

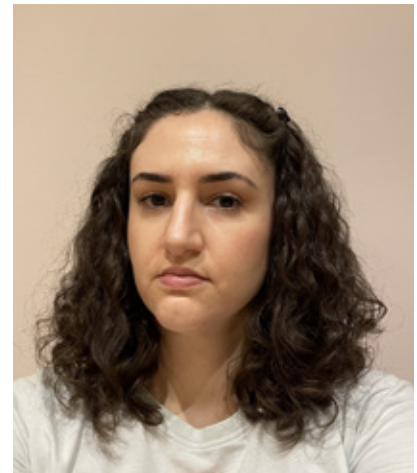
Multirezistentne bakterije kod pasa i mačaka

Multidrug-resistant bacteria in dogs and cats

Andričević A.^{1*}, S. Pintarić²

Napomena

Ovaj je rad nastao na temelju diplomskog rada pod naslovom *Multirezistentne bakterije kod pasa i mačaka* autorice Anisje Andričević, obranjenog 13. studenoga 2025. godine u Zavodu za mikrobiologiju i zarazne bolesti s klinikom Veterinarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.



Slika autorice: Anisja Andričević

Sažetak

Bakterijska rezistencija jest pojam kojim označavamo otpornost bakterija na antimikrobne lijekove, a ako je određena bakterija otporna na barem jedan lijek iz tri ili više različitih skupina antibiotika, možemo je okarakterizirati kao multirezistentnu. Neke od najčešćih multirezistentnih bakterija su kod pasa i mačaka *Escherichia coli*, *Klebsiella spp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus pseudintermedius* i *Enterococcus spp.* Cilj ovog rada je dati pregled najučestalijih multirezistentnih bakterijskih izolata kod pasa i mačaka te istaknuti podatke o njihovoj prevalenciji iz recentne literature u Republici Hrvatskoj i Europi. Višestruko rezistentne bakterije ozbiljna su ugroza za zdravlje ljudi i životinja zbog iznimno suženog izbora antibiotika djelotvornih kod liječenja infekcija uzrokovanih ovim patogenima. Stoga je vrlo bitno da se doktori veterinarske medicine kontinuirano informiraju o ovom problemu te se u svom radu uvijek vode načelima odgovorne i racionalne upotrebe antimikrobnih lijekova.

Ključne riječi: multirezistentne bakterije, pas, mačka, mikrobna rezistencija

Uvod

Mikrobna rezistencija velik je problem i u humanoj i u veterinarskoj medicini. Faktori koji pogoduju selekciji rezistentnih sojeva bakterija velikim su dijelom povezani s ljudskom djelatnošću. Primjerice, empirijsko liječenje bolesti još je uvijek zastupljeno te se antibiotici propisuju bez izdvajanja uzročnika i testiranja njegove osjetljivosti na antimikrobne lijekove (ŠEOL i sur., 2010.). Česta je

i preventivna upotreba antibiotika, kao i primjena antibiotika širokog spektra u slučajevima kada bi se mogao primijeniti lijek užeg spektra, te nepravilna upotreba biocida poput joda i alkohola, koji također mogu pridonijeti razvoju rezistencije (ENDALE i sur., 2023.). Upotreba supterijskih doza antimikrobnih lijekova u profilaktičke svrhe, ali i kao promotora rasta u uzgoju farmских životinja, i dalje je učestala praksa u mnogim dijelovima svijeta. Ekskreti životinja liječenih antibioticima znatan su izvor rezistentnih bakterija, a otpadni produkti životinjskih farmi

^{1*}Anisja Andričević, dr. med. vet., mail: anisja.andricevic@gmail.com

²izv. prof. dr. sc. Selma Pintarić, Zavod za mikrobiologiju i zarazne bolesti s klinikom, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

često završavaju u vodi i tlu te stvaraju okolišne rezervoare gena za rezistenciju (CANESCHI i sur., 2023.). Zbog zoonotskog potencijala mnogih bakterijskih vrsta te mogućnosti prijenosa rezistentnih sojeva između životinja i ljudi, mikrobn rezistencija velik je problem u okviru pristupa *Jedno zdravlje* (engl. *One Health*). Stalan porast broja rezistentnih izolata dovodi do negativnih posljedica na zdravlje ljudi i životinja, poput povećanog broja kompliciranih infekcija, većih stopa morbiditeta i mortaliteta, duljeg liječenja i češće potrebe za hospitalizacijom pacijenata, te znatnog povećanja troškova u javnozdravstvenom sustavu (ŠEOL i sur., 2010.; REYGAERT, 2018.).

Bakterije mogu postati otporne na jedan ili više antimikrobnih lijekova, a ako pripadaju potonjoj skupini, možemo ih dalje podijeliti na multirezistentne (engl. *multi-drug resistant*, MDR), ekstenzivno rezistentne (engl. *extensively drug-resistant*, XDR) i panrezistentne (engl. *pandrug-resistant*, PDR). Prema MAGIORAKOS i suradnicima (2011.), multirezistentne bakterije definirane su kao one koje su stekle rezistenciju na barem jedan antimikrobni pripravak iz triju ili više različitih skupina antibiotika. Neke od najvažnijih i najčešće izoliranih multirezistentnih bakterija kod pasa i mačaka su *Escherichia coli* (*E. coli*), *Klebsiella* spp., *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*), *Staphylococcus pseudintermedius* (*S. pseudintermedius*) i *Enterococcus* spp. (POMBA i sur., 2017.; MONTEIRO i sur., 2025.).

Najčešće multirezistentne bakterije kod pasa i mačaka

Escherichia coli

Vrsta *E. coli* jest gram-negativna, štapičasta i fakultativno anaerobna bakterija. Pripada porodici *Enterobacteriaceae*, a unutar vrste razlikuju se komenzalni sojevi koji se uobičajeno nalaze u probavnom sustavu svih toplokrvnih životinja te patogeni sojevi koji su česti uzročnici infekcija u humanoj i veterinarskoj medicini (MOXLEY, 2022.). Kod životinja vrsta *E. coli* najčešće uzrokuje infekcije mokraćnog, probavnog ili dišnog sustava, infekcije rana, upale zvukovoda, meningitis, mastitis i sepsu, a prijenos ove bakterije između ljudi i životinja znatan je javnozdravstveni problem. Ljudi se mogu inficirati patogenim sojevima ingestijom kontaminiranih

životinjskih proizvoda poput sirovog mesa i mlijeka te povrća ili vode. Osim toga, zbog sve bliskijeg suživota ljudi i kućnih ljubimaca, bitno je spomenuti da su psi i mačke potencijalni rezervoari rezistentnih sojeva *E. coli* te mogu biti izvor infekcije za ljude (OSMAN i sur., 2022.; NUNEZ-SAMUDIO i sur., 2024.).

Prema istraživanju KOMPES i suradnika (2023.) provedenom na 2721 uzorku urina pasa koji su prikupljeni u Hrvatskoj u razdoblju od siječnja 2012. do prosinca 2022. godine, a od kojih je 1363 bilo pozitivno na patogene bakterije, upravo je *E. coli* bila najčešće izdvojena vrsta (47,3 %). U ovom istraživanju određivala se osjetljivost na velik broj antimikrobnih lijekova, a rezultati su pokazali pad osjetljivosti izolata *E. coli* na lijekove koji se smatraju prvim izborom za liječenje urinarnih infekcija pasa (ampicilin, amoksisicilin/klavulanska kiselina), ali i na lijekove druge linije obrane, kao što su fluorokinoloni i cefalosporini treće generacije. Slične su rezultate dobili LUKAČEVIĆ i suradnici (2025.), koji su proveli istraživanje na 897 uzoraka urina pasa prikupljenih na području Splita i okolice u periodu od siječnja 2019. do srpnja 2024. godine. Od 307 uzoraka pozitivnih na patogene bakterije, u najvećem broju izolirana je vrsta *E. coli* (45,0 %). Velik broj izolata bio je rezistentan na oksitetraciklin (36,0 %), amoksisicilin / klavulansku kiselinu (34,3 %) i cefaleksin (34,3 %), a većina izolata bila je osjetljiva na trimetoprim/sulfametoksazol (78,6 %), cefalosporine treće generacije (88,2 – 92,0 %) i fluorokinolone (79,3 – 81,0 %).

Klebsiella spp.

Bakterije iz roda *Klebsiella* jesu gram-negativne, štapičaste, fakultativno anaerobne i inkapsulirane. Pripadaju porodici *Enterobacteriaceae* i uzrokuju oportunističke infekcije kod životinja i ljudi. Uobičajeno se mogu pronaći na sluznici nosa i grla, na koži te u probavnom traktu zdravih jedinki, no mogu uzrokovati i vrlo ozbiljne infekcije mokraćnog sustava, pneumoniju, infekcije rana ili sepsu. Vrste iz roda *Klebsiella* mogu se podijeliti na one koje pripadaju kompleksu *K. pneumoniae* i ostale vrste. Većina infekcija povezana je s dva osnovna patotipa *K. pneumoniae* – klasičnim i hipervirulentnim. Klasični sojevi pokazuju izrazitu tendenciju i horizontalnog i vertikalnog prikupljanja gena za rezistenciju te su danas poznati mnogi MDR, XDR i PDR izolati. Hipervirulentni sojevi prvi su put opisani 1980-ih godina,

a obilježava ih visoka patogenost, sklonost meta-statskom širenju i visok mortalitet inficiranih jedinki (DONG i sur., 2022.; ABBAS i sur., 2024.).

Na području Hrvatske, PINTARIĆ i suradnici (2023.) proveli su istraživanje na 49 izolata *Klebsiella* spp. prikupljenih u razdoblju od siječnja 2016. do listopada 2021. godine, te su među njima identificirali 13 (26,5 %) izolata koji proizvode beta-laktamaze proširenog spektra (engl. *extended spectrum β -lactamase*, ESBL). Karakteristika navedenih sojeva jest proizvodnja enzima koji su odgovorni za rezistenciju na većinu postojećih β -laktamskih antibiotika. Svi sojevi *Klebsiella* spp. koji proizvode ESBL u ovom su istraživanju izolirani iz uzoraka podrijetlom od pasa te su svi ujedno bili i multirezistentni. Od navedenih 13 izolata njih 100,0 % bilo je rezistentno na cefalosporine, fluorokinolone, aminoglikozide i aztreonam, 92,3 % na tetracikline, 84,6 % na trimetoprim/sulfametoksazol i 69,2 % na nitrofurantoin. Prema retrospektivnoj analizi arhivskih podataka bakteriološkog laboratorija Veterinarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu koju je provela DOJČINOVIĆ (2023.), u razdoblju od svibnja 2018. do svibnja 2022. godine pretraženo je 1267 kliničkih uzoraka urina pasa i mačaka, a 442 uzorka bila su bakteriološki pozitivna. Udio multirezistentnih izolata u ukupnom broju izdvojenih bakterija bio je 20,6 %, a udio bakterija iz roda *Klebsiella* u toj skupini iznosio je 14,3 %. Više od polovice ukupnog broja *Klebsiella* spp. izolata u ovom istraživanju bilo je multirezistentno (56,5 %), a svi testirani izolati bili su otporni na amoksicilin, nitrofurantoin i trimetoprim/sulfametoksazol.

Pseudomonas aeruginosa

Bakterije iz roda *Pseudomonas* jesu gram-negativne, štapičaste i pokretne. Rod broji preko 200 različitih vrsta koje su ubikvitarne u okolišu, no samo je nekolicina vrsta klinički važna, od kojih se posebno ističe *P. aeruginosa* (LUPO i sur., 2018.). Ova bakterija uobičajeno se nalazi na koži, a rjeđe može biti prisutna i u probavnom sustavu (NIELSEN i sur., 2021.). Kod pasa najčešće uzrokuje upale zvukovoda, ali zbog oportunističkog karaktera može u povoljnim uvjetima uzrokovati i infekcije dišnog ili mokraćnog sustava, piodermije i sepsu (SOUSA i sur., 2023.).

Vrsta *P. aeruginosa* izrazito je prilagodljiva bakterija, što joj omogućuje preživljavanje u širokom spek-

tru uvjeta okoliša, a najviše joj odgovaraju vlažna područja. Jedan od glavnih faktora virulencije ovog patogena jest mogućnost stvaranja biofilma zbog čega često kolonizira različite bolničke materijale, poput sapuna, dezinficijensa i medicinskih aparata, te se smatra jednim od najvažnijih uzročnika bolničkih infekcija (NAGLIĆ i sur., 2017.). Ova je vrsta urođeno rezistentna na peniciline, cefalosporine prve i druge generacije, tetracikline, kloramfenikol, sulfonamide te neke aminoglikozide i fluorokinolone. Osim toga, sklona je genskim mutacijama i horizontalnom prijenosu gena, što je dovelo do pojave izolata rezistentnih na cefalosporine treće i četvrte generacije, polimiksine i karbapeneme (LUPO i sur., 2018.; SOUSA i sur., 2023.).

U istraživanju provedenom u Hrvatskoj na 104 izolata bakterije *P. aeruginosa* dobivenih iz obrisaka slušnog kanala pasa s upalom zvukovoda, ispitana je osjetljivost na šest antibiotika na koje ova vrsta nije urođeno rezistentna – cefepim, ceftazidim, enrofloksacin, tikarcilin / klavulanska kiselina i gentamicin (MEKIĆ i sur., 2011.). Prema navedenom istraživanju, velik broj izolata bio je rezistentan na enrofloksacin (51,9 %), gentamicin (43,3 %) i cefepim (31,7 %). Na razini Europe NIELSEN i suradnici (2021.) usporedili su rezultate devet različitih istraživanja i izračunali prosječnu razinu rezistencije na fluorokinolone (56,4 %), gentamicin (16,6 %) i polimiksine (0,8 %), no treba napomenuti da pojava rezistencije znatno varira ovisno o geografskoj lokaciji.

Osim na antibiotike, vrsta *P. aeruginosa* pokazuje rezistenciju i na širok spektar biocida, poput kvaternih amonijevih spojeva, aldehida, peroksida i dezinficijensa na bazi klora (PEREIRA i sur., 2025.). Zbog znatno ograničenih terapijskih mogućnosti Svjetska zdravstvena organizacija (engl. *World Health Organization*, WHO) svrstala je ovaj patogen u skupinu bakterija pod akronimom ESKAPE (*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter* spp.) kojima je zajednička značajka da su zbog izolata rezistentnih na većinu postojećih antibiotika globalna prijetnja ljudskom zdravlju (OLIVEIRA i sur., 2020.).

Staphylococcus pseudintermedius

Bakterije iz roda *Staphylococcus* jesu gram-pozitivne, kuglaste i fakultativno anaerobne, a ovisno o

mogućnosti proizvodnje enzima koagulaze dijele se na koagulaza-pozitivne i koagulaza-negativne. Većina pripadnika ovog roda jesu komenzali na koži i sluznicama sisavaca. Patogeni sojevi stafilokoka kod životinja najčešće uzrokuju kožne infekcije i upalu zvukovoda, ali povremeno mogu dovesti i do težih stanja, poput sindroma toksičnog šoka, osteomijelitisa, nekrotizirajućeg fascitisa, peritonitisa ili sepse (BERTELLONI i sur., 2021.; WEESE i PRESCOTT, 2021.).

Vrsta *S. pseudintermedius* jest koagulaza-pozitivna oportunistička bakterija koja uzrokuje većinu stafilokoknih infekcija kod pasa i mačaka. U pogledu rezistencije, najveći su problem izolati otporni na meticilin (engl. *methicillin-resistant S. pseudintermedius*, MRSP) no nije rijetka pojava sojeva rezistentnih i na druge antibiotike, poput klindamicina, tetraciklina, trimetoprim/sulfametoksazola i enrofloksacina, uz velik broj multirezistentnih izolata (BERTELLONI i sur., 2021.). Znatno je problem i zoonotski potencijal ovoga patogena, kao i tendencija horizontalnog širenja gena za rezistenciju između humanih i životinjskih vrsta stafilokoka.

Sojevi MRSP kod pasa prvi su put izolirani sredinom 1980-ih godina u Francuskoj (PELLERIN i sur., 1998.), a u Hrvatskoj su dokazani 2008. godine (MATANOVIĆ i sur., 2009.). Nekoliko godina kasnije, MATANOVIĆ i suradnici (2012.) proveli su istraživanje na 106 izolata bakterije *S. pseudintermedius* prikupljenih od pasa i mačaka u Hrvatskoj tijekom šest mjeseci u 2011. godini. Velik broj izolata (37,7 %) bio je otporan na četiri ili više različitih skupina antibiotika, a najčešće su to bili makrolidi, linkozamidi, aminoglikozidi, tetraciklini, ampicilin i kloramfenikol. Jedno je od novijih istraživanja na području Europe provedeno u Belgiji, na 106 MRSP izolata prikupljenih od pasa i mačaka od siječnja 2022. do siječnja 2024. godine, a rezultati su bili izrazito zabrinjavajući. Čak je 99,0 % izolata podrijetlom od pasa te 100,0 % izolata podrijetlom od mačaka bilo multirezistentno, a od toga je 39,2 % psećih izolata pokazalo rezistenciju na osam različitih skupina antibiotika (DEWULF i sur., 2025.).

Enterococcus spp.

Bakterije iz roda *Enterococcus* jesu gram-pozitivne, kuglaste i fakultativno anaerobne. Rod trenutno broji preko 50 vrsta, a najveću kliničku važnost

imaju *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) i *Enterococcus faecium* (*E. faecium*) (TORRES i sur., 2018.). Enterokoki su ubikvitarni u okolišu te se prirodno nalaze u probavnom sustavu životinja i ljudi, no često mogu biti i uzročnici infekcija mokraćnog sustava, infekcija kože i rana, enteritisa, endokarditisa, miokarditisa, mastitisa i sepse (PINTARIĆ i ŠEOL MARTINEC, 2018.). Zbog prirodne otpornosti na razne dezinficijense, antiseptike, UV zračenje i isušivanje, često perzistiraju u medicinskim ustanovama te su jedan od najčešćih uzročnika bolničkih infekcija (FIORE i sur., 2019.).

Enterokoki su urođeno rezistentni na cefalosporine, klindamicin i trimetoprim/sulfametoksazol, a smanjene su osjetljivosti na peniciline i aminoglikozide (KRISTICH i sur., 2014.). Skloni su stjecanju gena rezistencije, pa je na taj način došlo do veće otpornosti na peniciline, primarno kod vrste *E. faecium*, a vrsta *E. faecalis* postala je rezistentna na streptogramine i polimiksine (TORRES i sur., 2018.). Devedesetih godina prošlog stoljeća pojavili su se i prvi enterokoki otporni na vankomicin, a njihov nastanak izravno je povezan s upotrebom avoparcina kao promotora rasta u uzgoju životinja (McDONALD i sur., 1997.).

U Hrvatskoj je provedeno nekoliko recentnih istraživanja osjetljivosti enterokoka na antimikrobne lijekove. Primjerice, TUMPA i suradnici (2022.) analizirali su 787 uzoraka urina pasa i mačaka s infekcijom urinarnog trakta prikupljenih od siječnja 2019. do rujna 2021. godine, od kojih je 260 bilo bakteriološki pozitivno. U 11,0 % navedenih uzoraka uzročnik je pripadao rodu *Enterococcus*. Najveći broj izolata pokazao je rezistenciju na rifampicin (86,0 %), enrofloksacin (83,0 %), tetraciklin (69,0 %) i ciprofloksacin (69,0 %), a 76,0 % izdvojenih izolata bilo je multirezistentno. Još jedno istraživanje provela je TUMPA (2022.) na uzorku od 100 izolata bakterija iz roda *Enterococcus*. Izolati su izdvojeni u razdoblju od siječnja 2016. do rujna 2021. godine iz različitih uzoraka domaćih životinja, većinom pasa i mačaka. Ispitivanjem osjetljivosti izolata na 11 antimikrobnih lijekova utvrđeno je da je čak 90,0 % izolata vrste *E. faecium* te 69,0 % izolata vrste *E. faecalis* bilo multirezistentno. Najveći je broj izolata bio rezistentan na enrofloksacin i rifampicin (83,0 %), ciprofloksacin i tetraciklin (60,0 %) te vankomicin (23,0 %). Sljedeće istraživanje proveli su KOMPES i suradnici (2023.), u kojemu su napravili analizu 2721 uzorka urina pasa

i mačaka, prikupljenih od 2012. do 2022. godine na području Hrvatske. Od toga je 50,1 % uzoraka bilo bakteriološki pozitivno, a 13,6 % izdvojenih uzročnika pripadalo je rodu *Enterococcus*. Antibiotici na koje su enterokoki iz ovog istraživanja pokazali osjetljivost bili su amoksisilin / klavulanska kiselina (78,0 %) i ampicilin (70,4 %), dok je najveći broj izolata bio rezistentan na doksiciklin (74,4 %), azitromicin (61,9 %), tetraciklin (55,9 %), pradofloksacin (49,5 %) i eritromicin (46,8 %).

Zaključak

Antimikrobni lijekovi još uvijek su nezamjenjiv alat u borbi protiv bakterijskih infekcija. Iako se radi na razvoju i poboljšanju određenih alternativnih tretmana (npr. nanočestice, biljni ekstrakti, antimikrobni peptidi, bakteriofagna terapija, vakcine), zasad još ne postoje tvari ili metode liječenja koje bi bile jednako učinkovite kao antibiotici (PEREIRA i sur., 2025.). Stoga je iznimno važno shvatiti da je mikrobna rezistencija trenutačno jedan od najvećih globalnih rizika za zdravlje ljudi i životinja te ozbiljno pristupiti sustavnom rješavanju ovog problema.

Doktori veterinarske medicine, zajedno s drugim djelatnicima u zdravstvenom sektoru, imaju ključnu ulogu u suzbijanju širenja bakterijske rezistencije. Osnovna načela kojih se u svom radu trebaju držati jesu provođenje provjerenih metoda za prevenciju pojave zaraznih bolesti, postavljanje točne dijagnoze, propisivanje antibiotika samo onda kada je to zaista potrebno, odabir terapije prema antibiogramu i pravilno doziranje antimikrobnih lijekova. Bitka protiv mikrobne rezistencije još nije izgubljena, a poštivanje ovih načela prvi je korak koji svatko od nas može i treba napraviti u svrhu postizanja jednog zdravlja.

Literatura

ABBAS, R., M. CHAKKOUR, H. ZEIN EL DINE, E. F. OBASEKI, S. T. OBEID, A. JEZZINI, G. GHASSEIN, Z. EZZED-DINE (2024): General Overview of *Klebsiella pneumoniae*: Epidemiology and the Role of Siderophores in Its Pathogenicity. *Biology* 13.

<https://doi.org/10.3390/biology13020078>

ANDRIČEVIĆ, A. (2025): Multirezistentne bakterije kod pasa i mačaka. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet, Zagreb, Hrvatska.

BERTELLONI, F., G. CAGNOLI, V. V. EBANI (2021): Virulence and Antimicrobial Resistance in Canine *Staphylococcus* spp. Isolates. *Microorganisms* 9.

<https://doi.org/10.3390/microorganisms9030515>

CANESCHI, A., A. BARDHI, A. BARBAROSSA, A. ZAGHINI (2023): The Use of Antibiotics and Antimicrobial Resistance in Veterinary Medicine, a Complex Phenomenon: A Narrative Review. *Antibiotics* 12.

<https://doi.org/10.3390/antibiotics12030487>

DEWULF, S., F. BOYEN, D. PAEPE, C. CLERCX, N. TILMAN, J. DEWULF, C. BOLAND (2025): Antimicrobial Resistance Characterization of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus pseudintermedius* Isolates from Clinical Cases in Dogs and Cats in Belgium. *Antibiotics* 14.

<https://doi.org/10.3390/antibiotics14070631>

DOJČINOVIĆ, E. (2023): Učestalost bakterija višestruko otpornih na antimikrobne tvari u infekcijama mokraćnog sustava pasa i mačaka. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet, Zagreb, Hrvatska.

DONG, N., X. YANG, E. W. C. CHAN, R. ZHANG, S. CHEN (2022): *Klebsiella* species: Taxonomy, hypervirulence and multidrug resistance. *eBioMedicine*. 79.

<https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2022.103998>

ENDALE, H., M. MATHEWOS, D. ABDETA (2023): Potential Causes of Spread of Antimicrobial Resistance and Preventive Measure in One Health Perspective – A Review. *Infect. Drug Resist.* 16.

<https://doi.org/10.2147/IDR.S428837>

IORE, E., D. VAN TYNE, M. S. GILMORE (2019): Pathogenicity of *Enterococci*. *Microbiol. Spectr.* 7.

<https://doi.org/10.1128/microbiolspec.gpp3-0053-2018>

KOMPES, G., B. HABRUN, M. BENIĆ, L. CVETNIĆ, S. ŠPIČIĆ, S. DUVNJAK, I. REIL, M. ZDELAR-TUK, Ž. CVETNIĆ, B. ŠEOL MARTINEC, A. BAGARIĆ (2023): Antimikrobna osjetljivost i kretanje antimikrobne rezistencije bakterijskih uzročnika infekcija urinarnog trakta u pasa izdvojenih u Hrvatskoj u razdoblju 2012. – 2022. godine. *Vet. stanica* 54.

<https://doi.org/10.46419/vs.54.5.10>

KRISTICH, C. J., L. B. RICE, C. A. ARIAS (2014): Enterococcal Infection – Treatment and Antibiotic Resistance. U: *Enterococci: From Commensals to Leading Causes of Drug Resistant Infection* (Bookshelf ID: NBK190420) (Gilmore, M. S., D. B. Clewell, Y. Ike, N. Shankar, Ur.). Boston: Massachusetts Eye and Ear Infirmary.

LUKAČEVIĆ, D., Z. VIDIĆ, S. KATIĆ, T. MALEŠ, I. ŠKOKO, M. SABLJIĆ, G. KOMPES (2025): Aetiology and local antimicrobial resistance patterns of bacterial pathogens causing dogs urinary tract infections from January 2019 to July 2024 in Split, Croatia. *Vet. stanica* 56.

<https://doi.org/10.46419/vs.56.6.5>

LUPO, A., M. HAENNI, J.-Y. MADEC (2018): Antimicrobial Resistance in *Acinetobacter* spp. and *Pseudomo-*

nas spp. Microbiol. Spectr. 6.

<https://doi.org/10.1128/microbiolspec.arba-0007-2017>

MAGIORAKOS, A.-P., A. SRINIVASAN, R. B. CAREY, Y. CARMELI, M. E. FALAGAS, C. G. GISKE, S. HARBARTH, J. F. HINDLER, G. KAHLMEYER, B. OLSSON-LILJEQUIST, D. L. PATERSON, L. B. RICE, J. STELLING, M. J. STRUELENS, A. VATOPOULOS, J. T. WEBER, D. L. MONNET (2011): Multidrug-resistant, extensively drug-resistant and pan-drug-resistant bacteria: an international expert proposal for interim standard definitions for acquired resistance. Clin. Microbiol. Infect. 18.

<https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2011.03570.x>

MATANOVIĆ, K., B. ŠEOL, S. MEKIĆ (2009): First report of methicillin-resistant *Staphylococcus pseudintermedius* in Croatia. Central European Symposium on Antimicrobial Resistance – CESAR, 23.-26. rujna, Dubrovnik.

MATANOVIĆ, K., S. MEKIĆ, B. ŠEOL (2012): Antimicrobial susceptibility of *Staphylococcus pseudintermedius* isolated from dogs and cats in Croatia during a six-month period. Vet. arhiv 82.

MCDONALD, L. C., M. J. KUEHNERT, F. C. TENOVER, W. R. JARVIS (1997): Vancomycin resistant *Enterococci* outside the health-care setting: prevalence, sources, and public health implications. Emerging Infect. Dis. 3.

<https://doi.org/10.3201/eid0303.970307>

MEKIĆ, S., K. MATANOVIĆ, B. ŠEOL (2011): Antimicrobial susceptibility of *Pseudomonas aeruginosa* isolates from dogs with otitis externa. Vet. Rec. 169. <https://doi.org/10.1136/vr.d2393>

MONTEIRO, H. I. G., V. SILVA, T. DE SOUSA, R. CALOURO, S. SARAIVA, G. IGREJAS, P. POETA (2025): Antimicrobial Resistance in European Companion Animals Practice: A One Health Approach. Animals 15.

<https://doi.org/10.3390/ani15121708>

MOXLEY, R. A. (2022): *Enterobacteriaceae: Escherichia*. U: Veterinary Microbiology (McVey D. S., M. Kennedy, M. M. Chengappa, R. Wilkes, Ur.), Wiley Blackwell, Hoboken, str. 56-74.

NAGLIĆ, T., B. ŠEOL MARTINEC, J. MADIĆ (2017): Veterinarska mikrobiologija: Opća bakteriologija i mikologija. Medicinska naklada, Zagreb.

NIELSEN, S. S., D. J. BICOUT, P. CALISTRI, E. CANALI, J. A. DREWE, B. GARIN-BASTUJI, J. L. GONZALES ROJAS, C. G. SCHMIDT, M. HERSKIN, V. MICHEL i sur. (2021): Assessment of animal diseases caused by bacteria resistant to antimicrobials: Dogs and cats. EFSA Journal 19.

<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6680>

NUNEZ-SAMUDIO, V., G. PIMENTEL-PERALTA, A. DE LA CRUZ, I. LANDIRES (2024): Multidrug-resistant phenotypes of genetically diverse *Escherichia coli* isolates from healthy domestic cats. Sci. Rep. 14.

<https://doi.org/10.1038/s41598-024-62037-8>

OLIVEIRA, D. M. P., B. M. FORDE, T. J. KIDD, P. N. A.

HARRIS, M. A. SCHEMBRI, S. A. BEATSON, D. L. PATERSON, M. J. WALKER (2020): Antimicrobial resistance in ESKAPE pathogens. Clin. Microbiol. Rev. 33.

<https://doi.org/10.1128/cmr.00181-19>

OSMAN, M., B. ALBARRACIN, C. ALTIER, Y. T. GROEHN, C. CAZER (2022): Antimicrobial resistance trends among canine *Escherichia coli* isolated at a New York veterinary diagnostic laboratory between 2007 and 2020. Prev. Vet. Medicine. 208.

<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2022.105767>

PELLERIN, J. L., P. BOURDEAU, H. SEBBAG, J. M. PERSON (1998): Epidemiosurveillance of antimicrobial compound resistance of *Staphylococcus intermedius* clinical isolates from canine pyodermas. Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis. 21.

[https://doi.org/10.1016/S0147-9571\(97\)00026-X](https://doi.org/10.1016/S0147-9571(97)00026-X)

PEREIRA, A., T. DE SOUSA, C. SILVA, G. IGREJAS, P. POETA (2025): Impact of Antimicrobial Resistance of *Pseudomonas aeruginosa* in Urine of Small Companion Animals in Global Context: Comprehensive Analysis. Vet. Sci. 12.

<https://doi.org/10.3390/vetsci12020157>

PINTARIĆ, S., B. ŠEOL MARTINEC (2018): Rezistencija enterokoka na antibiotike i preporuke za liječenje. Vet. stanica 49.

PINTARIĆ, S., Z. ŠTRITOF, V. MOJČEC PERKO, A. TUMPA, M. CVETNIĆ, L. HADŽIĆ (2023): Detection of *bla*_{CTX-M} genes in ESBL-producing *Klebsiella* isolates from animals in Croatia. Acta Vet. Hung. 71.

<https://doi.org/10.1556/004.2023.00845>

POMBA, C., M. RANTALA, C. GREKO, K. E. BAPTISTE, B. CATRY, E. VAN DUJKEREN, A. MATEUS, M. A. MORENO, S. PYÖRÄLÄ, M. RUŽAUSKAS, P. SANDERS, C. TEALE, E. J. THRELFALL, Z. KUNSAGI, J. TORREN-EDO, H. JUKES, K. TÖRNEKE (2017): Public health risk of antimicrobial resistance transfer from companion animals. J. Antimicrob. Chemother. 72.

<https://doi.org/10.1093/jac/dkw481>

REYGAERT, W. C. (2018): An overview of the antimicrobial resistance mechanisms of bacteria. AIMS Microbiol. 4. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2018.3.482>

SOUSA, T., A. GARCES, A. SILVA, R. LOPES, N. ALEGRIA, M. HEBRAUD, G. IGREJAS, P. POETA (2023): The Impact of the Virulence of *Pseudomonas aeruginosa* Isolated from Dogs. Vet. Sci. 10.

<https://doi.org/10.3390/vetsci10050343>

ŠEOL, B., K. MATANOVIĆ, S. TERZIĆ (2010): Antimikrobna terapija u veterinarskoj medicini. Medicinska naklada, Zagreb.

TORRES, C., C. A. ALONSO, L. RUIZ-RIPA, R. LEON-SAMPEDRO, R. DEL CAMPO, T. M. COQUE (2018): Antimicrobial Resistance in *Enterococcus* spp. of animal origin. Microbiol. Spectr. 6.

<https://doi.org/10.1128/microbiolspec.arba-0032-2018>

TUMPA, A. (2022): Istraživanje mehanizama rezistencije na antimikrobne lijekove u životinjskih izolata bakterija iz roda *Enterococcus*. Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet, Zagreb, Hrvatska.

TUMPA, A., Z. ŠTRITOF, S. PINTARIĆ (2022): Prevalence and antimicrobial susceptibility of *Enterococcus* spp. from

urine of dogs and cats in northwestern Croatia, Res. Vet. Sci. 151. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2022.04.015>

WEESE, J. S., J. F. PRESCOTT (2021): Staphylococcal Infections. U: Greene's Infectious Diseases of the Dog and Cat, 5. izd. (Sykes, J. E., Ur.). Elsevier, inc., str. 611-626. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-50934-3.00051-3>

Summary

Bacterial resistance is a term used to describe the resistance of bacteria to antimicrobial drugs. If a certain microbe is resistant to at least one drug from three or more different groups of antibiotics, it can be characterized as multidrug-resistant. Some of the most commonly isolated multidrug-resistant bacteria in dogs and cats are *Escherichia coli*, *Klebsiella* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus pseudintermedius* and *Enterococcus* spp. This paper aims to provide an overview of the most frequently reported multidrug-resistant isolates in dogs and cats and to present recent data on their prevalence in Croatia and across Europe. Multidrug-resistant bacteria pose a serious threat to human and animal health, as the treatment of infections caused by these pathogens is particularly challenging due to the extremely limited choice of effective drugs. Therefore, it is crucial for veterinary practitioners to be continuously informed about this issue and ensure that their practice is consistently guided by the principles of responsible and rational use of antimicrobial drugs.

Key words: multidrug-resistant bacteria, dog, cat, antimicrobial resistance