici.
- Venlafaxină și fluoxetină – antidepresive de interes pentru evaluarea efectelor potențiale asupra organismelor acvatice.
- 17α-etinilestradiol – hormon sintetic asociat efectelor endocrine asupra organismelor acvatice.

Prezența și importanța acestor substanțe sunt susținute de studii de monitorizare și de sinteze științifice privind contaminanții farmaceutici. PMC

3. Surse științifice utile

Pentru documentare suplimentară, îți recomand următoarele lucrări:

1. [Pharmaceuticals of Emerging Concern in Aquatic Systems: Chemistry, Occurrence, Effects, and Removal Methods] (<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.chemrev.8b00299>) – sinteză amplă privind clasele de medicamente, apariția lor în mediul acvatic și metodele de eliminare.
2. [Pharmaceutical Pollution in Aquatic Environments: A Concise Review of Environmental Impacts and Bioremediation Systems]

(<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9087044/>) – analiză a contaminării apelor și a efectelor ecologice.
3. [Occurrence and fate of carbamazepine, clofibric acid, diclofenac, ibuprofen, ketoprofen, and naproxen in surface waters]
(<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12680655/>) – studiu privind prezența și comportamentul unor medicamente în apele de suprafață.

Observație importantă: lista de mai sus este una generală, bazată pe literatura internațională, nu un clasament specific râurilor și lacurilor din România. Pentru un studiu aplicat în România, ar fi utilă verificarea datelor locale și selectarea substanțelor în funcție de sursele de poluare și de posibilitățile de analiză.

Reziduurile farmaceutice reprezintă substanțe active din medicamente și produșii lor de transformare, care ajung în râuri, lacuri și alte ape de suprafață prin evacuarea apelor uzate insuficient epurate, efluenții spitalicești, scurgerile urbane și agricole sau eliminarea necorespunzătoare a medicamentelor.
Importanța lor ecotoxicologică depinde de concentrație, persistență, biodegradabilitate, expunerea organismelor acvatice și efectele produse chiar la concentrații foarte mici.

Tabelul 2. Tabelul principal al reziduurilor farmaceutice

Nr.	Clasa farmaceutică	Substanța activă	Utilizare terapeutică	Relevanță pentru mediul acvatic
1	Analgezice și antiinflamatoare	Diclofenac	Durere și inflamație	Efecte potențiale asupra organismelor acvatice; persistență variabilă
2	Analgezice și antipiretice	Ibuprofen	Durere și febră	Frecvent raportat în apele uzate și de suprafață
3	Analgezice și antipiretice	Paracetamol	Durere și febră	Poate fi detectat în ape; se elimină adesea eficient prin epurare biologică
4	Analgezice și antiinflamatoare	Naproxen	Durere și inflamație	Detectat în râuri și efluenți de stații de epurare
5	Antiepileptice	Carbamazepină	Epilepsie și unele tulburări neurologice	Compus persistent, utilizat frecvent ca indicator al contaminării cu ape uzate
6	Antibiotice	Sulfametoxazol	Infecții bacteriene	Poate favoriza presiunea de selecție pentru rezistența antimicrobiană
7	Antibiotice	Claritromicină	Infecții bacteriene	Poate persista după epurare și poate afecta microorganismele acvatice

8	Antibiotice	Ciprofloxacină	Infecții bacteriene	Activitate antimicrobiană și potențial de selecție a rezistenței
9	Antibiotice	Azitromicină	Infecții bacteriene	Relevantă pentru monitorizarea contaminării cu antibiotice
10	Beta-blocante	Atenolol	Hipertensiune și afecțiuni cardiovasculare	Detectat în efluenți și ape de suprafață
11	Beta-blocante	Metoprolol	Afecțiuni cardiovasculare	Poate ajunge în mediul acvatic prin evacuarea apelor uzate
12	Antidepresive	Fluoxetină	Depresie și alte tulburări psihice	Poate influența comportamentul și fiziologia organismelor acvatice
13	Antidepresive	Venlafaxină	Depresie și anxietate	Raportată în studii de monitorizare a contaminanților farmaceutici
14	Diuretice	Hidroclorotiazidă	Hipertensiune și edeme	Detectată în apele uzate și de suprafață
15	Diuretice	Furosemid	Edeme și insuficiență cardiacă	Poate rămâne în efluenți după epurare
16	Hipolipemiante	Gemfibrozil	Reducerea lipidelor sanguine	Poate fi detectat în mediul acvatic
17	Hipolipemiante	Bezafibrat	Reducerea lipidelor sanguine	Raportat în apele de suprafață influențate de efluenți
18	Hormoni estrogeni	17α-etinilestradiol	Contraceptive hormonale	Poate produce efecte endocrine asupra peștilor, chiar la concentrații reduse
19	Hormoni estrogeni	Estronă	Hormon estrogen natural	Poate contribui la efectele estrogenice ale amestecurilor de contaminanți
20	Substanțe de contrast	Iopromid	Investigații radiologice	Foarte solubil și relativ persistent în mediul acvatic

Selecția este orientativă și reunește substanțe raportate în literatura de specialitate; ordinea nu reprezintă un clasament al concentrațiilor din toate râurile.

2. Concentrații raportate în apele de suprafață

Pentru a ilustra ordinul de mărime, tabelul următor prezintă concentrațiile medii raportate într-un studiu asupra râurilor Lambro, Seveso și Olona din Italia. Valorile sunt specifice studiului și nu trebuie considerate valori medii pentru România sau pentru toate apele de suprafață.

Substanța farmaceutică	Concentrație medie raportată (ng/L)	Echivalent (µg/L)
Diclofenac	260	0,260

Atenolol	220	0,220
Claritromicină	195	0,195
Hidroclorotiazidă	174	0,174
Carbamazepină	121	0,121
Ibuprofen	98	0,098
Ofloxacină	97	0,097
Naproxen	86	0,086
Furosemid	59	0,059
Bezafibrat	46	0,046
Ciprofloxacină	34	0,034
Paracetamol	17	0,017

Conversie: 1 µg/L = 1.000 ng/L. Concentrațiile depind de locul și perioada prelevării, debitul râului, consumul de medicamente și eficiența epurării.

3. Ce reziduuri merită prioritizate într-un program de monitorizare?

Pentru un studiu de chimia mediului sau pentru elaborarea unui articol științific, aș începe cu următoarele substanțe:

- Carbamazepină și diclofenac – pentru frecvența detectării și comportamentul lor în mediul acvatic.
- Ibuprofen și paracetamol – pentru evaluarea contaminării cu analgezice uzuale.
- Sulfametoxazol și ciprofloxacină – pentru investigarea reziduurilor de antibiotice și a riscului asociat rezistenței antimicrobiene.
- Atenolol și metoprolol – pentru monitorizarea medicamentelor cardiovasculare.
- Fluoxetină – pentru evaluarea contaminanților cu efecte potențiale asupra comportamentului organismelor acvatice.
- 17α-etinilestradiol – pentru investigarea efectelor endocrine.

4. Metode analitice recomandate

Metodă	**Rol în analiza reziduurilor**
SPE–HPLC–MS/MS	Metodă adecvată pentru determinarea multor medicamente la concentrații mici
LC–HRMS	Identificarea compușilor necunoscuți și a produșilor de transformare
HPLC–DAD/UV	Determinarea unor compuși selectați, dacă sensibilitatea și selectivitatea sunt suficiente

GC–MS	Analiza compușilor volatili sau a celor care pot fi analizați după derivatizare
ELISA	Screening pentru anumite substanțe, cu teste specifice

În cazul concentrațiilor de ordinul ng/L, extracția în fază solidă (SPE), urmată de cromatografie lichidă cuplată cu spectrometrie de masă în tandem (LC–MS/MS), este deosebit de utilă.

Bibliografie selectivă

1. aus der Beek, T. et al. (2016). Pharmaceuticals in the environment—Global occurrences and perspectives. Environmental Toxicology and Chemistry.
2. OECD (2019). Pharmaceutical Residues in Freshwater: Hazards and Policy Responses. OECD Publishing. Consultă raportul OECD.
3. Ternes, T. A. (1998). Occurrence of drugs in German sewage treatment plants and rivers. Water Research.
4. Verlicchi, P., Al Aukidy, M., Zambello, E. (2012). Occurrence of pharmaceutical compounds in urban wastewater: Removal, mass load and environmental risk after a secondary treatment—A review. Science of the Total Environment.
5. Contamination with Pharmaceuticals in Aquatic Environment: Focus on Analytical Methodologies (2024). Articol și metode analitice.

Observație importantă: detectarea unui reziduu nu demonstrează automat că apa prezintă un risc inacceptabil. Evaluarea trebuie să compare concentrațiile măsurate cu pragurile ecotoxicologice relevante și să ia în considerare efectele expunerii cronice și ale amestecurilor de substanțe.