

Un deceniu de date: Prezența *E. coli* la speciile de păsări sălbatice din Europa - un studiu epidemiologic

A Decade of Data: *E. coli* Presence in Europe's Wild Bird Species – an epidemiological study

Cocoș D.I., Folescu M., Orășan A.S., Doma, A.O., Dumitrescu E, Stoichescu C., Cristina R.T.
Facultatea de Medicină Veterinară Timișoara

*Corresponding author: daiana.cocos.fmv@usvt.ro

Cuvinte cheie: *Escherichia coli*, păsări sălbatice, Europa, epidemiologie.

Key words: *Escherichia coli*, wild birds, Europe, epidemiology

Rezumat

În ultimul deceniu, înțelegerea prezenței și a dinamicii *Escherichiei coli* la speciile de păsări sălbatice din Europa a devenit un domeniu de cercetare esențial. Acest articol sintetizează o analiză cuprinzătoare a prevalenței *E. coli* în rândul populațiilor de păsări sălbatice din Europa în perioada 2011-2022. Începând cu o prezentare generală a cercetărilor privind *E. coli* la păsările sălbatice din 1997 până în 2024, analiza explorează evoluția interesului științific pentru acest subiect și evidențiază tendințele în ceea ce privește frecvența publicațiilor. O examinare concentrată a publicațiilor relevă o creștere bruscă a activității de cercetare, reflectând preocupările crescânde privind rezistența antimicrobiană și sănătatea mediului. Se prezintă o analiză detaliată a izolatelor de *E. coli* de la păsările sălbatice, examinând distribuția anuală a cazurilor și identificând modele în diferite țări europene. În plus, analiza identifică primele cinci specii de păsări cel mai frecvent studiate în ceea ce privește prezența *E. coli*, oferind o perspectivă asupra punctelor centrale ale eforturilor de cercetare. Prin sintetizarea unui deceniu de date, această analiză contribuie la o înțelegere cuprinzătoare a epidemiologiei și dinamicii infecțiilor cu *E. coli* în populațiile de păsări sălbatice din Europa.

Abstract

Over the past decade, understanding the presence and dynamics of *Escherichia coli* in Europe's wild bird species has emerged as a critical area of research. This article synthesizes a comprehensive analysis of *E. coli* prevalence among wild bird populations across Europe from 2011 to 2022. Beginning with an overview of *E. coli* research in wild birds from 1997 to 2024, the review explores the evolution of scientific interest in this topic and highlights trends in publication frequency. A focused examination of publications reveals a surge in research activity, reflecting growing concerns about antimicrobial resistance and environmental health. Furthermore, the review presents a detailed analysis of *E. coli* isolates from wild birds, examining the annual distribution of cases and identifying patterns across different European countries. Additionally, the review identifies the top five bird species most frequently studied in relation to *E. coli* presence, providing insights into the focal points of research efforts. By synthesizing a decade's worth of data, this review contributes to a comprehensive understanding of the epidemiology and dynamics of *E. coli* infections in Europe's wild bird populations.

Introducere

Comparativ cu anul 2021, numărul total de izolate raportate a crescut de la 366 794 la 392 602. Cele mai frecvent raportate specii bacteriene în 2022 au fost:

- *Escherichia coli* (39,2%), urmată de,
- *Staphylococcus aureus* (22,1%),
- *Klebsiella pneumoniae* (12,3%),
- *Enterococcus faecalis* (8,2%),

- *Pseudomonas aeruginosa* (6,1%),
- *Enterococcus faecium* (5,9%),
- *Streptococcus pneumoniae* (3,7%) și
- *Acinetobacter spp.* (2,5%).

Acest clasament a fost diferit față de 2021, *P. aeruginosa* și *S. pneumoniae* fiind cu un rang mai sus în 2022 [10].

Genul *Escherichia* conține cinci specii: *albertii*, *coli*, *fergusonii*, *hermannii* și *vulneris*;

specia *blattae* a fost recent mutată în genul *Shimwellia*. *Escherichia* este genul tip al familiei *Enterobacteriaceae*, iar *coli* este specia tip a genului. *Escherichia coli* este singura specie care include agenți patogeni importanți pentru animale.

Mulți *E. coli* sunt comensali ai tractului intestinal, în special ai intestinului gros; cu toate acestea, mulți sunt și agenți patogeni oportuniști sau primari.

E. coli patogeni sunt împărțiți în linii mari în tulpini diareice și extraintestinale. *E. coli* diareice sunt agenți patogeni importanți din punct de vedere economic pentru porcii, vițelii și mieii nou-născuți.

La speciile aviare, *E. coli* este o cauză importantă de saculită aeriană, pneumonie, septicemie și omfalită. Infecțiile zoonotice cu *E. coli* producător de toxină Shiga (STEC) și infecțiile diareice și extraintestinale specifice gazdei sunt de o importanță majoră în medicina umană.

Tulpinile de *E. coli* capabile să producă boli se găsesc în tractul gastrointestinal inferior și sunt abundente în mediile locuite de animale. Transmiterea se face pe cale fecală-orală.

Tractul intestinal inferior a fost denumit "*habitat primar*", iar mediul din afara animalului, "*habitat secundar*" al *E. coli*.

Acest lucru reflectă importanța intestinului inferior în furnizarea nutrienților și a temperaturilor calde necesare pentru ca *E. coli* (un mezofil) să se afle într-o stare de creștere pozitivă și, de asemenea, necesitatea ca acesta să părăsească o gazdă pentru a intra într-o nouă gazdă pentru a-și finaliza "ciclul de viață" [22].

Obiectivul principal al acestui studiu a fost de a determina prevalența izolatelor de *E. coli* în fecalele păsărilor sălbatice din Europa în ultimul deceniu.

Materiale și metode

O analiză sistematică a literaturii de specialitate a publicațiilor disponibile care descriu prezența *Escherichie coli* în animalele sălbatice a fost realizată utilizând o strategie de căutare riguroasă în versiunea online a PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>) [29], unde

am căutat din 2013 până în 2024 articole care utilizează combinația de termeni "*E. coli*", "wild birds" și "Europe".

Ultima căutare a fost efectuată în martie 2024. Nu am făcut nicio restricție în ceea ce privește limba sau tipurile de articole.

Au fost analizate toate titlurile și rezumatele disponibile. Obiectivul acestei căutări a fost de a găsi publicații care conțineau izolate de *Escherichia* de la păsări sălbatice în ultimul deceniu în Europa.

Toate publicațiile rezultate în urma căutării literaturii au fost analizate în două etape: (i) în primul rând, au fost analizate titlurile și rezumatele și au fost excluse publicațiile care nu îndeplineau criteriile de includere (de exemplu, concentrarea pe *E. coli*, păsări sălbatice, țări europene); și (ii) în al doilea rând, a fost analizat textul integral și au fost extrase informațiile relevante. Toate rezultatele interogărilor au fost verificate manual înainte de a exclude duplicatele.

În cele din urmă, rezultatele pentru toate articolele au fost importate într-un instrument de referințiere bibliografică (Zotero Desktop 6.0.23). Toate publicațiile au fost incluse, fiind extrase următoarele variabile: anul publicării, locația probelor analizate, date despre animale, date despre bacterii și citate.

Rezultate și Discuții

În urma căutării în literatura de specialitate, au fost obținute în total 54 de publicații. Acest număr a fost redus la 34 după prima etapă de analiză (titlu și rezumat) și, după a doua etapă de analiză (text complet), au rămas doar 22 de publicații.

Publicațiile axate pe *Escherichia coli* din fauna sălbatică sunt relativ recente și datează din 1997.

Prima publicație, din 1997, cu titlul "*Enteropathogenic Bacteria in Migrating Birds Arriving in Sweden*", a raportat că nu au izolat *Escherichia coli* în niciunul dintre scaunele păsărilor examinate, de la 151 de păsări sălbatice (50 de pescăruși și 101 paseriforme) din Suedia, dar datele lor nu exclud posibila existență a unui rezervor aviar al acestei bacterii în acel an [25].

Dintr-o perspectivă diferită, Guenther et al. au raportat în 2010 că un total de 201 izolate putative de *E. coli* au fost cultivate din 275 de probe colectate de la 226 de păsări.

Aceste probe au fost obținute din diverse surse, inclusiv din fecale (n=160), inimă (n=6), ficat (n=9), plămâni (n=13), splină (n=6) și

rinichi (n=7). Mai mult, aceștia au identificat *E. coli* în 40 din cele 55 de specii aviare testate la nivelul fiecărei specii de păsări [14].

Numărul de publicații pe această temă a crescut din 1997 până în prezent, dar cel mai mare număr de publicații este concentrat în perioada 2010-2019.

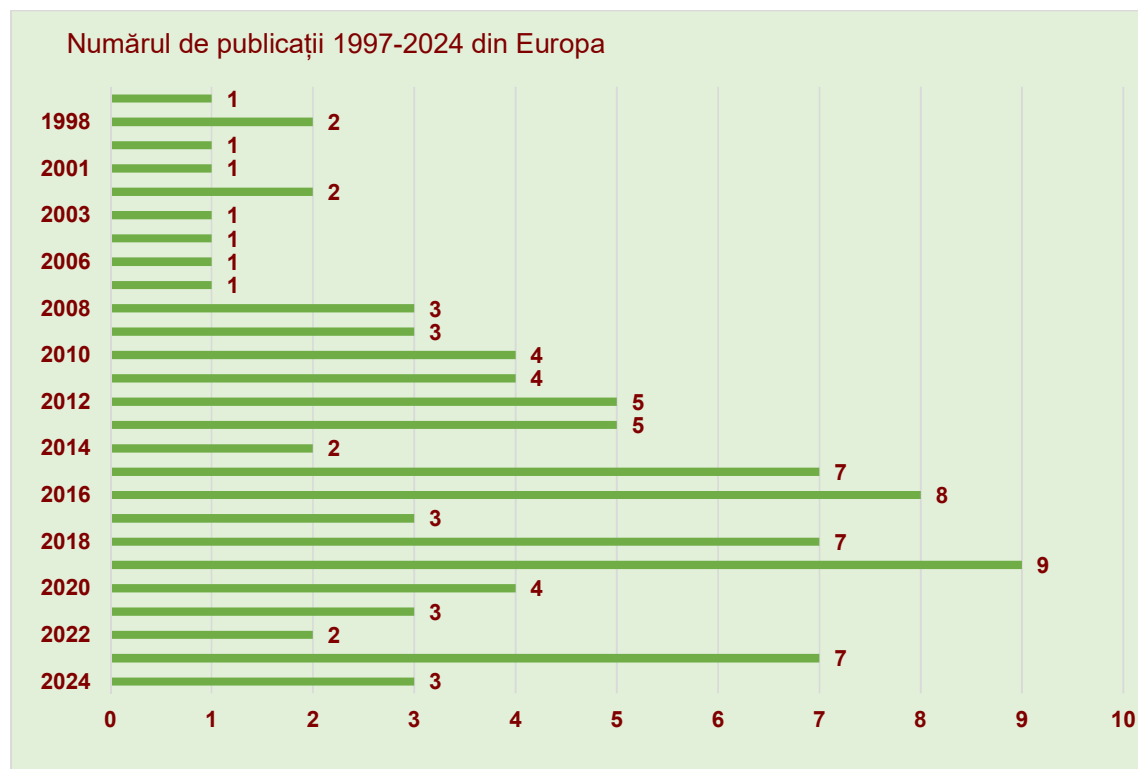


Figura 1. Publicații despre cazurile de *E. coli* raportate la păsările sălbatice începând cu 1997 [PubMed]

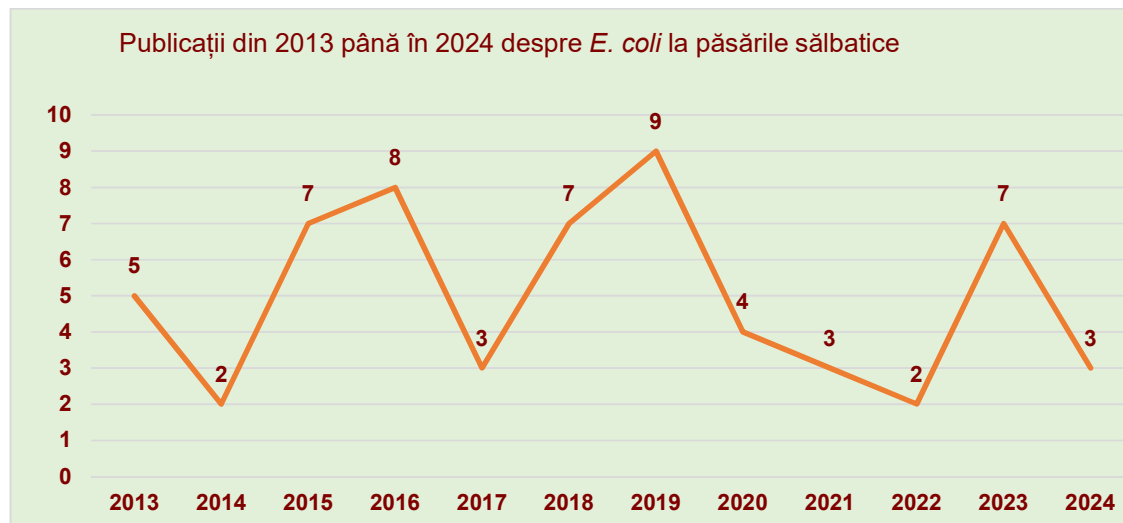


Figura 2. Tendințe de publicare a *E. coli* raportate la păsările sălbatice în perioada 2013-2024 [PubMed]

Aceste date reprezintă numărul de publicații despre subiectul studiat de-a lungul anilor. Există un model fluctuant în ceea ce privește numărul de publicații de-a lungul timpului, cu numere variabile de la un an la altul.

Cel mai mare număr de publicații a fost înregistrat în anul 2019, cu 9 publicații, urmat de 2016 și 2018, cu 8 și respectiv 7 publicații.

Din 2007 până în 2015, pare să existe un număr relativ stabil de publicații, numărul acestora variind de la 1 la 7.

Există mai puține publicații în anii anteriori (înainte de 2000), cu un număr de publicații cuprins între 1 și 3.

Cel mai mic număr de publicații se observă în 2004, 2006, 1999, 1997 și 2001, cu doar o singură publicație fiecare.

În general, datele sugerează un interes sau o activitate de cercetare fluctuantă în domeniul studiat de-a lungul anilor, unii ani înregistrând rate de publicare mai mari decât în alți ani.

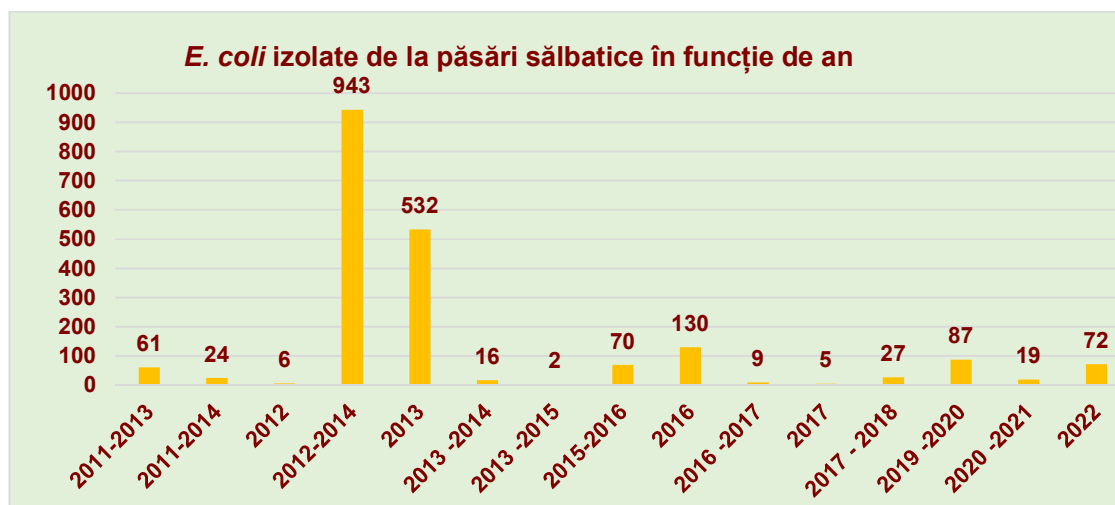


Figura 3. Izolatele de *E. coli* în funcție de an din Europa 2011-2022.

Datele sugerează variații în numărul raportat de izolate de *E. coli* de la păsările sălbatice de-a lungul anilor, ceea ce indică rate de prevalență fluctuante.

Unii ani prezintă o prevalență mai mare decât alții.

- Între 2012 și 2014, s-a înregistrat o creștere semnificativă până la 943 de izolate [19].
- În 2013, au fost raportate 532 de izolate, ceea ce indică o prevalență ridicată [4, 8, 13, 18].
- Din 2013 până în 2014, numărul a scăzut la 16 izolate [1, 16].
- Din 2013 până în 2015, au fost raportate doar 2 izolate [3].

- În 2015-2016, a existat o ușoară creștere la 70 de izolate [12, 24].
- În 2016, numărul a crescut semnificativ la 130 de izolate [5, 7, 23].
- Din 2016 până în 2017, au fost raportate 9 izolate [9].
- În 2017, numărul a scăzut la 5 izolate [17].
- Din 2017 până în 2018, a existat o ușoară creștere la 27 de izolate [21].
- Din 2019 până în 2020, a existat o creștere notabilă la 87 de izolate [15].
- Din 2020 până în 2021, numărul a scăzut la 19 izolate [11].
- În 2022, au fost raportate 72 de izolate [6].

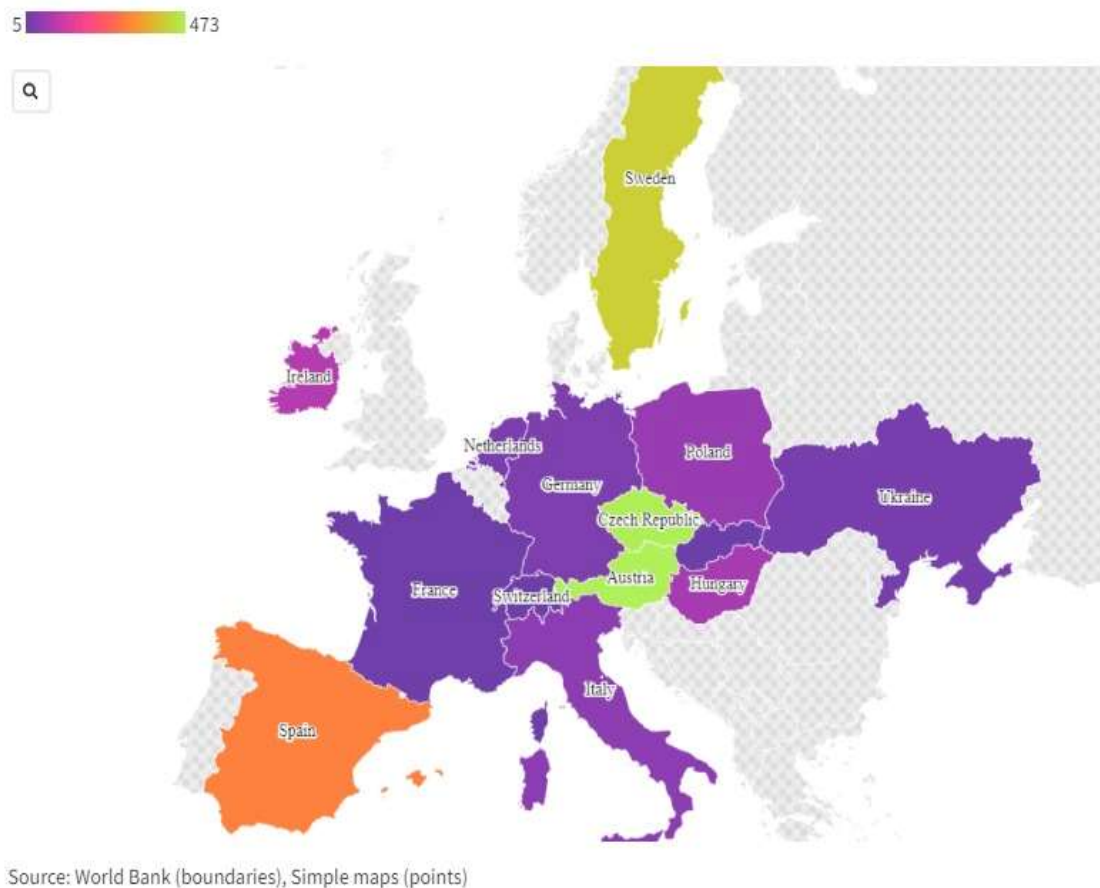


Figura 4. Harta Europei (realizată cu Flourish) reprezentând numărul de izolate pozitive de *E. coli* de la păsări sălbatice din fiecare țară. Numărul de publicații pe țară este codificat în culori conform indicelui și în partea superioară stângă a figurii [28].

Austria și Republica Cehă au cel mai mare număr de cazuri de *E. coli* raportate la păsările sălbatice între 2013 și 2023, cu 473 și, respectiv, 470 de cazuri.

Acest lucru indică o prevalență relativ ridicată a infecțiilor cu *E. coli* în rândul populațiilor de păsări sălbatice din aceste țări în perioada specificată.

Suedia urmează îndeaproape, cu 415 cazuri raportate, ceea ce sugerează o prezență semnificativă a infecțiilor cu *E. coli* la păsările sălbatice din această țară.

Spania are un număr mai mic, dar totuși notabil de cazuri raportate, cu 300 de cazuri de infecții cu *E. coli* la păsările sălbatice.

Irlanda și Ungaria au mai puține cazuri raportate în comparație cu țările menționate anterior, cu 87 și, respectiv, 72 de cazuri.

Polonia, Italia, Germania, Țările de Jos și Ucraina au și mai puține cazuri raportate, variind între 55 și 19 cazuri fiecare.

Elveția și Franța au cel mai mic număr de cazuri raportate, cu doar 6 cazuri de infecții cu *E. coli* la păsări sălbatice fiecare.

Slovacia de Est a raportat 5 cazuri în perioada specificată (Tabelul 1).

În general, aceste date sugerează variații în ceea ce privește prevalența infecțiilor cu *E. coli* în rândul populațiilor de păsări sălbatice din diferite țări.

Factori precum habitatul, condițiile de mediu și activitățile umane pot contribui la aceste diferențe.

Este posibil să fie necesare investigații suplimentare pentru a înțelege factorii de bază care influențează apariția infecțiilor cu *E. coli* la păsările sălbatice din fiecare țară.

Tabel 1.
Numărul de raportări ale cazurilor de *E. coli* de la păsările sălbatice pe țară.

Țara	Cazuri <i>E. coli</i> 2013-2023
Austria	473
Cehia	470
Suedia	415
Spania	300
Irlanda	87
Ungaria	72
Polonia	55
Italia	40
Germania	24
Olanda	23
Ucraina	19
Elveția	6
Franța	6
Slovacia	5

Fauna sălbatică a păsărilor

Anseriformele, inclusiv rațele sălbatice și păsările de apă, sunt speciile cel mai des menționate în articolele științifice referitoare la izolarea *E. coli* de la păsările sălbatice, cu un total de 491 de mențiuni în ultimul deceniu.

Porumbeii (*Columbiforme*) ocupă locul al doilea în ceea ce privește frecvența, cu 451 de mențiuni în aceste articole.

Păsările de pradă (*Accipitriforme*, *Strigiforme* și *Falconiforme*) urmează pe locul al treilea, cu 314 mențiuni.

Passeriformele, care includ o varietate de păsări, se află pe locul patru, cu 213 mențiuni. Berzele (*Ciconia Ciconia*) se află la sfârșitul

listei scurte a celor mai frecvent menționate specii în aceste articole, cu 141 de mențiuni.

Păsările de pradă diurne identificate în studiile analizate au inclus vulturul grifon (*Gyps fulvus*), zmeul negru (*Milvus migrans*), zmeul roșu (*Milvus milvus*), vulturul auriu (*Aquila chrysaetos*), vulturul de câmp (*Accipiter nisus*), acvila de câmpie (*Accipiter gentilis*), uliul comun (*Buteo buteo*), cerberul comun (*Falco tinnunculus*), uliul de miere european (*Pernis apivorus*), acvilă pitică, vulturul negru, vulturul lui Bonelli și vulturii egipteni, cu un total de 302 mențiuni.

Păsările de pradă nocturne - bufnițele - inclusiv bufnița de hambar (*Tyto alba*), bufnița cu urechi lungi (*Asio otus*), bufnița de câmp (*Otus scops*), bufnița de câmp (*Strix aluco*) și bufnița acvilă eurasiatică (*Bubo Bubo*), au fost menționate de 12 ori în mod colectiv.

Aceste constatări indică faptul că *Anas platyrhynchos* (rața sălbatică) este specia cea mai studiată și observată în studiile care se concentrează pe izolarea *E. coli*, urmată de porumbei, păsări răpitoare și paseriforme. Berzele sunt mai puțin frecvent menționate în aceste studii în comparație cu alte specii de păsări.

Dintre pescăruși; *Larus marinus*, *Larus argentatus*, *Larus canus* și *Croicocephalus ridibundus*, pescărușul Herring, pescărușul mic cu spatele negru, *Larus michahellis* - pescărușul cu picioare galbene, au fost următorii în ceea ce privește numărul de izolate pozitive, totalizând 127 de cazuri.

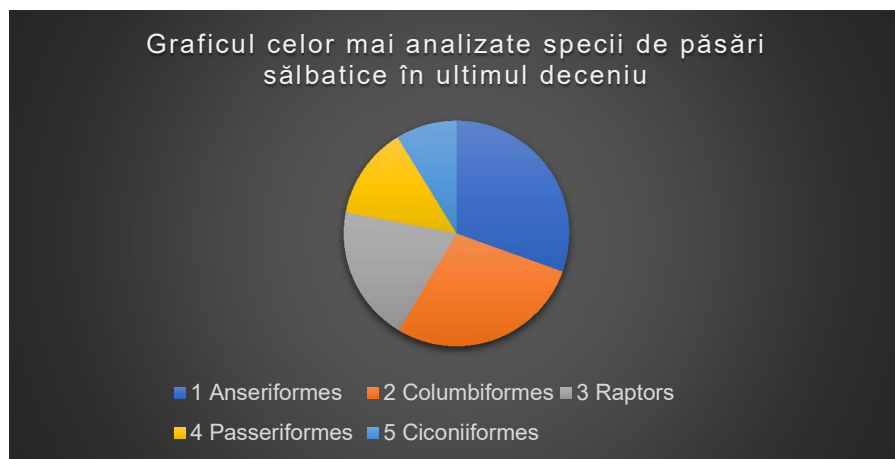


Figura 5. Top 5 specii de păsări sălbatice la care s-a raportat prezența *E. coli*.

Concluzii

În concluzie, analiza noastră relevă o imagine de ansamblu cuprinzătoare a distribuției izolatelor de *E. coli* în rândul diferitelor specii de păsări sălbatice în cadrul cercetărilor efectuate în ultimii ani. Analiza numărului de publicații din 1997 până în 2024 relevă un interes tot mai mare pentru studiul *E. coli* în populațiile de păsări sălbatice de-a lungul timpului. Acest lucru reflectă recunoașterea *E. coli* ca agent patogen semnificativ în ecologia aviară și subliniază importanța continuării cercetărilor în acest domeniu.

O examinare atentă a publicațiilor din 2013 până în 2024 indică o creștere semnificativă a activității de cercetare în această perioadă. Acest interes sporit poate fi atribuit preocupărilor legate de rezistența antimicrobiană, de sănătatea mediului și de potențiala transmitere zoonotică a *E. coli* de la păsările sălbatice la oameni.

Analiza numărului anual de izolate relevă fluctuații ale numărului de cazuri de *E. coli* izolate de la păsări sălbatice în ultimul deceniu. Aceste variații pot fi influențate de factori cum ar fi schimbările în condițiile de mediu, modelele de migrație și eforturile de supraveghere.

Rățele sălbatice, porumbeii, păsările răpitoare și paseriformele apar ca fiind speciile cel mai frecvent studiate și observate în legătură cu izolarea *E. coli*, subliniind importanța lor în eforturile de cercetare.

În general, aceste concluzii evidențiază rolurile diverse ale diferitelor specii de păsări în cercetarea *E. coli* și subliniază importanța înțelegerii contribuțiilor acestora la epidemiologia infecțiilor cu *E. coli* în populațiile de păsări sălbatice.

Referințe

1. Alcalá, L., Alonso, C. A., Simón, C., González-Esteban, C., Orós, J., Rezusta, A., Ortega, C., & Torres, C. (2016). Wild Birds, Frequent Carriers of Extended-Spectrum β -Lactamase (ESBL) Producing *Escherichia coli* of CTX-M and SHV-12 Types. *Microbial Ecology*, 72(4), 861–869. <https://doi.org/10.1007/s00248-015-0718-0>
2. Allocati, N., Masulli, M., Alexeyev, M. F., & Di Ilio, C. (2013). *Escherichia coli* in Europe: An Overview. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/ijerph10126235>
3. Alonso, C. A., Mora, A., Díaz, D., Blanco, M., González-Barrio, D., Ruiz-Fons, F., Simón, C., Blanco, J., & Torres, C. (2017). Occurrence and characterization of stx and/or eae-positive *Escherichia coli* isolated from wildlife, including a typical EPEC strain from a wild boar. *Veterinary Microbiology*, 207, 69–73. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2017.05.028>
4. Atterby, C., Börjesson, S., Ny, S., Järhult, J. D., Byfors, S., & Bonnedahl, J. (2017). ESBL-producing *Escherichia coli* in Swedish gulls-A case of environmental pollution from humans? *PloS One*, 12(12), e0190380. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190380>
5. Blanco, G., López-Hernández, I., Morinha, F., & López-Cerero, L. (2020). Intensive farming as a source of bacterial resistance to antimicrobial agents in sedentary and migratory vultures: Implications for local and transboundary spread. *The Science of the Total Environment*, 739, 140356. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140356>
6. Brassó, D. L., Knop, R., Várszegi, Z., Bársony, P., Komlósi, I., Bacsadi, Á., & Bistyák, A. (2023). Assessment of the microbiological status of two Hungarian ostrich farms. *Acta Veterinaria Hungarica*, 71(1), 3–11. <https://doi.org/10.1556/004.2023.00765>
7. Camacho, M., Hernández, J. M., Lima-Barbero, J. F., & Höfle, U. (2016). Use of wildlife rehabilitation centres in pathogen surveillance: A case study in white storks (*Ciconia ciconia*). *Preventive Veterinary Medicine*, 130, 106–111. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.06.012>

8. Carroll, D., Wang, J., Fanning, S., & McMahon, B. J. (2015). Antimicrobial Resistance in Wildlife: Implications for Public Health. *Zoonoses and Public Health*, 62(7), 534–542. <https://doi.org/10.1111/zph.12182>
9. Darwich, L., Vidal, A., Seminati, C., Albamonte, A., Casado, A., López, F., Molina-López, R. A., & Migura-Garcia, L. (2019). High prevalence and diversity of extended-spectrum β -lactamase and emergence of OXA-48 producing Enterobacterales in wildlife in Catalonia. *PloS One*, 14(8), e0210686. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210686>
10. ECDC. (2023). Antimicrobial resistance in the EU/EEA (EARS-Net)—Annual epidemiological report for 2022. *Stockholm*. <https://www.ecdc.europa.eu/en/publication-s-data/surveillance-antimicrobial-resistance-europe-2022>
11. Eckenko, R., Maiboroda, O., Muzyka, N., Stegnyy, B., Mezinov, O., Rula, O., & Muzyka, D. (2024). Circulation of Antibiotic-Resistant *Escherichia coli* in Wild and Domestic Waterfowl in Ukraine. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 24(1), 17–26. <https://doi.org/10.1089/vbz.2023.0001>
12. Gargiulo, A., Fioretti, A., Russo, T. P., Varriale, L., Rampa, L., Paone, S., De Luca Bossa, L. M., Raia, P., & Dipineto, L. (2018). Occurrence of enteropathogenic bacteria in birds of prey in Italy. *Letters in Applied Microbiology*, 66(3), 202–206. <https://doi.org/10.1111/lam.12836>
13. Giacobello, C., Foti, M., & Mascetti, A. (2016). Antimicrobial resistance patterns of Enterobacteriaceae in European wild bird species admitted in a wildlife rescue centre. *Veterinaria Italiana*, 52(2), 139–144. <https://doi.org/10.12834/VetIt.327.1374.2>
14. Guenther, S., Grobbel, M., Lübke-Becker, A., Goedecke, A., Friedrich, N. D., Wieler, L. H., & Ewers, C. (2010). Antimicrobial resistance profiles of *Escherichia coli* from common European wild bird species. *Veterinary Microbiology*, 144(1), 219–225. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2009.12.016>
15. Guitart-Matas, J., Espunyes, J., Illera, L., Gonzalez-Escalona, N., Ribas, M. P., Marco, I., & Migura-Garcia, L. (2024). High-risk lineages of extended spectrum cephalosporinase producing *Escherichia coli* from Eurasian griffon vultures (*Gyps fulvus*) foraging in landfills in north-eastern Spain. *The Science of the Total Environment*, 909, 168625. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168625>
16. Guyomard-Rabenirina, S., Reynaud, Y., Pot, M., Albina, E., Couvin, D., Ducat, C., Gruel, G., Ferdinand, S., Legreneur, P., Le Hello, S., Malpote, E., Sadikalay, S., Talarmin, A., & Breurec, S. (2020). Antimicrobial Resistance in Wildlife in Guadeloupe (French West Indies): Distribution of a Single bla CTX-M-1/IncI1/ST3 Plasmid Among Humans and Wild Animals. *Frontiers in Microbiology*, 11, 1524. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01524>
17. Handrova, L., & Kmet, V. (2019). Antibiotic resistance and virulence factors of *Escherichia coli* from eagles and goshawks. *Journal of Environmental Science and Health. Part. B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 54(7), 605–614. <https://doi.org/10.1080/03601234.2019.1608103>
18. Hessman, J., Atterby, C., Olsen, B., & Järhult, J. D. (2018). High Prevalence and Temporal Variation of Extended Spectrum β -Lactamase-Producing Bacteria in Urban Swedish Mallards. *Microbial Drug Resistance (Larchmont, N.Y.)*, 24(6), 822–829. <https://doi.org/10.1089/mdr.2017.0263>
19. Konicek, C., Vodrážka, P., Barták, P., Knotek, Z., Hess, C., Račka, K., Hess, M., & Troxler, S. (2016). DETECTION OF ZOONOTIC PATHOGENS IN WILD BIRDS IN THE CROSS-BORDER REGION AUSTRIA – CZECH REPUBLIC. *Journal of Wildlife Diseases*, 52(4), 850–861. <https://doi.org/10.7589/2016-02-038>
20. Kuczkowski, M., Krawiec, M., Voslamber, B., Książczyk, M., Płoskońska-Bugla, G., & Wieliczko, A. (2016). Virulence Genes and

- the Antimicrobial Susceptibility of *Escherichia coli*, Isolated from Wild Waterbirds, in the Netherlands and Poland. *Vector Borne and Zoonotic Diseases* (Larchmont, N.Y.), 16(8), 528–536. <https://doi.org/10.1089/vbz.2015.1935>
21. Kwaśna, N., Majewska, M., Karwańska, M., Siedlecka, M., Pałucki, A., & Piasecki, T. (2024). Occurrence and molecular characterization of *Escherichia coli* strains isolated from black grouse (*Lyrurus tetrix*) from the Karkonosze National Park in Poland. *BMC Veterinary Research*, 20(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s12917-024-03886-3>
 22. McVey, D. S., Kennedy, M., & Chengappa, M. M. (2013). *Veterinary Microbiology* (Third Edition). John Wiley & Sons, Inc. Chapter 7: Enterobacteriaceae: *Escherichia*. 62-74 pp.
 23. Ngaiganam, E. P., Pagnier, I., Chaalal, W., Leangapichart, T., Chabou, S., Rolain, J.-M., & Diene, S. M. (2019). Investigation of urban birds as source of β -lactamase-producing Gram-negative bacteria in Marseille city, France. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 61(1), 51. <https://doi.org/10.1186/s13028-019-0486-9>
 24. Oteo, J., Mencía, A., Bautista, V., Pastor, N., Lara, N., González-González, F., García-Peña, F. J., & Campos, J. (2018). Colonization with Enterobacteriaceae-Producing ESBLs, AmpCs, and OXA-48 in Wild Avian Species, Spain 2015-2016. *Microbial Drug Resistance* (Larchmont, N.Y.), 24(7), 932–938. <https://doi.org/10.1089/mdr.2018.0004>
 25. Palmgren, H., Sellin, M., Bergström, S., & Olsen, B. (1997). Enteropathogenic bacteria in migrating birds arriving in Sweden. *Scandinavian Journal of Infectious Diseases*, 29(6), 565–568. <https://doi.org/10.3109/00365549709035895>
 26. Schaufler, K., Semmler, T., Wieler, L. H., Wöhrmann, M., Baddam, R., Ahmed, N., Müller, K., Kola, A., Fruth, A., Ewers, C., & Guenther, S. (2016). Clonal spread and interspecies transmission of clinically relevant ESBL-producing *Escherichia coli* of ST410—Another successful pandemic clone? *FEMS Microbiology Ecology*, 92(1), fiv155. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiv155>
 27. Zurfluh, K., Nüesch-Inderbinen, M., Stephan, R., & Hächler, H. (2013). Higher-generation cephalosporin-resistant *Escherichia coli* in feral birds in Switzerland. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 41(3), 296–297. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2012.11.005>
 28. <https://flourish.studio/>
 29. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>