

Živočíchy a človek



Veronika Hrabovcová Sládkovičová

Zuzana Feketeová

Peter Miklós

Dávid Žiak

Prírodovedecká fakulta
Univerzita Komenského v Bratislave

Živočíchy a človek

Veronika Hrabovcová Sládkovičová
Zuzana Feketeová
Peter Miklós
Dávid Žiak

2023
Univerzita Komenského v Bratislave

© Autori, 2023

RNDr. Veronika Hrabovcová Sládkovičová, PhD.

Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra zoológie

Mgr. Zuzana Feketeová, PhD.

Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra pedológie

Mgr. Peter Miklós, PhD.

Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra zoológie

Mgr. Dávid Žiak, PhD.

Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra zoológie

Recenzenti

doc. RNDr. Michal Baláž, PhD.

Mgr. Barbara Mangová, PhD.

Mgr. Filip Tulis, PhD.

Fotografia na obálke

Mgr. Ondrej Kameniar, PhD. – veverica palmová (*Funambulus palmarum*, *Sciuridae*, India)



Publikácia je šírená pod licenciou Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 (vyžaduje sa: povinnosť uvádzať pôvodného autora, len nekomerčné použitie, nezasahovať do diela). Viac informácií o licencií a použití diela: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



https://stella.uniba.sk/texty/PRIF_kol_zivocichy_a_clovek.pdf

Vydavateľ

Univerzita Komenského v Bratislave

ISBN 978-80-223-5725-8 (online)

Venovanie

Publikáciu venujeme prof. RNDr. Miroslavovi Krumpálovi, CSc., ktorý sa tejto problematike venoval dlhé roky na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Komenského v Bratislave. Dal podnet pre vznik predloženej učebnice a prispel k jej obsahu viacerými podnetnými myšlienkami a odborným prehľadom. Ďakujeme ti, odpočívaj v pokoji.

Obsah

Predhovor	6
1 ĽUDSKÉ SÍDLA, SYNANTROPIA A URBANIZÁCIA.....	7
1.1 Rozvoj ľudských sídiel.....	7
1.2 Urbanizácia	13
1.3 Gradienty, rozdelenie mesta	15
1.4 Vzťah živočíšnych a rastlinných druhov a človeka	24
1.5 Proces urbanizácie.....	29
2 EKOLOGICKÉ ZVLÁŠTNOSTI MESTA	33
2.1 Klíma mesta	34
2.2 Hluk	37
2.3 Umelé osvetlenie.....	40
2.4 Pôdy v meste.....	42
2.5 Voda v meste	49
2.6 Potravná ponuka	54
2.7 Špecifická priestorová ponuka mesta.....	59
2.8 Mortalita.....	71
3 EKOLÓGIA MESTSKÝCH OSTROVOV	77
3.1 Izolácia ostrovov.....	78
3.2 Druhovú diverzitu stanovíšť	82
3.3 Teória rovnovážneho stavu.....	86
3.4 Adaptácia a speciácia.....	89
3.5 Invázie.....	93
3.6 Sukcesia v meste	100
4 METAPOPOPULÁCIA	101
4.1 Typy metapopulácie	101
4.2 Dynamika fragmentov	105
4.3 Metapopulácia v meste	110
5 PRÍKLADY OVPLYVNENÝCH ŽIVOČÍŠNYCH DRUHOV.....	118
5.1 Evertabrata	118
Ploskavce (Platyhelminthes)	118
Obrúčkavce (Annelida)	120
Mäkkýše (Mollusca).....	121
Pavúkovce (Arachnoidea)	123
Viacnôžky (Myriapoda).....	128

Kôrovce (Crustacea).....	130
Šesťnôžky (Hexapoda)	132
Hmyz (Insecta).....	133
5.2 Vertebrata.....	153
Ryby (Piscis)	153
Obojživelníky (Lissamphibia)	156
Plazy (Reptilia)	159
Vtáky (Aves).....	164
Cicavce (Mammalia)	175
Register	186

Predhovor

Je človek súčasťou prírody či nie? Ovplyvňuje jeho aktivita a prítomnosť bezprostredné okolie? Väčšina výskumov ekosystémov vylučuje z uvažovania ľudí, a ak nie, uvažuje o nich ako o externých faktoroch ekologickej štruktúry. Akým spôsobom začleniť ľudstvo a jeho vplyv do prírody a jej skúmania je do značnej miery filozofická otázka. A kým sa filozofi zamýšľajú a polemizujú, živočíšne a rastlinné druhy sa snažia prežiť – v nedotknutej prírode, v obhospodarovanej krajine ale aj v samotných mestách. Živočíchy prenikajú do ľudskej blízkosti a zaberajú nové potravné a priestorové niky. Ľudský vplyv niektorým druhom život uľahčuje, pre iné nemá zásadný význam, iným naopak život sťažuje až znemožňuje prežiť. Rozširovaním ľudského vplyvu či priamo ľudských sídiel tak dochádza k prispôbeniu sa, ubúdaniu či dokonca vymieraniu druhov.

Ekológia človekom osídlených oblastí (ktorých nejextrémnejším príkladom je mesto) je rýchlo sa rozvíjajúca vedná oblasť. V štúdiách sa všeobecné ekologické teórie a modely, ktoré sú ale modifikované pre špecifiká ľudských sídiel. Vzhľadom na rozrastanie sa miest a dedín je komplexný ekologický pohľad ľudskeho sídla stále dôležitejší. Doposiaľ publikované štúdie sú značne útržkovité, zaoberajú sa konkrétnym druhom, faktormi prostredia či pozorovaným fenoménom aplikovaným na konkrétne sídlo v priestore a čase. Zo širokého spektra ekologických teórií, hypotéz a paradigiem spomeňme najčastejšie aplikované na urbánne ekosystémy, a to:

- Ekológia krajiny (kap. 3)
- Gradienty (kap. 1.3)
- Hypotéza akustickej adaptácie (kap. 2.2)
- Hypotéza stredného narušenia (kap. 3.2)
- Kompetícia o zdroje (kap. 2)
- Teória ekologických pascí (kap. 4.3)
- Teória metapopulácie (kap. 4)
- Teória metaspoločenstva (kap. 4.1)
- Teória ník
- Teória optimálneho hľadania potravy (kap. 2.6)
- Trofická dynamika (kap. 2.6)
- „Zjednotená“ teória, čiže spojenie biodiverzity a biogeografie (kap. 3.5 a kap. 4)

Rôznorodosť teoretického základu a konkrétnych príkladových štúdií vyústilo v určitú nesúrodosť tejto publikácie. V nasledujúcich kapitolách sú postupne vysvetlené jednotlivé ekologické princípy, vedecké prístupy a štúdie, ktoré sa využívajú v ekológii druhov žijúcich v prítomnosti človeka, s dôrazom na najextrémnejší typ ľudského sídla, ktorým je mesto. V rámkoch sú uvedené doplňujúce príklady, konkrétne štúdie a zaujímavosti. Tučným písmom zvýraznené slová sú kľúčové slová danej kapitoly, čo uľahčuje hľadanie v texte.

1 ĽUDSKÉ SÍDLA, SYNANTROPIA A URBANIZÁCIA

1.1 Rozvoj ľudských sídiel

Kultúra lovcov a zberačov bola spôsobom života ľudí, ktorí boli neustále v pohybe za svojou potravou. Asi pred 12 000 rokmi po konci doby ľadovej, začala domestikácia rastlín a živočíchov v známych oblastiach, ako sú Úrodný polmesiac, Čína, Mezoamerika, Andy-Amazónia, východná časť dnešných USA, Sahel, tropická západná Afrika, Etiópia a Nová Guinea. Dostatok potravy, za ktorou nebolo nutné putovať spôsobilo, že ľudia začali budovať viac-menej trvalo obývané príbytky. Poľnohospodárstvo sa postupne šírilo do nových regiónov, šírila sa nový spôsob života a zároveň sa šírili rastlinné a živočíšne druhy. Hospodársky dôležité druhy živočíchov (ktoré postupne prechádzali domestikáciou), spolu s rôznymi „škodcami“ zásob, parazitmi a s náhodne profitujúcimi druhmi, sa stále intenzívnejšie dostávali do blízkosti a do vplyvu človeka a jeho činnosti. Ľudia si začali postupne podmaňovať krajinu a okrem príbytkov do nej začali vnášať do nej nové prvky, ako sú polia, cesty či obydli, ktoré poskytujú zmenené alebo nové priestorové a potravné príležitosti pre mnohé organizmy. Zmenené podmienky umožnili rast ľudskej populácie, ktorý podnietil rozvoj ľudských sídiel. Jednotlivé usadlosti prerástli do dedín a postupne sa menil ich charakter na mestá.

Kým za lazy považujeme odľahlé osady s roztrúsenými domami, dedinou označujeme malú kompaktniejšiu usadlosť vo vidieckom prostredí, ktorá je väčšia ako lazy, ale menšia ako mesto. Najčastejšie sú domy v dedine usporiadané okolo centrálneho bodu, ktorým môže byť kostol, trh, námestie a pod. Druhým typom sú lineárne usadlosti, ktoré kopírujú líniu vodného toku, pobrežia či dôležitých ciest. Okolo dedín sa nachádza prstenec polí a obhospodarovaných plôch, zabezpečujúcich potravu pre obyvateľov.

V minulosti boli v dedinách zoskupené obydli ľudí s podobou aktivitou, ako farmári, rybári, baníci a pod. Obyvatelia produkovali určité **produkty**, ktoré potrebovali uschovať a **služby**, ku ktorým potrebovali aj špecializované stavby.

Dôležité boli hospodárske budovy, v ktorých boli chované hospodárske zvieratá, uskladnené krmivo či potrava pre obyvateľov. Nadobúdajú význam nástroje, nádoby a miesta uskladnenia potravín pre výživu a obchod, čo podnietilo vznik (prispôsobenie sa dovtedy voľne žijúcich druhov) potravných, resp. iných škodcov. Všeobecne sa predpokladá, že škodcovia zbožia sú potravní oportunisti, ktorí vymenili prirodzené zásobárne v mraveniskách či hniezdach a ľudské zásobárne. Poskytujú totiž relatívne vhodné, rovnomerné podmienky (teplotu, vlhkosť, ochranu pred počasím, potravnú ponuku) a nezávislosť od ročného cyklu. Najmä pestovaním obilnín vzniká nová a väčšia potravná ponuka ako v prírode.

Hacilar v Turecku je najstaršou mestskou oblasťou na svete, ktorá ešte stále existuje. Založená bola okolo r. 7 500 pr. Kr. a výrazné obdobie urbanizácie prebehlo asi v r. 5 000 pr. Kr. Celkovo urbanizácia na Blízkom východe začala už pred 2 500 rokmi. V Palestíne je to známe Jericho, potom mestá pri Níle, rieke Indus, Eufrat a Tigris. Urbanizácia Stredomoria Mykénami a Rimanmi je staršia ako 2000 r. pr. Kr. (Atény, Sparta, Rím).

V strednej Európe je len veľmi málo miest (Trier a Kolín nad Rýnom) starších ako 1000 r. Celkovo v Európe bolo viac miest založených až v stredoveku, hlavne koncom 12. storočia. Keď sa klíma mierne oteplila a poľnohospodárska produkcia narástla a umožnila vznik mestskej populácie.

Vykopávky potvrdili, že v Starom Egypte existovali „škodcovia“, ako napr. na múmiách nájdené kožiare druhov *Dermestes frischii*, *D. maculatus*, *D. roei*. Iné druhy (vrtavec *Gibbium psyllodes*, poterník hnedý (*Tribolium castaneum*), zrnár čierny (*Sitophilus granarius*)) boli zaznamenané v domoch, hoteloch, mlynoch a sýpkach. Konzumovali obilie a chlieb, koláče, bavlnu, semená, papriku, korenie, seno, vlnu, kožu. Bohaté boli nálezy z hrobky faraóna Tutanchamona (1337 rokov pr. Kr.). Napr. pakôrnik *Rhyzopertha dominica* bol (a je) typickým škodcom obilnín teplejších krajín, zrníarka viková (*Bruchus rufipes*) napádala strukoviny, vrtavec *Gibbium psyllodes*, črvotoč chlebový (*Stegobium paniceum*) bol škodca múčnych jedál. V hrobke nájdený črvotoč tabakový (*Lasioderma serricorne*) je v súčasnosti škodca tabaku, ktorý asi zmenil svoj pôvodný potravný zdroj, resp. svoju potravnú špecializáciu zo sušeného rastlinného materiálu (ako kajenské korenie, koriander, rasca, sušené figy).

Ďalším zdrojom informácií o faune ľudských obydlií v dávnych časoch sú literárne pramene. Na papiruse datovanom 300 pr. Kr. bola zachytená zmienka o výskyte ploštice posteľnej (*Cimex lectularius*). V Grécku v roku 423 pr. Kr. uviedol Aristofanes svoju komédiu Mraky, kde zmienil ploštice. V diele O pôvode živočíchov (*Historia animalium*) ich taktiež voľne charakterizoval (neklasifikoval) Arisoteles. Z Ríma zmienil ploštice Plínius v diele Prírodopis (*Naturalis historia*) z r. 77 p. Kr. V nasledujúcich storočiach sa ploštica posteľná rozšírila do Európy: prvý záznam z Nemecka je z 11. storočia, z Francúzska z 13. storočia, z Anglicka z r. 1583.

Ďalej vznikala stále intenzívnejší **obchod** – výmena tovarov a služieb medzi dedinami či mestami, ktoré boli odkázané na produkciu potravín vo svojom okolí. S výmenou tovaru dochádza k ďalšiemu a ďalšiemu šíreniu sa niektorých druhov rastlín a živočíchov.

S loďami dopravujúcimi obilie z Egypta do Ríma boli prevezené aj živočíchy (škodcovia), najmä zrnár čierny (*Sitophilus granarius*). S Rimanmi potom prišli škodcovia do strednej Európy. Možno tiež pozorovať všeobecný trend šírenia druhov z južnej Európy smerom do strednej až severnej Európy.

Na rozdiel od rastlín bolo z Ameriky po jej objavení zavlečených do Európy len málo druhov živočíchov. Patria medzi ne napr. šváb americký (*Periplaneta americana*), novšie termit *Reticulitermes flavipes*, fúzač druhu *Neandra brunnea*, rušník druhu *Trogoderma angustum*, či kožiar druhu *Reesa vespulae*. Z južnej Ázie pochádzajú kobyľkovec skleníkový (*Tachycines asynamorus*) či mravec faraón (*Monomorium pharaonis*), z Afriky šváb hnedopásavý (*Supella longipalpa*) a moľa šatová (*Tineola bisselliella*).

Obchodovaním dochádza k veľkému rozšíreniu týchto živočíchov v známom svete. Postupne vznikol celý rad „kozmpopolitných“ druhov. Tento proces prebieha intenzívne aj dnes.

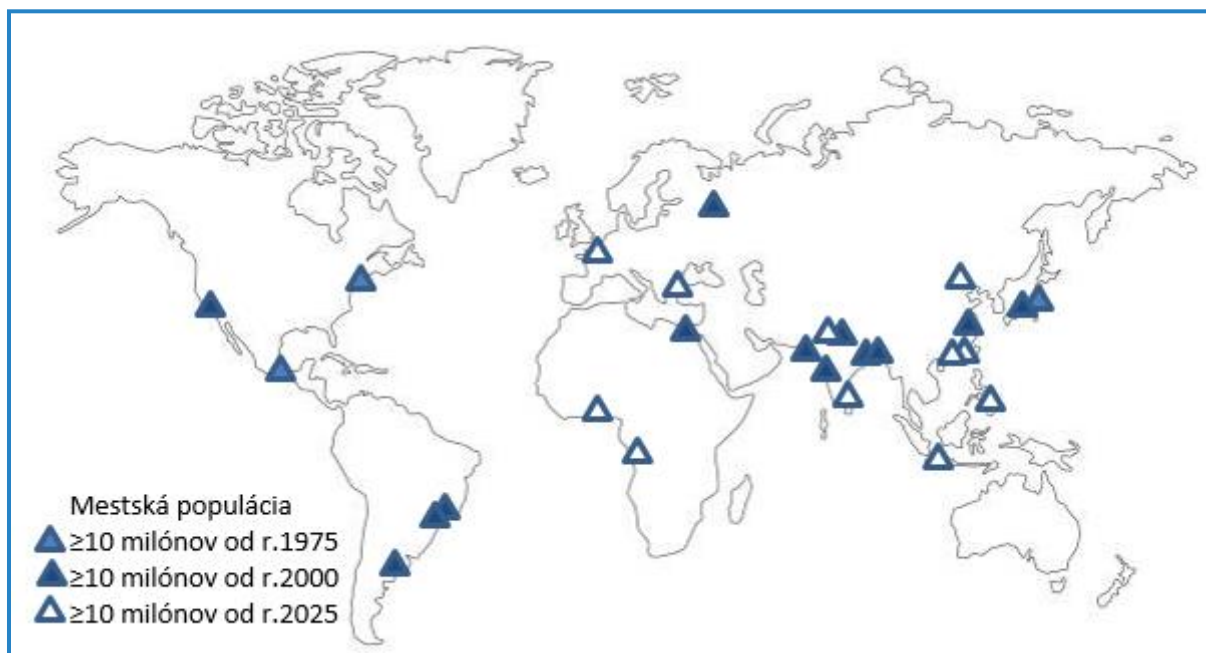
Po priemyselnej revolúcii došlo k zmenám spoločnosti, keď bola „konská“ sila nahradená strojmi a manufaktúry zvýšili produktivitu tovarov. Niektoré dediny tak narástli na veľkosť miest, z iných sa ľudia presťahovali do miest, čím vznikol **fenomén urbanizácie** (viď aj kap. 1.2). Ekologické zmeny, ktoré sprevádzajú ľudské usadlosti, je možné ohodnotiť s pomocou urbánno-rurálnych (vidieckych) gradientov (teda konkrétne aj abstraktné gradienty faktorov v čase alebo priestore, kap. 1.3). Keďže urbanizácia a vplyvy človeka sú zvyčajne usporiadané priestorovo, od vysoko rozvinutých centrálnych oblastí po menej ovplyvnené oblasti v určitej vzdialenosti, je možné vykonať analýzy zmien vo fyzickom a biotickom prostredí s gradientom klesajúceho vplyvu človeka.

V súčasnosti vo vyspelejšej časti sveta už dediny nie sú orientované na primárne aktivity, ako poľnohospodárstvo alebo rybolov, ale slúžia ako rezidencie pre ľudí, ktorých hlavný pracovný výkon prebieha v mestách. Podobne, na okrajoch miest (kedysi „za hradbami“) vznikajú nové „suburbánne“ oblasti charakteristické redšou nižšou zástavbou a bohatšou zeleňou, ktoré môžu mať v rôznej miere dedinský charakter.

Naproti tomu, mesto predstavuje veľké ľudské osídlenie, charakteristické vysokou hustotou zástavby, rozvinutou dopravou, službami a komunikáciami. Na Slovensku pod pojmom mesto rozumieme postavenie, ktoré získava obec po splnení kritérií vymedzených zákonom SNR o obecnom zriadení č. 369/1990 Zb. Mestom je ľudské osídlenie, ktoré:

- je hospodárskym, administratívnym a kultúrnym centrom alebo centrom cestovného ruchu, alebo kúpeľným miestom,
- zabezpečuje služby aj pre obyvateľov okolitých obcí,
- má zabezpečené dopravné spojenie s okolitými obcami,
- má aspoň v časti územia mestský charakter zástavby,
- má najmenej 5 000 obyvateľov.

Vo svete často sa za mesto označuje osídlenie s viac ako 2 000 obyvateľmi (záleží od legislatívy tej-ktorej krajiny). Mesto s počtom obyvateľov nad 100 000 sa nazýva veľkomestom, nad 1 milión „city“ a nad 10 miliónov „megacity“. Na Slovensku sa nachádzajú dve veľkomestá: Bratislava a Košice. Podľa štatistík z roku 2023 má už 32 miest viac ako 10 miliónov obyvateľov (napr. Tokyo, Sao Paolo, Bombay, Obr. 1).



Obr. 1. Mapa miest s počtom obyvateľov vyšším ako 10 miliónov, historicky aj odhad do budúcnosti. Prevzaté z: Population Reference Bureau (2023).

Historicky počet obyvateľov miest narastá. Podľa odhadov, okolo roku 1800 žilo v mestách len asi 3 % svetovej populácie, zatiaľ čo v roku 1950 žilo už 30 % ľudí v mestách väčších ako 20 000 obyvateľov. V roku 1980 to bolo už 40 % (v Európe medzi 60 – 70 %) a v roku 2008 to bolo už 50 %.

Faktory podmieňujúce špecifické znaky mesta sú najmä:

- vysoká hustota ľudskej populácie, miestami dosahujúca až 4000 obyvateľov/km²;
- vysoký prírastok obyvateľov v mestách, je o 3 – 4 % rýchlejší ako v priemere;
- výstavba, industrializácia;
- hustá obchodná a dopravná sieť, slúžiaca na výživu a presun obyvateľov.

Ekologické zvláštnosti mesta sú tým väčšie, čím je väčšie mesto a čím viac je zvýraznený charakter mesta (hustota, zástavba, industrializácia, obchodná, dopravná sieť a pod., viď kap. 2). Ekologické zvláštnosti stúpajú smerom do centra mesta k jeho okraju a výrazne sa tak uplatňuje „okrajový (ekotónový) efekt“ (kap. 1.3.2). Veľký počet druhov žije na okraji mesta, a k tejto časti mesta sa v literatúre viaže viacero pomenovaní, ktoré odzrkadľujú stupňujúce sa faktory mesta. Pojem **predmestie** je široký pojem, zahŕňajúci obytný areál vo vonkajších častiach mesta, ktorý ale je integrálnou súčasťou zastavanej plochy mesta. **Prímestská zóna** označuje pásмо, obklopujúce kompaktné mesto a zároveň je súčasťou mestskej aglomerácie. Prejavujú sa mestské aj vidiecke znaky využívania priestoru. Oproti vidieku je tu vyššia hustota obyvateľstva a intenzita dochádzania za prácou a nižší podiel zastavaných plôch. V porovnaní s predmestím je v prímestskej zóne nekompaktná a nízko hustotná zástavba, málo (žiadene) verejného priestoru a prevádzok služieb.

V minulosti sa ekológia sústredila najmä na nedotknuté prostredie. Od 70-tych rokov 20. storočia sa stále viac ekológov začalo obracať pozornosť na ekologické interakcie v mestskom prostredí. Medzi priekopnícke práce patria napr.:

- Pelt J.M. 1977. L 'Homme re-naturé (The man re-educated). Seuil.
- Davis B.N.K. 1978. Urbanisation and the diversity of insects. In: Mound L.A., Walo N. (eds.). Diversity of insect faunas. Symposia of the Royal Entomological Society of London. 9. Oxford: Blackwell Scientific Publications. Pp. 126-138.
- Sukopp H., Blume H.P. & Kunick W. 1979. The soil, flora and vegetation of Berlin's wastelands. In Laurie I.C. (ed.). Nature in Cities. Chichester: John Wiley. pp.115-132.
- Forman R.T.T. & Godron M. 1986. Landscape Ecology. New York: John Wiley and Sons. p. 619., kde rozlíšili habitaty do 5 kategórií podľa intenzity ľudského vplyvu a to od panensky prírodných po stred mesta.

Kedže ekológia mesta je stále podmnožinou ekológie, mnohé metódy výskumu sú podobné. Niektoré techniky sa často a dlhodobo využívajú pri výskume ekológie mesta. Jedná sa najmä o chemické a biochemické analýzy (znečistenie a jeho dopad, analýzy vody, pôdy, vzduchu, pH, ťažkých kovov), a zaznamenávanie teplôt.

Ekológia mesta (urbánna ekológia, „urban ecology“) je veľmi komplexný termín. V zmysle biológie však predstavuje širokú ekologickú disciplínu definovateľnú ekologickým výskumom v mestskom prostredí. K nárastu záujmu o tento typ ekológie došlo hlavne pôsobením dvoch kultúrnych posunov, a to zvyšujúca sa miera hospodárskej a kultúrnej globalizácie a rastúci záujem o udržateľnosť v mestách. Dnes existujú dva odlišné prúdy ekológie mesta. V Európe sa zameriava najmä biotou mestských oblastí, zatiaľ čo v Severnej Amerike sa skôr zaoberá sociálnymi vedami mestského prostredia a ekosystémovými procesmi.

Ekológiu mesta môžeme rozdeliť podľa principiálne rôznych prístupov (paradigiem, obr. 2) na:

- „ekológiu v meste“
- „vlastnú ekológiu mesta“
- „ekológiu pre mesto“

Ekológia v meste (urban ecology in the city) sa zaoberá suchozemskými a vodnými fragmentami v meste a okolité mestské prostredie považuje za nehostinné. Typické lokality, ktoré sú pri tomto prístupe študované, sú štruktúrne analogické k mimo-mestským lokalitám, ako fragmenty lesa, parky, cintoríny, lúky, močiare a pod. Najdôležitejším faktorom je v tomto ponímaní zastavané prostredie a ľudská populácia mimo študovaných lokalít. Premenné, ktoré sú často študované, sú: nepriepustný povrch, cesty, stavby, hustota ľudskej populácie, ekonomická aktivita atď. V lokálnom meradle sa často porovnávajú rovnaké typy habitatov v meste, na okraji mesta a mimo mesta, čím sa sledujú

rôzne gradienty. Výsledky štúdií takéhoto typu môžu ovplyvniť mestské plánovanie, dizajnovanie parkov a ich údržbu.

Vlastná ekológia mesta (urban ecology of the city) považuje mestskú mozaiku za sociálno-ekologický systém. Často sa jedná o multidisciplinárny výskum, ktorý vyžaduje spoluprácu ekológov, sociológov a mestských architektov. Na rozdiel od ekológie v meste, tu nie sú nijaké „mimo“ mestské fragmenty.

Holistická štúdia z Hong Kongu vytvorila integrovaný koncepčný rámec a nový prístup, ktorý bol zameraný na tok energie, znečistenie vzduchu, zbytkovú tvorbu tepla, tok výživy, vodné zdroje, znečistenie vody, mortalitu, fertilitu, hluk, domácu medicínu a vzťahy medzi prostredím a rastom detí (Boyden et al. 1981).

V ponímaní vlastnej ekológie mesta sú holisticky študované všetky fragmenty mozaiky, ich vzájomné interakcie a zmeny, teda zahŕňa aj ekológiu v meste. Spoločnou črtou sú pritom interakcie medzi sociálnymi a bio-geografickými štruktúrami a procesmi, ktoré sú všadeprítomné, recipročné a prepletené.

Novovzniknutým typom je **ekológia pre mesto (urban ecology for the city)**. Vychádza z predchádzajúcich princípov a spája ekologické vedy s civilnými procesmi (Obr. 2).

Paradigmy ekológie			
	v meste	mesta	pre mesto
Zameranie na	Biotické	Sociálno-ekologické	Medzidisciplinárne
Teória heterogenity	Fragmenty / matrix	Mozaika fragmentov	Inštitučné fragmenty
	Analogické fragmenty	Hybridné fragmenty	Štruktúra správy
Mapovacie techniky	Nízke rozlíšenie. Založené na malých jednotkách	Vysoké rozlíšenie Škálovateľné hranice	Adaptácia Scenáre
Výsledná klasifikácia	Zelené vs šedé	Zelené a šedé	Spravodlivosť
	Ekotopy	Celá mestská mozaika	Príležitosti
Udržiateľnosť	Biotická udržiateľnosť	3 piliere udržiateľnosti	Pružné plánovanie, dizajn a manažment
	Plánovacia mierka	Dizajnová mierka	

Obr. 2. Tri paradigmy urbánnej ekológie charakterizované na základe rozdielov v piatich oblastiach: rozsah, teória, metóda, klasifikácia a aplikácia. Prevzaté z: Pickett et al. (2016).

Použité zdroje:

- Boyden S., Millar S., Newcombe K. & O'Neill B. 1981. The ecology of a city and its people: the case of Hong Kong. Canberra, Australia: Australian National University Press.
- Educationworld. 2023. <https://www.educationworld.in/10-oldest-cities-in-the-world/> [Citované 20.2.2023]
- Hulme P.E. ed. 2009. Handbook of alien species in Europe (Vol. 569). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Leick G. 2002. Mesopotamia: The invention of the city. Penguin UK.
- Liszewski S. & Maik W. 2000. Osadnictwo. Wielka encyklopedia geografii świata. Kurpisz, Poznań, 350 pp.

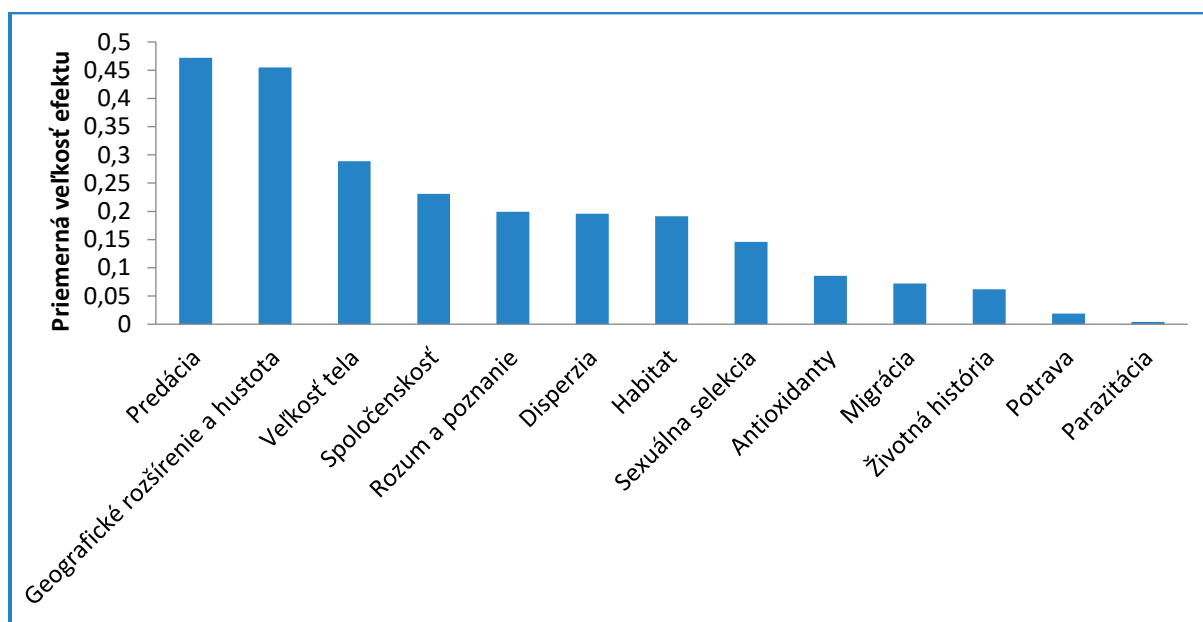
- Møller A.P. 2015. Environmental indicators of biological urbanization. In Environmental Indicators. Springer, Dordrecht. 421-432 pp.
- Mullen G.R. & Durden L.A. eds. 2009. Medical and veterinary entomology. Academic press.
- National Geographic. 2023. <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/village/> [Citované 20.3.2023]
- Ouředníček M. 2002. Suburbanizace v kontextu urbanizačního procesu. In: Sýkora L., ed. Suburbanizace a její sociální, ekonomické a ekologické důsledky. Ústav pro ekopolitiku, o.p.s., Praha. p. 39-54.
- Panagiotakopul E. 2001. New records for ancient pests: archaeoentomology in Egypt. Journal of Archaeological Science 28(11): 1235-1246.
- Panagiotakopulu E. & Buckland P.C. 1999. *Cimex lectularius* L., the common bed bug from Pharaonic Egypt. Antiquity 73(282): 908-911.
- Panagiotakopulu E. 1998. An insect study from Egyptian stored products in the Liverpool Museum. 231-234.
- Pickett S.T., Cadenasso M.L., Childers D.L., McDonnell M.J. & Zhou W. 2016. Evolution and future of urban ecological science: ecology in, of and for the city. Ecosystem Health and Sustainability 2: 7, e01229, DOI: 10.1002/ehs2.1229
- Population Reference Bureau. 2023. <https://www.prb.org/resources/lesson-plan-2015-world-population-data-sheet/> [Citované 28.3.2023]
- Teletchea F. 2019. Animal domestication: A brief overview. Animal domestication.

1.2 Urbanizácia

Urbanizácia je pojem používaný vo viacerých disciplínach, v ktorých má aj mierne odlišný význam. Pre sociológa predstavuje štúdium sociálnych, politických a ekonomických vzťahov v mestách. V geografii je to proces, ktorým mesto rastie a zároveň narastá mestská populácia. Termín **urbanizácia**, v biologickom slova zmysle, predstavuje fenomén osídlenia miest určitými druhmi. Iný význam tohto pojmu sú celkové kultúrne zmeny krajiny, hlavne proces formovania mestského spôsobu života pri súčasnom populačnom raste. Všeobecne ide o prenikanie mestských prvkov do celého osídlenia. Z pohľadu ekológie sa najdôležitejším aspektom javí využívanie mestskej ekologickej niky daným druhom.

Existuje pomerne bohatá história štúdií urbanizácie druhov. Medzi hlavné zistenia patrí, že v mestách bolo zaznamenaných menej, ale zato početnejších druhov. Niektoré druhy teda prešli či prechádzajú z vidieckych do mestských biotopov, iné však nie. Druhy, ktoré kolonizovali mestské biotopy, dosahujú vysoké abundancie. Často sa jedná o početnejšie populácie v mestách ako vo vidieckych biotopoch. Mestské druhy teda musia mať vlastnosti na urbanizáciu, prechádzajú mechanizmami, ktoré im umožňujú prechod z vidieckych na mestské biotopy, vrátane tolerancie stresu a tolerancie ľudskej blízkosti.

Dochádza k zmenám správania živočíchov, z ktorých je najdôležitejšia adaptácia na blízkosť ľudí, čo je spojené so stratou plachosti, skrátením únikovej vzdialenosti a slabšou stresovou odpoveďou (zníženou hladinou kortikosterónu). Významný vplyv na urbanizáciu vtákov má zvýšený výskyt mačiek domácich (*Felis catus*) v meste, v porovnaní s dedinou (Obr. 3). Teda predácia a antipredačné správanie, geografické rozšírenie, veľkosť populácie a veľkosť tela sú najlepšie indikátory, či bude (vtáčí) druh schopný osídlenia v meste. V meste dochádza k formovaniu nových typov spoločenstiev (známe je to v ornitocenózach), ktoré sa nevyskytujú mimo mesta.



Obr. 3. Priemerná veľkosť efektu rozličných faktorov, ktoré pôsobia na urbanizáciu vtákov. Veľkosť efektu je Pearsonov korelačný koeficient produktu a momentu. Prevzaté z: Møller (2014).

K synantropii a urbanizácii viedlo v prvom rade 5 nasledujúcich príčin:

a) **potrava** – v meste existuje množstvo potravných ník (najmä v zime). Napr. odpad, hemerochórne rastliny (šírené pôsobením človeka), človek a domáce zvieratá ako hostitelia parazitov, iné synantropné druhy ako súčasť potravných reťazcov, hniezda a pod. (viď aj kap. 2.6).

b) **životný a hniezdny priestor** (viď kap. 2.7)

c) **klíma** – najmä zvýšenie priemernej teploty, iné vlhkostné pomery (viď kap. 2.1)

d) **správanie** – ide najmä o zmeny v správaní. Napr. výber netypických miest pre hniezdenie, využívanie nových potravných ponúk, zmenšenie distančnej vzdialenosti (havran čierny (*Corvus frugilegus*)), zmeny v dôsledku osvetlenia a pod.

e) **zmeny pôvodných biotopov**, často k tomu vedie zmenšenie množstva pôvodných biotopov.

Okrem toho v meste je menší vplyv bežných predátorov a pomerne slabá konkurencia. Niektoré druhy využívajú sekundárnu ochranu človeka.

K urbanizácii sú preadaptované najmä euryekné druhy s vysokou plodnosťou (r-stratégovia), schopné dobre sa rozširovať a ktoré sú dostatočne etologicky plastické. Synantropné druhy sú známe skoro vo všetkých skupinách živočíchov. Rôzny je však ich stupeň poznania. Často býva u synantropov žijúcich v obydliach perióda pohlavnej aktivity rozťahnutá, alebo trvá celý rok (napr. u lepičky teplomilnej (*Scytodes thoracica*), trasavky šesťokej (*Spermophora senoculata*), švehly obyčajnej (*Lepisma saccharina*), myši domovej (*Mus musculus*)).

Obr. 4. Príklad prebiehajúcej urbanizácie v geografickom zmysle slova. Zvyšovanie mestskej zástavby pridávaním vyšších poschodí a zastavanie medzier medzi už postavenými budovami v podmienkach Bangkoku. (Foto: Ondrej Kameniar).



Použité zdroje:

- Møller A.P. 2014. Behavioral and ecological predictors of urbanization. In: Gil D, Brumm H (eds) Avian urban ecology. Oxford University Press, Oxford. 54-68 pp.
- Møller A.P. 2015. Environmental indicators of biological urbanization. In *Environmental Indicators*. Springer, Dordrecht. 421-432 pp.
- Møller A.P., Díaz M., Flensted-Jensen E., Grim T., Ibáñez-Álamo J.D., Jokimäki J., Mänd R., Markó G. & Tryjanowski P. 2012. High urban population density of birds reflects their timing of urbanization. *Oecologia* 170:867–875.
- National Geographic. 2023. <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/urbanization/> [Citované 20.3.2023]
- Partecke J., Schwabl I. & Gwinner E. 2006. Stress and the city: urbanization and its effects on the stress physiology in European blackbirds. *Ecology*, 87(8), pp.1945-1952.
- The editors of Encyclopedia Britannica. 2023. <https://www.britannica.com/topic/urbanization>

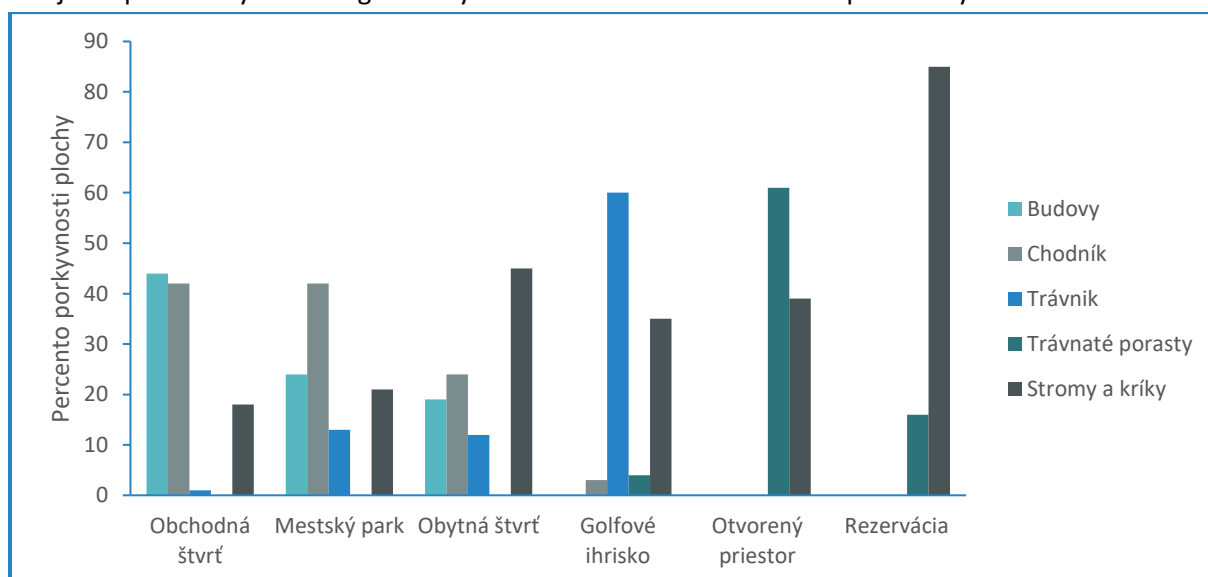
1.3 Gradienty, rozdelenie mesta

Gradienty môžu byť konkrétne gradienty faktorov alebo aj abstraktné gradienty v čase alebo priestore. Pri **konkrétnych gradientoch** je merateľná postupná zmena fyzikálnych podmienok alebo vegetačnej štruktúry a je pozorovaná naprieč transektom. Napr. zmena vegetácie pri výstupe do hôr. **Abstraktnými gradientami** sú lokality s odlišnými fyzikálnymi podmienkami alebo vegetačnou štruktúrou, ktoré sú usporiadané pozdĺž vytvoreného alebo modelového gradientu. Príkladom je usporiadanie vegetácie z priestorovo odlišných miest na os, ktorá predstavuje ich kvantitatívne postavenie v abstraktnom priestore (Obr. 5).

Žiaden gradient nepredstavuje len jeden faktor prostredia či bioty. Skôr sa jedná o komplex meniacich sa faktorov. Vlhkosť a svetlo sú často výrazne variabilné a ich gradienty sa navzájom výrazne ovplyvňujú. Gradienty v ekológii môžu pozostávať zo zmien v:

- fyzikálnych alebo chemických podmienkach prostredia,
- druhoch a spoločenstvách,
- v ekosystémových dejoch.

V tejto kapitole si vysvetlíme gradienty v meste a ukážeme si niekoľko príkladových štúdií.



Obr. 5. Príklad stúpajúcich alebo klesajúcich podielov vybraných zložiek pokryvnosti plochy od prírodnej rezervácie po centrum mesta Palo Alto, Kalifornia. Prevzaté z: Blair & Launer (1997).

1.3.1 Urbánne gradienty

Hlavnou príčinou urbánnych gradientov je zonálnosť, určená zastavanosťou a charakterom využitia priestoru v meste. Smerom do stredu mesta sa menia viaceré fyzikálne parametre. Odvíjajú sa od parametrov, ako je hustota ľudskej populácie, znečistenie vzduchu a pôdy, priemerná teplota, úhrn zrážok, a pod. Obyčajne sa hovorí v mestách o nasledujúcich zónach:

- A. okraj mesta (smetiská, zóna oddychu s parkami, sadmi, športové plochy)
- B. voľná výstavba
- C. rodinné domy s nevelkými záhradami
- D. súvislá zástavba s parkami, alejami a záhradkami
- E. súvislá zástavba s zelenenými dvormi
- F. súvislá zástavba s betónovými (asfaltovými) plochami s jednotlivými stromami a ruderalom.

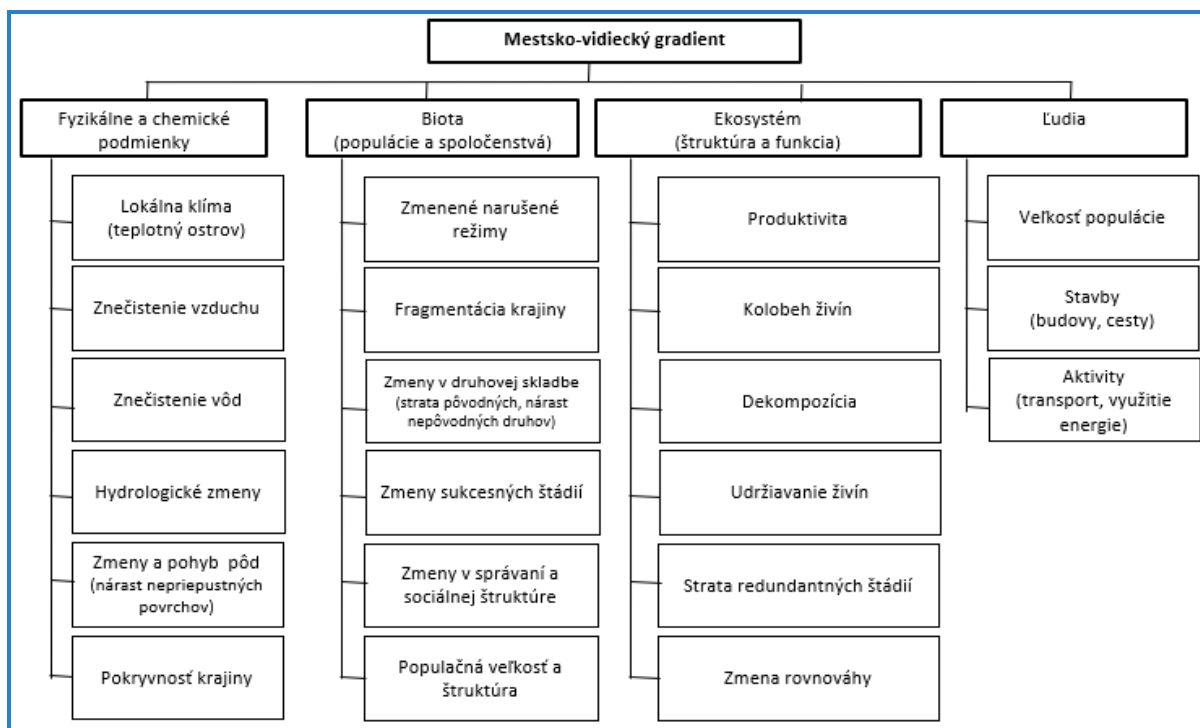
Iné rozdelenie:

- a) prevládanie otvorených zelených plôch (trávniky, nezastavané pláne, nevelké háje a skupiny stromov)
- b) prevládanie zalesnených zelených plôch (husté, alebo preriedené zárasty stromov a krov)
- c) asfaltové, betónové plochy medzi zelenými plochami (široké ulice)
- d) voľná zástavba s vysokým podielom zelených plôch (zelené plochy s výstavbou maximálne 3 – 4 podlažných domov)
- e) prevládanie plôch s umelým povrchom a ubitým podkladom a jednotlivých stavieb (továrne, územia prístavov, závody a ich priestory)
- f) hustá vnútromestská zástavba s ohraničeným zeleňou (plochy 1 – 5 ha s jednotlivými skupinami stromov)
- g) hustá vnútromestská zástavba.

Mestsko-vidiecky gradient stanovuje zmeny v druhovej skladbe rastlín a živočíchov od vnútra mesta smerom do okolitého ekosystému v závislosti od zmeny fyzikálnych a chemických faktorov prostredia. Zároveň demonštruje, čo sa deje s okolitým prirodzeným prostredím pri rozširovaní mesta.

Pri výskume fragmentov dubového lesa v New Yorku zaznamenali redukované populácie húb a mikro-artrhropoda a s tým súvisiacu nižšiu kvalitu opadanky ako vo vidieckych lesoch. Dopad ich nedostatku je však v mestských fragmentoch zmiernený zvýšenými teplotami a introdukciou druhov, rozkladajúcich opadanku. Aj preto sa lesy v centre mesta vyznačovali rýchlejšim rozkladom opadanky (McDonnell et al. 2008).

Mestsko-vidiecky gradient pozostáva zo štyroch kategórií procesov: fyzikálnych, chemických, biotických a ľudských, ktoré navzájom interagujú a predstavujú náročnú výzvu ekologických štúdií (Obr. 6, Obr. 10). Z fyzikálnych a chemických premenných sa často využíva napr. klíma, znečistenie, modifikácie pôdy, typ povrchového pokryvu, ktoré sú ale v obojsmernej interakcii s biotickými premennými. Napr. biotická odpoveď na mestský gradient prostredia sa môže prejaviť v zmenách druhového zloženia spoločenstiev, fragmentácii habitatov, zmenách sukcesie a pod. Prvé tri kategórie (fyzikálne, chemické, biotické) sú v ekológii výrazne rozpracované, štvrtá kategória (ľudská) býva často zjednodušená na počet obyvateľov, hustotu, štruktúru obydľí, či typ ľudskej aktivity, čiastočne aj kvôli náročnému stanovovaniu a hodnoteniu týchto faktorov.



Obr. 6. Orientačná schéma poukazujúca na hlavné aspekty a procesy v meste. Prevzaté z: Pickett et al. (2009).

V rámci mesta je badateľný nárast počtu nepôvodných druhov smerom k centru pozdĺž urbánno-vidieckeho gradientu (kap. 3.5). Množstvo nepôvodných druhov narastá z niekoľkých pár percent až po 50 % v strede mesta, čo súvisí s narastajúcim ľudským ovplyvňovaním a narušenosťou habitatov. Napríklad v Berlíne zaznamenali 28 % nepôvodných druhov rastlín v prímestských častiach. V centre mesta to bolo až 50 % (Tab. 1). V New Yorku sledovali mestsko-vidiecky gradient. Zaznamenali vysokú abundanciu exotických druhov červov (25,1 ex/m²) v mestskom lese, zatiaľ čo v bežnom lese bola abundancia výrazne nižšia (2,0 ex/m²).

Tab. 1. Percento pôvodných a cudzích druhov rastlín (archeofytov a neofytov) v 3 zónach pozdĺž mestsko-vidieckeho gradientu v Berlíne. *Altanthus altissima* je druh listnatého stromu pôvodom z Číny. Prevzaté z: Kowarik (2008).

Berlín	Pôvodné druhy	Archeofyty	Neofyty	<i>Altanthus altissima</i>
Zóna 1 (centrum)	50,2	15,2	34,6	92,2
Zóna 2	53,1	14,1	32,8	46,1
Zóna 3	56,6	14,5	28,9	24,8
Zóna 4 (predmestie)	71,5	10,2	18,3	3,2

Predpokladá sa, že početnosť polyfágov do centra stúpa a početnosť monofágov klesá. Nie vždy tomu tak je, najmä u hmyzu. Tu však môže zohrávať úlohu i hodnotenie daného druhu (aký je to - fág), ktoré je často subjektívne.

Početnosť rovnakonôžok (Oniscidea – saprofágy) klesá smerom k okraju. Naopak ale, početnosť mnohonôžok (Diplopoda), roztočov (Acarina) a chvostoskokov (Collembola), ktoré sú tiež saprofágne, zase klesá smerom k centru. Početnosť nosáčikovitých (Curculionidae) z fytofágov stúpa smerom k okraju. Z celkového počtu hmyzu (Insecta) je fytofágnych chrobákov (Coleoptera) 1,4 % v centre mesta, zatiaľ čo na okraji mesta až 6,8 %.

V príkladovej štúdii sledovali spoločenstvá hmyzu na paline obyčajnej (*Artemisia vulgaris*), ktorá rástla pozdĺž mestsko-vidieckeho gradientu v Hamburgu (severná Nemecko). Rozdelili mesto na 6 zón podľa vzrastajúcej izolácie oblastí s vegetáciou. Zistili, že počet druhov (herbivorov, parazitoidov a predátorov) klesal pozdĺž gradientu z 43 na 12 druhov. Pozdĺž gradientu zaznamenali pokles monofágnych aj polyfágnych herbivorov, čím boli silne ovplyvnené aj parazitoidy (hlavne zriedkavé druhy). Niekoľko dominantných herbivorov úspešne kolonizovalo centrum mesta, kde sa dokonca niekedy vyskytovali vo vyššej denzite ako inde. Početnosť zoofágov stúpa smerom k okraju (pavúky (Araneae), kosce (Opiliones), bzdochy (Heteroptera), Staphylinidae)). Izolácia bola hlavným dôvodom pozorovaných zmien. Dokonca mikroklima a znečistenie hrali len minimálnu úlohu (Denys & Schmidt 1998).

Gradient straty habitatov („habitat-loss gradient“), v zmysle straty pôvodných prírodných habitatov, vzrastá smerom do stredu mesta. Rastie fragmentovanosť habitatov do množstva menších ostrovčekov. Prirodzené habitaty sú smerom do centra postupne nahrádzané habitatmi mestského typu, ako sú:

1. zastavané habitaty (stavby a povrchy ako sú napr. cesty)
2. udržiavaná vegetácia
3. ruderalna vegetácia

Gradient zmien diversity odzrkadľuje pokles druhového bohatstva smerom do stredu mesta (Tab. 2, 3). Tento gradient však môže byť výrazne ovplyvnený viacerými premennými. Väčšinou sa však udáva, že počet druhov v centre mesta je zredukovaný na menej ako polovicu v porovnaní s vidieckymi oblasťami mesta (potvrdené štúdiami rastlín, vtákov, motýľov, viacerých skupín hmyzu, cicavcov). Počet živočíšnych druhov koreluje s počtom rastlinných druhov v danej oblasti.

Tab. 2. Porovnanie početnosti rôznych skupín organizmov v centre mesta a na jeho okraji.

Mesto	Živočíšna skupina	Centrum	Okraj	Zdroj
Palo Alto (USA)	Vtáky (usadené)	7	16	Blair (1996)
Palo Alto (USA)	Motýle	3	11	Blair & Launer (1997)
Meadville (USA)	Divé včely	53	71	Choate et al. (2018)
Birmingham (VB)	Pestrice (Syrphidae)	7	13	Bates et al. (2011)
Lodz (Poľsko)	Macro-fungi	38	185	Lawrynowicz (1982)

Zmenou podmienok od okraja k centru sa mení i zastúpenie ekologických skupín. Napríklad u bystruškovitých (Carabidae) v Lipsku smerom od okraja ubúdajú lesné druhy. U nosáčikovitých (Curculionidae) vo Varšave smerom do centra pribúdajú druhy žijúce na lúkach, analogicky pribúda i xerothermných druhov, počet lesných druhov naopak klesá. Podobne aj u liskavkovitých (Chrysomelidae).

Podiel (počet) synantropných druhov smerom do centra stúpa. Podobne aj podiel eurytopných druhov (napr. u pavúkov), naopak ubúda podiel oligotopných a stenotopných druhov. Existuje celý rad parametrov u rôznych skupín, ktoré sa menia gradientom, napr.:

- smerom k centru vzrastá podiel r- stratégov
- kolísanie rozmerov populácií u subdominantov sa zväčšuje smerom do centra
- smerom do centra dominujú druhy s jednoročným, alebo krátkym životným cyklom
- stúpa počet druhov so širokým geografickým rozšírením, ubúda druhov s úzkymi areálmi

Tab. 3. Druhovú bohatosť viacerých skupín živočíchov pozdĺž urbánneho gradientu vo Varšave. Informácie o počte druhov v „regióne“ pochádzajú z polo-prirodzených habitatov Varšavskej oblasti. „Varšava“ zahŕňa habitáty v meste a v suburbánnej oblasti. „Parkami“ sú mestské parky a „mesto“ zahŕňa dáta zo zelených častí mesta ako sú ihriská, trávniky a aleje. Prevzaté z: Luniak (2008).

Taxonomická skupina	Región	Varšava	Parky	Mesto
Gastropoda (terestrické)	55	32	25	5
Lumbricidae	12	15	8	8
Aranei	424	254	134	43
Carabidae	323	276	96	44
Coccinellidae	58	51	28	14
Neuropterida	56	43	35	14
Diptera, Tabanomorpha	131	95	29	10
Formicidae	43	37	21	11
Vespidae a Eumenidae	42	14	10	10
Auchenorrhyncha	270	171	97	43
Noctuidae	309	270	49	90
Culicidae	35	26	13	7
Collembola	61	75	57	55
Percento spp z 13 taxónov vyššie	100 %	75 %	33 %	19 %
Total spp zo všetkých taxónov študovaných vo Varšave	3534	2005	1109	489

Ďalšie gradienty, s ktorými sa možno stretnúť v meste:

- **R – H gradient** – Odráža spôsob obrábania a reakciu fauny. Od okraja mesta dovnútra: R – rusticus = dedinský, H – hortus = záhradný, sadový.
- **R – M gradient** - Odráža zväčšenie „kamenitosti“ a reakciu fauny. R – rupes = skala, M – murus = stena. V centre mesta môže byť až viac ako 50 % pôdy pokrytých budovami, chodníkmi či asfaltom, zatiaľ čo v širšej mestskej zóne je to okolo 20 %.
- **C – C gradient** - Odráža prechod do pivníc. C – caverna = jaskyňa, C – cella = komora.
- **A – E gradient** - Odráža prechod od lesa ku kamenistému, pustému biotopu (krajine), väčšinou sa zväčšuje kontinentálnosťou prostredia. A – arbor = strom, E – eremus = pustatina.
- **E – A gradient** - vyskytuje sa v mestách situovaných v púšťach, ktoré majú obyčajne v strede stromy.
- **gradient znečistenia**

V narušenom systéme so silnejšími klimatickými výkyvmi (napr. centrum mesta) je výraznejšia nestálosť (kolísanie) zloženia taxocenóz v priebehu roka.

Použitý zdroj:

- Bates A. J., Sadler J. P., Fairbrass A. J., Falk S. J., Hale J. D. & Matthews T. J. 2011. Changing bee and hoverfly pollinator assemblages along an urban-rural gradient. PloS one 6(8): e23459.
- Blair R.B. & Launer A.E. 1997. Butterfly diversity and human land use: Species assemblages along an urban gradient. Biological conservation 80(1): 113-125.
- Blair R.B. 1996. Land use and avian species diversity along an urban gradient. Ecological applications 6(2): 506-519.

- Choate B.A., Hickman P.L. & Moretti E.A. 2018. Wild bee species abundance and richness across an urban–rural gradient. *Journal of Insect Conservation* 22: 391-403.
- Denys C. & Schmidt H. 1998. Insect communities on experimental mugwort (*Artemisia vulgaris* L.) plots along an urban gradient. *Oecologia* 113(2): 269-277.
- Kowarik I. 2008. On the role of alien species in urban flora and vegetation. In *Urban ecology*. Springer, Boston, MA. 321-338 pp.
- Lawrynowicz M. 1982. Macro-fungal flora of Lodz. In: Bornkamm R., Lee J.A. & Seaward M.R.D. (eds): *Urban Ecology. The Second European Ecological Symposium*, Blackwell Scientific Publications, Oxford. 41-47 pp.
- Luniak M. 2008. Fauna of the Big City—Estimating Species Richness and Abundance in Warsaw Poland. In *Urban Ecology*. Springer, Boston, MA. 349-354 pp.
- McDonnell M.J., Pickett S.T., Groffman P., Bohlen P., Pouyat R.V., Zipperer W.C., Parmelee R.W., Carreiro M.M. & Medley K. 2008. Ecosystem processes along an urban-to-rural gradient. In *Urban Ecology*, Springer, Boston, MA. 299-313 pp.
- McKinney M.L. 2002. Urbanization, Biodiversity, and Conservation The impacts of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems. *Bioscience* 52(10): 883-890.
- Pickett S.T., Cadenasso M.L., McDonnell M.J. & Burch W.R. 2009. Frameworks for urban ecosystem studies: gradients, patch dynamics and the human ecosystem in the New York metropolitan area and Baltimore, USA. In *Ecology of cities and towns: A comparative approach*. Cambridge University Press. 25-50 pp.

1.3.2 Okrajová zóna

Fragmenty habitatov

Väčšie ostrovy pozostávajú z okrajovej zóny (ekotónu) a centrálnej zóny. Okrajová zóna sa vyskytuje tam, kde habitat (napr. les) susedí s iným prirodzeným alebo antropogénnym prostredím (s lúkou, cestou). Šírka okrajovej zóny môže byť rôzna a je definovateľná parametrami, ktoré sledujeme. Okrajová zóna poskytuje vhodné podmienky pre niektoré druhy, ale celkovo v ochrane prírody sú skôr považované za rizikové z viacerých dôvodov:

- vyššia frekvencia a zvýšená prudkosť požiarov,
- vyššia miera lovu,
- vyššia intenzita predácie,
- vyššia pravdepodobnosť hniezdneho parazitizmu vo vtáčích hniezdach (napr. zanášač čierny (*Molothrus ater*) v subtrópoch Severnej Ameriky),
- vyššia intenzita spásania a iné formy narušenia, ktoré podporujú druhy „burín“.

Dôležitý je rozmer, tvar a štruktúra ostrova. Čím je ostrov menší, tým je pomerne väčšia okrajová zóna, až môže byť celý ostrov charakterizovaný ako okrajová zóna (Obr. 7). Napr. les o šírke 80 m už nie je biotopom pre lesné živočíchy. Okrajová zóna je charakteristická silným vplyvom faktorov

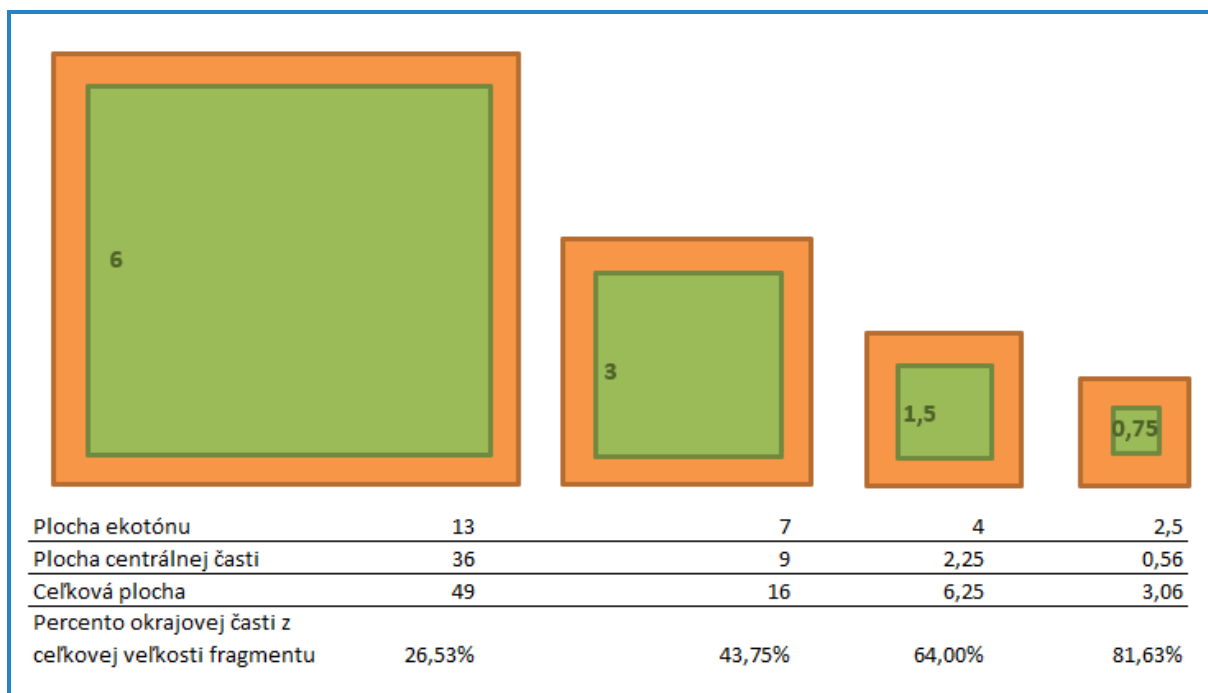
V severnej Kanade kvôli seizmologickému prieskumu vysekali úzke línie v boreálnych lesoch. Takáto fragmentácia nemusí brániť disperzii, ale prináša zvýšený okrajový efekt a s ním sa spájajúce odlišné podmienky, ako je zvýšená svetelnosť, teploty, vietor a vysušanie z okolitého odlesneného územia (Laurance et al. 2002).

okolitého prostredia, v prípade mestských ostrovov je pod silným antropogénnym vplyvom (napr. výfukové plyny, chloridy, prach, pesticídy, mechanické narušenie, mikroklimatické podmienky (Obr. 8, Obr. 9). Prenikanie týchto vplyvov (prvkov) je veľké – napr. do lesa prenikajú až do hĺbky 30 – 40 m.

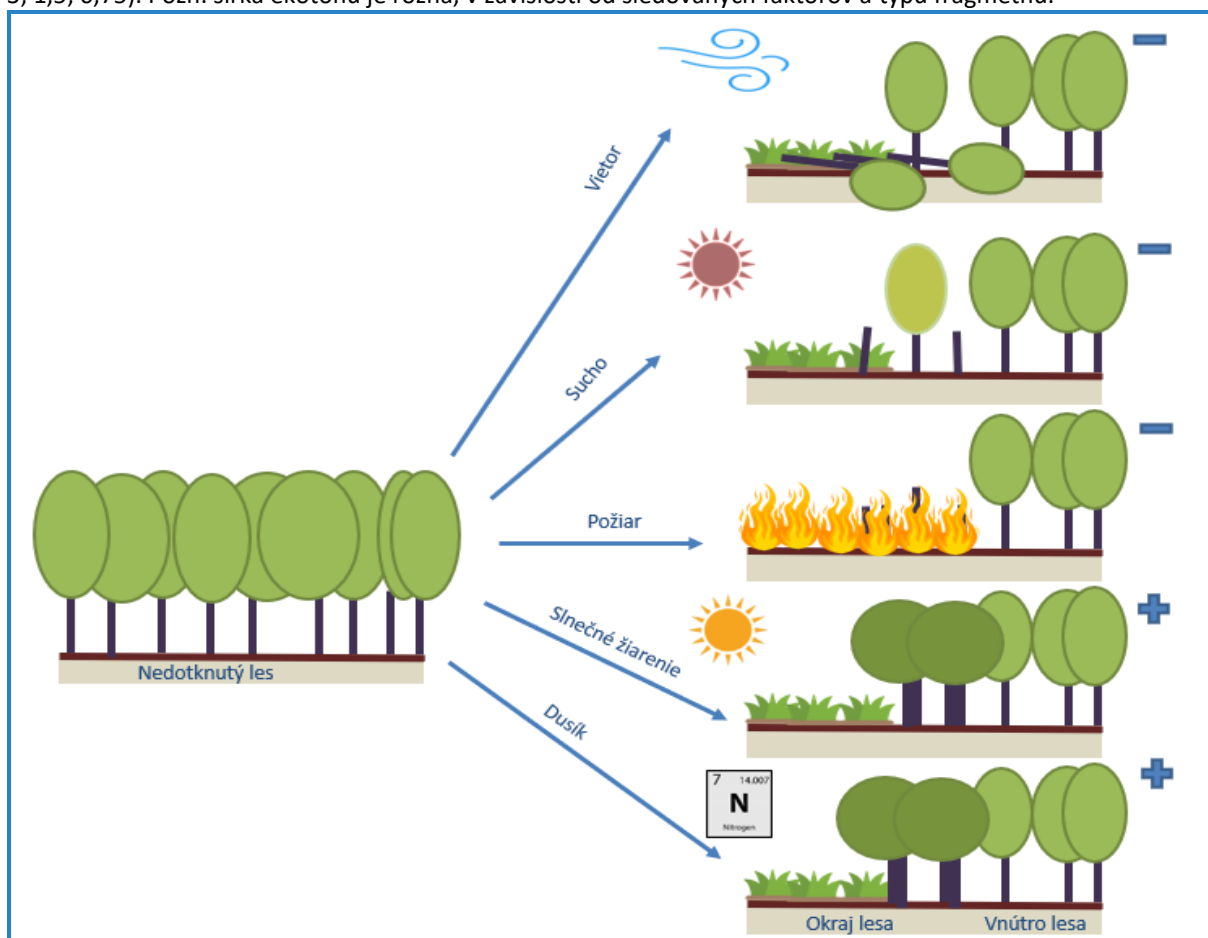
Zmeny mikroklimy a antropogénny vplyv vedú k emigrácii stenoekných druhov. Uvoľnené niky sú zaberané euryeknými druhmi (často dosahujú veľkú početnosť), hemerofilmi, alebo zostávajú voľné. Väčšiu šancu majú mobilnejšie druhy.

Špecializované a často veľké druhy vymierajú prvé. Uvoľnené niky zaberajú buď oportunistické druhy pôvodnej bioty, alebo imigranty. So zmenšovaním centrálnej zóny sa čoraz silnejšie mení hustota druhov a štruktúra dominancie. Pritom hlavne veľké predátory sú kľúčové pri potláčaní menších predátorov, ktorých premnoženie môže pôsobiť ničivo na populácie ich koristi (napr. na zemi hniezdiace druhy vtákov).

Zmenšenie druhového spektra, zmenšenie ekvitality (vyrovnanosti) a zväčšenie podielu často sa vyskytujúcich druhov vedie k zníženiu indexu rozmanitosti. To poukazuje na nestabilitu systému. Takéto systémy sa ľahšie narušujú vonkajšími vplyvmi.

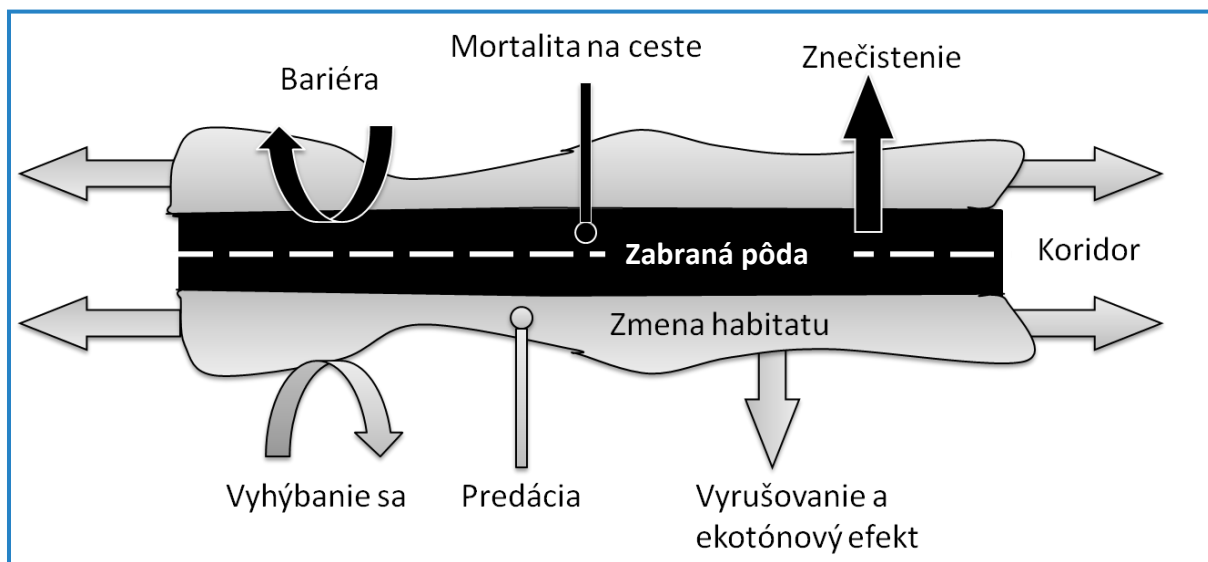


Obr. 7. Vzťah medzi plochou fragmentu habitatu (zelená aj oranžová farba) a jeho ekotonálnou časťou (oranžová farba). Počítané v abstraktných jednotkách, príklad so znižovaním strany štvorca vždy na polovicu (6; 3; 1,5; 0,75). Pozn. šírka ekotónu je rôzna, v závislosti od sledovaných faktorov a typu fragmentu.



Obr. 8. Zmeny v mikroprostredí okraja lesa, ktoré zahŕňajú viac vetra, sucha, požiarov, svetla, zlúčenín dusíka. Priaznivé (+) a nepriaznivé (-) podmienky sa prejavujú v raste alebo biomase. Prevzaté z: Smith et al. (2018).

Mestská okrajová zóna je vlastne suburbánna oblasť. Druhovú rozmanitosť v okrajových častiach mesta môže byť niekedy vyššia dokonca ako v chránených oblastiach. Tento jav bol zaznamenaný u rastlín, vtákov, motýľov, mravcov či u rastlín. Vďaka ľudskému zásahu je v suburbánnej oblasti zvýšená heterogenita prostredia a zvýšená habitatová diverzita poskytuje vhodný priestor pre širšiu paletu druhov. Či je v suburbánnej oblasti vyššia druhová rozmanitosť závisí aj od schopnosti druhov okolitej bioty (jej ekologickej plasticity) akceptovať ľudské zásahy. Napr. vtáky dažďových pralesov majú problém sa adaptovať na ľudské obydlia.



Obr. 9. Schematické znázornenie ekologických efektov infraštruktúry: strata habitatu, zmena habitatu (koridoru), vyrušovanie a okrajový efekt, bariérový efekt a úhyny na ceste. Všetko spolu vedie k fragmentácii habitatov. Prevzaté z: Seiler (2002).

Použité zdroje:

- Laurance W.F., Lovejoy T.E., Vasconcelos H.L., Bruna E.M., Didham R.K., Stouffer P.C., Gascon C., Bierregaard R.O., Laurance S.G. & Sampaio E. 2002. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. *Conservation biology* 16(3): 605-618.
- Seiler A. 2002. Effects of infrastructure on nature. In *COST 341. Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure*. The European review. European Commission, Directorate-General for Research. Brussels, B: p.32.
- Smith I.A., Huttyra L.R., Reinmann A.B., Marrs J.K. & Thompson J.R. 2018. Piecing together the fragments: elucidating edge effects on forest carbon dynamics. *Frontiers in Ecology and the Environment* 16(4): 213-221.
- Soule M.E. 1991. Land use planning and wildlife maintenance: guidelines for conserving wildlife in an urban landscape. *Journal of the American Planning Association* 57(3): 313-323.

1.4 Vzťah živočíšnych a rastlinných druhov a človeka

Na základe podobných podmienok (podobnosti v štruktúre prostredia a funkcii) by sme mohli očakávať celosvetové podobnosti prírody mestských zón. Existujú typy ekosystémov (biómy), ktoré sa prirodzene vyskytujú ostrovčekovito na rôznych kontinentoch, ako napríklad dažďové pralesy, vresoviská a slaniská. Zatiaľ čo sa organizmy v konkrétnom bióme môžu medzi jednotlivými kontinentmi líšiť v taxonómii, fylogénze a rozmanitosti, vykazujú paralelné alebo konvergentné adaptácie. Napr. na viacerých kontinentoch sa vyskytujú dažďové pralesy s vysokými stromami, lianami, rastlinami s dužinatým ovocím a veľkými plodmi. Biómy určitého typu zdieľajú aspekty štruktúry a funkcie ekosystému, ako sú fyzikálne súvislosti, vegetačná štruktúra, funkčná rôznorodosť organizmov a kľúčové disturbančné činitele a režimy (ako povodne alebo požiare).

Človekom nedotknutých oblastí je len málo. Mnohé naoko „panenské“ časti prírody sú alebo boli v minulosti ovplyvňované ľudskou činnosťou (pasením, zakladaním požiarov), no vrchol vplyvu človeka sú práve urbánne oblasti. Hoci sa mestá vyskytujú v mnohých bio regiónoch po celej Zemi, môžu zdieľať niektoré spoločné druhy a môžu sa vyznačovať rovnakými ekologickými procesmi. Keďže mestské prostredie vzniklo relatívne nedávno, spoločná evolúcia je menej dôležitý determinant ako iné procesy (kolonizácia, vyhynutie, výber biotopov a filtrovanie životného prostredia). Mestské prostredie si bude teda navzájom podobnejšie aj naprieč rôznymi biómami, v ktorých vzniklo.

Ľudskou činnosťou dochádza k mnohým zmenám v prostredí, na ktoré musia rastlinné a živočíšne druhy reagovať. Na základe tolerance jednotlivých druhov voči ľudským zásahom a zmenám ich môžeme rozdeliť na:

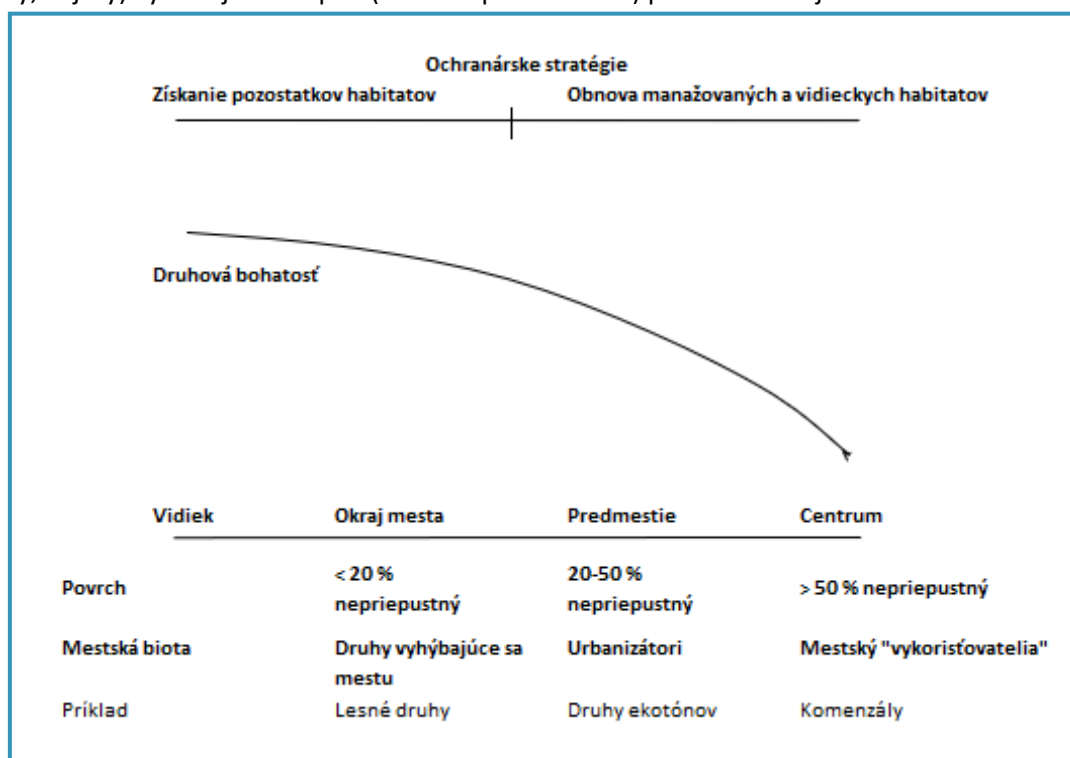
a) **hemerofilné druhy** uprednostňujú habitaty vytvorené človekom, využívajú nové ekologické niky (klíma, potrava, priestorová štruktúra a pod.);

b) **hemerodiafórne druhy** sú prakticky nezávislé od antropických zmien krajiny, alebo sú len sotva ovplyvnené;

c) **hemerofóbne druhy** sú druhy, ktoré paralelne s antropogénnymi zmenami prostredia ustupujú do menej narušených oblastí. K najdôležitejším miznúcim habitatom v mestách patria napr. vlhké habitaty, miesta s hustou vegetáciou, prirodzené skalnaté habitaty v rôznom stupni zvetrávania a pod.

Hemerofilné (antropofilné) druhy – v novšej literatúre pomenované ako **mestskí vykorisťovatelia („urban exploiters“)** sú vo všeobecnosti komenzály, využívajúci mestské prostredie, a ktoré sú takmer úplne závislé od ľudskej podpory. Ich najužšia a najodkázanejšia časť sú synantropné druhy, ich abundancia nie je závislá od typu vegetácie a v kombinácii s absenciou predátorov môžu dosahovať enormnú populačnú hustotu. Hemerofily predstavujú najhomogénnejšiu časť svetovej bioty, pričom pozostáva len z mála druhov dobre adaptovaných na ľuďmi pozmenené prostredie. Urbánne prostredie v jednotlivých mestách sveta si je viac podobné navzájom než k okolitému prirodzenému prostrediu danej oblasti a aj skladba hemerofilných druhov je veľmi podobná. V európskych mestách je to holub skalný (*Columba livia*), drozdy (*Turdus* spp.), vrabec domový (*Passer domesticus*), potkan hnedý (*Rattus norvegicus*), myš domová (*Mus musculus*). Podobná situácia je aj medzi rastlinami. Hlavné druhy ruderalov, ako sú trávy a jednoročné rastliny, tolerujú vysoký stupeň narušenia a znečistenia prostredia. Z vtáčích druhov sú to najmä tie, ktoré hniezdili prirodzene na skalách (v meste na budovách), ako sú štrbinové hniezdiče: vrabec domový (*Passer domesticus*), a sú to omnivorné alebo semenožravé druhy: drozd čierny (*Turdus merula*).

Hemerodiafórne druhy – novšie **urbanizátori („urban adapters“)** sú schopní využívať ľudskú podporu, ale sú fakultatívne v tom, že tiež široko využívajú prírodné zdroje. Z rastlín sú to bežné druhy vyskytujúce sa aj na udržiavaných či ruderálnych plochách ako rôzne trávny a rýchlorastúce okrasné kry a stromy. Šíria sa anemochórne alebo vďaka vtákom. Ľudia v suburbánnej oblasti najviac preferujú typ porastu podobný riedko zalesnenej savane a trávnatým komunitám. Toto prostredie vyhovuje „ekotónovým“ druhom živočíchov, ktoré sú adaptované na okraje lesov a okolitú otvorenú krajinu. Využívajú veľké množstvo potravy, ktoré sa tu nachádza (či už vegetáciu, ľuďmi pestované rastliny aj ľudský odpad), preto dosahujú vyššiu abundanciu ako vo svojom prirodzenom prostredí (Obr. 10). Využívajú tiež neprítomnosť svojich prirodzených nepriateľov, ktorí sú zvyčajne v ľudskom prostredí eliminovaní. Z vtákov sú to najmä omnivory, semenožravé a hmyzožravé druhy, ako straka obyčajná (*Pica pica*), vrany (*Corvus spp.*). Z cicavcov syseľ pasienkový (*Spermophilus citellus*), krt obyčajný (*Talpa europaea*) či hraboš poľný (*Microtus arvalis*) sa úspešne adaptovali na ľudskú blízkosť na predmestí. Stredne veľké všežravé cicavce nachádzajú úkryty v zalesnenejších častiach mesta, ako sú často cintoríny a parky, živia sa dostupnými odpadmi v okolí. Niektoré stredne veľké predátory (líšky, kočky) využívajú dostupné (často až premnožené) potravné zdroje.



Obr. 10. Urbánno-vidiecky gradient. Zjednodušené zobrazenie zmien v množstve nepriepustných povrchov (asfalt, betón) a druhovej bohatosti živočíchov. V hornej časti sú zobrazené dve základné stratégie ochrany s ohľadom na rast miest. Kompilát údajov zo zdroja: McKinney (2002).

Hemerofóbne druhy – v novej literatúre označované za druhy **vyhýbajúce sa mestskému prostrediu („urban avoiders“)** majú tendenciu spoliehať sa iba na prírodné zdroje. Mestám sa vyhýbajú, prípadne populácie v nich nedosahujú také početnosti. Druhy sú veľmi citlivé na ľudský vplyv, narušovanie habitatov a preto sú prvé, ktoré po ľudskom zásahu miznú. Sú to hlavne veľké cicavce (najmä predátory ako zriedkavé druhy s nižším reprodukčným potenciálom) a druhy, ktoré sú adaptované na špecifické habitaty (napr. veľké staré lesy, sluka hôrna (*Scolopax rusticola*), kuna lesná (*Martes martes*)). Z rastlín sem patria dlho rastúce druhy, či druhy podmäčianých lokalít.

Iným spôsobom delenia druhov, ktoré obývajú mesto, je podľa ich pôvodu. Jedná sa o druhy pôvodne existujúce na danom mieste (ťažko určiť, ktoré sú to, a či vôbec sú) a migranty.

Reliktné druhy sú také, ktoré sa v mestách či dedinách zachovali ešte z čias, keď tu nebolo sídlo, napr. niektoré pôdne druhy, druhy žijúce na stromoch (môžu tu zostať zachované mikropopulácie na starých exemplároch), napr. ucholakovka druhu *Metajapyx braueri*, zlatoň skvostný (*Protaetia aeruginosa*), fúzač veľký (*Cerambyx cerdo*). Postupne sa rozrastajúce ľudské sídla jednoducho obrástli zelené fragmenty s reliktnými druhmi. V oblastiach intenzívne sa rozvíjajúcej výstavby dochádza k poklesu biodiverzity a reliktných druhov je minimum. Je to z veľkej časti spôsobené zaužívanými stavebnými postupmi. Odstránením pôvodnej vegetácie, aj s vrchnou vrstvou pôdy pre lepší prístup k stavbe, sa stráca aj veľká časť diverzity živočíšnych druhov.

Reliktné druhy predstavujú základnú maticu, resp. typ biotopu, od ktorého sa následne vznikajúca mestská fauna odvíja. Narušené pôvodné biotopy môžu slúžiť ako zdroj potravy či úkrytu a sú ľahko kolonizované rôznymi invazívnymi druhmi (viď aj kap. 3.5). Nové druhy môžu potom výrazne znížiť diverzitu reliktov alebo znížiť schopnosť zvyšku biotopu podporovať iné pôvodné (reliktné) druhy, hlavne vtáky. Reliktné populácie sa stanú prepadovými („sink“) populáciami, ktoré nie sú schopné udržať sa dlhodobo bez dotácie migrantov z iných populácií (viď aj kap. 4).

Adventívne druhy. S produktmi, materiálmi, rastlinami a iným spôsobom boli do miest neustále zavliekané rôzne živočíchy. Väčšinou sú to cudzorodé elementy fauny, ktoré v danom regióne bývajú prvýkrát zistené práve v mestách, najmä v skládkach, skleníkoch, prístavoch, letiskách, na nábrežiach a pod. Väčšinou sa tu udržia len krátky čas (**efemérofyty, efemérne druhy**).

Prílev takto **zavlečených druhov** je stály a pomerne veľký. Významný podiel má i turistika, druhy sú zavliekané v prívosoch, stanoch a pod. (hlavne druhy z južných oblastí na sever). Možnosti osídlenia v novom prostredí majú najmä druhy nachádzajúce voľné, alebo slabo využívané ekologické niky (potravínové produkty, materiály, hemerochórne rastliny). Časť z tejto fauny sa už stala súčasťou miestnej fauny (nie je ich veľa, napr. šváb americký (*Periplaneta americana*)). Možno ich porovnávať s neofytami rastlinnej ríše. Pomerne často sa vyskytujú adventívne druhy pavúkov, napr. populácia pavúkov *Loxosceles laeta* (Sicariidae, z centrálnej a južnej Ameriky) v Helsinskom zoológickom inštitúte (viď aj kap. 3.5).

Domáce zvieratá. Počet domácich živočíchov chovaných v mestách je veľmi vysoký. Niektoré druhy (napr. psy, mačky) sa tu stali významným ekologickým faktorom. Domáce živočíchy vytvárajú podmienky pre existenciu veľkého množstva parazitov (endo- aj ektoparazitov). Exkrementy psov a mačiek (ale i iných) majú parazitologicko-hygienický význam, ale sú i významným trofickým faktorom. Mačky tvoria v mnohých mestách vrchol trofickej pyramídy.

Synantropný rastlinný alebo živočíšny druh žije blízko pri ľuďoch, alebo dokonca prosperuje zo spoločenstva s ľuďmi alebo z habitatov, ktoré človek okolo seba vytvára a udržuje. Berie sa pritom na zreteľ hlavne spontánna prítomnosť organizmov v ľudských obydliach (sídlnach), bez, alebo aj napriek vôli človeka a tiež úzka koexistencia s človekom, či závislosť od jeho činnosti. Preto tento pojem nezahŕňa domestikované zvieratá. Termínom **synantropný** druh označujeme len druhy, ktoré majú veľmi silnú väzbu na človeka a jeho aktivity. Bez neho nie sú schopné dlhodobejšie prežívať v prírodnom prostredí. Synantropné druhy obývajú interiéry stavieb, skleníky, pivnice. Typickými synantropmi sú napr. moľa šatová (*Tineola bisselliella*), niektoré šváby, dvojkrídlovce špecializované na človeka a pod. ďalší podobný výraz je „**antropotolerantný**“, ktorý zdôrazňuje, že druh je ekologicky tolerantný voči človeku a jeho aktivite, preto je schopný znášať takéto prostredie.

Hoci sa zdajú byť pojmy hemerofil a synantrop zameniteľné, odlišnosť spočíva v tom, že pre hemerofily je charakteristická etologicko-ekologická, ale nie biocenotická závislosť od človeka.

Hemerofily sú teda závislé od človeka správaním sa a využívaním habitatu. **Synantropia** je príslušnosť daného druhu k **antropocenóze**. Pod antropocenózou sa chápe systém vzťahov medzi človekom, domácimi a synantropnými organizmami.

Pôvod synantropných druhov je často neznámy. Podliehajú obzvlášť silnému selekčnému tlaku a preto sa oproti pôvodným populáciám, viac, alebo menej výrazne menia. Mnohé synantropné druhy prakticky bez antropocenózy nie sú schopné prežiť. Formy synantropie podľa intenzity naviazanosti na antropocenózu:

a) obligátna (eusynantropia) – druh sa vyskytuje (minimálne v jednej z klimatických zón) iba v antropogénnych podmienkach a to v sídlach človeka, kde sa i rozmnožuje. Preto sú mnohé z týchto druhov kozmopolitné;

b) fakultatívna (hemisynantropia, oligosynantropia) – druh, ktorý má najmä v sídlach človeka (v priestore sídel) optimálne podmienky existencie, ale vytvára populácie aj mimo antropocenóz, z ktorých existuje možnosť imigrácie.

Obe (a, b) formy synantropie bývajú označované aj ako geografická synantropia. Formy synantropie podľa časového rozmeru naviazanosti na antropocenózu:

1) permanentná – celý životný cyklus druhu prebieha v antropocenóze;

2) temporárna (xenantropná) – druhy sa vyskytujú v antropocenóze iba v určitom čase (napr. zimovanie), alebo za určitých podmienok. Netvorí tu samostatné populácie;

3) parciálna – druh patrí k antropocenóze v určitej fáze (štádiu) jeho života (aj keď iba niekoľko dní). V ostatnom čase patrí do iných biocenóz (napr. belorítka obyčajná (*Delichon urbicum*), lastovička obyčajná (*Hirundo rustica*) – hniezdenie).

Často možno zamieňať temporálnu (2) a parciálnu (3) synantropiu.

Synantropné druhy (najmä hmyz a vtáky) možno rozdeliť aj na **synantropy obydľí** a **synantropy sídlisk** (mimo obydľí).

Na vyhodnocovanie vzťahov sa najčastejšie používajú 2 indexy.

Index synantropizácie (W_s , podľa Jedryczkowského, 1979) vyjadruje podiel synantropných druhov v taxocenóze:

$$W_s = L_s / L_o$$

kde L_s – počet synantropných druhov

L_o – celkový počet druhov

Stupeň synantropizácie (S_i , podľa Nuorteva, 1963):

$$S_i = 2a + b - 2c / 2$$

a – percentuálny podiel indivíduí daného druhu v urbánnej oblasti

b – percentuálny podiel indivíduí toho istého druhu v agrárnej oblasti

c – percentuálny podiel indivíduí daného (toho istého) druhu v človekom málo ovplyvnených biotopoch

Tento index môže mať rozsah od +100 do -100.

+100 prísne uprednostňovanie husto človekom osídlených miest

+75 prísne uprednostňovanie ľudských sídlisk

+50 uprednostňovanie ľudských sídlisk

0 nezávislosť od ľudských sídlisk

-25 uprednostňovanie človekom neosídlených oblastí

-50 unikanie pred ľudskými sídliskami.

Uvedené príklady živočíšnych druhov neplatia rovnako vo všetkých mestách a geografických šírkach rovnako. Často sa jedná o konkrétne synantropné/hemerofilné/efemérne a pod. populácie najmä Európy, alebo konkrétneho mesta či geografickej oblasti. Smerom k hraniciam (okraju) rozšírenia druhu sa paralelne zväčšuje nepriaznivý vplyv abiotických faktorov (najmä pre južné druhy), čo vedie k narastaniu synantropie. Z fakultatívnej synantropie sa stáva obligátna, z temporálnej permanentná. Napr. bzučivka zelená (*Lucilia sericata*) má index synantropie v Maďarsku 33, u nás 89, vo Fínsku 98. Podobne je tomu u koscov (Opiliones). Rozhodujúcim faktorom v tomto prípade je vyššia teplota. Významnú úlohu hrá i zvýšená ponuka potravy, ktorá môže kompenzovať nepriaznivý vplyv iných faktorov. Podobný jav sa prejavuje i v pohoriach pri zväčšovaní nadmorskej výšky. Zriedkavejšie sú prejavy zvýšenia synantropie smerom k juhu (bzučivka zlatá (*Lucilia caesar*), bzučivka obyčajná (*Calliphora vicina*)).

Použité zdroje:

- Blair R.B. 2001. Birds and butterflies along urban gradients in two ecoregions of the United States: is urbanization creating a homogeneous fauna?. In Biotic homogenization. Springer, Boston, MA. 33-56 pp.
- Čejka T. 2006. K používaniu pojmu „synantropný“ v zoocenológii. Malakologický bulletin, 10.5.2006. <http://mal-bull.blogspot.com/>
- Encyklopedický ústav Slovenskej akadémie vied. 1999. Antropofilný Encyclopaedia Beliana, ISBN 978-80-89524-30-3. <https://beliana.sav.sk/heslo/antropofilny> [cit. 10.3.2022]
- Gabre R.M. & AbouZied E.M. 2003. Sarcosaprophagous flies in Suez province, Egypt II-synanthropic and abundance degrees. Bull. Ent. Soc. Egypt 80: 125-132.
- Huhta V. 1972. Loxoscles laeta (Nicolet)(Araneae, Loxoscelinae), a venomous spider established in a building in Helsinki, Finland, and notes on some other synanthropic spiders. Suom Hyonteistieteellinen Aikak Ann Entomol Fenn.
- Jędrzykowski W. 1979. Synantropijne równonogi lądowe (Isopoda, Oniscoidea) Polski. Fragmenta Faunistica 25 (7): 96-106.
- Kark S., Iwaniuk A., Schalimtzek A. & Banker E. 2007. Living in the city: can anyone become an 'urban exploiter'? Journal of Biogeography 34(4): 638-651.
- Lundholm J.T. & Richardson P.J. 2010. MINI-REVIEW: Habitat analogues for reconciliation ecology in urban and industrial environments. Journal of Applied Ecology 47(5): 966-975.
- McKinney M.L. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. Bioscience 52: 883-890.
- Nuorteva P. 1963. Synanthropy of blowflies (Dipt. Calliphoridae) in Finland . Ann. Entomol. Fennici 29 : 1 – 49.

1.5 Proces urbanizácie

Počas procesu urbanizácie druhu rozoznávame tri štádiá:

1. fáza príchodu do urbánnej oblasti
2. fáza prispôsobovania sa urbánnemu prostrediu
3. fáza rozšírenia sa a prienik do ďalších urbánnych oblastí

Celkovo je mimoriadne náročné porozumieť procesu urbanizácie, najmä kvôli náročnému rozpoznávaniu medzi jeho tromi fázami. Najlepšie je zdokumentovaný v prípade invázných druhov. Proces urbanizácie je kontinuálny proces, no takéto rozdelenie do fáz umožňuje zdefinovať, v ktorom bode druh uspel alebo zlyhal, pričom výsledok je závislý od mnohých faktorov, ktoré sú pre jednotlivé fázy špecifické (Obr. 11). Môže sa jednať o faktory a charakteristiky prostredia aj druhu. Faktory prostredia sú najmä jeho priestorové rozloženie, história rozvoja urbánnej oblasti a kvalita urbánnych habitatov, čo úzko súvisí s prístupom ľudí a socio-ekonomických pomerov.

V prvej **fáze príchodu** sa jedná o počiatočné rozšírenie do urbánnej oblasti. Dôležitosť disperzie je bližšie rozobraná v kap. 3 ostrovnej biogeografickej teórie. Pravdepodobnosť, že druh vstúpi do mestskej oblasti, sa zvyšuje s podielom jeho geografického rozšírenia, ktoré je urbanizované a tiež s časom, počas ktorého prebieha urbanizácia (teda s históriou rozvoja miest v danej oblasti). Vysoká hustota populácie druhu v okolitých vidieckych habitatoch tiež zvyšuje pravdepodobnosť disperzie druhu do mestskej oblasti. Napríklad vo Veľkej Británii bola zaznamenaná ročná variabilita druhového zloženia avifauny mesta, v závislosti od populácií druhov v širšom okolí mesta. Prípadne niektoré selekčné tlaky (silné zimy, vysychanie habitatov) na bohaté populácie v rurálnej oblasti môžu zapríčiniť disperziu do neobsadených mestských častí. Rovnako dochádza k nárastu druhej diverzity mestských oblastí úmerne s časom, ktorý majú druhy na kolonizáciu. Z veľkej časti je to odpoveď na sukcesné zmeny vo vegetácii urbánnej oblasti alebo jednoducho to je dôsledok kolonizačných udalostí. Teda často práve prvá fáza obmedzuje urbánne synúzie.

Po fáze príchodu sa jedinec musí vysporiadať s urbánnym prostredím, ktoré je výrazne odlišné od vidieckeho. **Fáza prispôsobenia** opäť závisí od faktorov prostredia a od vlastností druhu.

Urbánne a rurálne prostredia sa líšia v niekoľkých environmentálnych faktoroch:

- modifikácia habitatov je v mestách výrazná. Zatiaľ čo v rurálnej oblasti dochádza najmä k zmene využívania pôdy na poľnohospodárstvo alebo ťažbe dreva, mestské oblasti sa vyznačujú vysoko fragmentovanými časťami biotopov s jednoduchou štruktúrou (aj keď v malých mierkach môže byť diverzita biotopov v predmestských oblastiach výrazne vyššia). Rozsah odlišností mestskej a rurálnej oblasti závisí od ľudských postojov a socio-ekonomických faktorov, ktoré určujú: množstvo doplnkových zdrojov (vtáčie búdky, kŕmenie), úroveň predácie človekom a jeho domácimi zvieratami a umiestnenie miest (mestá sa najčastejšie nachádzajú v úrodných oblastiach, pri zdrojoch vody, na ľahko obrániteľných miestach);
- vyššie teploty a pozmenená zrážková činnosť v mestách v porovnaní s vidiekom (viac v kap. 2.1) znamenajú, že sa tu predlžuje vegetačná sezóna a mení fenológia vegetácie;
- vyššie znečistenie v mestách (chemikáliami, svetlom alebo hlukom) (kap. 2);
- množstvo pôvodných druhov je najmä v centrách miest výrazne nižšie (niektoré suburbánne oblasti môžu mať porovnateľnú diverzitu s vidiekom) a množstvo exotických (nepôvodných) druhov je naopak vyššie (kap. 3.5);

- odlišná hustota populácií v mestských a rurálnych oblastiach (najčastejšie v mestách nižšia, ale môže byť aj naopak);
- zmeny v synúziách môžu zmeniť povahu druhových interakcií a mať zásadný vplyv na kvalitu typov mestských biotopov, napr. miera opelenia sa môže znížiť z dôvodu relatívneho nedostatku opelovačov hmyzu. Urbanizácia tiež môže ovplyvniť vystavenie druhov ich prirodzeným predátorom, parazitom alebo konkurentom.



Obr. 11. Schéma troch fáz procesu urbanizácie, zahŕňajúca črty prostredia a druhu. Prevzaté z: Evans et al. (2010).

Kombinácia spomenutých environmentálnych faktorov determinuje silu kontrastu medzi mestským a vidieckym prostredím a teda určuje požiadavky na prispôsobenie sa druhu. Vlastnosti mestského prostredia môžu byť pre niektoré druhy dostatočne podobné ich pôvodným oblastiam výskytu. Napríklad rastliny ruderalu, ktoré sú adaptované na skoré sukcesné fázy, sa vyskytujú rovnako v mestských ako aj na inak antropicky narušených pôdach.

Kedže sa mestské a vidiecke oblasti tak výrazne líšia, druhy sa musia novým podmienkam prispôbovať. Fenotypová plasticita a genetická adaptácia sa podieľajú na tomto procese. V niektorých prípadoch stačí fenotypová plasticita, a preto je fáza prispôsobenia pomerne krátka. Väčšinou ale optimálne mestské fenotypy vyžadujú aj genetickú adaptáciu, najmä keď:

- adaptovaný fenotyp je nákladnejší ako genetická adaptácia, čo vedie k selekčným tlakom, ktoré generujú genetické zmeny.
- plasticita vedie k fenotypu, ktorý ešte stále nie je optimálny v novom prostredí, čo vedie k smerovej selekcii extrémnych fenotypov, ktorá generuje genetickú adaptáciu
- odpovede fenotypovej plasticity, vyvolané príchodom do mestskej oblasti, môžu vytvárať ďalšie selekčné tlaky, ktoré riadia genetickú adaptáciu ďalších znakov.

Črty vnútrodruhovej divergencie medzi mestskými a vidieckymi populáciami môžu byť morfológické, fyziologické a etologické.

Ekologicky prispôsobivé druhy (generalisti) sa častejšie vyznačujú dostatočnou plasticitou, potrebnou na prispôsobenie sa mestskému prostrediu, ako špecializované druhy. Vo fáze prispôsobenia sa môže hrať významnú rolu aj behaviorálna flexibilita, ktorá sa spája s relatívnou veľkosťou mozgu u vtákov a cicavcov, čo môže predpovedať schopnosť druhu vniknúť na územia mimo

jeho prirodzeného rozšírenia. Vzťah medzi relatívnou veľkosťou mozgu a schopnosťou prispôbiť sa mestskému prostrediu zatiaľ nie je potvrdený. Pokiaľ si prispôsobenie vyžaduje genetické adaptácie, budú tri faktory určovať rozsah nových genetických zmien:

- črty životných stratégií (ang. life history), ktoré sú spojené s rýchlou evolúciou, ako sú najmä pohlavné rozmnožovanie a rýchla reprodukcia, ďalej aj pohlavná selekcia;
- počiatočná genetická diverzita sa zníži ako dôsledok efektu zakladateľa (founder effect), ktorý sa spája so skorými fázami kolonizácie mestskej oblasti malým množstvom jedincov. Teda genetická diverzita mestských populácií je zvyčajne výrazne nižšia ako populácií v rurálnych oblastiach, kým nedôjde k imigrácii jedincov z vidieka;
- tok génov do mestských populácií môže zabrániť genetickej adaptácii na lokálne podmienky, zavalením vyvíjajúcich sa lokálne adaptovaných genotypov. Mestské populácie sú len zriedkavo panmiktické a teda je to práve tok génov, ktorý bráni genetickej adaptácii. Iba ak by bol selekčný tlak v prospech lokálnej genetickej adaptácie naozaj silný, môže dôjsť k prispôsobeniu sa aj napriek toku génov (ak by potomkovia imigrantov v mestskom prostredí podliehali vyššiemu selekčnému tlaku ako potomkovia mestských populácií). Prípadne môže pomerne rýchlo vzniknúť bariéra toku génov u mestských populácií. Napríklad mestské populácie sa v období rozmnožovania budú inak opticky, chemicky či zvukovo prejavovať kvôli väčšiemu optickému, chemickému či zvukovému znečisteniu, ako migranti z mimomestského prostredia, čím vzniká reprodukčná bariéra.

Posledná **fáza šírenia** sa populácií, ktoré sa prispôbili na mestské prostredie, môže prebiehať plynulo, prostredníctvom urbanizácie a teda šírenie sa je obmedzené možnosťami urbanizácie prostredia. Alebo sa mestské populácie šíria skokovo do ďalších mestských prostredí, prostredníctvom jedincov, ktoré prechádzajú cez vidiecke prostredie. Skokové šírenie sa jedincov sa vyskytuje vďaka adaptácii jedincov na mestské prostredie alebo zvyknutiu naň (imprinting). Vzniká priestorovo výraznejšie rozšírenie mestských populácií druhu, ako by tomu bolo pri plynulom rozširovaní, viazanom na rozširovanie sa mesta. V oblasti, kde sa mestá nachádzajú pomerne blízko pri sebe, je skokové šírenie sa do priestoru pomalšie, ako v oblastiach, kde sú väčšie vzdialenosti medzi mestami.

Faktory, ktoré ovplyvňujú jednotlivé fázy urbanizácie sa navzájom ovplyvňujú. Oblasti s rozsiahlejšou mestskou krajinou sú zvyčajne tie, kde urbanizácia prebieha už pomerne dlho. Podobne druhy s vysokou populačnou hustotou pravdepodobnejšie prídu do mestskej oblasti, lebo sa vyznačujú vyšším počtom dispergujúceho potomstva. Početné druhy tiež využívajú zdroje, ktorých je dostatok v prostredí, čo zvyšuje pravdepodobnosť, že sa objavia v urbánnej oblasti.

Niektoré vlastnosti druhu môžu negatívne ovplyvňovať proces urbanizácie v niektorom z jej troch fáz. Vysoká disperzia síce podporuje fázu príchodu, ale selekčný tlak v meste môže uprednostňovať redukovanú disperziu, alebo nastane tak významný tok génov medzi vidieckou a mestskou populáciou, že nevznikajú lokálne adaptované genotypy.

Použité zdroje:

- Evans K.L., Hatchwell B.J., Parnell M. & Gaston K.J. 2010. A conceptual framework for the colonization of urban areas: the blackbird *Turdus merula* as a case study. *Biological Reviews* 85(3): 643-667.
- Marzluff J.M. 2005. Island biogeography for an urbanizing world: how extinction and colonization may determine biological diversity in human-dominated landscapes. *Urban Ecosystems* 8: 157–177.
- Møller A.P. 2015. Environmental indicators of biological urbanization. In *Environmental Indicators*. Springer, Dordrecht. 421-432 pp.
- Pickett S.T., Cadenasso M.L., Childers D.L., McDonnell M.J. & Zhou W. 2016. Evolution and future of urban ecological science: ecology in, of and for the city. *Ecosystem Health and Sustainability*, 2:7, e01229, DOI: 10.1002/ehs2.1229



Obr. 12. Hulman posvätný (*Semnopithecus entellus*) v Indii sa v suburbánnom prostredí živí aj ľudmi pestovanými plodinami a ovocím a zeleninou, ktorú obetujú v chrámoch. (Foto: Ondrej Kameniar)

2 EKOLOGICKÉ ZVLÁŠTNOSTI MESTA

Mestské prostredie má niekoľko svojich špecifik, spojených so silným ľudským vplyvom, ktorý môže mať negatívny alebo aj pozitívny vplyv pre ekosystém. Najdôležitejšie charakteristiky, ktoré odlišujú mestské prostredie od prirodzeného sú:

- konektivita medzi podobnými (ostrovnými) habitatmi mesta,
- veľké množstvo invázných a nepôvodných druhov,
- umelo udržiavaný stav sukcesie,
- zmeny abiotických a biotických faktorov mestského prostredia (klíma, svetelnosť, a pod.).

V ekológii mesta sa uplatňujú často zákonitosti prebrané z ekológie ostrovov (kap. 3). Ďalej sa tu prejavujú rôzne gradienty, fragmentácia a zákonitosti metapopulačnej teórie (kap. 4). **Fragmenty habitatov**, nachádzajúce sa v meste, spĺňajú charakteristiky ostrovných ekosystémov. Sú jasne ohraničené a izolované zástavbou. Podstatným rozdielom je však neustála ľudská aktivita, ovplyvňujúca deje na ostrovoch. Podľa teórie ostrovnej ekológie je možné očakávať, že so zvyšujúcou sa veľkosťou fragmentov habitatov sa bude zvyšovať druhová bohatosť. Nie vždy je tomu tak. Napr. v štúdii počtu druhov cicavcov v mestských ostrovoch v Oxforde (Veľká Británia) zistili, že táto priama úmera platí len pre fragmenty bez ľudských zásahov. Znamenalo by to, že niektoré charakteristiky mestského prostredia natoľko ovplyvňujú bežné vzorce spoločenstva, že môžu komplikovať použitie teórií, ktoré boli vyvinuté v iných (prirodzených) prostrediach.

Pri základnej charakterizácii mestského prostredia sa najčastejšie uvažuje o špecifikách mestskej klímy, o hlučnosti, umelom osvetlení, pôde a vode v meste a o novo vzniknutej priestorovej a potravinovej ponuke.

2.1 Klíma mesta

Pojem „**mestská klíma**“ použil v r. 1956 Kratzer. Definoval ju ako špeciálnu lokálnu klímu, ktorá závisí od stupňa izolovanosti, hustoty zástavby a štruktúry mesta. Možno rozoznávať početné mikroklimy na a v technogénnych štruktúrach. V zastavaných oblastiach sú štyri hlavné dôvody zmien mestskej klímy:

1. nahradenie pôvodných pôd nepriepustnými povrchmi (často výrazne hrubými)
2. zníženie celkovej plochy pokrytej vegetáciou (veľké zelené plochy pôsobia ochladzujúco, vnútorné mesto a veľké nákupné centrá sú teplotné vankúše)
3. zníženie dlhového vyžarovania (medzi 3.0 a 100 μm) Zeme do vesmíru v podobe tepla
4. vypúšťanie plynov, pevných a kvapalných znečistenín do ovzdušia a odpadové teplo.

Mesto býva preto často označované ako „**teplotný ostrov**“. Jedná sa o fenomén „ostrova“, kde je koncentrovaný horúci povrchový vzduch v centre a smerom k prímestským/okrajovým častiam teplota postupne klesá na hodnotu teploty okolia mesta. V centre býva často až o 10 °C vyššia teplota ako v okolí mesta. Obyčajne je teplota centra vyššia len o 0,5 až 1,5 °C (priemerná ročná teplota), čo zodpovedá výškovému rozdielu o 200 – 300 m, resp. posun o 300 km smerom na juh. Teplo mestských ostrovov pochádza z energie z klimatizačných systémov, z energie emisií priemyselných aktivít, dopravných prostriedkov, z pomeru zmiešaných povrchov a z rozdielu v tepelnej kapacite stavebných materiálov a prirodzených štruktúr. Teplotný ostrov nie je homogénny, ale ide o akési súostrovie malých ostrovčekov. Zvýšenie teploty môže vyhovovať nepôvodným druhom z južnejších oblastí a naopak pôvodné druhy, ktoré netolerujú vysoké teploty (príp. s tým súvisiacu zníženú vlhkosť), sú z tohto prostredia vylúčené.

Značný podiel na rozdiel teplot medzi mestom a okolím má odlišná hodnota albeda (indexu odrazu). Umelé štruktúry, ako cesty a budovy, majú nižšie albedo (a zároveň vyššiu tepelnú kapacitu) ako prírodné povrchy a teda absorbujú viac viditeľného žiarenia (Tab. 4). Preto mestské povrchy sú teplejšie ako prírodné povrchy, ktoré zadržiavajú vodu. Vyparovanie vody uvoľňuje energiu z povrchu a znižuje povrchovú teplotu. Z mestského povrchu je voda umelo odvádzaná preč kanalizačným systémom. Ochladzovanie mesta zrážkami vid' aj kap. 2.5.

Materiál	Hustota $\rho/\text{kg m}^{-3}$	Špecifická teplota $c/\text{J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$	Teplotná kapacita $c \rho/\text{J m}^{-3}\text{K}^{-1}$	Teplotná vodivosť	Teplotná difúzia	Teplotná akumulácia
Asfalt	2100	920	$2,0 \times 10^6$	0,75	$0,4 \times 10^6$	1200
Hnedozem	1600	900	$1,4 \times 10^6$	0,25	$0,2 \times 10^6$	600

Tab. 4. Teplotné vlastnosti typického „mestského povrchu“ (asfalt) a „prírodného holého povrchu“ (hnedozem). Prevzaté z: Kuttler (2008).

Vertikálny teplotný obal mesta je veľmi výrazný. Siahá do výšky stoviek metrov pri silnom sálení počas dňa, v noci sa môže jednať len o niekoľko decimetrov. Na jeho vzniku sa podieľajú viaceré činitele. Dôležitá je expozícia, typ, štruktúra a využitie mestských povrchov. Ďalej je tepelná bilancia mestskej oblasti ovplyvnená zmenou vyžarovania, zapríčinenou obohatením atmosféry o plynne, kvapalné a pevné znečisťujúce látky. Vytvárajú kondenzačné jadrá (aerosóly), čím vzniká opar, ktorý odráža, rozptyľuje a absorbuje žiarenie.

Mestská hraničná teplotná vrstva je jeden z mechanizmov, podieľajúcich sa na vzniku mestského teplotného ostrova. Zahŕňa antropogénne teplo zo striech a komínov, odvádzanie tepla z teplejšej vrstvy tepelného obalu mesta, penetračnú konvekciu tepla z nehybných vrstiev vzduchu, konvekciu krátkovlnného žiarenia v znečistenom ovzduší (Obr. 13).

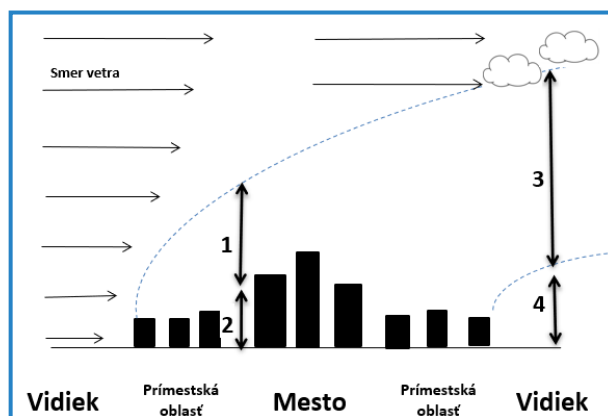
Mestská povrchová teplotná vrstva zahŕňa antropogénne teplo zo stien budov. Vyznačuje sa väčšou dennou akumuláciou tepla a nočným vyžarovaním v dôsledku vlastností stavebných materiálov, nižším vyparovaním a relatívne nižšou rýchlosťou vetra.

Umelé teplo vzniká činnosťou motorových vozidiel, elektrární, priemyslom, domácim vykurovaním, klimatizáciou. Jeho hodnoty v meste môžu byť významné v niektorých situáciách.

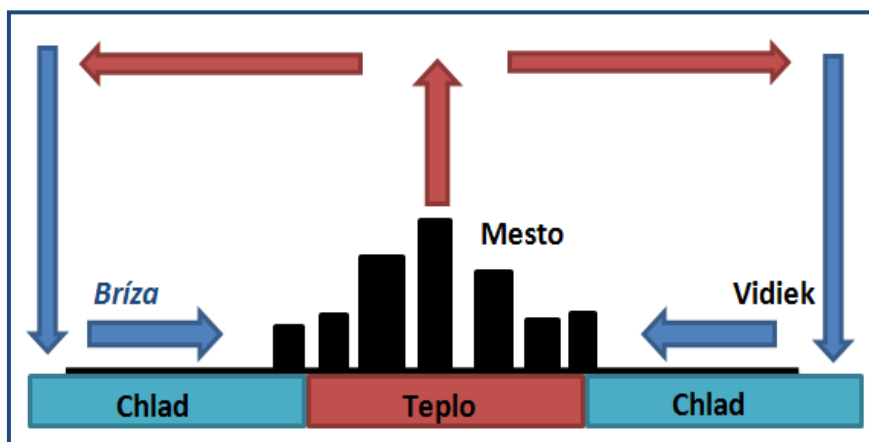
Známy je vzťah medzi maximálnou intenzitou teplotného ostrova a veľkosťou mesta, rovnako ako aj geometriou mestských „kaňonov“ (ulíc). Napr. čím menšia je možnosť vidieť oblohu (možnosť vyžarovania tepla smerom von), tým je intenzita mestského teplotného ostrova vyššia. Ďalej je intenzita teplotného ostrova ovplyvnená geografiou mesta. Napr. prejavuje sa menej v pobrežných mestách ako v mestách situovaných v údolí alebo v vnútrozemí. Tiež sa intenzita teplotného ostrova zvyšuje smerom na sever.

Okrem toho často dochádza k **vytvoreniu smogovej clony**, čo znižuje vyžarovanie. V dôsledku toho dochádza v meste k otepleniu.

Ako vzduch prúdi z okolitej krajiny do mesta, naráža na špecifické prekážky (budovy, vyvýšené cesty a pod.), hlavne na mestský teplotný vertikálny obal. Priemerná rýchlosť **vetrov v mestách** je nižšia ako v okolitom prostredí. Zvyšuje sa ale povrchové prúdenie vetra v zastavaných oblastiach, hlavne počas bezoblačného počasia v noci a nadržanom. Vtedy priechodná rýchlosť vetra závisí od veľkosti a štruktúry mesta (od efektu teplotného ostrova). Ide o tepelne generované prúdenie vzduchu, nazývané **vidiecko-mestskými brízami** (Obr. 14). Vyznačujú sa relatívne nízkym a často prerušovaným prúdením vzduchu vo vrstve niekoľkých metrov nad povrchom. Pri ideálnych podmienkach prúdi vzduch z okolia mesta radiálne do mesta (ochladzuje). Vzduch je do mesta nasávaný z okolia, vďaka vyššej teplote mesta.



Obr. 13. Znakys mestskej klímy. 1. Mestská hraničná teplotná vrstva, 2. Mestská povrchová teplotná vrstva, 3. Mestský „oblak“, 4. Vidiecka hraničná vrstva (Kuttler 2008).



Obr. 14. Mechanizmus vzniku vidiecko-mestských bríz.

V mestách, na rozdiel od voľnej prírody, pôsobí aj okolo 300 **chemických zlúčenín** a fyzikálnych látok ako nové, mladé faktory. Často v značnej koncentrácii. Najdôležitejšími polutantami mesta sú NO, NO₂, CO, O₃, SO₂, prchavé organické zlúčeniny, prach a sadze. Hladina CO₂ v mestách sa nepovažuje za znečistenie, ale je dôležitá na určovanie priepustnosti infračerveného žiarenia (IR) mestskej atmosféry.

V závislosti na geografii mesta, jeho priemysle a ekonomickom stave dominujú rôzne druhy polutantov a z toho vyplývajú aj rôzne problémy s kvalitou ovzdušia. Napr. NO_x, CO a O₃ prevládajú v oblastiach s vysokou hustotou dopravy, zatiaľ čo SO₂, prach a sadze sú hlavnými znečisťujúcimi látkami súvisiacimi s vykurovaním uhlím a ropou a so systémami na výrobu energie.

K tomuto znečisteniu pristupujú ťažké kovy, najmä olovo, ale i ďalšie prvky, anorganické a organické zlúčeniny (v poslednom čase najmä bifenoly), často vo forme aerosolov. Významným zdrojom znečistenia sú výfukové plyny. Ich koncentrácia je kolísavá, čiastočne ovplyvnená ročným obdobím, ale i počasím a dopravnou situáciou.

Koncentrácie SO₂ v mestách Európy a Severnej Ameriky v posledných desaťročiach výrazne klesli inštaláciou filtrov spalín na priemyselných zariadeniach a elektrárnach, využívaním palív s nízkym obsahom zlúčenín síry a pod.

Kaloň východoaustrálsky (*Pteropus poliocephalus*, Chiroptera) sa vyskytuje vo východnej Austrálii. Formuje veľké kolónie v teplom až tropickom pásme. V roku 1981 však založil kolóniu v kráľovskej botanickej záhrade v Melberne, ktorý sa nachádza mimo klimatickej oblasti druhu. Melberne je suchší a chladnejší a menej slnečný ako ostatné miesta výskytu jeho kolónií. Avšak teploty v centre mesta vzrastajú a redukuje sa tak aj výskyt mrazov. Polievanie parkov a záhrad v meste zase pridáva ekvivalent 450-720 mm zrážok za rok. Ľudská činnosť teda zvýšila teplotu a zrážky v centrálnom Melberne, čím vytvorila vhodné podmienky na založenie kolónie (Parris & Hazell 2005)

Použité zdroje:

- da Silva A.M.P. 2017. Analysis of the urban heat island in representative points of the city of Bayeux/PB. Journal of Hyperspectral Remote Sensing 7(6): 345-356.
- Forman R.T. 2014. Urban ecology: science of cities. Cambridge University Press.
- Gunawardena K.R., Wells M.J. & Kershaw T. 2017. Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity. Science of the Total Environment 584:1040-1055.
- Kuttler W. 2008. The urban climate—basic and applied aspects. In Urban ecology. Springer, Boston, MA. 233-248 pp.
- Ningrum W. 2018. Urban heat island towards urban climate. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 118, No. 1, p. 012048). IOP Publishing.
- Parris K.M. & Hazell D.L. 2005. Biotic effects of climate change in urban environments: the case of the grey-headed flying-fox (*Pteropus poliocephalus*) in Melbourne, Australia. Biological Conservation 124(2): 267-276.

2.2 Hluk

Hluk je nechcený zvuk, ktorý hodnotíme ako nepríjemný, hlasný a vyrušujúci. Rovnako ako pri zvuku sa jedná o vibrácie, ktoré sú prenášané v médiu (najčastejšie vo vzduchu alebo vo vode). Hlukom prostredia (environmentálnym hlukom) môžeme nazvať všetok hluk, biotického alebo abiotického pôvodu, ktorý je prítomný v konkrétnom prostredí. Hluk môžeme kategorizovať podľa viacerých kritérií. Podľa dĺžky trvania rozlišujeme celú škálu od konštantného hluku (vodopád) až po náhly hluk (hrom). Podľa šírky frekvencií rozlišujeme širokofrekvenčný až úzkofrekvenčný hluk. Podľa predpokladateľnosti hluku vieme v niektorých biotopoch zatriediť zvuky medzi očakávateľné (pravidelné obedné zrážky) a neočakávateľné.

Ďalšiu kategóriu zvukov tvoria špecifické zvuky, ktoré slúžia ako signál pre prijímateľa (zvukové prejavy živočíchov). Zvukové signály môžu slúžiť živočíchom na orientáciu v priestore alebo pri love (veľrybotvaré (Cetacea), netopierovité (Vespertilionidae)), vnútroduhovú komunikáciu (hľadanie partnera, obrana teritória, koordináciu skupiny napr. pri love) a medziduhovú komunikáciu (poplachové signály, zastrasovanie).

Určitá úroveň hluku v prostredí je prirodzená (vietor, vegetácia, dážď, vodné toky, morské vlny, živočíchy a pod.), avšak ľudskou činnosťou výrazne narastá množstvo hluku v antropogénnom prostredí. Na mnohých miestach je **zvýšená hlučnosť** (napr. cestná doprava 70 – 90 dB). Hluk je najčastejšie bočný produkt urbanizácie, spôsobovaný dopravou a priemyslom, alebo sa jedná o úmyselne vyvolaný hluk, ako pri prieskume morského dna alebo seizmických prieskumoch. Hlukom sú ovplyvnené zvukové pomery ako terestriálnych, tak akvatických habitatov. Podľa odhadov až 30 % obyvateľov Európy je v noci vystavených hluku z dopravy vyššiemu ako je 55 dB (40 dB je odporúčaná hranica, stanovená WHO). Zvýšená hlučnosť ovplyvňuje druhy, ktoré sa spoliehajú na sluch pri hľadaní koristi (netopiere, delfíny), ale aj druhy, ktoré komunikujú svoju dominanciu zvukovými signálmi (spevavce, žaby, cvrčky, jelene). Znečistenie hlukom ovplyvňuje suchozemské živočíchy už pri intenzite 40 dB. Pri uvažovaní o dopade hluku na živočíchy záleží hlavne na miere, do akej sa frekvencia hluku prekrýva s frekvenciou signálu živočíchov. Medzi hlavné negatívne efekty hluku patrí ovplyvnenie zdravia: poškodenie sluchu, vysoký krvný tlak, ischemické choroby srdca, poruchy spánku, u ľudí zistené psychické poruchy a pod.

Desať populácií sýkorky veľkej (*Parus major*), žijúcich v európskych mestách, a desať populácií, žijúcich v blízkych lesoch, bol analyzovaný spôsob, akým vtáky používali teritoriálny spev a spev na prilákanie partnera. Zistili, že vtáky sa prispôbujú životu v meste spievaním rýchlejších, kratších a vyšších skladieb v porovnaní s lesmi. Lesné vtáky spievajú nízko a pomaly. Sýkorky veľké, žijúce v hlučných mestách, musia konkurovať nízkofrekvenčným zvukom hustej dopravy, čo znamená, že ich spev musí ísť rozsahovo vyššie, aby sa sami počuli (Conor 2006).

Hlavné aspekty zvuku/hluku, ktoré sú študované v súvislosti s ľudskou činnosťou sú:

- schopnosť vysielateľa vyslať zvukový signál – pri zvýšenom hluku v prostredí;
- schopnosť prijímateľa zachytiť či rozlíšiť zvukový signál;
- schopnosť prostredia pohlcovať alebo šíriť zvuky.

2.2.1 Príklady štúdií zameraných na schopnosť prijímateľa zachytiť, či rozlíšiť zvukový signál

Pokiaľ sa vyskytuje v prostredí hluk, ktorý maskuje či prekrýva akustickú komunikáciu medzi jedincami, môže dôjsť napríklad k redukcii výberu sexuálneho partnera, obmedzeniam teritoriálnych reakcií alebo narušeniu koordinácie správania medzi rodičom a mláďaťom.

Hluk z lodí môže ovplyvňovať hľadanie potravy, hlasové prejavy a fyziologický stres veľrybotvarých (Cetacea) – veľrybovité (Balaenidae), delfínovité (Delphinidae), sviňuchovité (Phocaenidae) a pod. Týka sa to najmä druhov, ktoré sa vyskytujú vo vodách s veľmi frekventovanou námornou dopravou, ako ohrozenej veľryby čiernej (*Eubalaena glacialis*), ktorá obýva americké pobrežné vody. Veľmi rizikové sa javí využívanie vojenských sonarov, ktoré je spájané s uviaznutím veľrýb na plážach.

U netopierov (napr. netopier vodný (*Myotis daubentonii*)) bola zaznamenaná nižšia úspešnosť lovu echolokáciou a to bez ohľadu na to, či sa hluk prekrýval alebo nie s frekvenciou ozveny koristi. Hluk neovplyvňoval snahu netopierov vyhľadávať koristi, ani neznižoval ich pozornosť. Netopiere sa ale vyhýbali hluku z dopravy, čím sa znížila efektívnosť zháňania potravy.

2.2.2 Príklady štúdií zameraných na schopnosť vysielateľa vyslať zvukový signál

Miera, do akej signály vyniknú v pozadovom (konštantnom) hluku, v ktorom sa nachádza prijímateľ signálu, určuje vzdialenosť prenosu. Inými slovami, dôležitý je pomer medzi signálom a hlukom. Využívanie signálov, ktoré sa prenášajú dobre v danom prostredí je jediný spôsob, ktorým živočíchy zvyšujú pomer medzi signálom a hlukom. Napríklad prepelica japonská (*Coturnix coturnix japonica*) zvyšuje počet slabík v sérii, so zvyšujúcim sa hlukom alebo vetrom. Tento jav je v súlade s teóriou informácií, ktorá hovorí, že pravdepodobnosť prijatia správy prijímateľom sa v hluku zlepšuje zvýšením redundancie signálu.

U vtákov boli zaznamenané rôzne stratégie vysporiadania sa so zvýšenou hlučnosťou. Evolučnou reakciou druhov, žijúcich v hlučných biotopoch, je vyhnúť sa prekrytiu ich signálov tým, že produkujú vysoko postavené vokalizácie v úzkych frekvenčných pásmach. Napr. sýkorka veľká (*Parus major*) **zvyšuje frekvenciu hlasu**, ktorým sa ozýva, aby ju bolo počuť v prevažne nízkofrekvenčnom hluku mesta. Mechanizmus, nedobrovoľnej tendencie vysielateľa zvýšiť v hlučnom prostredí hlasové úsilie, sa nazýva „**Lombardov efekt**“. V snahe o zlepšenie počuteľnosti, dôjde k zvýšeniu nielen samotnej hlasitosti vysielaného zvuku, ale aj k zmenám rozsahu, rýchlosti a trvania slabík.

V Holandsku zistili, že abundancia aj druhová diverzita vtákov klesá s blízkosťou ciest. Až 60 % druhov bolo ovplyvnených efektom vzdialenosti od cesty, viac v oblasti trávnatých porastov ako v lesoch (najmenej v ihličnatých lesoch, vznik podhodnotených zdrojov viď kap. 4.3). Cesty ovplyvňovali vtáky tiež v závislosti od intenzity a priemernej rýchlosti dopravy (Reijnen 1996).

Pri priemernej rýchlosti dopravy 120 km/h sa citlivé druhy vtákov vyhýbali cestám do vzdialenosti

305 m	v lese	pri doprave	10 000 vozidiel/deň
810 m	v lese	pri doprave	50 000 vozidiel/deň
365 m	v trávinatej oblasti	s	10 000 vozidlami/deň
930 m	v trávinatej oblasti	s	50 000 vozidlami/deň

Ďalším spôsobom, ako môžu živočíchy dosiahnuť zvýšenie dosahu ich signálu v hlučnom prostredí, je posunutie vysielania zvuku do tichšej fázy dňa. Červienka obyčajná (*Erithacus rubecula*) v mestskom prostredí **posunula hlasové prejavy** na tichšiu fázu dňa.

Zmeny v charaktere spevu (vo frekvencii, dĺžke) však nemusia vždy úspešne predísť negatívnym dopadom zvýšenej hlučnosti. U samcov strnádky trstinovej (*Emberiza schoeniclus*) v meste sa zistilo, že ani akustické zmeny nepomohli v efektívite prilákania samíc počas obdobia rozmnožovania. Na druhú stranu, niektoré druhy vyhľadávajú práve rušné oblasti, v snahe vyhnúť sa hniezdnej predácii (čmelovec čiernobradý (*Archilochus alexandri*), červenák domový (*Haemorhous mexicanus*)).

2.2.3 Príklady štúdií zameraných na schopnosť prostredia pohlcovať alebo šíriť zvuky

Pre každé prostredie je prirodzený iný druh a úroveň hluku. Napríklad v niektorých habitatoch bude väčšinu hluku tvoriť zbor vtáčieho spevu, zatiaľ čo v močiaroch to bude kŕkanie žiab. V kolóniách sa jedince snažia byť hlučnejšie ako ostatné vokalizujúce jedince v kolónii. Ku všetkým abiotickým a biotickým zdrojom hluku sa pridal hluk z ľudskej činnosti. Ako akustické signály putujú prostredím, postupne degradujú (vplyv mikroklimy, štruktúry vegetácie) a utlmujú sa.

Vizuálne rušenie živočíchov či polutanty ovplyvňujú biotu len na kratšiu vzdialenosť od zdroja v porovnaní s hlukom. Už pri priemernom hluku 42 dB začína populačná hustota lesných druhov vtákov klesať. U druhov trávnatých oblastí je to až pri 48 dB. Na hluk sú z lesných druhov veľmi citlivé napr. kukučkovité (Cuculidae), ktorých populačná hustota začne klesať už pri 35 dB. Z vtáčích druhov trávnatých oblastí je brehár čiernochvostý (*Limosa limosa*) citlivý na 43 dB.

Veľké druhy cicavcov majú tiež často nižšiu populačnú hustotu do vzdialenosti 100 – 200 m od ciest. Keď vezmeme do úvahy hustotu cestnej siete a oblast, ktorú cesty ovplyvňujú, ekologický dopad (fragmentácia až strata habitatov) sa zvyšuje so vzrastajúcou mierou urbanizácie prostredia.

Použité zdroje:

- Brumm H. & Slabbekoorn H. 2005. Acoustic communication in noise. *Advances in the Study of Behavior* 35: 151-209.
- Brumm H., Voss K., Köllmer I. & Todt D. 2004. Acoustic communication in noise: regulation of call characteristics in a New World monkey. *Journal of Experimental Biology* 207(3): 443-448.
- Connor S. 2006. How city birds adapt to life in the fast lane. *The independent*. London 2010-05-27.
- Francis C.D., Ortega C.P. & Cruz A. 2009. Noise pollution changes avian communities and species interactions. *Current biology* 19(16): 1415-1419.
- Gerhardt H.C. & Klump G.M. 1988. Masking of acoustic signals by the chorus background noise in the green tree frog: a limitation on mate choice. *Animal Behaviour* 36, 1247-1249
- Gilbert O.L. 1989. *The ecology of urban habitats*. Chapman and Hall, London.
- Lombard E. 1911. Le signe de l'élévation de la voix. *Ann. Mal. Oeill. Larynx* 37: 101-119.
- Reijnen R., Foppen R. & Meeuwsen H. 1996. The effects of traffic on the density of breeding birds in Dutch agricultural grasslands. *Biological conservation* 75(3): 255-260.

2.3 Umelé osvetlenie

Ďalším významným faktorom vplývajúcim na živočíchy v mestách (na rozdiel od voľnej prírody) je **umelé osvetlenie**. Znečistenie nočného prostredia svetlom antropického pôvodu pochádza zo svetlometov, dopravných prostriedkov, pouličného osvetlenia a iného osvetlenia objektov (budovy, reklamné pútače a pod.). Nad mestami vzniká tzv. žiariaca obloha, čo je rozjasnenie nočnej oblohy. Viac ako 80 % svetovej ľudskej populácie a 99 % Európanov žije pod žiariacou oblohou. Celosvetový problém znečistenia svetlom sa stal do očí bijúcim javom, keď bol v roku 2016 zverejnený Svetový atlas jasu nočnej oblohy, čo je počítačom vytvorená mapa založená na tisíckach satelitných fotografií. Online atlas ukazuje, kde je Zem v noci osvetlená. Svetelné centrá sú v obývaných oblastiach, a iba najodľahlejšie oblasti (Sibír, Sahara a Amazónia) sú v úplnej tme.

Novo vybudované a silne osvetlené čerpacie stanice mali v prvých dvoch rokoch svojej prevádzky intenzívnu nočnú letovú aktivitu hmyzu. V nasledujúcich rokoch poklesla, čo môže byť príklad efektu vysávača (Malicky et al. 1965).

Počas obdobia rojenia sa podeniek (Ephemeroptera) bol zaznamenaný úhyn až 1,5 milióna jedincov za noc na jednej lampe na osvetlenom cestnom moste. Predstavuje to jednak obrovskú stratu reprodukčného potenciálu druhu, jednak stratu v potravnom reťazci, keďže sú obľúbenou potravou mnohých rýb (Eisenbeis 2006).

Pôsobenie netypického svetla, aj v atypickej časti dňa narúša cirkadiálnu rytmiku, spôsobuje poruchy spánku a hormonálnu nerovnováhu. Ovplyvnené sú rastliny a cez ne živočíchy (kvitnutie, opad listov). U živočíchov je ovplyvnené obdobie rozmnožovania, migrácia, rytmika a aktivita gonád a pod.).

Pre niektoré druhy je svetlo prínosné, pre iné neutrálne a pre iné negatívne. Niektoré druhy pavúkov vyslovene netkajú sieť na osvetlených miestach, zatiaľ čo iné využívajú nalietavanie hmyzu na svetlo a budujú si sieť na lampách. Svetelné znečistenie je nebezpečné najmä pre nočné živočíchy, pre ne často pôsobí metúco pri orientácii. Najmä pre nočný hmyz lampy pôsobia ako lapače a to buď preto, že k nemu nalietavajú po špirále až kým nenarazia na horúci povrch lampy, ostanú krúžiť pod lampou, alebo využívajú dostatočne vzdialenú lampu ako orientačný bod, podobne ako mesiac. Dôležitý je tiež bariérový efekt umelého osvetlenia. Hlavné reťazec svetiel (napr. pozdĺž ciest) spôsobuje, že hmyz nemôže preletieť cez túto bariéru, a tak obmedzuje až zamedzuje pohyb hmyzu v krajine. Následný „efekt vysávača“ dlhším nalietávaním hmyzu za svetlom spôsobí významný pokles početnosti v krajine. Pri priamom porovnaní oblastí s rôznym stupňom svetelného znečistenia (svetelný smog) bol zaznamenaný až dvojnásobný pokles odchytov hmyzu v porovnaní s neosvetlenými oblasťami.

Zmenený svetelný režim narúša vzťah predátor – korisť. Predátory využívajú svetlo na lov a korisť sa v tme prirodzene schováva. Mnohé nočné živočíchy sa vyhýbajú pohybu na otvorených priestranstvách pri silnom svetle mesiaca. Napríklad v tom období aj herbivory menej vyhľadávajú pastvu, aby sa vyhli predácii. Hmyzožravé netopiere tiež využívajú zmäteného pohybu hmyzu pri lampách. Ktorý je tak ľahšou korisťou.

Umelé osvetlenie je ďalším faktorom, ktorý metie orientáciu živočíchov. Morské korytnačky pri liahnutí nasledujú svetlo horizontu v snahe orientovať sa k moru. Pri svetle zo stavieb pri pláži sa chybné orientujú smerom do vnútrozemia. V niektorých kanadských mestách počas migrácie vtákov vypínajú svetlá v snahe znížiť mortalitu vtákov (druhy orientujúce sa pomocou hviezd). Pre spevavce, žijúce v mestskom prostredí, sa mení spôsob ich života. Vďaka svetlu môžu vyhľadávať potravu aj

v noci. Tým sa mení i ich typické správanie. Predlžuje sa denná aktivita, skôr nastupuje obdobie rozmnožovania a trvá dlhšie atď.

Pôsobenie svetla, počas normálne tmavého obdobia, môže u obojživelníkov ovplyvniť hladinu melatonínu (hormón regulujúci fotoperiodickú fyziológiu a správanie). Produkcia melatonínu je v noci vysoká a počas dňa znížená. Ten následne ovplyvňuje produkciu tyroidného hormónu, a tak zmena svetelného režimu ovplyvňuje metamorfózu žiab, pohlavné dospievanie (viac adultov pri väčšej tme), reprodukčné správanie (typicky nočné ozývanie sa žiab), farbu pokožky či termoreguláciu. Pri umelom osvetlení sa znižuje počet krkaní samcov a zvyšuje sa ich pohybová aktivita, čo môže ovplyvniť výber samíc.

U cicavcov svetelný režim a cirkadiánnny rytmus ovplyvňujú tiež produkciu niektorých hormónov, hlavne melatonínu. V prípade, že nočný cicavec zažije náhlu zmenu svetelnosti (ako pri strete s vozidlom, alebo pri prechode cez jasne osvetlenú cestu), zmyslové bunky jeho sietnice (tyčinky) sa preexponujú a jedinec ostane oslepený až niekoľko sekúnd. Nevidí, kam má ísť a ostáva nehybne stáť. Keď si na svetlo zvyknú, okolité prostredie cesty vnímajú ako tmú a ostanú dezorientovaní. Po návrate do tmavej oblasti potom trvá 10 až 40 minút, kým ich sietnica začne fungovať rovnako efektívne ako predtým a vráti sa im nočné videnie.

Použité zdroje:

- Dominoni D.M., Quetting M. & Partecke J. 2013. Long-term effects of chronic light pollution on seasonal functions of European blackbirds (*Turdus merula*). *PLoS One* 8(12): p.e85069.
- Eisenbeis G., Rich C. & Longcore T. 2006. Artificial night lighting and insects: attraction of insects to streetlamps in a rural setting in Germany. *Ecological consequences of artificial night lighting* 2: 191-198.
- Stare J. 2023. <https://www.lightpollutionmap.info/> (v.2.8.23)
- Kamrowski R.L., Limpus C., Moloney J. & Hamann M. 2012. Coastal light pollution and marine turtles: assessing the magnitude of the problem. *Endangered Species Research* 19(1): 85-98.
- Luniak M., Muslow M. & Walasz K. 1990. Urbanisation of the European blackbird – expansion and adaptations of urban population. In *Urban Ecological Studies in Central and Eastern Europe*, ed. M. Luniak. Wrocław: Polish Academy of Sciences. 187–199 pp.
- Malicky H., Sobhian R. & Zwoelfer H. 1965. Phytophagous insects attacking Rhamnaceae in Europe. Unpublished Report. Commonwealth Institute of Biological Control, European Station, Delémont, Switzerland.
- National Geographic. 2023. <https://www.nationalgeographic.org/article/light-pollution/#:~:text=Light%20pollution%2C%20or%20artificial%20light,stars%20in%20the%20night%20sky.> [Citované 20.3.2023]
- Night-lights imagery by Earth Observation Group. 2023. <https://blue-marble.de/nightlights/> [Citované 15.3.2023]

2.4 Pôdy v meste

Najzložitejším komponentom terestrických ekosystémov je nepochybne pôda. Ako neoddeliteľná súčasť ekosystémov Zeme sa vyvíja pod vplyvom pôsobenia vonkajších činiteľov na materskú horninu. Pôda je komplexný, živý orgán a zároveň nenahraditeľný a veľmi hodnotný prírodný zdroj. Je zložená z minerálnych častíc, vody, vzduchu a organickej hmoty (odumretých a rozkladajúcich sa častí rastlinných a živočíšnych tiel). Zároveň predstavuje vhodné prostredie pre výskyt živých organizmov, tzv. edafónu, ktorý zahŕňa korene rastlín, mikroorganizmy a drobné živočíchy.

Pevná fáza pôdy sa skladá z pôdných zŕn rôznej veľkosti, ktoré spolu tvoria polydisperzný systém variabilného mineralogického a chemického zloženia. Pôdne častice sa v pôde nachádzajú vo forme zhlukov – agregátov. V pôdnom profile rozoznávame niekoľko vrstiev, tzv. pôdne horizonty, ktorých individuálne fyzikálne, chemické a biologické vlastnosti majú vplyv na jej úrodnosť. Tieto jednotlivé vrstvy pôdy sú výsledkom pôdotvorných procesov. Usporiadanie pôdných horizontov je zákonité a pre každý typ pôdy charakteristické.

Pôda je v skutočnosti neuveriteľne dynamický a heterogénny systém, popretkávaný pórmí vyplnenými vzduchom a vodou. Systém pôdných pórov má komplikovanú štruktúru a môže siahať až do značných hĺbok pôdneho profilu.

Zároveň je pôda prostredím pre korene rastlín a pre organizmy rozličných veľkostí a tvarov. Prebieha v nej väčšina procesov premien látok, vrátane procesov syntézy a rozkladu. Veľkosť a počet pôdných pórov môže mať priamy vplyv na výskyt pôdných organizmov, ktorých prítomnosť v pôde je nevyhnutná nakoľko pôdne organizmy majú schopnosť rozkladať, koncentrovať, akumulovať, transformovať a transportovať organické látky. Niektoré organizmy majú tiež schopnosť aktívne sa podieľať na tvorbe pôdnej štruktúry. Dážďovkotvaré (Lumbricida) ovplyvňujú pôdny ekosystém fyzikálne, chemicky aj biologicky, sú preto považované za akýchsi pôdných inžinierov. Podobne ako mravce či termity, sú schopné tvoriť sieť hlbokých chodieb a výrazne tým ovplyvňovať pôdnu štruktúru. Aj iné druhy pôdneho edafónu sa v značnej miere podieľajú na tvorbe pôdnej štruktúry, napr. larvy hmyzu, rovnakonôžky (Oniscidea), či ulitníky (Gastropoda), pričom ich vplyv na pôdnu štruktúru je najvýraznejší vo vrchných vrstvách pôdneho profilu (cca. do 30 cm od povrchu pôdy).

2.4.1 Pôdy v priestore ľudských sídel

Mestá, ako jednotky sídelnej štruktúry, predstavujú zložitý organizmus, ktorý sa nielen neustále mení, ale sa do značnej miery odlišuje od prirodzených ekosystémov. Pôdy lokalizované v priestore ľudských sídel, rozličnou intenzitou ovplyvnené dôsledkami urbanizácie, označujeme spravidla ako urbánne pôdy. Pôdy sú nenahraditeľnou súčasťou mestských ekosystémov, nakoľko zabezpečujú široký rad ekologických a environmentálnych funkcií. Častým problémom takýchto pôd je znečistenie pochádzajúce z rôznych typov ľudskej činnosti. Degradácia (fyzikálne, chemické a biologické znehodnotenie) mestských pôd sa tak v priebehu rokov stala významným environmentálnym problémom, pretože zmeny v kvalite pôdy môžu znížiť schopnosť pôdy plniť jej ekosystémové funkcie. Neustále ovplyvňovanie pôd človekom môže navyše viesť až k tvorbe umelých, tzv. antropogénnych pôd. Pôvodné pôdy sa tak v mestách môžu nachádzať pod vrstvou pôd umelo vytvorených.

Na území mesta sa nachádzajú pôdy:

- prírodné (mestské lesy a lesoparky, pozmenené prírodné pôdy (poľnohospodárske pôdy),
- pôdy pretvorené (viničné pôdy na terasách),
- pôdy umelo vytvorené (majú jednoduchú stavbu a vysokú vertikálnu a horizontálnu heterogenitu pôdneho profilu; obsahujú veľké množstvo antroskeletu (kusov človekom vytvorených materiálov, ako sú kusy asfaltu, skla, plastov), môžu taktiež vykazovať zvýšené koncentrácie anorganických aj organických polutantov).

V kultúrnej krajine sú hranice jednotlivých ekotopov a teda aj pôd veľmi ostré a dobre viditeľné. Najsilnejšou mierou sa v nich prejavuje antropizácia pôdy – proces ovplyvňovania vlastností pôdy človekom, tak v negatívnom, ako aj pozitívnom zmysle. Na miestnej úrovni (parcely poľnohospodárskej pôdy, záhrada rodinného domu, rezidenčný dvor, časť priemyselného parku...) sa pôsobenie človeka prejavuje jeho vplyvom na vznik úplne nových foriem pôd.

SKUPINA KULTIVAČNÝCH PÔD

- **Kultizem** – pôda výrazne pretvorená ľudskou činnosťou, pričom môže byť modifikovaná pozitívne melioračným procesom (kultiváciou, rigolovaním, terasovaním) alebo negatívne – s prejavmi degradácie (imisiami, toxickými látkami).
- **Hortizem** – pôda vyznačujúca sa minerálnym povrchovým horizontom, ktorý je výsledkom hlbokej kultivácie, intenzívneho hnojenia a aplikácie rôznych organických zvyškov ako napr. maštalný hnoj alebo kompost, napr. pôdy záhrad a sádov.

SKUPINA TECHNOGÉNNYCH PÔD

- **Antrozem** – vzniká prevažne z prírodných alebo prírodno-technogénnych materiálov premiestnených z najbližšieho okolia cieľnou ľudskou činnosťou (najčastejšie pomocou mechanizácie). Rovnako sem spadajú intenzívne hnojené pôdy alebo pôdy, na ktoré boli dlhodobo aplikované ľudské alebo zvieracie výkaly, organické zvyšky z domácností a komunálne odpady. Špecifickým typom antrozeme sú aj pôdy cintorínov. Antrozeme sa vyskytujú predovšetkým v intravilánoch miest a obcí; v záhradách individuálnych stavieb patria k úrodným a na zatrávnených priestoroch sídlisk k menej úrodným pôdam.
- **Technozem** – obsahuje prevažne premiestnený technogénny materiál pochádzajúci z priemyselnej alebo remeselnej činnosti (tehly, keramika, sklo, betón). Diagnostickým kritériom tohto typu pôd je obsah artefaktov viac ako 40 % do 100 cm od povrchu pôdy. Za technozem môžeme považovať aj súvislý technogénny materiál s veľmi tenkým iniciálnym horizontom (napr. veľmi mladé pôdy vyvíjajúce sa na hrádzach odkalísk).

Pôda miest, ktoré boli v stredoveku založené v Európe, sa formovala celé storočia. V jednotlivých vrstvách, ktoré sa na seba v meste hromadili, **archeológovia** nachádzajú rôzne artefakty alebo dôkazy katastrof, ako sú povodne alebo požiare. Zrejmým dopadom ľudskej činnosti na pôdu je ovplyvnenie jej hĺbky. Odpad v stredovekých mestách sa hromadil pri usadlosti alebo v nej. Organický odpad, popol a zvyšky starých príbytkov takto vytvárali stále pribúdajúce vrstvy („mesto rastie do výšky“). Napr. v Moskve identifikovali „kultúrne“ vrstvy až do hĺbky 2 – 5 m (v depresiách až 20 m). Taktiež Manhattan je v súčasnosti o 1,8 až 4,6 m vyšší, ako bol v 17. storočí. Odvoz odpadu z mesta začal až v roku 1895. Jednotlivé vrstvy obsahujú veľa organického materiálu (bohaté na P, K, Ca a Mg), popol a zvyšky stavebných materiálov.

2.4.2 Aktuálne problémy urbánnych pôd

Jedným z charakteristických znakov urbánnych pôd je ich výrazná vertikálna a horizontálna variabilita. Prechody medzi pôdnymi horizontami vo vertikálnom smere a pôdnymi typmi, v smere horizontálnom, môžu byť náhle a líšia sa vzhľadom na ľudské aktivity a typy osídlenia. Dôsledkom aktívnej ľudskej činnosti dochádza k zmenám fyzikálnych vlastností pôdy a množstvu organickej hmoty.

Človek cez svoje aktivity spojené s priemyselnou výrobou, či poľnohospodárstvom, vyčerpáva prírodné zdroje, ohrozuje biodiverzitu a zaťažuje pôdy kontaminantami, čím priamo aj nepriamo vplýva na kvalitu a funkcie pôdných ekosystémov. Znehodnotené pôdy môžeme v krajine pozorovať v podobe stále sa rozrastajúcich lokalít intenzívneho hospodárstva a urbanizmu. Všetky tieto aktivity nechávajú stopy na krajine a jej zložkách. Okrem chemickej degradácie pôd, často v podobe kontaminácie pôdy anorganickými a organickými látkami, významný problém predstavuje aj fyzikálna degradácia pôd. V mnohých mestských pôdach sa objavuje fenomén nadmernej kompaktácie pôdy. Je zároveň jedným z najpálčivejších problémov ohrozujúcich biodiverzitu v urbánnych oblastiach.

Zhutňovanie pôdy je celosvetový environmentálny problém rastúceho významu. Aj keď niektoré pôdy môžu byť na zhutnenie náchylné geneticky, významnej časti pôd dopomohol k zhutneniu človek, používaním ťažkej poľnohospodárskej techniky, ale aj aplikáciou nesprávnych osevných postupov a orbou v nevhodnom čase (napr. za mokra). Kompakcia pôdy má za následok modifikáciu štruktúry systému pôdných pórov, znížením ich počtu, veľkosti a konektivity. Výsledkom je narušenie funkcie pôdy, najmä infiltračnej a retenčnej schopnosti, hydraulikkej vodivosti a rýchlosti difúzie vzduchu v pôde, čo vedie k nedostatočnému prevzdušneniu. Vysoká objemová hustota pôdy ovplyvňuje prenikanie koreňov rastlín do pôdných pórov. Toto má za následok zníženie množstva podzemnej biomasy, čo negatívne ovplyvňuje výskyt pôdných živočíchov viazaných na koreňový systém (napr. Nematoda, Protozoa). Nedostatočný rozvoj koreňov vedie tiež k nedostatočnému rozvoju nadzemnej biomasy, nakoľko rastlina má limitovaný príjem živín a vody z pôdy. Nedostatok nadzemnej biomasy vedie k nedostatku rastlinného opadu - detritu na povrchu pôdy, čo negatívne vplýva najmä na detritofágy (Annelida, Collembola, Chilopoda, Diplopoda, Acarina, Gastropoda), početnú skupinu pôdných organizmov, živiach sa rozkladajúcou sa organickou hmotou. Narušenie tohto cyklu má ďalej za následok zníženie aktivity pôdných mikroorganizmov a intenzity rozkladných procesov v pôde. Znížená dostupnosť organického materiálu negatívne ovplyvňuje pôdne bezstavovce, zatiaľ čo znížená intenzita mineralizácie pripravuje rastliny o potrebné živiny. Pôda ochudobnená o organickú hmotu mení svoju štruktúru a už neposkytuje živočíchom priaznivé útočisko. V zhutnených pôdach dochádza k strate diverzity menej mobilných organizmov, ktorí nie sú schopní si chodby aktívne budovať a potrebujú pre svoj život určitú veľkosť pôdných pórov; takáto pôda zároveň neposkytuje vhodný biotop pre organizmy vyžadujúce dostatok pôdnej vody (Ciliophora, Amoebozoa) alebo pôdneho kyslíku (Arthropoda). So stratou biodiverzity pôda stráca svoju funkciu a pôdny ekosystém nedokáže viac poskytovať cenné benefity pre ľudstvo.

Väčšina výskumov zameraných na štúdium kompaktácie pôdy poukazuje na negatívnu spojitost s poľnohospodárskou výrobou. Avšak mestské lokality môžu byť tiež zámerne zhutnené vytváraním celistvých nepriepustných povrchov. Zhutnenie pôdy tak môže mať veľký vplyv na pôdnu biodiverzitu v rôznych fázach výstavby mestských prvkov a môže sa v rôznych častiach mesta líšiť. Na miesta kde však už došlo k prekrytiu pôdy nepriepustnými povrchmi, je strata pôdnej biodiverzity nezvratiteľná.

Neschopnosť pôdy zabezpečiť vhodné podmienky pre rast rastlín vedie k zníženiu vstupu organických látok do pôdy. Nedostatok organickej hmoty následne podporuje **vznik erózie**, ktorá býva veľmi intenzívna najmä na plochách, kde absentuje vegetačná pokrývka. Erózia pôdy ovplyvňuje umelé aj prírodné ekosystémy a má na biodiverzitu pôdných organizmov priamy aj nepriamy dopad. Priamy účinok erózie pôdy spočíva v redukcii pôdnej bioty a jej biotopov kvôli odnosu pôdy z erodovaného miesta. Nepriame účinky sa spájajú s redukciou výskytu vegetácie. Nadzemná vegetácia je ovplyvnená eróziou pôdy v dôsledku straty živín vo forme organických látok. Odstraňovanie opadanky z povrchu pôdy (napr. v parkoch, v záhradách a na cintorínoch) obmedzuje prísun organickej hmoty a živín do pôdy. Terénnymi úpravami, ako je odstraňovanie opadanky a drevných zvyškov, je navyše mnoho druhov živočíchov pripravených o úkryt a zdroj potravy. V posledných rokoch sa preto záujem obracia na budovanie zelených striech a mestských alejí, ktoré pomáhajú vytvárať nové habitaty s prospešnými podmienkami pre organizmy v oblastiach, kde je pôda pokrytá stavbami, chodníkmi a cestami.

V Londýne porovnávali pôdnu makrofaunu (dážďovkovité (Lumbricidae), rovnakonôžky (Isopoda), mnohonôžky (Diplopoda), stonôžky (Chilopoda) a mravce (Formicidae)) kvetových záhonov a trávnikov s faunou dubových lesov. Zaznamenali vyššiu druhovú densitu kvetových záhonov, ktorá silne korelovala s prítomnosťou listovej opadanky. Opadanka poskytuje štruktúrne komplexnejšie prostredie pre živočíchy ako holá pôda a pomáha tmiť klimatické extrémny. Zaznamenaná bola korelácia medzi pôdnou vlhkosťou a množstvom opadanky. Rovnako aj koncentrácie ťažkých kovov v pôde boli nižšie vo vzorkách obsahujúcich viac opadanky. Prítomnosť opadanky na povrchu pôdy aktivitu organizmov, pre ktoré je zdrojom výživy a energie (Smith et al. 2006).

Fenomén „**soil sealing**“ je proces pokrytia pôdy nepriepustným materiálom natoľko, aby bol prerušený kontakt s pôdou. Nepriepustné povrchy pôd výrazne ovplyvňujú mikroklimu mestských sídiel, čo má za následok zmeny v teplotnom režime pôd. Prispievajú k vytváraniu nepriaznivých ostrovov tepla v mestách, čím podstatne redukujú schopnosť pôdy zabezpečovať nároky rastlín na živiny, vodu. Súvislá zástavba miest prispieva k vyššej priemernej teplote a k extrémnym horúčavam v letnom období. Mestské pôdy sú tak často o 3 °C až 6 °C teplejšie ako okolitý vidiek. Nedostatok vegetačného krytu, je spojený s úbytkom povrchových organických horizontov schopných tieniť množstvo vyžarovaného tepla. To všetko spôsobuje zvlášť nepriaznivé podmienky pre rast koreňov a biologickú aktivitu pôdy (viď aj kap. 2.1). Pokrytie či zastavanie pôd ovplyvňuje:

- a) Mikroklimu:
 - redukcia šírenia sa vetrom,
 - zníženie vlhkosti vzduchu,
 - zníženie prevetrávania,
 - zvýšenie teploty vzduchu.
- b) Biosféru:
 - strata plôch zelene,
 - zníženie počtu druhov rastlín a živočíchov,
 - šírenie termofilných druhov,
 - fragmentácia habitatov.
- c) Vodnú rovnováhu:
 - zvýšenie povrchového stečenia vody,
 - zníženie vsakovania dažďovej vody,
 - zníženie obnovovania podzemnej vody,
 - zníženie evapo-transpirácie.

Znížením dostupnosti pôdnej vody a vzduchu spôsobenej zhutnením pôdy, či sťažením prísunu organického uhlíka do pôdy vinou absentujúcej vegetačnej pokrývky, sa znižuje biologická kvalita pôdy, pričom dochádza **k redukcii biodiverzity**. Narušením vodnej rovnováhy v krajine zvýšeným povrchovým odtokom, je znížená infiltrácia vody do pôdy, a tak isto jej vyparovanie z pôdy. Nedostatok pôdnej vlhkosti je limitujúcim faktorom pre výskyt pôdných organizmov. Aj v takýchto nepriaznivých podmienkach však môžu prežívať niektoré odolné skupiny napr. obrúčkavce (Annelida), mravce (Formicidae) alebo mikroskopické pomalky (Tardigrada).

Urbánne pôdy sú jedinečnou **kombináciou výskytu pôvodných druhov**, ktoré prirodzene prežívajú v takomto type prostredia a **druhov, ktoré sem boli zavlečené** z iných regiónov alebo kontinentov. Proces urbanizácie bol identifikovaný ako jedna z hlavných príčin redukcie pôdnej biodiverzity, postihujúc najmä pôdne článkonožce, znížením ich druhovej rozmanitosti. Postupujúcou urbanizáciou sa v krátkodobom horizonte zníži diverzita a abundancia citlivých pôdných organizmov, kým odolné organizmy sa pomocou adaptačných mechanizmov stanú odolnými voči nepriaznivým vplyvom, napr. znečisteniu.

Negatívny vplyv činnosti človeka na pôdy v jeho okolí môže mať vo všeobecnosti za následok vysoký stupeň kontaminácie a degradácie pôdy. Tento proces je všeobecne spôsobený človekom produkovanými **znečisťujúcimi látkami**, ktoré sa v urbanizovaných oblastiach môžu v pôde nachádzať vo zvýšených koncentráciách. Typickými kontaminantmi v pôdach urbanizovaných území sú ťažké kovy, organické polutanty, a tiež rádionuklidy. Niektoré z týchto látok sa zámernie aplikujú do pôdy, vo forme herbicídov a hnojív, zatiaľ čo iné končia v pôde v dôsledku nehôd alebo nesprávneho riadenia a nakladania s odpadmi. Niektoré sú vysoko špecifické a preto ovplyvňujú iba časť pôdnej bioty, či už sú to bezstavovce alebo niektoré zložky pôdnej mikrobioty, ako sú huby. Niektoré znečisťujúce látky, ako napr. biocídy, majú široké účinky a negatívne ovplyvňujú väčšinu pôdnej bioty.

Z dlhodobého hľadiska **vzrastá počet tolerantných druhov** v spoločenstve, ktoré nahrádzajú druhy citlivé na znečistenie, teplotný stres, vysychanie pôdy, či zmeny v hodnotách pôdnej reakcie (pH), na ktoré sú citlivé najmä pôdne mikroorganizmy. Zmeny pH smerom k alkalickým hodnotám sú často zaznamenávané na plochách lemujúcich cesty, v okolí priemyselných závodov a skládok rôzneho

Priestor, kde sa ukladá odpad (kal) produkovaný banskou činnosťou sa nazýva odkalisko. Úroveň vplyvu takejto skládky na prostredie závisí od vlastností samotného kalu. Pri Hornej Vsi pri Kremnici boli namerané toxické koncentrácie olova, zinku a medi v kombinácii s extrémne kyslým pH, ktoré zvyšuje mobilitu týchto kovov. V takomto prostredí prežíva len obmedzené množstvo pôdných baktérií a niekoľko druhov panciernikov (ako *Oppeia uliginosa*), ktorých množstvo pozitívne korelovalo s množstvom uhlíka viazaného v mikrobiálnej biomase (Feketeová et al. 2016).

druhu. Príčinou takýchto zmien pôdnej reakcie býva zmena v rovnováhe živín prítomných v pôde. Urbánne pôdy môžu obsahovať však aj vysoké percento antropického materiálu, ktorého rozklad uvoľňuje do pôdy množstvo kontaminantov, ktoré vstupujú do cyklu živín a negatívne tak ovplyvňujú pôdny edafón a v konečnom dôsledku aj ľudské zdravie. Jeden z najväčších zdrojov znečistenia pôd v mestách predstavuje automobilová doprava, vďaka ktorej sa zvyšuje v pôdach obsah ťažkých kovov, často až nad rámec zákonom stanovených noriem. Ďalšími významnými zdrojmi kontaminácie sú napr. skládky odpadov, emisie z energetického priemyslu, aplikácia agrochemikálií a kalov z čistiarní odpadových vôd do pôdy. **Mobilita ťažkých kovov v pôdach** však závisí najmä od pH pôdy, jej fyzikálnych vlastností a množstva a kvality organickej hmoty (Tab. 5).

Pôdy v urbanizovaných oblastiach predstavujú významné hygienické riziko, pretože bývajú často **rezervoárom patogénnych mikroorganizmov** a iných parazitických organizmov, ktoré sú v niektorom

štádiu svojho vývoja viazané na pôdy, resp. sú v pôdach prítomné ich dormantné štádiá. Jedným z najčastejšie sa vyskytujúcich parazitov v pôdach mestských oblastí sú škrkavka psia (*Toxocara canis*), resp. škrkavka mačacia (*Toxocara cati*, Nematoda).

Opustené plochy, tzv. brownfields, ktoré pokrývajú rozsiahle oblasti európskych priemyselných miest, môžu byť rovnako zdrojom významného znečistenia. Na druhej strane však môžu ponúkať príležitosti pre ekologickú obnovu biodiverzity v urbánných oblastiach. V niektorých prípadoch môže byť abundancia vybraných organizmov vyššia v pôdach urbanizovaných oblastí. Druhovú diverzitu môže byť zvýšená prínosom invázných druhov a existenciou veľmi rôznorodých mikrohabitatov, práve aj vďaka takýmto opusteným plochám spontánne zarastajúcich vegetáciou.

Agilné živočíchy, hrabúce v pôde, najmä krtovité (Talpidae), prinášajú pôdny materiál z hĺbok pôdneho profilu na povrch. Premiešavanie hĺbkových a povrchových materiálov má významný vplyv na štruktúru a zloženie pôdy. Výkaly, moč a zvyšky zvierat sú tiež bohatým zdrojom organického materiálu.

Nie všetky činnosti cicavcov sú však pre pôdu prospešné. Nadmerné hrabanie môže zabrániť prirodzenej obnove vegetácie a znížiť produkciu plodín. Zhutnenie pôdy spôsobené pasúcimi sa hospodárskymi zvieratami môže viesť k podmáčaniu pôdy, zvýšenému povrchovému odtoku zrážok a následne k erózii.

V New Yorku bola zaznamenaná výrazná vodoodpudivosť mestských pôd. Zároveň boli pozorované nižšie straty dusíka v mestských pôdach ako v suburbánnej či vidieckej zóne. Vznikol tak akýsi dusíkový gradient. Podobné rozdiely boli zaznamenané aj v kvalite opadanky, množstve dážďoviek a zmene cenózy pôdných húb (Pickett et al. 2009).

Tab. 5. Základné charakteristiky mestských pôd. Prevzaté z: Lehmann & Stahr (2007).

Charakteristika	Bežne v mestských pôdach	Zriedkavé v mestských pôdach
Artefakty/fragmenty (ako tehly, keramika, sklo, drvený kameň, priemyselný odpad, odpadky, ťažobný odpad, minerálny olej.)	Veľa - v pôdach sa nachádzajú veľké fragmenty, spôsobujú veľkú vodnú permeabilitu - v pôdach s povrchovým alebo podzemným tesnením	Žiadne - v pôdach z kalov a popola
pH	Zásadité - v pôdach obsahujúcich stavebné zvyšky ako omietka alebo betón	Kyslé - v pôdach obsahujúcich síru z uhlia alebo technicky vyrábanej kyseliny sírovej
(technický) organický uhlík a živiny	Veľa - v pôdach ovplyvnených akumuláciou organického odpadu, prachu a zvyšky spaľovania - v pôdach, ktoré slúžili ako záhrady - v pôdach s podloží obsahujúcim bývalý materiál ornice	Málo organického uhlíka - v pôdach s pravidelne čistenou orniciou, aby tu nerástla iná vegetácia Málo živín - v pôdach z materského materiálu chudobného na živiny
Kontaminácia	Vysoká - v pôdach obsahujúcich zvyšky spaľovania z výrobných procesov v priemyselných mestách	Nízka - v pôdach ovplyvnených vstupom kontaminantov v podobe ukladania prachu alebo dažďom
Objemová hmotnosť	Vysoká - v ornici: povrch pôdy ovplyvnené mechanickou silou - v spodnej pôde: pôdy ovplyvnené zhutnením stavenou činnosťou	Nízka - v pôdach ovplyvnených mechanickým rozvoľnením - v pôdach obsahujúcich veľa popola - v pôdach s vysokým podielom organického materiálu
Teplota pôdy	Vysoká - v mestských oblastiach so zvýšenou teplotou vzduchu	Nízka - v pôdach ovplyvnených technickým ochladzovaním a studenou vodou

	- v pôdach ovplyvnených technicky zvýšenou pôdou - v pôdach zasiahnutých vykurovacími zariadeniami alebo ohrievanými technickými dutinami	- vo vlhkých pôdach
Vlhkosť pôdy	Nízka - v pôdach ovplyvnených drenážou	Vysoká - v pôdach ovplyvnených zavlažovaním, únikmi, drenážou z utesnených povrchov a inými prúdmi vody
Vek	Mladé - pôdy ovplyvnené častým premiestňovaním pri výstavbe	Staré - pôdy umiestnené dlhodobo na nerušenej nika v starých mestských štvrtiach
Rozvoj	Silne ex-situ - pôdy, ktoré sú z premiestňovaného pôdneho materiálu z vyvinutých pôd, ktoré sú často ukladané vo vrstvách počas dlhšej výstavby	Rôzne silno in-situ - pôdy, kde nedošlo o premiestneniu pôdneho materiálu

Použité zdroje:

- Alexandrovskaia E.I. & Alexandrovskiy A.L. 2000. History of the cultural layer in Moscow and accumulation of anthropogenic substances in it. *Catena* 41(1-3): 249-259.
- Doerr S.H., Shakesby R.A., Dekker L.W. & Ritsema C.J. 2006. Occurrence, prediction and hydrological effects of water repellency amongst major soil and land-use types in a humid temperate climate. *European Journal of Soil Science* 57: 741–754.
- Feketeová Z., Sládkovičová V.H., Mangová B., Pogányová A., Šimkovic I. & Krumpál M. 2016. Biological properties of extremely acidic cyanide-laced mining waste. *Ecotoxicology* 25: 202-212.
- Lehmann A. & Stahr K.J. 2007. Nature and significance of anthropogenic urban soils. *Soils Sediments* 7: 247-260.
- Morel J.L., Schwartz C., Florentin L. & de Kimpe C. 2005. Urban soils. *Encyclopedia of soils in the environment*. 202-208 pp.
- Pickett S.T., Cadenasso M.L., McDonnell M.J. & Burch W.R. 2009. Frameworks for urban ecosystem studies: gradients, patch dynamics and the human ecosystem in the New York metropolitan area and Baltimore, USA. In *Ecology of cities and towns: A comparative approach*. Cambridge University Press. 25-50 pp.
- Smith J., Chapman A. & Eggleton P. 2006. Baseline biodiversity surveys of the soil macrofauna of London's green spaces. *Urban Ecosystems* 9: 337-349.
- Wessolek G. 2008. Sealing of soils. In *Urban ecology*. Springer, Boston, MA. 161-179 pp.

2.5 Voda v meste

Voda vo všetkých jej podobách (zrážky, vlhkosť, tečúca voda) je silne ovplyvnená mestským prostredím.

Zrážky v mestských oblastiach majú svoje špecifiká. Väčšina dažďa padne na záveternú stranu mesta (Obr. 15). V dôsledku účinku mestského teplotného ostrova, emisných častíc ako kondenzačných jadier a vyššej nerovnosti, dažď v meste nepadá vertikálne.

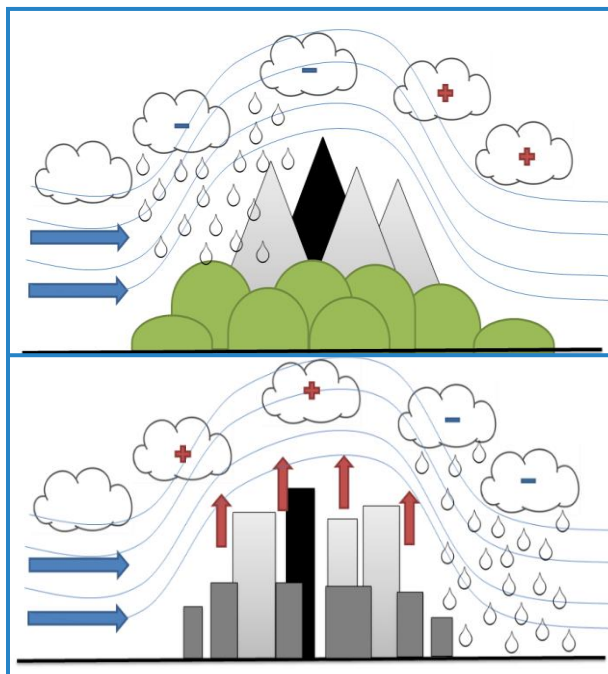
Zrážková voda v mestách rýchlo odteká. Zapríčinené je to najmä vysokým pokrytím pôdy nepriepustnými materiálmi (viď kap. 2.4). Dažďová voda dopadajúca na vydláždený povrch a cesty buď vsiakne do štrbín alebo je odvedená do kanalizácie. Pri vhodných geologických podmienkach sa dažďová voda zo striech a komunikácii vsakuje z kanalizácie do pôdy. Voda zachytená nepriepustnými materiálmi je ale všeobecne vo vyššej miere odvádzaná ako povrchová voda v porovnaní s plochami pokrytými napr. vegetáciou (viď obr. 16).

Nepriepustnosť materiálov má najsilnejší dopad na cyklus vody v meste, a to cez zníženie kapilarity pôdy, zníženie evapo-transpirácie, zníženie infiltrácie a zvýšenie povrchového stekania vody (Tab. 6). Ak voda nevsakuje do pôdy, kvôli jej pokrytiu nepriepustnými materiálmi, nemôže dochádzať k prevetrávaniu pôdy vyparovaním vsiaknutej vody. K vyparovaniu v meste dochádza spravidla len 1 – 2 dni po zrážkach, kým sa voda odparí z povrchu, štrbín alebo materiálov s nízkou kapacitou úschovy vody (podložný piesok, štrk) (Obr. 15).

Relatívna vlhkosť vzduchu po zrážkach môže byť počas dňa nižšia v meste ako v okolitej krajine, lebo voda nie je zachytávaná vegetáciou a nepriepustné povrchy zvyšujú jej povrchové odtekanie. V noci ale môže byť vlhkosť vzduchu v meste vyššia kvôli vyšším teplotám a nižšiemu rosnému bodu ako na vidieku.

Povrchové vody sú ovplyvnené eutrofizáciou, znečistením a umelými brehmi. Z čisto fyzikálneho hľadiska urbanizácia spôsobuje pokles priepustnosti zachytených zrážok, čo vedie k poklesu vsakovania a k zvýšeniu povrchového odtoku vody. Zvyšovanie množstva nepriepustných povrchov výrazne zvyšuje odtok.

Nepriepustnosť povrchov sa stala jednou z hlavných charakteristík ovplyvňujúcich vodné toky v urbánnom prostredí. Časový rozdiel medzi dopadom polovice objemu zrážok a polovicou odtoku je v mestských povodiach skrátený, čo vedie k povodniam, ktoré vznikajú rýchlejšie, ale sú aj kratšie o 8 až 38 % oproti zalesneným povodiam riek. Povodňové udalosti sa zvyšujú úmerne k ploche pokrytej nepriepustnými materiálmi (Obr. 16).



Obr. 15. Mechanizmus vzniku zrážkového tieňa v prirodzených podmienkach a v meste.

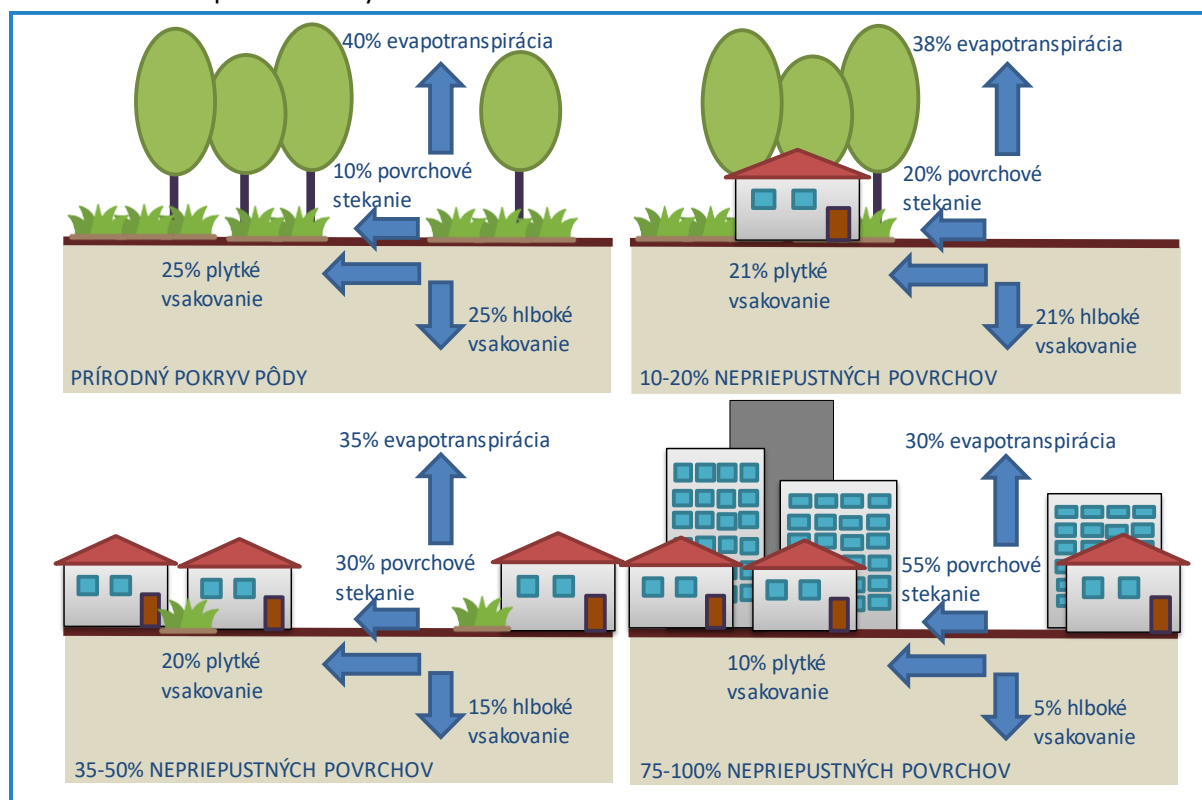
Tab. 6. Vzťah medzi pokrývnosťou plochy nepriepustnými materiálmi a množstvom

Pokrývnosť plochy nepriepustnými povrchmi	Zvýšenie množstva povrchového odtoku vody
10 – 20 %	2x
35 – 50 %	3x
75 – 100 %	5x

Deje sa tak vyplňaním menších riečok, spevňovaním brehov alebo ich umiestňovaním do priepustov. V niektorých prípadoch budovania, napr. odtokových kanálov pri cestách, sa ale naopak môže zvýšiť hustota povodia, zvýšiť odtok nevsiaknutej vody a následne zvýšiť výskyt povodní. Vybudovaný systém kanálov sa často rýchlo zanáša sedimentmi, čo spôsobuje zníženie ich hĺbky a zvýšené riziko záplav, rovnako ako aj zúženie tokov o ich prirodzenú inundačnú zónu, do ktorej by sa pri väčšom množstve zrážok prirodzene vyliali.

Ďalším dôsledkom zvýšeného odtoku vody je zníženie obnovovania sa **podzemnej vody**, čo vedie k zníženiu bazálnej úrovne prietoku v mestských tokoch. Bazálna úroveň prietoku môže byť ovplyvňovaná zavlažovaním, drenážou, kanalizáciou a pod.

Jedným z hlavných geomorfologických dopadov urbanizácie na toky je zmena hustoty povodia (drainage density), čo je pomer dĺžky vodných tokov na odtokovú oblasť (km/km^2).



Obr. 16. Pomery množstva dažďovej vody vsakovanej, vyparenej alebo odvedenej povrchom v prostredíach s rôznym podielom pokrytia pôdy nepriepustnými povrchmi. Prevzaté z: www.theconversation.com.

Odstraňovanie pobrežnej vegetácie, znižovanie obnovy podzemných vôd a prietok cez mestské prostredie spôsobuje zmeny v teplotnom režime tokov. Teplota vody ovplyvňuje napr. rozklad odumretého rastlinného materiálu alebo cyklus mnohých druhov bezstavovcov. Napr. na Long Islande bola zistená priemerná teplota mestských tokov v lete o 5 – 8°C vyššia a v zime zase o 1,5 – 3°C nižšia ako vo vodných tokoch v lesnom poraste. **Úpravou brehov** alebo aj dna tokov došlo

k strate habitatov na rozmnožovanie sa niektorých druhov. Prepojením povodí pôvodne nesúvisiacich tokov dochádza k šíreniu nepôvodných druhov. V prípade pobrežných miest často dochádza k výrazným zmenám línie pobrežia: k strate a fragmentácii prirodzených habitatov, ktoré sú často nahradené stavbami na komerčné a rekreačné aktivity.

Budovaním kolmých **morských hrádzí** dochádza na pobreží k úbytku habitatov s postupným sklonom svahu (intertidálna – prílivová zóna). Hrádze sú často budované z nových materiálov a majú výrazne nižší povrch a štruktúru, ktorá poskytuje priestor pre život prisadla žijúcim druhom bezstavovcov. Vlnolamy a piliere znižujú vlny a zužujú intertidálnu zónu, čím dochádza k úbytku tohto typu habitatu.

Chemické znečistenie vôd v mestách je dobre prebádanou oblasťou. V mestských tokoch dochádza k nárastu takmer všetkých ukazovateľov, ale hlavne v spotrebe kyslíka, vo vodivosti, či v množstve rozpustených látok (dusíkaté zlúčeniny, uhľovodíky, kovy), v dôsledku čističiek odpadových vôd a odtekaniu vody. Čistenie odpadových vôd nemôže odstrániť všetky znečisťujúce látky z vody.

Vplyvom hnojenia v urbánnych oblastiach sa do vody dostáva fosfor a hlavne dusík, ktoré spôsobujú eutrofizáciu vody. Vo vodách mestských tokov sa vyskytujú aj ďalšie prvky ako vápnik, sodík, draslík a horčík. Chlór sa dostáva do riek hlavne v oblastiach, kde sa soľ (chlorid sodný) ešte používa na posyp ciest v zime. Zvýšenie koncentrácie iónov v tokoch vedie k ich zvýšenej vodivosti.

Medzi najčastejšie nachádzané **kovy** v mestských tokoch patria olovo, zinok, chróm, meď, mangán, nikel a kadmium, hoci množstvo olova sa znižuje v súvislosti s jeho odstránením z palivových aditív. Kovy, akumulované pri cestách, parkoviskách a v priemyselných oblastiach (brzdové obloženia obsahujú nikel, chróm, olovo a meď; pneumatiky obsahujú zinok, olovo, chróm, meď a nikel; a kovové zliatiny používané pre časti motorov obsahujú okrem iného nikel, chróm, meď a mangán) sú splavované počas dažďa do tokov. Organická hmota má vysokú schopnosť viazať kovy a sedimenty s vysokým obsahom organických látok často vykazujú 50 – 7 500-krát vyššie koncentrácie zinku, olova, chrómu, medi, ortuti a kadmia ako sedimenty s nižším obsahom organických látok. Reakciou živočíchov na zvýšené hladiny kovov v toku sú väčšinou znížená abundancia a zmenená skladba spoločenstva.

Pesticídy v tokoch ovplyvňujú vodnú biotu. Či sa jedná o herbicídy používané na poliach alebo o insekticídy používané v mestách, ich koncentrácia v mestských vodných tokoch je vysoká. V USA sa až tretina celkového objemu pesticídov využije práve v mestách. Rovnako ako kovy, aj pesticídy sa dostávajú do mestských tokov hlavne stekaním dažďovej vody do kanalizácie.

Množstvo baktérií je výrazne vyššie v mestských tokoch, a to najmä po búrkach. Jedná sa hlavne o koliformné baktérie, ale aj patogény ako kokcidie rodu *Cryptosporidium* spp. či bičíkovce rodu *Giardia* spp. Vysoká hodnota baktérií v urbánnych tokoch aj počas obdobia sucha indikuje chronické presakovanie kanalizácie alebo nezákonné vypúšťanie odpadov. V niektorých mestských tokoch bola zaznamenaná rezistencia baktérií na niektoré antibiotiká (kyselina nalidixová, tetracyklín, ko-trimoxazol a úzkospektrálne penicilíny), vďaka výskytu týchto látok v odpadových vodách alebo vďaka prechádzaniu odolných baktérií procesom čistenia vôd, ktoré ďalej poskytujú odolnosť baktériám vo vode. Odolnosť baktérií voči antibiotikám môže byť ovplyvnená aj ťažkými kovmi. Napr. rezistencia na streptomycín a kanamycín pozitívne koreluje s obsahom ortuti v sedimentoch tokov pod jadrovými reaktormi alebo pod priemyselnými oblasťami, ako dôsledok nepriamej selekcie tolerancie kovov. Kovy môžu tiež ovplyvniť aktivitu bakteriálnych enzýmov v mestských tokoch. Úrovně enzýmov boli nepriamo úmerné koncentrácii kovových usadenín v toku a obzvlášť pod

priemyselnými výpusťami. Nitrifikačné baktérie sa vo zvýšenej miere dostávajú do urbánnych tokov z čističiek odpadových vôd, kde slúžia na oxidáciu amónnych kationov.

Zvyšujúci sa podiel urbánnej plochy v povodí, vo všeobecnosti, znižuje druhovú rozmanitosť rias a táto zmena sa pripisuje mnohým faktorom, vrátane chemického znečistenia vody. Veľa druhov rias bolo študovaných v súvislosti s ich bioindikačnými vlastnosťami. Druhy, citlivé na narúšanie brehov, na vyššiu turbiditu či obsah kovov, z mestských tokov miznú. Zvýšené množstvo živín a svetla majú zvyčajne na následok väčšiu biomasu rias, ktorá je pozorovateľná v mnohých mestských tokoch. V urbánnych povodiach bolo zistené zníženie diverzity vyšších rastlín a zvýšený výskyt introdukovaných druhov.

Znečistenie vody organickými polutantami vo všeobecnosti spôsobuje výrazný **pokles diverzity bezstavovcov**. Ovplyvnené spoločenstvá pozostávajú najmä z dominantných skupín ako sú pakomárovité (Chironomidae, Diptera) a máloštetinavce (Oligochaeta, Annelida). Vo všeobecnosti je možné povedať, že k poklesu diverzity dochádza vplyvom výskytu toxínov, zmien teploty vody, či výskytu organických živín. Ustupujú najmä citlivé skupiny bezstavovcov, ako sú Ephemeroptera, Plecoptera či Trichoptera. Naopak, dochádza k zvýšeniu abundancie niektorých eurypotentných až extrémofilných skupín. Reakcie bezstavovcov závisia od viacerých faktorov, najmä od veľkosti plochy povodia pokrytej nepriepustnými povrchmi, hustotou obydľí, hustotou ľudskej populácie a celkovým vypúšťaním odpadových vôd. Zvýšená koncentrácia organických látok často vedie k premnoženiu rias. V pobrežných regiónoch, premnoženie rias spôsobuje úbytok morských tráv (Posidoniaceae, Zosteraceae, Hydrocharitaceae alebo Cymodoceaceae), ktoré sú základom niektorých spoločenstiev. V sladkovodných stojatých vodách premnoženie rias a ich následný úhyn spôsobuje nedostatok kyslíka vo vode.

Úmrtnosť vodných bezstavovcov zostáva vysoká v mnohých mestských tokoch aj v období nízkeho prietoku, v dôsledku expozície toxínom akumulovaných v sedimentoch či v brehoch alebo požitím toxínov naviazaných s organickou hmotou. Odlesňovanie vodných brehov vedie k redukcii dostupnosti potravy, zvyšuje teplotu vody a narúša príjem živín a toxínov z povrchového splavovania vody.

V štáte Ohio zaznamenali miznutie citlivých druhov rýb, ak 0 – 5 % plochy povodia je využívaná človekom. Od 5 do 15 % degradácie habitatu miznú niektoré potravné gildy (napr. druhy živiace sa bentosom), a kde človek využíva nad 15 %, dochádza k silnej degradácii tejto časti vodnej fauny. Pozdĺž urbánneho gradientu povodia klesá diverzita a abundancia rýb a stúpa počet eurypotentných a invazívnych druhov, podobne ako u predchádzajúcich skupín. Známe sú tiež hromadné úhyny rýb v mestských riekach pri záplavách alebo veľkých búrkach v dôsledku nedostatku rozpusteného kyslíka vo vode.

V Amerike porovnávali spoločenstvá rýb v povodiach riek pretekajúcich cez urbánnu a poľnohospodársku krajinu. Zistili, že spoločenstvá sú ovplyvnené, ak je viac ako 50 % plochy povodia v poľnohospodársky využívannej krajine. Pokiaľ sa jedná o zmes poľnohospodárskej a urbánnej krajiny, biotická integrita (IBI – index of biotic integrity) je signifikantne nižšia ako v iba poľnohospodárskej krajine. Teda hoci urbánna zóna zaberá globálne len malú plochu, má neúmerne veľký dopad na biotu v porovnaní s poľnohospodárstvom.

V potoku Kelsey (Washington, USA) sa udržali populácie lososovitých rýb, najmä *Oncorhynchus clarki*. Z tohto toku ale vymizol *Oncorhynchus kisutch* a aj veľa iných druhov rýb. Lososovité ryby tu rastú rýchlejšie a dorastajú do väčších veľkostí pravdepodobne kvôli vyšším teplotám a väčšej biomase. Produkcia rýb sa tak zvýšila až trojnásobne v porovnaní s neurbánnymi tokmi, druhová skladba rýb je však odlišná (Scott et al. 1986).

Spodné vody sú ľudskou činnosťou ovplyvnené veľkoplošným priesakom z povrchu aj z kanalizácie, ako i silným odberom vody, čím klesá hladina spodných vôd a ich zásoby. Spolu s vysychaním to vplýva na rýchle ubúdanie vody na povrchu a tým i na teplotné pomery mesta.

Použité zdroje:

- Authman M.M., Zaki M.S., Khallaf, E.A. & Abbas H.H. 2015. Use of fish as bio-indicator of the effects of heavy metals pollution. *Journal of Aquaculture Research & Development* 6(4): 1-13.
- Chapman M.G., Blockley D., People J. & Clynick B. 2009. Effect of urban structures on diversity of marine species. *Ecology of Cities and Towns: A Comparative Approach*. Cambridge University Press, Cambridge. 156-176 pp.
- Paul M.J. & Meyer J.L. 2001. Streams in the urban landscape. *Annual review of Ecology and Systematics* 32(1): 333-365.
- Scott J.B., Steward C.R. & Stober Q.J. 1986. Effects of urban development on fish population dynamics in Kelsey Creek, Washington. *Transactions of the American Fisheries Society* 115(4): 555-567.
- The conversation. 2015. Stormwater innovations mean cities don't just flush rainwater down the drain <https://theconversation.com/stormwater-innovations-mean-cities-dont-just-flush-rainwater-down-the-drain-40129>
- Wessolek G. 2008. Sealing of soils. In *Urban ecology*. Springer, Boston, MA. 161-179 pp.



Obr. 17. Príklad na vodu nepriepustné povrchy v meste, Laos. (Foto: Ondrej Kameniar)

2.6 Potravná ponuka

Antropogénna potrava je potrava, vyskytujúca sa v prostredí pričinením človeka a teda bola vytvorená alebo ovplyvnená ľudskou činnosťou. V urbánnom prostredí zahŕňa odpad, priamo poskytované doplnkové krmivo (napr. zimné prikrmovanie vtákov, kŕmenie veveričiek, labutí, vtáčie fontány), pestované plodiny a chované druhy alebo aj cestné úhyny. Úbytkom pôvodných habitatov a narušením potravných sietí sú rôzne (hlavne omnivorné) druhy nútené k antropogénnej potrave, iné druhy vyhľadávajú antropogénnu potravu a sú ňou do blízkosti človeka lákané (Tab. 7).

Stromy, kry a byliny pestované v mestách sú zdrojom semien a ovocia pre granivorné a frugivorné druhy, ako napr. druhy čeľadí drozdovité (Turdidae), pinkovité (Fringillidae). Staršie stromy sú dôležité pre viaceré druhy bezstavovcov a tiež ich predátorov, ako napr. ďateľovité (Picidae). Pestovaná vegetácia poskytuje potravu druhom, živiacim sa rastlinnými šťavami (vošky a rôzni hmyz). Mínajúce larvy mínajú chodbičky v parenchýme listov, miazga slúži ako potrava celému radu chrobákov (Coleoptera), peľ a nektár zbierajú včelovité (Apidae) či pestricovité (Syrphidae). Dostatok hmyzu predstavuje potravu pre predátorov, ako sú pavúky a mravce, či insektivorné druhy vtákov.

Pre mnohé živočíchy je rozhodujúcim faktorom druhové spektrum, množstvo, dostupnosť a fyziologický stav rastlín ako potravy. Počet rastlinných druhov v mestách, v porovnaní s okolím, je vysoký. Pritom flóra jednotlivých miest si je navzájom podobná („**mestská flóra**“). Vysoká podobnosť je najmä v druhovom zložení drevín. Z bylín dominujú v Európe zástupcovia čeľadí astrovitých (Asteraceae), kapustovitých (Brassicaceae), mrlíkovitých (Chenopodiaceae) a lipnicovitých (Poaceae). Druhovú skladbu rastlín následne v mestách výrazne ovplyvňuje existencia „mestskej fauny“.

V mestách sú koncentrované antropochórne druhy rastlín, rozšírené obchodom a dopravou. Do strednej Európy bolo zavlečených okolo 7 800 druhov kvitnúcich rastlín. Vo vnútri miest je vysoký podiel hemerochórnych druhov (šírené pôsobením človeka). Mnohé z dnes hojných druhov boli zavlečené len prednedávnom. Mnohé neofyty majú optimum rozšírenia práve v mestách. Viac ako polovica hemerochórnych druhov je južného pôvodu. Pribúdanie hemerochórov spôsobuje ubúdanie domácich druhov a archeofytov, najmä stenoeknych. Podľa preniknutia do synantropných podmienok sa rozlišujú **archeofyty** (historické a ranohistorické – do stredoveku) a **neofyty** (po r. 1500) po objavení Ameriky. Rozdelenie hemerochórov z ekologického hľadiska:

a) druhy prežívajúce i po zaniknutí antropogénneho vplyvu, uchytia sa v potenciálne prírodnom spoločenstve, kde sú schopné konkurovať – **agriofyty**;

b) druhy zaberajúce stále miesto v terajšom rastlinstve, ale nie v potenciálnom – **epekofyty**;

c) druhy žijúce aj divo, ale nevydržia dlho bez vplyvu človeka – **efemerofyty**;

d) druhy vyskytujúce sa iba ako pestované – kultúrne a okrasné rastliny.

Mnohé z týchto rastlín živočíchy vôbec neosídľujú, alebo ich osídľuje iba málo miestnych polyfágnych druhov (hmyz). Preto vysoký počet hemerochórov vedie k ochudobneniu miestnej fauny.

Pre niektoré hemerochórne druhy je charakteristické, že s nimi boli dovezené pre ne typické druhy hmyzu. Pre iné, najmä z radov Insecta, sa špecialisti objavili neskôr. Napr. ploskáčik platanový (*Phyllonorycter platani*, Lepidoptera) sa v posledných 50 rokoch šíri na sever. Je viazaný na platan východný (*Platanus orientalis*). Podobne za tamariškou štvortýčinkovou (*Tamarix tetrandra*) sa šíri druh *Opsius stactogalus* (Cicadoidea). Medzi voškami (Aphidoidea) je z východného Nemecka známych 21 druhov cudzieho pôvodu, z hemerochórov v mestách.

Tab. 7. Percentuálne množstvo potravy antropogénneho pôvodu nájdenéj v truse alebo v žalúdkoch vybraných druhov v ľuďmi ovplyvnených habitatoch (podľa viacerých štúdií, sumarizované v Fedriani et al. (2001).

URSS – krajiny pôvodného Sovietskeho zväzu

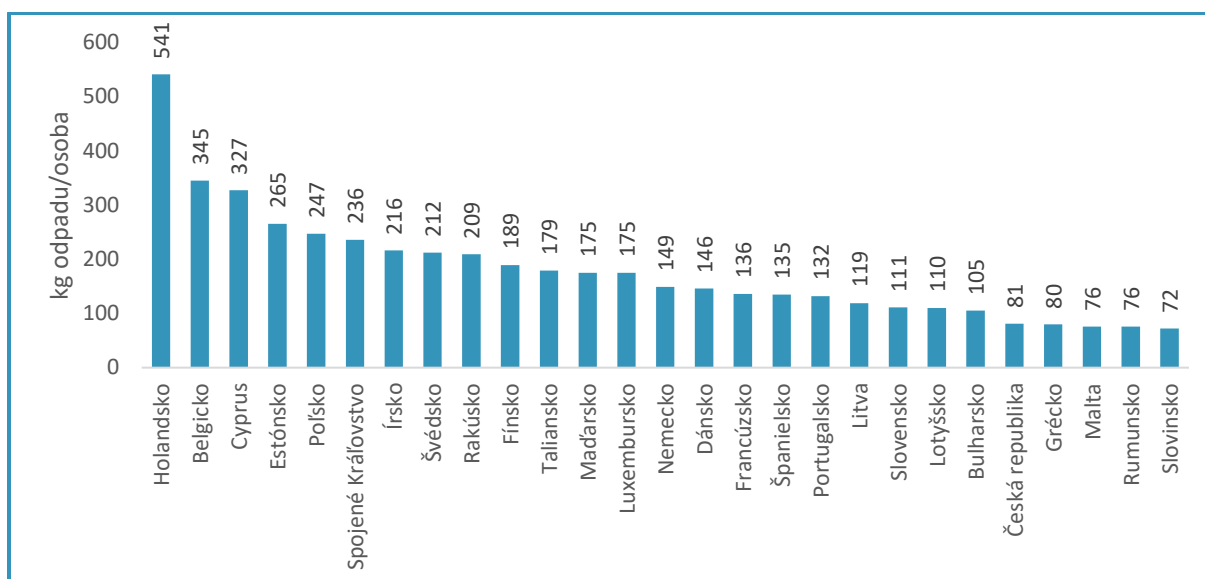
Druh	Krajina	Odpadky	Ovocie	Zrno	Hydina	Dobytok
<i>Meles meles</i>	URSS, Európa	8 – 25	30 – 76	5 – 33		
<i>Mephitis mephitis</i>	USA	11 – 18		11 – 47		
<i>Spilogale interrupta</i>	USA			1 – 29	1 – 6	1
<i>Canis familiaris dingo</i>	Rakúsko				8 – 10	
<i>Canis latrans</i>	USA	4 – 53		4	3 – 9	4 – 40
<i>Canis lupus</i>	URSS, Európa	2 – 6	36	7	18	2 – 96
<i>Vulpes vulpes</i>	Európa, Pakistan	3 – 64	2 – 12		5 – 23	1 – 50
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	USA	19	9 – 18	38	3 – 7	1
<i>Nyctereutes procyonoides</i>	Európa			63		
<i>Ursus americanus</i>	USA			8 – 13		5 – 13
<i>Hyaena brunnea</i>	Južná Afrika	36				6

V meste je jedného typu potravy menej, iného naopak viac. Experimentálne stanovenie dostupnej potravy pre ten-ktorý druh je možné odvodiť z **teórie optimalizácie hľadania potravy**. Tento model behaviorálnej teórie predpovedá, ako sa budú živočíchy správať pri hľadaní potravy. Ziskom pre jedinca je energia z prijatej potravy (kvalita a kvantita) a stratou je energia a čas vynaložená na jej hľadanie (s tým spojený risk predácie, ktorý môže byť vyšší/nížší v meste ako na vidieku či v prírodnej krajine). Pre maximalizáciu svojej fitness si jedinec vytvorí stratégiu hľadania potravy s čo najväčším ziskom a najnižšou stratou. Napríklad jedince veverice sivej (*Sciurus carolinensis*) v mestách vo Virgínii (USA) majú limitovanejšie zdroje potravy alebo sú menej citlivé na riziko predácie ako jedince obývajúce relatívne nerušené lesy bohaté na zdroje potravy.

Potravinový odpad je akékoľvek jedlo a nejedlá časť potravín, ktoré boli odstránené z potravinového dodávateľského reťazca, a ktoré sa majú znehodnotiť alebo zneškodniť (kompostovanie, anaeróbne kvasenie, výroba bioenergie, spaľovanie, likvidácia do kanalizácie, skládkovanie, vyhodenie do mora a pod.) (definícia FAO). Potravinový odpad predstavuje výrazný voľný a novodobý zdroj potravy v ľuďmi ovplyvnených habitatoch. Vo vidieckych a priemyselných oblastiach predstavujú potravinový odpad najmä zvyšky výroby produktov. V mestských oblastiach sú to najmä odpady z domácností v podobe potravín. Jednotlivé krajiny s iným životným štandardom sa môžu výrazne líšiť v množstve vyprodukovaného odpadu na človeka (Obr. 18).

Ľudské potraviny obsahujú výrazne vyššie percentá cukrov a olejov ako potrava bežne dostupná v prírode (alebo aj ako ľudská potrava pred polstoročím). Konzumácia ľudského odpadu má na živočíchy najmä fyziologický dopad, hlavne v súvislosti s metabolizmom cukrov a tukov. Napr. medvedíky čistotné (*Procyon lotor*) v mestskom prostredí majú vyššiu hmotnosť a zvýšenú hladinu glukózy v krvi (hyperglykémia), dokonca bol u jednotlivcov pozorovaný zlý stav ústnej dutiny. V populáciách paviána babuína (*Papio cynocephalus*) v mestách bola taktiež zistená vyššia hmotnosť, zvýšená hladina glukózy a leptínu, čo je hormón spojený s metabolizmom tukov a energetickou bilanciou.

Na Floride testovali vplyv zvyškov ľudskej potravy (proteínov) na rozmnožovanie sa kapuciarky modrohlavej (*Aphelocoma coerulescens*) v suburbánnom a prirodzenom habitate. Samice žijúce v suburbánnom prostredí mali vyššiu úroveň proteínov v plazme, čo môže byť využité na skoršie hniezdenie (Schoech & Bowman 2003).



Obr. 18. Množstvo potravinového odpadu (v kg) vyprodukovaného na osobu obyvateľmi členských štátov Európskej Únie, podľa odhadov z r. 2010. Prevzaté z: European Parliament News (2017).

Využívanie ľudských potravinových odpadov ako potravného zdroja môže u živočíchov ovplyvniť kondíciu, imunitný systém či náchylnosť k ochoreniam a parazitom. Vrodené imunitné reakcie, ako je prirodzená imunita, sú ovplyvniteľné dostupnosťou prirodzenej potravy (energie). Vo všeobecnosti, živočíchy v lepšej kondícii (s dostatkom vyváženej stravy) by mali mať vyššiu prirodzenú imunitu, ako zvieratá žijúce na ľudskom odpade.

Potravinový odpad v mestách nahrádza interakciu predátor-korist', mení priestorovú distribúciu druhov, ich správanie sa (aj cirkadiánnny rytmus), znižuje plachosť a únikovú vzdialenosť.

V poslednom storočí došlo k veľkému rozvoju ako cestnej siete, tak automobilového priemyslu. Aj preto sú kolízie áut so zvieratami častejšie a ich kadávery pri cestách predstavujú voľnú biomasu ako potravný zdroj pre **nekrofágne druhy**. Obligatórna nekrofágia, plné naviazanie druhu na zdochliny ako na potravný zdroj, nie je tak častá ako fakultatívna. Viacero druhov príležitostne skonzumuje kadávery ako výhodný zdroj energie (potravní generalisti). Práve tieto druhy môžu byť silne ovplyvnené dostupnosťou úhynov na cestách (antropický zdroj potravy). Nekrofágia cestných úhynov predstavuje hygienickú službu pre človeka, pritom ale sťažuje odhady počtu pre živočíchy smrteľných nehôd na cestách. Rýchlosť odstránenia zdochliny z cesty závisí na jej veľkosti, okolitom habitate, období dňa, dodatkovom umelom osvetlení, umiestnení zdochliny na ceste, intenzite dopravy či prítomnosti lokálnych nekrofágnych druhov (viď aj kap. 2.8).

Rôzne aspekty imunity u mačiek súvisia s kŕmením. Túlavé mačky, ktoré sa z väčšej časti živili ľuďmi poskytovanou potravou, mali vyššiu prirodzenú (neadaptívnu, vrodenú) imunitu ale výrazne nižšiu antigénovú (špecifickú, adaptívnu, získanú) imunitu v porovnaní s túlavými mačkami, ktoré sa neživili ľudskými potravinami. Počet eozinofilov, ktoré slúžia v boji proti mnohobunkovým parazitom (Helminty aj ektoparazity), bol nižší u túlavých mačiek, ktoré ľudia dokrmovali. Poskytovanie potravy umožňuje mačkám stráviť menej času a energie hľadaním alebo súperením o potravné zdroje a investovať ju do prirodzenej imunity. Neprikrmované túlavé mačky sa častejšie živia odpadom, ktorý nie je dobre mikronutrične vyvážený a nedostatok niektorých vitamínov a minerálov u nich vedie k nižšej prirodzenej imunitnej odpovedi. Nízka hodnota antigénov u ľuďmi prikrmovaných mačiek môže odrážať ich nižšiu frekvenciu vystavenia patogénom (Hwang et al. 2018).

V Anglicku pri výskume úhynov živočíchov na cestách zaznamenali 7 nekrofágnych stavovcov: čajky (*Larus* spp.), vranu čiernu (*Corvus corone*), straku obyčajnú (*Pica pica*), mačku (*Felis catus*), psa (*Canis lupus*), líšku hrdzavú (*Vulpes vulpes*). Obhrýzanie úhynu pri ceste bolo zaznamenané aj u ryšavky krovinnej (*Apodemus sylvaticus*) a potkana hnedého (*Rattus norvegicus*.) Najčastejšie dohľadali zdochlinu krkavcovité (Corvidae) (v 47 % prípadov). Pravdepodobnosť, že bude cestný úhyn odstránený jedným či druhým fakultatívnym nekrofágom je pritom závislá najmä od okolitého habitatu: čajky v obývanej oblasti, krkavcovité v oblastiach parkov v Anglicku. Líšky a mačky vyhľadávali zdochliny iba noci. Väčšina zdochlín (76 %) bola pritom odstránená do 12 hodín a to hlavne v čase svitania a potom na súmraku. Tento fakt korešponduje s vyššou rannou mortalitou cicavcov a večernou mortalitou diurnálnych vtákov (Schwartz et al. 2018).

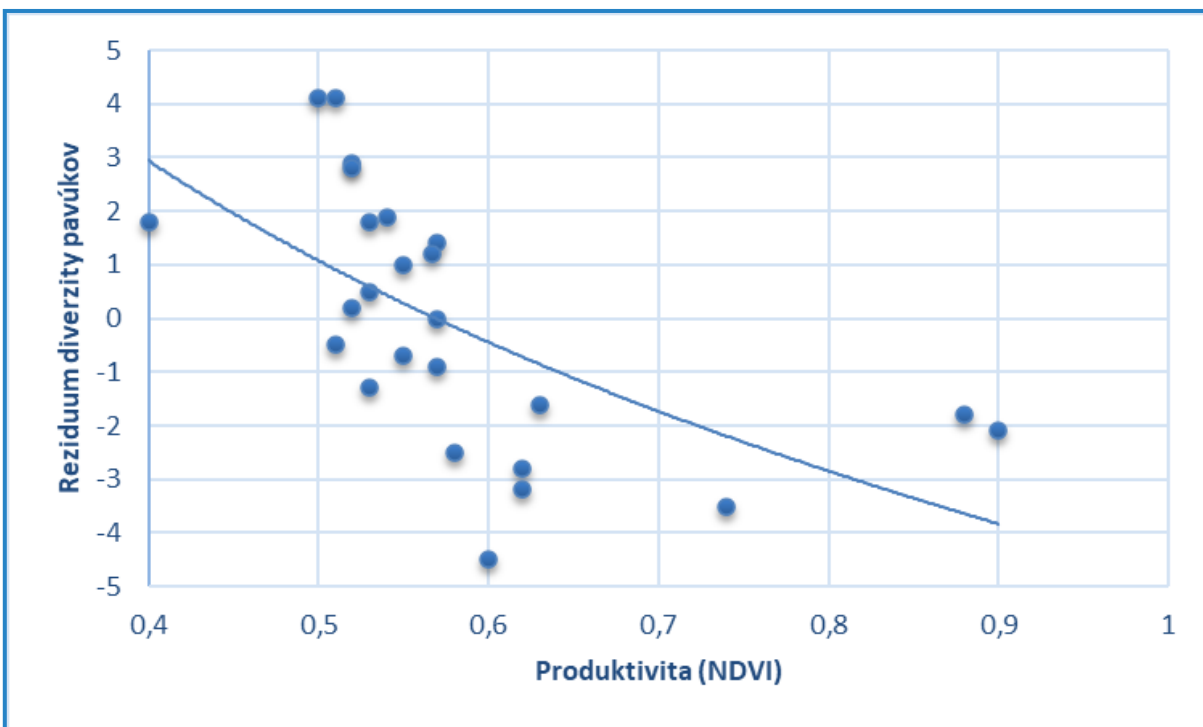
Hoci **produktivita habitatu** môže podporovať vysokú hustotu populácií, v skutočnosti je často druhová diverzita nižšia, v porovnaní so stredne produktívnymi prirodzenými habitatmi. Produktivita mestského prostredia je preto jeden z dôležitých faktorov, ovplyvňujúcich biotu. Ľudskou činnosťou zvýšená produktivita niektorých habitatov (hnojením, zavlažovaním) môže byť významný dôvodom znižovania diverzity a zvyšovania abundancie niektorých druhov.

„**Fauna mesta**“ je, podobne ako mestská flóra, mozaikou druhov rôzneho pôvodu. Z hľadiska potravného reťazca predstavujú potravnú ponuku pre ďalšie živočíchy. V mestách je vysoký podiel dravcov, parazitoidov a parazitov, ich individuálny počet môže byť mimoriadne vysoký (Obr. 19).

Zaujímavú zložku potravnnej ponuky v meste tvoria hniezda vtákov (holub skalný (*Columba livia*), lastovičkovité (Hirundinidae), či hniezda blanokrídlcov (Hymenoptera)) alebo aj domáce zvieratá. „Naši miláčikovia“ v mestách produkujú fekálie, ktoré slúžia ako substrát pre vývin niektorých článkonožcov.

Vzhľadom na nedostatok detritu (väčšinou chýba humusová vrstva), žije v mestách málo typických pôdných živočíchov. Potravinový odpad je ale veľký, čo umožňuje bohatý vývin škodcov, ale i indiferentných druhov, napr. z čeľadi moľovitých (Tineidae), sršňovitých (Vespidae) a pod.

O mestských **potravných sieťach** je málo poznatkov. Vo veľkom množstve sa v mestách vyskytujú i niektoré predátory – napr. lienkovité (Coccinellidae) a ich parazitoidy. V podstate sú potravné siete podobné ako v prírode.



Obr. 19. Vzťah medzi diverzitou pavúkov a produktivitou habitatu na 26 lokalitách v meste Fénix (Arizona). NDVI označuje normalizovaný rozdiel vegetačného indexu. Prevzaté z: Shochat et al. (2004).

Použité zdroje:

- Blair R.B. 2001. Birds and butterflies along urban gradients in two ecoregions of the United States: is urbanization creating a homogeneous fauna?. In Biotic homogenization. Springer, Boston, MA. 33-56 pp.
- Bowers M.A. & Breland B. 1996. Foraging of gray squirrels on an urban-rural gradient: use of the GUD to assess anthropogenic impact. *Ecological Applications* 6(4): 1135-1142.
- Chejanovski Z.A., Avilés-Rodríguez K.J., Lapiedra O., Preisser E.L. & Kolbe J.J. 2017. An experimental evaluation of foraging decisions in urban and natural forest populations of *Anolis lizards*. *Urban Ecosystems* 20: 1011-1018.
- European Parliament News. 2017. <http://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20170505STO73528/food-waste-the-problem-in-the-eu-in-numbers-infographic>
- Fedriani J.M., Fuller T.K. & Sauvajot R.M. 2001. Does availability of anthropogenic food enhance densities of omnivorous mammals? An example with coyotes in southern California. *Ecography* 24(3): 325-331.
- Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction. 2015. <https://www.fao.org/3/i4068e/i4068e.pdf>
- Hwang J., Kim Y., Lee S.W., Kim N.Y., Chun M.S., Lee H. & Gottdenker N. 2018. Anthropogenic food provisioning and immune phenotype: Association among supplemental food, body condition, and immunological parameters in urban environments. *Ecology and evolution* 8(5): 3037-3046.
- Shochat E., Stefanov W.L., Whitehouse M.E.A. & Faeth S.H. 2004. Urbanization and spider diversity: influences of human modification of habitat structure and productivity. *Ecological Applications* 14(1): 268-280.
- Schoech S.J. & Bowman R. 2003. Does differential access to protein influence differences in timing of breeding of Florida scrub-jays (*Aphelocoma coerulescens*) in suburban and wildland habitats?. *The Auk* 120(4): 1114-1127.
- Schwartz A.L., Williams H.F., Chadwick E., Thomas R.J. & Perkins S.E. 2018. Roadkill scavenging behaviour in an urban environment. *Journal of Urban Ecology* 4(1): juy006.

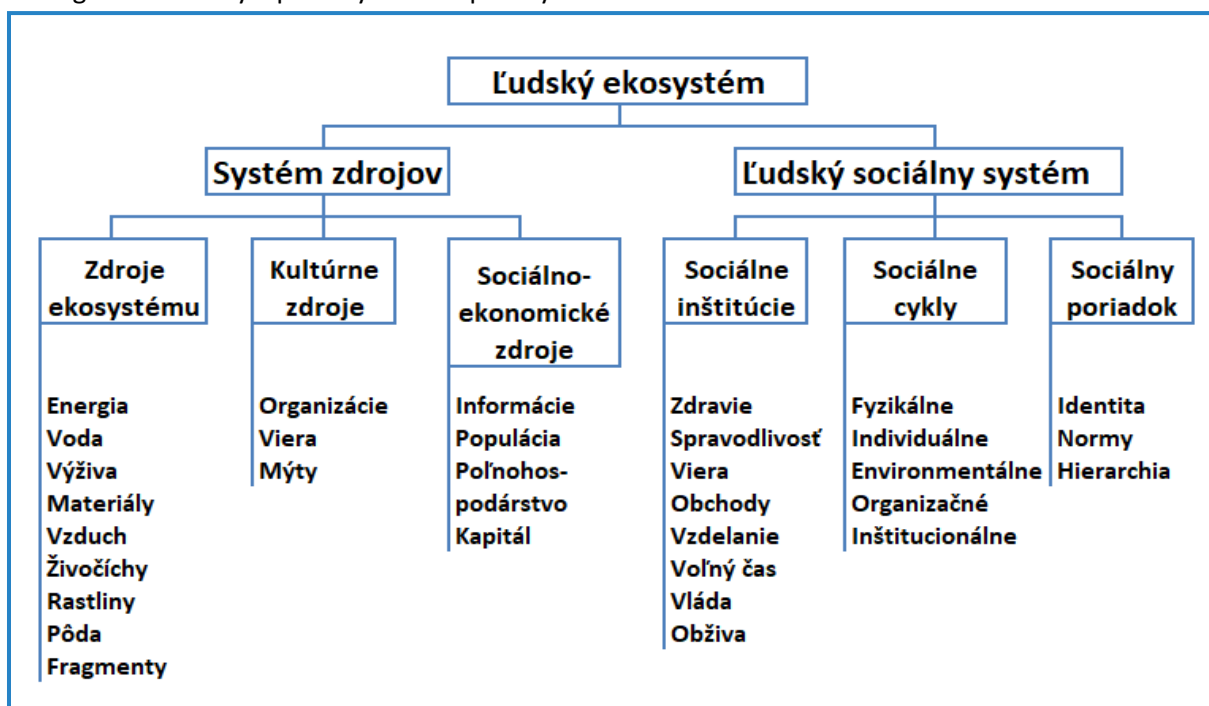
2.7 Špecifická priestorová ponuka mesta

Mesto predstavuje mozaiku habitatov charakterizovanú vysokou heterogenitou. Biotické komponenty silno závisia od štruktúry mesta a od spôsobu využívania plôch. Rôzne typy habitatov sú často jedinečné pre dané mesto a podľa rôznych kritérií bývajú rôzne kategorizované. Aj tento fakt výrazne sťažuje možnosť porovnávania výsledkov štúdií bioty miest.

Ponuka životného priestoru v mestách je ovplyvnená najrôznejšími podmienkami, z ktorých niektoré sú podobné nenarušenej prírode, no iné sú špecifické. Mesto predstavuje **mozaiku rôznych habitatov**, ktoré tvoria nespojitú až ostrovnú priestorovú ponuku pre život (viac v kap. 1.3, 3, 4).

Veľké mesto z historického hľadiska predstavuje nestále konečné štádium rozvoja osídlenia. Pôdy, klíma, rastlinstvo, ponuka potravy a prítomnosť špecifických štrukturálnych fragmentov v jednotlivých častiach mesta sú viac-menej rôzne, čo vedie k vytvoreniu špecifických zoocenóz.

Ak sú ľudia započítaní ako súčasť ekosystémov mesta, je nutné špecifikovať typy štruktúr a procesov, ktorými ľudia prispievajú do ekosystému (Obr. 20). Zahŕňa to nielen infraštruktúru a stavby, ale aj sociálne štruktúry (kultúrne črty, inštitúcie, sociálne siete), čo predstavuje štúdium mimo bežného zamerania súčasnej ekológie. Ľudský ekosystém pozostáva zo systému zdrojov a z ľudského sociálneho systému. Medzi zdroje patria fyzikálne a biologické faktory, ako napr. energia, potrava, pôda, materiály, ale aj kultúrne zdroje, ako viera či organizácie, a socio-ekonomické zdroje ako práca či informácie. Do ľudského sociálneho systému radíme sociálne inštitúcie (zabezpečujúce zdravie, vieru, vzdelanie, stravovanie), sociálny poriadok (formy správania, hierarchia, sociálna identita) a sociálne zmeny (prostredia, organizácií). Členovia spoločnosti sú zatriedení podľa bohatstva, moci, postavenia, znalosti či kontroly nad územím. Štúdium ľudského ekosystému je teda výrazne multidisciplinárna práca a väčšina ekologických výskumov v meste ho redukuje na hustotu obyvateľstva či zástavby. Pre komplexný výskum urbánneho prostredia je ale potrebné vedieť, aké druhy sociálnych štruktúr a obmedzení vedú ľudí pri rozhodovaní, ktoré ovplyvňuje ekologické štruktúry a procesy v metropolitných oblastiach.



Obr. 20. Rámce štúdií mestského ekosystému. Prevzaté z: Pickett et al. (2009).

Ekologické, sociálne a ekonomické faktory ovplyvňujú, ako budú mestá rásť a meniť sa v čase. Rovnaké faktory tvarujú štruktúry a rozloženie miest a ich tvar v prostredí. Aplikovaní ekológovia využívajú niekoľko typov klasifikácií miest na základe ekologických charakteristík. Luniak et al. (1990) klasifikovali mestá strednej a východnej Európy na základe vegetačnej zóny a prítomnosti či neprítomnosti morského pobrežia alebo veľkej rieky. Harris & Raynor (1986) rozdelili britské mestá podľa známej histórie ich rozvoja. Sanders (1984) klasifikoval metropolitné oblasti USA pomocou kombinácie potenciálnej prirodzenej vegetácie a obdobia maximálneho mestského rastu.

Terestriálne mestské habitaty ako také

Predstavujú ich habitaty v meste, ktoré sú najčastejšie zmesou pozostatkov pôvodne vidieckeho prostredia alebo analógie polo-prirodzených habitatov. Fragmenty pôvodnej zelene či solitérne stromy môžu byť postupne obšahané a prípadne obohatené o nové druhy z flóry aj fauny.

Živočíchy osídľujúce hemerochórne rastliny (šírené pôsobením človeka). Pre mestskú flóru je charakteristické vysoký podiel hemerochórov.

Lesoparky a parky sú v zastavanej oblasti cenené hlavne z estetického hľadiska. Ich veľkosť je limitovaná a často sa vyvíjajú z náletovej vegetácie na pôvodne ruderalných stanovištiach. Druhy drevín v mestách sú často cudzokrajného pôvodu, hlavne aleje a mestské parky.

Lesoparky predstavujú polo-prirodzené pozostatky lokálnych lesov v meste, rastúcich na nenarušených pôdach. Sú dôležité najmä pre drobné cicavce. Ktorých hustota populácií môže byť vyššia ako vo vidieckych oblastiach. V Európskych podmienkach sú to najmä lesné druhy, ako ryšavka krovinná (*Apodemus sylvaticus*) a hrdziak lesný (*Clethrionomys glareolus*). Polo-prirodzené lesoparky môžu poskytovať vhodné prostredie aj pre väčšie druhy, ako napr. jazvec lesný (*Meles meles*), medvedík čistotný (*Procyon lotor*), kuna skalná (*Martes foina*), líška červenosivá (*Urocyon cinereoargenteus*), líška hrdzavá (*Vulpes vulpes*). Staršie stromy umožňujú hniezdenie viacerých druhov vtákov, ako havran čierny (*Corvus frugilegus*), sojka obyčajná (*Garrulus glandarius*), holub hrivnák (*Columba palumbus*), či sova obyčajná (*Strix aluco*) a množstvo druhov spevavcov. Odumreté a bŕtlivé stromy poskytujú úkryty pre rôzne chrobáky, motýle a niektoré blanokřídlavce (Hymenoptera), ako sú samotárske osičky.

Parky sa líšia rôznym stupňom manažmentu ich údržby, čo silne ovplyvňuje výskyt rastlín a živočíchov. Veľa druhov živočíchov sa vďaka parkom vyskytuje aj v centre mesta, napr. veverica obyčajná (*Sciurus vulgaris*), veverica sivá (*Sciurus carolinensis*). Napriek tomu v parkovej zeleni v centre mesta zvyčajne žije menej druhov ako v okrajových častiach mesta.

Do parkov a/alebo lesoparkov boli najmä v minulosti dovážané okrasné druhy zvierat, ako sú rôzne druhy „vysokej zveri“ napr. srnček čínsky (*Hydropotes inermis*), mundžak malý (*Muntiacus reevesi*), jeleň lesný (*Cervus elaphus*), srnec hôrny (*Capreolus capreolus*), ktoré sa takto dostali do parkov po celom svete, žiaľ aj so svojimi parazitmi. Na Slovensko boli introdukované jeleň sika (*Cervus nippon*), daniel lesný (*Dama dama*), či muflón lesný (*Ovis musimon*).

Stromy v meste ovplyvňujú mikroklimu (transpiráciou, zatienením), pričom opadavé stromy ochladzujú prostredie lepšie než ihličnaté. Pri zrážkach stromy zadržia časť vody, ktorá by inak bola odvedená kanalizáciou. Redukujú znečistenie vzduchu najmä usadzovaním tuhých častíc na listoch a kôre, ktoré sú pri zrážkach zmyté do pôdy. V mestskom prostredí opadavé stromy znižujú spad prachu o 27 % a zachytávajú 9 % suspendovaných častíc v ovzduší. Ihličnaté stromy sú ešte efektívnejšie, redukujú spad prachu o 38 % a zachytávajú až 13 % častíc. Ďalšie polutanty ako sú oxidy dusíka, síry a uhlíka, ozón a halogény sú tiež zachytávané stromami. Znižujú tiež znečistenie hlukom, hlavne stálezelené druhy sú efektívne celoročne. **Stromy v meste** čelia väčšiemu stresu ako na

vidieku. Najčastejšie majú nedostatok pôdy pri koreňoch, iná vegetácia im konkuruje v boji o živiny, zrážková voda je odvádzaná do kanalizácie bez možnosti vsakovať do pôdy, okolité budovy ich zatieňujú, čelia vandalizmu a nešetrným orezom, toxínom a nečistotám vo všetkých skupenstvách a zasoľovaniu pôdy najmä pri cestách.

V priestore **záhrad** sú vysadené nepôvodné druhy okrasných a úžitkových rastlín, ktoré ale tiež môžu predstavovať zdroj potravy alebo úkryt pre bezstavovce aj stavovce (ježe *Erinaceus* spp., jazvec lesný *Meles meles*). Niektoré exotické a okrasné druhy rastlín (mahónia cezminolistá (*Mahonia aquifolium*), jarabina vtáčia (*Sorbus aucuparia*), hloh obyčajný (*Crataegus laevigata*)) poskytujú potravu živočíchom aj v zime. Na živočíchy v záhradách sa často pozerá z výrazne antropocentrického uhla, ako na škodcov (sem sa často radia najmä slizniaky, slimáky, húsenice motýľov, hlodavce, krty) alebo prospešné druhy (opeľovače, predátory ako sú pavúky, kosce a drobčíkovité (Staphylinidae)).

Na cintoríne v Košiciach štúdia odhalila rozdiely v hustote hniezdnej populácie niekoľkých druhov vtákov za obdobe 33 rokov. Dôvodom bolo pravdepodobne zmena výšky a hustoty vegetácie, urbanizačný tlak a konkurencia o potravu a hniezdne príležitosti. Pozorovaný tu bol aj výskyt chrčka poľného (*Cricetus cricetus*) (Čanády & Mošanský 2017).

Ihriská a trávnaté plochy v meste predstavujú plochy umelo udržiavané intenzívnym (až extrémnym) manažmentom. Ide hlavne o častú kosbu tráv na požadovanú dĺžku a odstraňovanie biomasy. Dreviny, ak vôbec, sa nachádzajú po obvodě ihrísk, v dôsledku čoho dochádza k prehrievaniu a presušaniu trávniku. Priestor kultivovaných trávnatých plôch zaťažených ľudskou aktivitou, preto vyhovuje najmä teplomilným druhom. Trávnaté plochy s minimálnym zásahom ale často vyhovujú aj vzácnym druhom orchideí, motýľov či netopierov.

Cintoríny v mestách môžu mať charakter plne udržiavaných priestranstiev alebo aj ruderalov. Zvyčajne sú/boli cintoríny zakladané na lúkach, čomu zodpovedá ich vegetácia. Dominujú pôvodné druhy rastlín obohatené o exotické druhy ihličnanov. V porovnaní s inými zelenými časťami mesta sú cintoríny pomerne málo narúšané a navštevované, preto tu nachádzajú vhodné podmienky aj plachejšie alebo na priestor náročnejšie druhy, nielen drobné cicavce. Na cintorínoch, a aj v niektorých parkoch, sa nachádzajú dostatočne staré stromy s často pomerne veľkým počtom dutín, vhodných na hniezdenie aj pre väčšie druhy vtákov, ako sú napr. sovy. Náhrobné kamene sú vhodným prostredím na rast lišajníkov a padnuté pomníky poskytujú úkryt pre niektoré druhy plazov (slepúch lámavý (*Anguis fragilis*), jašterica živorodá (*Zootoca vivipara*)).

Rumoviská predstavujú priestor, ktorý je postupne osídľovaný biotou v procese sekundárnej sukcesie. Podklad tvoria najmä pozostatky stavebného materiálu a organického materiálu je zvyčajne málo. Praskliny v materiáloch spôsobujú rýchle preschnutie, alebo v prípade nepriepustných povrchov sa naopak voda akumuluje na povrchu. Prostredie postupne kolonizujú pionierske druhy typické rýchlym životným cyklom a veľkou toleranciou voči výkyvom faktorov prostredia. Nasledujú jednoročné rastliny a náletové dreviny, najčastejšie anemochórne druhy. Zo živočíchov sa na rumoviskách vyskytujú najmä druhy, ktoré sú viazané na dostupnú vegetáciu a ich predátory, alebo pohyblivé druhy, ktoré si vyhľadávajú potravu v okolitom habitate a rumovisko im poskytuje úkryt.

Priemyselné smetiská a haldy sa vyznačujú najmä cudzorodými prímiesami substrátu (viď kap. 2.4). Odpadmi zaťažené prostredie poskytuje špecifické podmienky, typické a jedinečné pre každú lokalitu. Flóra a fauna, ktorá obsadí tak silne zaťažený priestor, sa buď vyznačuje veľkou potenciou alebo sa jedná o extrémofilov (druhy preferujúce extrémne podmienky niektorého faktora). Často sa na skládkach vyskytujú vzácne druhy, pretože prirodzených habitatov tohto typu je málo (ako slaniská, xerotopy, pôdy s extrémnymi hodnotami pH a pod.). Povrchové **lomý a haldy** z baní sú

pomaly kolonizované z okolitých habitatov a ak nedošlo k ich sanácii, prebieha postupne primárna sukcesia. Vegetácia sa odvíja najmä od typu horniny, tvoriacej podklad, od spôsobu ťažby, ktorý bol použitý a od veku a veľkosti lomu.

Smetiská komunálneho odpadu, ako povrchové skládky odpadu z domácností, sú kolonizované druhmi so širokou toleranciou. Najmä vznik tepla a metánu, rozkladom organických zvyškov mikroorganizmami, vytvára toxické podmienky. Potravinový odpad predstavuje zdroj potravy pre veľa druhov živočíchov (kap. 2.6). Teplo produkované rozkladom umožňuje prežívanie teplomilných druhov mimo ich bežného rozšírenia. Kolonizácia smetísk sa začína druhmi, ktoré sa živia rozkladajúcim sa organickým materiálom, ako sú niektoré riasy a huby (rody *Nostoc* a *Oscillatoria*, huby *Coprinus bisporus*, *Dacrymyces deliquescens* a pod.). Nasledujú jednoročné druhy tráv a bylín. Po nejakom čase sa na smetisku vyvinie bohatá pôdna fauna podieľajúca sa na vzniku pôdy.

Skládka Piesky (Staré Hory) je historická skládka s vysokým obsahom kovov, najmä medi (medzi 933 až 1485 mg/kg). V minulosti sa na Starých Horách ťažilo striebro, potom v šestnástom storočí meď a od sedemnásteho storočia baníctvo začalo postupne upadať až bola začiatkom 20. storočia ťažba zastavená. Skládka Piesky je svahovitá, s celkovou dĺžkou svahu 730 m. Odhadovaný objem skládky je 267 967 m³. Najčastejšie sa vyskytujúce rastlinami sú tu *Acetosella vulgaris*, *Agrostis capillaris*, *A. stolonifera*, *Arabidopsis arenosa* a *Festuca rubra*. Celkovo sa na skládke vytvorilo niekoľko typov habitatov: počiatkové sukcesné štádiá, lúčne a lesné spoločenstvá a mokrade (Turisová et al. 2016). Ďalšou známou skládkou na Slovensku je Špania Dolina, jedna z najdôležitejších oblastí ťažby medi v stredoveku. Hodnoty pH 5.57 – 7.19 a Eh -58 – 45 ovplyvňujú koncentráciu a mobilitu ťažkých kovov (hlavne Cu, Zn, Co, As). Z metalofytov sa vyskytujú *Agrostis stolonifera*, *Arabidopsis arenosa*, *Arrhenatherum elatius*, *Festuca rubra*, *Fragaria vesca* a *Rubus idaeus* (Turisová et al. 2014). Na ôsmych legálnych a nelegálnych skládkach komunálneho a stavebného odpadu v okrese Prešove boli sledované druhy epigeických chrobákov. Dominantné boli dve skupiny Carabidae, a to: malé euryekné lietavé druhy, ktoré sú typické pre suché otvorené biotopy bez zatienenia; a stenoekné špecializované druhy, preferujúce holé pôdy, roztrúsenú stromovú a kríkovú vegetáciu a nižšiu mieru antropického narušania (v porovnaní s okolitou poľnohospodárskou pôdou). Na skládkach boli zaznamenané zriedkavé a vzácne druhy ako *Abax schueppeli rendschmidtii* (druh zmiešaných lesov), *Bembidion inoptatum* (preferuje vlhké biotopy), *Ophonus parallelus* (vápenaté pôdy), *Dicheirotichus rufithorax* (suché piesčité biotopy). Skládky môžu tvoriť hotspoty diverzity v porovnaní s okolitou poľnohospodárskou pôdou, kde dominovali euryekné makropterné chrobáky nestabilných antropogénnych biotopov (Baranová et al. 2015).

Cesty

Cestná sieť je výraznou zložkou rozvinutých krajín, vyskytuje sa ako v mestských oblastiach, tak na odľahlých miestach krajiny. Samotné cesty, ale aj doprava na nich, majú ekologický a biologický dopad na prostredie, a to nielen na okolité biotopy, ale aj biotu v značnej vzdialenosti. Cesty spôsobujú stratu a fragmentáciu biotopov, znečisťovanie prostredia (vzduchu, vody, vegetácie, vody) chemikáliami, prachom a hlukom (kap. 2.2). Na cestách dochádza k úhynom živočíchov (viď kap. 2.8), vytvárajú bariéry pre ich voľný pohyb. Mesto predstavuje extrémny prípad zahustenej cestnej siete, ktorej dopad na urbánne prostredie je závažnejší, v porovnaní s výrazne redšou cestnou sieťou na vidieku.

Dopad ciest na prostredie je závislý od viacerých faktorov, ako je okolitá vegetácia, geomorfologická pozícia, či cestná trieda. Cesty sú klasifikované podľa 3 kritérií:

1. veľkosť miest, ktoré cesta prepája;
2. intenzita dopravy na ceste a vzdialenosť, na ktorú ľudia cestujú danou cestou;
3. umiestnenie cesty (v meste alebo na vidieku).

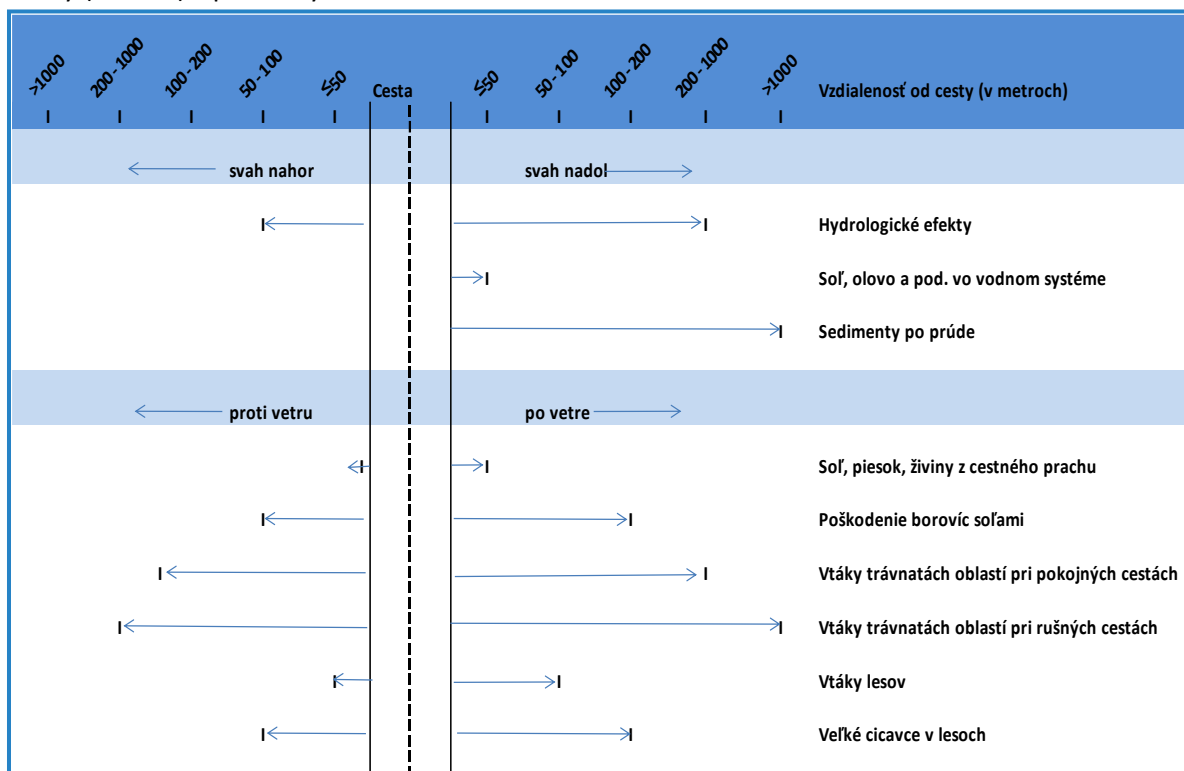
Cesty pôsobia ako bariéry migrácií či voľného pohybu živočíchov. Bariérový efekt je determinovaný najmä šírkou cesty a hustotou dopravy. Napr. pre chrobáky (Coleoptera) a pavúky rodu *Lycosa* predstavuje problém prekročenie cesty širšej ako 2,5 m. Širšie cesty predstavujú bariéru

aj pre drobné cicavce. Pravdepodobnosť, že drobné cicavce prejdú 6 – 15 m širokú cestu je menšia ako 10 %. V mokradných oblastiach predstavuje snaha menej vagilných stavovcov (plazy a obojživelníky) enormný faktor mortality (viď kap. 2.8).

Vegetácia okolo cesty je tvorená viac-menej intenzívne manažovaným pásom, v ktorom zvyčajne dominujú bylinné druhy. Rastliny na okrajoch ciest rastú rýchlejšie vzhľadom na dostatok svetla a vlhkosti z cestnej drenáže. Manažment zahŕňa pravidelnú kosbu, čo môže udržiavať rozmanité spoločenstvá pôvodných stepných druhov rastlín aj v oblastiach intenzívneho poľnohospodárstva, spomaľuje rozširovanie drevín a priťahuje alebo naopak odpudzuje živočíchy. Rôzne skupiny druhov môžu na kosbu reagovať rôzne. Kosba dvakrát ročne (mimo obdobia párenia) zvyšuje druhovú diverzitu drobných cicavcov, obojživelníkov a hmyzu (najmä lúčnych druhov motýľov (Lepidoptera)). Zriedkavá kosba (raz za 3 – 5 rokov) zvyšuje diverzitu vtáčích druhov.

Okraje ciest iba zriedka obsahujú vzácne druhy, ale je tu vysoká druhová rozmanitosť rastlín, ktoré sú tolerantné voči umelým zásahom do prostredia. Práve kosbou a odstraňovaním sena sa pri cestách umelo udržiava lúčne spoločenstvo, čím sa zvyšuje biologická diverzita, najmä silne poľnohospodársky využívaných oblastí. Rastlinné druhy, rozmnožujúce sa semenami, a živočíchy na ne viazané či tiež šírené vetrom, sa rýchlejšie šíria pozdĺž ciest. Sú zanesené dopravou na väčšie vzdialenosti, čo žiaľ, často podporuje aj šírenie nepôvodných druhov. Z nich pozdĺž ciest nachádzajú vhodné prostredie aj exotické druhy rastlín a živočíchov preferujúce suché stanovišťa s častým narušením, alebo naopak vlhkomilné druhy (obr. 21) v prícestných kanáloch.

V USA až pätina plochy krajiny je priamo ovplyvnená cestami a dopravou. Okolo 70 % všetkých ciest sú lokálne, a približne 80 % zo všetkých ciest sa vyznačuje nízkou dopravou (menej ako 400 dopravných prostriedkov za deň). Takmer 60 % ciest v USA je spevnených (Forman et al. 2000, Forman et al. 2003).



Obr. 21. Efekt okraja cesty definovaný jednotlivými ekologickými efektmi na oboch stranách cesty. Vzdialenosti sú založené na ilustračných štúdiách. Prevzaté z: Forman et al. (1997).

V prípade menej intenzívneho manažmentu okrajov ciest, dochádza často k ich zarasteniu krami a stromami. Dreviny pri cestách redukujú pôdnu eróziu, zabraňujú akumulácii snehu, zvyšujú biodiverzitu a redukujú svetelné znečistenie.

Pri globálnom pohľade, cesty sa navzájom spájajú a tým predstavujú prístenné habitaty zaujímavý prepojený priestor v krajine. Živočíchy sa len zriedka pohybujú pozdĺž ciest, najčastejšie len v snahe nájsť vhodné miesto k jej prekročeniu. Niektoré druhy šeliem, dravcov a sov lovia na trávnatých okrajoch ciest v poľnohospodárskej krajine malé cicavce a plazy, ktoré sa tu vyznačujú väčšou početnosťou. Nekrofágy sa častejšie zdržujú pri cestách kvôli kadáverom. Migrujúce vtáky tiež môžu využívať cesty ako orientačné body.

Exhaláty z dopravy ovplyvňujú vegetáciu do vzdialenosti 100 až 200 m od diaľnice. Oxidy dusíka vo vyšších koncentráciách nemusia byť vhodné pre niektoré druhy rastlín, ale u iných môžu stimulovať tvorbu aminokyselín a tým rast rastlín. Zvýšené hodnoty oxidu siričitého pôsobia škodlivo, ale najznečisťujúcejšie pôsobilo hlavne v minulosti olovo. Redukuje rast koreňovej sústavy a výhonkov a môže ovplyvniť minerálnu výživu, dýchanie a fotosyntézu. Vo Švédsku zaznamenali pozdĺž ciest vážnu stratu ihličia a redukciu jemných koreňov nórskych smrekov vplyvom kadmia a olova z dopravy. Fyziologický stres u niektorých druhov rastlín ich robí náchylnejšími na napadnutie škodcami. Napr. vo Švajčiarsku zaznamenali, že vošky (Aphidoidea) častejšie atakujú stromy pozdĺž ciest. Zatiaľ čo teda exhaláty „vyhovujú“ nepriamym spôsobom niektorým druhom hmyzu, u iných skupín môže dôjsť k zníženiu druhovej bohatosti. Ťažké kovy, absorbované rastlinami, sa akumulujú v telách fytofágnych druhov hmyzu (ako sú motýle (Lepidoptera) či chrobáky (Coleoptera)) a dostávajú sa ďalej do potravného reťazca.

Železnice pre svoje fungovanie nevyžadujú tak intenzívny manažment okolitej vegetácie ako cesty. Násypy železnice sú najčastejšie z prírodného materiálu, ktorý je príležitostne ošetrovaný herbicídmi. Niektoré druhy rastlín sa intenzívne šíria pozdĺž tratí, ako kyprina úzkolistá (*Chamaenerion angustifolium*) v Británii, ambrózia palinolistá (*Ambrosia artemisiifolia*), pajaseň žliazkatý (*Ailanthus altissima*), či iné invázne rastliny na Slovensku. Pre živočíchy tvorí železničná trať bariéru, rovnako ako cesty (kap. 2.8).

Chodníky sú kolonizované rastlinami, ktoré sú odolné voči viacerým typom stresu: zasoľovaniu, znečisteniu, extrémnym teplotám, zhutneniu pôdy atď. Často sa jedná o druhy rastlín vytvárajúce prízemné listové ružice (ako púpavy *Taraxacum* spp., skorocéle *Plantago* spp.) alebo husté prízemné porasty (ako machy). Vyznačujú sa nízkym vzrastom, kvôli neustálemu zošľapávaniu a často sa jedná o jednoročné rastliny, ktorých semená ľahšie prečkajú zimu, alebo o rastliny s hlbokými koreňmi. V prípade chodníkov pozostávajúcich z jednotlivých kameňov či dlažbových kociek, dochádza ku akumulácii živín a vlhkosti v štrbinách medzi nimi, ktoré môžu poskytovať vhodné podmienky aj pre náročnejšie druhy rastlín. V prípade, že rastliny rastú pri obrubníku alebo pri stene, sú chránené od mnohých stresujúcich vplyvov. Chodníky využívajú aj domestikované psy, mačky, tiež holuby (*Columba* spp.), ktoré zanechávajú moč a trus, čím obohacujú toto chudobné prostredie. Na báze stromov pri chodníkoch vďaka tomu rastú niektoré druhy rias ako druh *Prasiola crispa*, lišajníkov ako lekanora roztrúsená (*Lecanora dispersa*), lekanora zelenkastá (*Lecanora conizaeoides*) a machov ako prútnik chlpatý (*Bryum capillare*).

Stavby

V súvislosti s ľudskými obydliami a inými stavbami je možné použiť nový pojem **vnútorný bióm**. Pojmom bióm je označovaná veľká oblasť zemského povrchu s typickými makroklimatickými podmienkami (hlavne zrážky a teplota), ktoré určujú typ spoločenstiev. Bióm sú napr. púšte, tundra, dažďové lesy. V súvislosti s expandujúcou ľudskou populáciou je už možné hovoriť o novom type

biómu. Vnútorňý (interný, indoor) bióm predstavuje ekologickú oblasť, ktorá zahŕňa druhy, ktoré sa nachádzajú a môžu sa (aj keď nie vždy) reprodukovat' v uzavretých a polo-uzatvorených stavbách. Vnútorňý bióm sa neustále zväčšuje a podľa odhadov zaberá niečo medzi 1,3 % až 6 % nezaľadeného povrchu súše, čo je už porovnateľné s niektorými menšími prírodnými biómami (Obr. 22). Napr. vnútorňý bióm na Manhattane je v súčasnosti trikrát väčší ako geografická rozloha samotného ostrova, vďaka poschodovým budovám.



Obr. 22. Porovnanie relatívnej plochy 13 vonkajších biómov a vnútorného biómu. Prevzaté z: NESCent Working Group on the Evolutionary Biology of the Built Environment (2015).

V zmysle vnútorného biómu uvažujeme najmä o moderných a relatívne veľkých stavbách Európskeho a Severoamerického typu. Priemerne je väčšina domácností teplejšia a suchšia ako okolité prostredie. Tisíce druhov uprednostňuje alebo výlučne preferuje takéto podmienky. V štúdií domácností Severnej Karolíny zistili 8 000 druhov baktérií a archea a viac ako 750 druhov článkonožcov (Arthropoda).

Druhy, ktoré úspešne kolonizovali vnútro budov sa vyznačovali niektorými pre-adaptáciami a následne prešli silnou antropickou selekciou. Napríklad zrnár čierny (*Sitophilus granarius*) sa pôvodne krmil zrnami, uskladnenými mravcami alebo hlodavcami, a neskôr sa dostal aj do ľudských zásobární. Zároveň prešiel veľmi silným selekčným tlakom faktorov odlišných v ľudských skladoch obilnín.

Veľa druhov, vyskytujúcich sa v domácnostiach, zdieľa niektoré spoločné charakteristiky. Časté je dorzoventrálne sploštenie tela (ploštice, šváby, švehly), ktoré lepšie zapadá do štrbín v dome, horší zrak, ale dlhšie tykadlá, ktorými sa orientujú, nočná aktivita. Schopnosť disperzie je relatívne malá, ale najčastejšie sú pasívne prenášané buď materiálom alebo priamo človekom. V budovách sú vystavené mnohým chemickým látkam (pesticídy, rodenticídy a pod.) a následnou selekciou sa u druhov vo vnútornom bióme vyvinie rezistencia voči nim. Druhy so spomínanými charakteristikami majú prirodzene ostrovčekovité rozšírenie s tendenciou premnoženia sa.

Vnútro budov poskytuje vhodný habitat najmä pre nepôvodné druhy. Z bezstavovcov sa v budovách vyskytujú hojne najmä škodcovia zásob (jedla a organických materiálov), iné druhy využívajú vnútro budov. Zo škodcov sú najznámejšie roztoče, šváby, mole či vínne mušky. Niekoľko

druhov chrobákov (Coleoptera) a pavúkov (Araneae) našlo voľnú niku v budovách. K častým druhom z pavúkov patrí cedivka zúrivá (*Amaurobius ferox*), kútnik tmavý (*Eratigena atrica*), či trasavka veľká (*Pholcus phalangoides*). Z cicavcov sa za synantropné druhy označujú najmä myš domová (*Mus musculus*), potkan tmavý (*Rattus rattus*) a potkan hnedý (*Rattus norvegicus*), ktoré sa bežne vyskytujú v asociácii s človekom.

Podkrovia poskytujú vhodné podmienky na prezimovanie niektorých druhov motýľov, ako sú babôčka prhlavová (*Aglaia urticae*), babôčka pávooká (*Aglaia io*). Netopiere sa vyskytujú v budovách nielen pod strechou, ale aj pod odkvapmi, v dutinách v tepelnej izolácii, alebo v pivniciach, v závislosti od teploty. Jedná sa najmä o večerince (rod *Pipistrellus*), na severe je častejší napr. ucháč svetlý (*Plecotus auritus*). Niektoré druhy sa živia najmä hmyzom, ktorý nalieta na mestské pouličné osvetlenie, čo im poskytuje výhodu pri poklese hmyzu v urbánnych oblastiach oproti druhom, ktoré sa takto neživia (napr. niektoré druhy netopierov (*Myotis* spp.) a ucháčov (*Plecotus* spp.)).

Pivničné priestory - výskyt živočíšnych druhov v **pivniciach** závisí najmä od abiotických faktorov (tma, vysoká vlhkosť, stála a nízka teplota), prítomnosti potravy (zásoby, drevo, plesne), štruktúry priestoru a vyrušovania. Sem sa sťahuje fauna zo susedných biotopov, alebo býva zanesená so zásobami (plodinami a pod). Typicky pivničných druhov je však málo. Vo vlhkých chladnejších pivniciach nachádzajú vhodné prostredie niektoré druhy slimákov (napr. slizniak pivničný (*Limacus flavus*), slizniak veľký (*Limax maximus*), bliktra záhradná (*Oxychilus cellarius*), rovnakonôžky (Oniscidea: žižiavka múrová (*Oniscus asellus*), žižiavka obyčajná (*Porcellio scaber*), či druh *Protracheoniscus asiaticus*). Z chvostoskokov (Collembola) je v našich podmienkach pravidelne zaznamenaný v pivniciach druh *Hypogastrura assimilis*. Prítomné druhy tvoria potravnú bázu pre predátorov, ako sú pavúky (Araneae) a stonôžky (Chilopoda).

Ekologické **faktory pivníc**, jaskýň a niektorých našich cicavcov sú si veľmi podobné, čo sa odráža i na zložení a podobnosti ich fauny (Tab. 8.). Ponuka potravy v pivniciach je vyššia a rozmanitejšia ako v jaskyniach, často sú tu huby. Zatiaľ čo v jaskyniach prevládajú detritofágy, v pivniciach k nim pribúdajú v značnej miere dravé druhy (ako napr. pavúky: teplomil pivničný/jaskynný (*Nesticus cellulanus*), meta temnomilná (*Meta menardi*), meta jaskynná (*Meta merianae*), plachtárka domová (*Megalephthys nebulosus*), plachtárka skalná (*Lepthyphantes leprosus*)).

Tab. 8. Porovnanie základných charakteristík medzi jaskyňami a pivnicami.

	Jaskyne	Pivnice
teplota	pomerne stála, väčšinou nízka	pomerne stála, väčšinou nízka
svetlo	úplná tma vo vnútri (svetlo iba pri vchode)	od úplnej tmy (ak nie sú okná), po svetlo (ak sú okná)
vlhkosť	pomerne vysoká	rôzna (v nových budovách nižšia ako v starých). Závisí hlavne od vykurovania a ventilácie.

Steny predstavujú vertikálny habitat, výrazne rozvinutý práve v mestách. V prirodzených formách sa vyskytuje ako skalné steny, zrázy a útesy. Umelo vybudované steny môžu byť postupne kolonizované špecializovanými rastlinami a živočíchmi. Od ich vybudovania, steny podliehajú erózii v závislosti od trvanlivosti stavebného materiálu. Do vytvorených puklín sa dostáva prach a uchycujú sa tu prvé rastliny (hlavne machy, lišajníky a popínavé druhy rastlín). Postupne sa vytvorí organická vrstva, ktorá ďalej pomáha erózii materiálu v procese primárnej sukcesie. Druhovité zloženie rastlín a živočíchov závisí od podmienok v jednotlivých častiach steny a od stavebného materiálu. Hlavne

vlhkomilné druhy preferujú severné steny, kde bývajú hlbšie praskliny a uvoľnenejší substrát. Vápencové steny sú kolonizované druhmi tolerantnými na vápnik. Mravce čistia steny od semien, ktoré zbierajú a odnášajú do mravenísk. Machy na stenách sa vyznačujú veľmi bohatou faunou, pozostávajúcou najmä z hlístovcov (Nematoda), pomaliek (Tardigrada), vírnikov (Rotifera) a článkonožce (Arthropoda, z nich najmä roztoče (Acarina) a chvostokoky (Collembola)). Z väčších živočíchov sa na stenách vyskytujú rovnakonôžky (Oniscidea), stonôžky (Chilopoda), chrobáky (Coleoptera) a ďalší hmyz. Pavúky (Araneae) sa tiež často vyskytujú na stenách, ako napr. skákavka pásavá (*Salticus scenicus*), ktorá loví svoju korisť skokom. Časté sú pavučiny natiahnuté medzi stenou a vegetáciou. Kosce (Opiliones) vyhľadávajú potravu na povrchu stien. Pre samotárske alebo semi-sociálne blanokridlovce (Hymenoptera), ktoré si hľbia komôrky (rody pieskárok *Andrena*, *Halictus*) predstavujú steny dôležitý habitat. Mestské

Steny predstavujú dôležitý životný priestor pre rovnakonôžky (Oniscidea), čo potvrdzuje zaznamenanie 16 z 37 známych pôvodných druhov v Británii. Najčastejšie sa vyskytovala žižavka múrová (*Oniscus asellus*), potom žižavka obyčajná (*Porcellio scaber*), žižavka *Porcellio spinicornis*, *Philosca muscorum*, zvinavka obyčajná (*Armadillidium vulgare*). Sú to bežné druhy, okrem žižavky *P. spinicornis*, ktorá preferuje vápenaté prostredie a preto sa vyskytuje zriedkavejšie (Harding & Sutton 1985).

budovy poskytujú miesta na hniezdenie a sedenie pre vtáky. Drobné spevavce, ktoré zvykli hniezdiť na skalných stenách, našli vhodné hniezdne príležitosti na alebo v stenách budov (belorítka obyčajná (*Delichon urbicum*), dážďovník obyčajný (*Apus apus*), žltouchost domový (*Phoenicurus ochruros*) a pod.). Ich hniezda a aj samotné ich populácie predstavujú ďalší článok v potravnom reťazci. Z dravcov, začiatkom 19. storočia bolo zdokumentované prvé nasťahovanie sa sokolov sťahovavých (*Falco peregrinus*) do miest po celej Európe a následne aj v Severnej Amerike. Vo svojom prirodzenom prostredí hniezdi na skalných stenách, ale v meste našiel hniezdne i potravné príležitosti. Podobne sa darí v Kanade mestským populáciám sokola kobca (*Falco columbarius*).

Druhy obývajúce vertikálne habitaty. V prirodzenom prostredí sa vyskytuje pomerne málo kolmých skalných stien a útesov. Ľudské obydla svojou vonkajšou fasádou predstavujú podobný životný priestor, ktorého hustota výskytu a výškový rozsah dokonca narastá smerom do centra osídlenia. Steny budov sú skalnatému prostrediu hôr podobné vo výskyte štrbín, potenciálnych úkrytov, substrátov, prítomnosti potravy, nahromadení tepla a iných vlastnostiach mikroklimy.

Kvôli nadbytku voľných vertikálnych habitatov v osídlených oblastiach sa mnohým druhom kolmých skalných stien začalo dariť. Často sú ich populácie v mestách oveľa väčšie, ako na miestach pôvodného výskytu. Napr. skalné hniezdiče ako sokol sťahovavý (*Falco peregrinus*), sokol myšiár (*Falco tinnunculus*), holub skalný (*Columba livia*) majú veľké mestské populácie. Plamienka driemavá (*Tyto alba*) v meste nachádza okrem priestoru na hniezdenie aj potravu (hlodavce, netopiere, vrabce), podobne dážďovník obyčajný (*Apus apus*), dážďovník skalný (*Tachymarptis melba*). Lastovička obyčajná (*Hirundo rustica*) hniezdi dnes skoro výlučne synantropne, uprednostňuje dediny.

Pri prieskume historickej budovy tržnice v Colchestri (Británia) zaznamenali na jej stenách 66 druhov vyšších rastlín, 125 druhov lišajníkov a húb, vrátane niekoľkých nových druhov pre vedu. Z bezstavovcov tu zaznamenali zriedkavé druhy, ako je mravec *Ponera coarctata*, či ostrôžka tykadlová (*Asiraca clavicornis*) (Darlington 1981).

Urbánne akvatické habitaty

Rybníky sú vodné nádrže s rozlohou aspoň 2 ha a s vodou, prítomnou aspoň 4 mesiace v roku. Napriek svojej malej rozlohe sú výrazným zdrojom biodiverzity v mestskom prostredí. Pobrežná

vegetácia je tvorená vlhkomilnými druhmi rastlín (trstina, pálky, ostrica) a vo vode žije široké spektrum vodných rias. Na rybníky je naviazaný veľký počet druhov živočíchov, ako sú obojživelníky, mäkkýše, vážky a pod. Prítomné vodné vtáky si navykli na kŕmenie a sú tolerantnejšie na vyrušovanie.

Nádrže, priehrady predstavujú novovzniknuté vodné objekty v krajine. Môže sa jednať o prehradené údolie zatopené vodou, o nádrže sladkej záplavovej vody pri ústí riek do mora, nádrže pozdĺž riečnych brehov alebo o servisné vodné nádrže. Zaplavenie pôdy a vegetácie pri napúšťaní nádrží vedie k anaeróbnej oxidácii biomasy baktériami, pričom vzniká oxid uhličitý a metán (skleníkové plyny, Tab. 9). Množstvo produkcie závisí na veľkosti zaplavenej plochy, veku nádrže a podmienkach podnebia.

Tab. 9. Príklady unikania CO₂ a CH₄ z povrchu rôznych nádrží umiestnených v rôznych klimatických pásmach s uvedením rozlohy vodnej plochy a veku priehrady. Prevzaté z: St. Louis et al. (2000).

Podnebie	Lokalita	Priehrada	Plocha (km ²)	Vek (roky)	CO ₂ (mg/m ² .deň)	CH ₄ (mg/m ² .deň)
Mierne	Kanada	Laforge	1000	1 – 5	2300	13
	Kanada	Robert-Bourassa	2500	12 – 19	1500	13
	Kanada	Revelstoke	120	8	2200	-
	USA	Day Lake	2	29	700	7
	USA	Nelson Lake	25	61	710	6
	USA	Chippewa	61	73	390	7
	Fínsko	Lokka	417	28	2000	79
	Priemer				1400	20
Tropické	Panama	Gatun Lake	430	78	-	537
	Brazília	Curua-Una	72	21 – 22	2900	65
	Brazília	Serra da Mesa	1784	1	4000	80
	Francúzska Guyana	Petit Saut	300	1 – 2	4460	1140
	Priemer				3500	300
Jazerá	Celosvetový priemer				700	9

V závislosti od intenzity a spôsobu ich využívania môžu nádrže a priehrady predstavovať nový životný priestor pre druhy naviazané na vodu. Na druhej strane, hrádze predstavujú bariéru pre migráciu rýb. Veľa nádrží sa vyznačuje výkyvmi hladiny, čo vytvára oblasti, ktoré sú dočasne zaplavované. Fluktuácia vodnej hladiny predstavuje obmedzenie produktivity a tiež limituje počet druhov, ktoré sú schopné tolerovať tieto podmienky.

Štrkové a pieskové jamy sú menšie objekty, ktoré vznikli pri ťažbe štrkov alebo pieskov, a ktoré sú vyplnené vodou. Sú dôležité pri prezimovaní niektorých druhov vtákov (v Británii napr. pre chochlačku vrkočatú (*Aythya fuligula*), chochlašku sivú (*Aythya ferina*)), tiež na hniezdenie ako náhradné stanovisko pre mokradné druhy rastlín a živočíchov.

Kanalizácie a čističky sú vyhľadávaným prostredím pre druhy preferujúce sedimenty. Annelida a larvy rôznych druhov Diptera sa tu živia rozkladajúcim sa organickým materiálom. Tvoria ďalší potravný zdroj pre vtáky, ako škorce (*Sturnus* spp.), trasochvosty (*Motacilla* spp.), straky (*Pica* spp.) a vrany (*Corvus* spp.). Vzdušné filtrátory, ako lastovička obyčajná (*Hirundo rustica*), dážďovník obyčajný (*Apus apus*), sa tu kŕmia na atrahovanom hmyze. Priestor, kde sa kanalizácia rozlieva, je obohatený o veľké množstvo živín, preto sa tu vyskytuje vegetácia preferujúca ich vysoké

koncentrácie. Typické porasty tvoria druhy žihľavovitých (Urticaceae) a s nimi asociované druhy rastlín, ktoré predstavujú hostiteľskú rastlinu húseníc motýľov (Lepidoptera), chrobákov (Coleoptera) atď.

Prístavy sú typické kolísaním rôznych abiotických faktorov, od turbidity, koncentrácie kyslíka, teploty po kvalitu vody ako takej. Veľa prístavov má zmenené, najmä zosilnené brehy a sú chránené vybudovanými prístavnými hrádzami do podoby lagúny, čo výrazne ovplyvňuje prúdenie vody. Napríklad v Liverpoolských prístavoch žije viacero druhov, ktoré sú prispôsobené životu v lagúnach, ako machovka *Conopeum seurati* (Bryozoa), rôznonôžka *Corophium insidiosum* (Amphipoda), kôrovec *Palaemon varians* (Crustacea). Množstvo druhov v prístavoch môže byť nepôvodných, zavlečených lodným nákladom ďaleko od svojho prirodzeného výskytu a ich prežitie v novom prostredí závisí od mnohých faktorov (viď kap. 3.5).

Ľudskou činnosťou dochádza k zmenám, úbytku alebo aj k tvorbe mnohých akvatických habitatov v meste. Malé krátkodobé nádrže s vodou sú označované ako telmy. Podľa pôvodu tône označujeme ako dendrotelmy (v strome), fytotelmy (v rastline), či lithotelmy (v skale). Pojem technotelma zahŕňa dočasné umelé nádrže vytvorené človekom, ako sú sudy na dažďovú vodu, vyhodnené pneumatiky, nádoby, priehlbiny v nepriepustných povrchoch a pod. Technotelmy predstavujú vhodné prostredie pre niektoré druhy bezstavovcov (aspoň na krátke obdobie ich životného cyklu), prípadne slúžia ako napájadlá.

Ďalšie špecifiká urbánnych akvatických habitatov boli opísané v kap. 2.5.

Výskyt v Európe invazívneho druhu komára *Aedes japonicus* (Culicidae) bol na Slovensku po prvý raz potvrdený v roku 2020. Prirodzene sa rozmnožuje v dendrotelmách a lithotelmách, no v novo obsadených oblastiach kolonizuje technotelmy, ktoré sú dobre zastúpené v mestskom prostredí. Larvy možno nájsť okrem iného v pneumatikách, plastových alebo kamenných nádobách, vedrách a odkvapoch. V Európe bol jeho výskyt prvýkrát zaznamenaný vo Francúzsku v r. 2000, neskôr v Belgicku, Holandsku, Švajčiarsku, Nemecku, Slovinsku, Rakúsku a Maďarsku (Čabanová et al. 2021).

Použité zdroje:

- Authman M.M., Zaki M.S., Khallaf E.A. & Abbas H.H. 2015. Use of fish as bio-indicator of the effects of heavy metals pollution. *Journal of Aquaculture Research & Development* 6(4): 1-13.
- Baranová B., Manko P. & Jászay T. 2015. Waste dumps as local biodiversity hotspots for soil macrofauna and ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in the agricultural landscape. *Ecological Engineering* 81: 1-13.
- Braun S. & Fluckiger W. 1984 Increased population of the aphid *Aphis pomi* at a motorway. Part 2—The effect of drought and deicing salt *Environ. Pollut. (Series A)* 36: 261– 270.
- Čabanová V., Boršová K., Svitok M., Oboňa J., Svitková I., Barbušinová E., Derka T., Sláviková M. & Klempa B. 2021. An unwanted companion reaches the country: the first record of the alien mosquito *Aedes japonicus japonicus* (Theobald, 1901) in Slovakia. *Parasites & Vectors* 14(1): 1-10.
- Čanády A. & Mošanský L. 2017. Public Cemetery as a biodiversity hotspot for birds and mammals in the urban environment of Kosice city (Slovakia). *Zoology and Ecology* 27(3-4): 185-195.
- Darlington A. 1981. *Ecology of walls*. London: Heinemann Educational Books. 138 pp.
- Forman R.T., Friedman D.S., Fitzhenry D., Martin J.D., Chen A.S. & Alexander L.E. 1997. Ecological effects of roads: toward three summary indices and an overview for North America. *Habitat Fragmentation and Infrastructure*. Ed. K. Canters. Ministry of Transport, Public Works and Water Management: Maastricht and The Hague, Netherlands. 40-54 pp.
- Forman R.T. & Alexander L.E. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual review of ecology and systematics* 29(1): 207-231.
- Forman R.T. 2000. Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States. *Conservation biology* 14(1): 31-35.

- Forman R.T., Sperling D., Bissonette J.A., Clevenger A.P., Cutshall C.D., Dale V.H., Fahrig L., France R.L., Goldman C.R., Heanue K. & Jones J. 2003. Road ecology: science and solutions. Island press.
- Harding P.T. & Sutton S.L. 1985. Voodlice in Britain and Ireland: distribution and habitat. Institute of Terrestrial Ecology. 151 pp.
- Harris S. & Raynor J.M.V. 1986. Models for predicting urban fox (*Vulpes vulpes*) numbers in British UK cities and their application for rabies control. *Journal of Animal Ecology* 55: 593–604.
- Chamberlain D.E., Cannon A.R., Toms M.P., Leech D.I., Hatchwell B.J. & Gaston K.J. 2009. Avian productivity in urban landscapes: a review and meta-analysis. *Ibis* 151: 1–18
- Chapman M.G., Blockley D., People J. & Clynick B. 2009. Effect of urban structures on diversity of marine species. *Ecology of Cities and Towns: A Comparative Approach*. Cambridge University Press, Cambridge 156–176 pp.
- Krumpálová Z. & Mišovičová R. 2018. Živočíchy v antropogénnom prostredí. Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre. 51 pp.
- Muñoz P.T., Torres F.P. & Megías A.G. 2015. Effects of roads on insects: a review. *Biodiversity and Conservation* 24: 659–682.
- NESCent Working Group on the Evolutionary Biology of the Built Environment. 2015. Evolution of the indoor biome. *Trends in ecology & evolution* 30: 223–232
- Pickett S.T., Cadenasso M.L., McDonnell M.J. & Burch W.R. 2009. Frameworks for urban ecosystem studies: gradients, patch dynamics and the human ecosystem in the New York metropolitan area and Baltimore, USA. In *Ecology of cities and towns: A comparative approach*. Cambridge University Press. 25–50 pp.
- Sanders R. A. 1984. Some determinants of urban forest structure. *Urban Ecology* 8: 13–24.
- Santos S.M., Carvalho F. & Mira A. 2017. Current knowledge on wildlife mortality in railways. In *Railway Ecology*. Springer, Cham. 11–22 pp.
- St. Louis V.L., Kelly C.A., Duchemin É., Rudd J.W. & Rosenberg D.M. 2000. Reservoir Surfaces as Sources of Greenhouse Gases to the Atmosphere: A Global Estimate: Reservoirs are sources of greenhouse gases to the atmosphere, and their surface areas have increased to the point where they should be included in global inventories of anthropogenic emissions of greenhouse gases. *BioScience* 50(9): 766–775.
- Turisová I., Sabo P., Štrba T., Koróny S., Andráš P. & Širka P. 2016. Analyses of floristic composition of the abandoned Cu-dump field Piesky (Staré Hory Mountains, Slovakia). *Web Ecology* 16(1): 97–111.
- Turisová I., Štrba T., Andráš P. & Aschenbrenner Š. 2014. Floristic composition on the abandoned copper heaps in Central Slovakia. *Romanian Journal of Mineral Deposits* 87(1): 61–64.

2.8 Mortalita

Vplyv majú nové faktory, na ktoré nie sú živočíchy prispôsobené. Možno ich označiť za fenomén 20. storočia. Napr. doprava, prúdenie vzduchu, údržba trávnikov, kosenie, údržba záhrad, stavebné práce a pod. Pre mesto neexistujú síce nejaké špeciálne **faktory úmrtnosti**, ktoré by sa nevyskytovali aj inde, ale niektoré sa prejavujú intenzívne alebo často práve v mestskom prostredí. Ich výskum sa ale často z technických príčin nerealizuje v meste ale v okolitej krajine.

Technogénne a štrukturálne faktory úmrtnosti sú napr.:

a) kosenie a vypaľovanie trávy (aj kap. 2.7 Cesty), zapríčiňujú priame úhyny fauny trávnatých porastov a povrchu pôdy. Tiež tak miznú možnosti úkrytu a potravy;

b) stavebné práce, pri ktorých vznikajú jamy, pôsobiace ako pasce, dochádza k premiešavaniu podkladu a vyrovnávaniu pôdy (kap. 2.4), zanikajú alebo vznikajú habitaty napr. vysypávaním, napúšťanie a vypúšťanie nádrží (rybníkov) a pod.;

c) štruktúra stavieb a materiálu môže pôsobiť ako pasce. Živočíchy sa prilepia alebo sa nedokážu dostať von. Napr. čerstvo natreté povrchy mostov a budov, vápenatý prach lepiaci sa na končatiny, podkrovia alebo drôtené ohrady ako pasce;

d) klimatizačné zariadenia, nasávajúce alebo vyfukujúce zariadenia a vzdušné filtre, často spôsobujú úhyn vzdušného planktónu a najmä drobných lietavých druhov.

Domáci miláčikovia

Voľne sa pohybujúce domáce zvieratá spôsobili vyhynutie viacerých druhov, hlavne na ostrovoch. V mestách sa stávajú súčasťou potravného reťazca. Podľa odhadov, v USA zabijú túlavé mačky 4x viac vtákov, ako ostatné ľudské vplyvy. Podľa odhadov pre USA je to 1,3 – 4 miliárd vtákov a 6,3 – 22,3 milióna cicavcov ročne.

Kolízie vtákov s oknami. Úmrtnosť spojená s nárazmi vtákov do okien je zdroj neselektívnej mortality, nakoľko jedince hynú bez ohľadu na ich fitness. Rozlišujeme dva typy kolízií vtákov s oknami: denné a nočné kolízie. Pri dennom svetle vtáky narazia do okien, pretože vidia odrazy vegetácie alebo vidia cez sklo črepníkové rastliny alebo vegetáciu na druhej strane. V noci narážajú noční migranti (vrátane väčšiny spievajúcich vtákov), pretože vlietajú do osvetlených okien. Niektoré z týchto nočných kolízií sú náhodné, ale oveľa častejšie svetlá presmerujú nočných migrantov z ich pôvodnej trasy.

Pri kolízii s oknom dochádza k nárazu, pri ktorom jedinec veľmi často hynie. A ak nie, ostane nejaký čas omráčený alebo uhynie neskôr na následky nárazu, ako je vnútorné krvácanie. Pre vtáky sú niektoré typy budov nebezpečnejšie ako iné. Celkovo ale záleží od častosti ich výskytu v meste. Keďže bežné obytné budovy sú najbežnejšie, spôsobujú aj priemerne najväčší úhyn vtákov. Ako prevencia nárazov sa využívajú špeciálne fólie, maľby na sklo, samolepky, jednosmerne priesvitné filtre, inštalácia sietí proti hmyzu a pod.

V USA a Kanade bola kolízia s oknami zaznamenaná u takmer 25 % vtáčích druhov (Tab. 10). Nezistili závislosť od fázy dňa, roka, počasia, pohlavia, veku či reprodukčného statusu jedincov, ani od veľkosti či orientácie okien v urbánnom, suburbánnom či dedinskom prostredí. Podľa odhadov, v USA zahynie na následky nárazu do budovy, resp. do okna niečo medzi 365 a 988 miliónmi jedincov vtákov ročne. Najzraniteľnejšie boli druhy migrujúce cez husto osídlené oblasti (napr. horárik zlatokrídly (*Vermivora chrysoptera*), pápežik zlatochrbtý (*Passerina ciris*), horárik kanadský (*Cardellina canadensis*), drozd hrdzavochvostý (*Hylocichla mustelina*), horárik spevavý (*Geothlypis formosa*), či horárik pruhohlavý (*Helmitheros vermivorum*)).

Tab. 10. Priemerná zraniteľnosť jednotlivých skupín amerických vtákov na kolízie so stavbami (priemerne pre všetky typy budov). Hodnoty rizika udávajú, o koľko má druh väčšiu šancu (pozitívne zostatky) alebo menšiu šancu (negatívne zostatky) úmrtnosti v porovnaní s druhom s priemerným rizikom. Prevzaté z: Loss et al. (2014).

Skupina	Zostatok	Riziko
Kolibříkovité (Trochilidae) a dažďovníkovité (Apodidae)	1,52	33,2
Potápky (Podicipediformes)	1,4	11
Kulíky (Charadriiformes)	0,68	4,7
Rybárikovité (Alcedinidae)	0,56	3,6
Chochláčovité (Bombycillidae)	0,55	3,6
Čajkovité (Laridae)	0,52	3,3
Brhlíky (<i>Sitta</i> spp.), sýkorkovité (Paridae), a kôrovníkovité (Certhiidae)	0,5	3,1
Kukučkovité (Cuculidae)	0,46	2,9
Spevákovité (Mimidae)	0,41	2,6
Denné dravce	0,4	2,5
Králiky (<i>Regulus</i> spp.)	0,36	2,3
Drozdovité (Turdidae)	0,25	1,8
Stehlíkorodé (Carduelinae)	0,23	1,7
Lelkovité (Caprimulgidae)	0,16	1,4
Ďatlovité (Picidae)	0,15	1,4
Sovy (Strigiformes)	0,1	1,3
Holubovité (Columbidae)	0,08	1,2
Vrabcovité (Paseridae)	0,08	1,2
Vrabc domový (<i>Passer domesticus</i>)	-0,15	1,4
Orieškovité (Troglodytidae)	-0,2	1,6
Chriašteľovité (Rallidae)	-0,24	1,7
Tyranovité (Tyrannidae)	-0,41	2,6
Vireovité (Vireonidae)	-0,55	3,6
Škorcovité (Sturnidae)	-0,56	3,6
Krkavcovité (Corvidae)	-0,61	4,1
Drozdy (<i>Turdus</i> spp.), lúčniky (<i>Leistes</i> spp.), trupiály (<i>Icterus</i> spp.)	-0,64	4,4
Poľné poľovné vtáky	-0,77	5,9
Volavkovité (Ardeidae)	-1,5	11,3
Lastovičkovité (Hirundinidae)	-1,7	11,6
Kačicovité (Anatidae)	-1,25	17,9
Sivuškovité (Poliophtilidae)	-1,68	48,1

Doprava Na cestách a uliciach hynú najmä živočíšne skupiny, ktoré nie sú dostatočne vagilné, ako mäkkýše (Mollusca) či obrúčkavce (Annelida), s malou pohyblivosťou a citlivé na vysychanie. Hmyz (Insecta) je atrahovaný teplom a svetlom na vozovku, migrujúce vtáky tiež mylne zostupujú na cesty ako na vodnú plochu (Tab. 11, 12).

Tab. 11. Priemerný počet zaznamenaných úhynov počítaný na 1000 jazdených km ciest v Českej Republike z celoročného mapovania 2011. Prevzaté z: Borkovcová et al. (2012).

	Cesta 1. triedy	Cesta 2. triedy	Cesta 3. triedy	Diaľnica
Drobné spevavce	3,3	5,3	1,5	1,4
Stredne veľké vtáky	2,3	2,5	1,5	0
Veľké vtáky	2,3	1,4	0,5	5,0
Drobné cicavce	9,3	10,8	6,5	10
Stredné cicavce	21,7	11,1	5,0	12,9
Veľké cicavce	1,7	1,4	1,5	2,9
Plazy, obojživelníky	0,3	1,7	2,0	0,0
Celkovo	41,0	34,2	18,5	32,1
<i>Capreolus capreolus</i>	1,7	1,4	1,5	2,1
<i>Martes spp.</i>	5,3	1,4	1,5	1,4
<i>Felis silvestris/catus</i>	6,3	4,2	1,5	2,1
<i>Erinaceus spp.</i>	6,0	5,6	1,5	2,9
<i>Lepus europaeus</i>	7,3	4,2	2,0	7,9

Tab. 12. Počty uhynutého hmyzu po kolíziách s autami podľa taxonomických skupín. Výskum realizovaný v letných mesiacoch 2012 – 2013 na 2 km úseku diaľnice v Kanade. Prevzaté z: Baxter-Gilbert et al. (2015).

Skupina	Časové obdobie									
	Máj	Máj	Jún	Jún	Júl	Júl	August	August	Spolu	Spolu
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Lepidoptera	631	98	569	857	615	952	229	818	2044	2725
Hymenoptera	1492	773	826	2604	1346	3307	592	1697	4256	8381
Coleoptera	161	503	148	531	134	319	43	207	486	1560
Orthoptera	15	11	36	70	266	132	166	565	483	778
Odonata	80	24	242	202	109	165	31	170	462	561
Diptera	163	90716	381	506	880	1751	214	483	1638	93456
Hemiptera	14	2	7	6	52	51	6	38	79	97
Neuroptera	2	0	5	0	5	0	1	1	13	1
Plecoptera	0	5	2	174	2	70	0	7	4	256
Blattodea	2	12	13	20	11	29	2	24	28	85
Mantodea	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
Trichoptera	13	0	23	3	33	2	1	21	70	26
Megaloptera	0	0	32	38	37	51	2	26	71	115
Dermaptera	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
Ephemeroptera	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Spolu	2573	92144	2284	5012	3490	6831	1288	4059	9635	108046

Niektoré drobné spevavce majú malú výšku letu pri hľadaní potravy. Podobne niektoré netopiere (Chiroptera), ktoré často lovia hmyz pri pouličnom osvetlení. Jednou z najčastejších „obetí“ dopravy je jež (*Erinaceus spp.*), ktorý jednak často križuje cesty, keď hľadá potravu,

V severnom Španielsku tvorili cicavce 54,4 % úhynov všetkých stavovcov, ďalej 36,2 % vtáky, 4,6 % obojživelníky a 4,3 % plazy (Canal et al. 2018).

V Českej Republike tvorí 73,5 % zaznamenaných úhynov cicavcov na železniciach jeleň, ďalej zajac (20,4 %), diviak (4,1 %) a liška (2 %) (Kušta et al. 2011).

jednak jeho reakcia strachu je znehybnenie a schúlenie sa. U nočných cicavcov pri náhlom osvetlení reflektormi dopravných prostriedkov sa zmyslové bunky jeho sietnice (tyčinky) preexponujú a jedinec ostane oslepený až niekoľko sekúnd. Oslepený jedinec nevidí, kam má ísť a ostáva nehybne stáť, čo je príčinou častého úhynu pri prechádzaní cesty (kap. 2.3 Umelé osvetlenie).

Cestná doprava, ako pôsobiaci selekčný činiteľ, môže vyvolať rôzne zmeny a adaptácie druhov. Napr. u dropa veľkého (*Otis tarda*) stúpol podiel nemigrujúcich jedincov zo 17 na 45 %, pretože kolízie s dopravnými prostriedkami boli najčastejším faktorom mortality pre migrantov. Rozpätie krídel u lastovičky bralovej (*Petrochelidon pyrrhonota*) je menšie u populácií žijúcich pri cestách, lebo lastovičky s dlhšími krídlami častejšie hynú v dôsledku kolízie s dopravnými prostriedkami.

Odhady počtu bezstavovcov usmrtených dopravou sú mimoriadne náročné, jednak pre obrovské množstvo druhov nutných na determináciu, ich poškodenie nárazom, problémom s nájdením uhynutých zvierat a pod. V meste navyše komplikuje metodiku údržba ciest, kanalizácia, zvýšený výskyt potenciálnych nekrofágov a intenzívnejšia doprava. Preto sú mestské oblasti často vylúčené z mapovania. Zaznamenané odhady sú ovplyvnené ročným obdobím, lokalitou, intenzitou dopravy a pod. Pri súčasnom úbytku hmyzu (najmä opeľovačov) budí táto problematika čoraz väčší záujem. Podľa odhadov, na diaľniciach boreálnej oblasti Severnej Ameriky, uhynie približne 250 kusov hmyzu/km/deň (10,1 ex. Lepidoptera/km/deň; 26,8 ex. Hymenoptera/km/deň; 202,3 ex. Diptera/km/deň). Ak uvážime, že vo svete je odhadovaných viac ako 40 miliónov km ciest, zrazením s autami dochádza k úhynu miliónov kusov hmyzu ročne.

Železničná doprava pôsobí ako faktor mortality priamo kolíziami s vlakmi, ďalej môže nastať úhyn aj v dôsledku zásahu elektrickým prúdom, nárazom do vedenia (viď nižšie) či iného vybavenia železníc. Na železničných tratiach dochádza aj k úhynom väčších cicavcov. Napr. v Nórsku v 50. rokoch 20. storočia uhynulo ročne okolo 50 losov. Tento počet vzrástol na priemerne 676 jedincov medzi rokmi 1990 – 1996 v súvislosti s obmedzením odstrelů týchto zvierat. V Indii bolo zaevidovaných 18 úhynů slonů na 23 km úseku trate cez Národný Park Rajaji v rokoch 1987 – 2001.

Vlaky, v porovnaní s automobilovou dopravou, sú menej frekventované a tichšie, a často rýchlejšie a ťažšie, s dlhšou brzdnou dráhou ako autá. Aj preto v porovnaní s cestnou dopravou, železnice spôsobujú vyššiu úmrtnosť väčších cicavcov (medvede, kopytníky) a nižšiu úmrtnosť ostatnej bioty. Vlaky v pohybe vyvolávajú značné vibrácie, ktoré môžu z diaľky varovať živočíchy, mnohé trate sú jednosmerné a výrazne užšie ako cesty, čo znižuje pravdepodobnosť úhynů na železniciach.

Vedenie vysokého napätia. Kolíziou s vedením sú najohrozenejšie nízko a neobratne lietajúce vtáky (alebo vzlietajúce, veľké vodné vtáky (labute, volavky) a veľké dravce). Zásah prúdom, ako druhá hrozba vedenia, je taktiež častejšie u väčších druhů. Malým druhom vtákov ich rozmery neumožňujú dotýkať sa zároveň napätia a konštrukcie konzoly stĺpu, či dvoch vodičov. Stĺpy v otvorenej krajine predstavujú pre vtáky atraktívne miesto, hlavne pre dravce slúžia často ako posed na hľadanie koristi.

Podľa odhadů, v USA uhynie na náraz do elektrických drôtů medzi 12 a 64 miliónů vtákov ročne a 0,9 až 11,6 miliónů je zabitých elektrinou. Na Slovensku je to podľa odhadů 10 000 jedinců ročne. Na Slovensku najväčší počet úmrtí po zásahu prúdom bol zaznamenaný na oceľových stožiaroch s neizolovanými preponami alebo preponami pod konzolou (34, 72 % úmrtí), pretože prítomnosť prepojovacích káblov môže zvýšiť potenciál úrazu elektrickým prúdom v dôsledku blízkosti medzi časťami pod napätím.

Svetelné znečistenie. Pôsobenie netypického svetla, aj v atypickej časti dňa môže pôsobiť fatálne pre mnohé, najmä nočné živočíchy, pretože ich mátie pri orientácii. Pre nočný hmyz lampy pôsobia ako lapače. Napr. nočné motýle priláka svetlo lampy z 500 m vzdialenosti. Hmyz k svetlu nalietava po špirále až kým nenarazí na horúci povrch lampy alebo ostane krúžiť pod lampou. Hmyzožravé netopiere často využívajú zmäteného pohybu hmyzu pri lampách na efektívnejší lov.

Svetlo je teda dôvodom výrazného úbytku hlavne nočného hmyzu v mestách, v porovnaní s neosvetleným prostredím. Osvetlenie miest dezorientuje aj druhy vtákov, ktoré počas ťahu využívajú na orientáciu svetlo hviezd.

U nočných cicavcov náhla zmena svetelnosti ako pri strete s vozidlom, alebo pri prechode cez jasne osvetlenú cestu spôsobí preexponovanie zmyslových buniek sietnice. Ostanú oslepené až niekoľko sekúnd a následne dezorientované, čo je príčinou kolízií s dopravnými prostriedkami.

Znečistenie vzduchu aj v kombinácii so vzdušnou vlhkosťou, môže ovplyvňovať živočíchy obývajúcce mestské prostredie mnohými spôsobmi. Napr. industriálne znečistenie (hlavne zlúčeninami síry) je vyššie počas zahmlených dní. Ovplyvňuje schopnosť peria ohrozenej lastovičky modrej (*Hirundo atrocaerulea*) odpudzovať vodu a tak za hmľistých dní nemôžu dobre lietať a loviť potravu.

Vyrušovanie ľuďmi často spôsobuje neprítomnosť niektorých druhov alebo ich nižšie počty v urbánnom prostredí, ktoré by im mohlo po ostatných stránkach vyhovovať. Najproblematickejšie je vyrušovanie počas hniezdenia. Napr. u sýkorky belasej (*Cyanistes caeruleus*) v Alžírsku zaznamenali v meste nízku úspešnosť hniezdenia kvôli vandalizmu. V dôsledku neustálej ľudskej aktivity a vyrušovania stúpla nočná aktivita u cicavcov o 36 % (najviac v mestách). U niektorých druhov sa zmena v správaní, vplyvom vyrušovania človekom, odzrkadlila na genóme. Napríklad populácie labute čiernej (*Cygnus atratus*), žijúce mimo miest, sú geneticky variabilnejšie a dôležitá je geneticky zakódovaná odlišnosť v géne dopamínového receptora, ktorý je asociovaný s plachosťou (strachom, DRD4), pri porovnaní s populáciami žijúcimi v mestách.

Dlhodobý fyziologický stres spôsobený svetelným znečistením, hlukom, znečistením vzduchu a nízkou kvalitou potravy, môže zvýšiť celkovú prevalenciu parazitov a rôznych ochorení u živočíchov obývajúcich urbánne prostredie.

Porovnanie úlovkov nočných motýľov za posledné polstoročie (treba prihliadať aj na odlišné techniky a lokality):

- 20/21. 8. 1949 - 50 000 nočných motýľov na 125 W ortuťovú lampu v noci (Robinson & Robinson 1950)
- 2. 5. - 12.9. 1978 - 50 000 nočných motýľov na 15 W čierne svetlo na farme ďaleko od svetelného znečistenia (Worth & Muller 1979)
- 29.5. - 29.9. 1997 - 4 338 nočných motýľov do 192 svetelných pascí (ortuťové, 80 W)(Eisenbeis & Hassel 2000)

Použité zdroje:

- Baxter-Gilbert J.H., Riley J.L., Neufeld C.J., Litzgus J.D. & Lesbarrères D. 2015. Road mortality potentially responsible for billions of pollinating insect deaths annually. *Journal of Insect Conservation* 19(5): 1029-1035.
- Borkovcová M., Mrtka J. & Winkler J. 2012. Factors affecting mortality of vertebrates on the roads in the Czech Republic. *Transportation research part D: transport and environment* 17(1): 66-72.
- Canal D., Camacho C., Martín B., de Lucas M. & Ferrer M. 2018. Magnitude, composition, and spatiotemporal patterns of vertebrate roadkill at regional scales: a study in southern Spain. *Animal Biodiversity and Conservation* 41(2): 281-300.

- Eisenbeis G. & Hassel, F. 2000. Zur Anziehung nachtaktiver Insekten durch Straßenlaternen – eine Studie kommunaler Beleuchtungseinrichtungen in der Agrarlandschaft Rheinhessens. *Natur und Landschaft* 75. Jg., 4/2000: 145–156.
- Eisenbeis G., Hänel A., McDonnell M., Hahs A. & Breuste J. 2009. Light pollution and the impact of artificial night lighting on insects. *Ecology of cities and towns*. 243-263 pp.
- Gális M., Nadó L., Hapl E., Šmídt J., Deutschová L. & Chavko J. 2019. Comprehensive analysis of bird mortality along power distribution lines in Slovakia. *Raptor Journal* 13(1):1-25.
- Klem D.J. 1989. Bird: window collisions. *The Wilson Bulletin* 4: 606-620.
- Kratzer P.A. 1956. *Das Stadtklima*. Vieweg, Braunschweig.
- Kušta T., Ježek M. & Keken Z. 2011. Mortality of large mammals on railway tracks. *Scientia Agriculturae Bohemica* 42: 12–18.
- Loss S.R., Will T., Loss S.S. & Marra P.P. 2014. Bird–building collisions in the United States: Estimates of annual mortality and species vulnerability. *The condor Ornithological Applications* 116: 8-23.
- Loss S. R., Will T. & Marra P.P. 2013. The impact of freeranging domestic cats on wildlife of the United States. *Nature Communications* 4: 1396.
- McKinney M.L. 2002. Urbanization, Biodiversity, and Conservation The impacts of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems. *Bioscience* 52(10): 883-890.
- Robinson H.S. & Robinson P.J.M. 1950. Some notes on the observed behaviour of Lepidoptera in flight in the vicinity of light-sources together with a description of a light-trap designed to take entomological samples. *Entomologist's Gazette* 1: 3–20.
- van Dongen W.F.D., Robinson R.W., Weston M.A., Mulder R.A. & Guay P-J. 2015. Variation at the DRD4 locus is associated with wariness and local site selection in urban black swans. *BMC Evolutionary Biology* 15: 253. (doi:10.1186/s12862-015-0533-8)
- Worth C.B. & Muller J. 1979. Captures of large moths by an ultraviolet light trap. *Journal of the Lepidopterists' Society* 33: 261–264.

3 EKOLÓGIA MESTSKÝCH OSTROVOV

Pod pojmom **ekologický ostrov** nemyslíme nutne len súš obklopenú vodou. Predstavuje skôr územie, ktoré je izolované viac či menej prirodzeným spôsobom od okolitého územia, od podobného ekosystému. Môže sa jednať o fragment lesa v poľnohospodárskej krajine, o jazero oddelené od ostatného sladkovodného vodstva, o vrcholky hôr izolované územím s nižšou nadmorskou výškou a pod. Pri pohľade z výšky na kultúrnu krajinu, aj na mestá samotné, sa zem javí ako veľké „patchwork“ dielo. V anglickej odbornej terminológii sa fragmenty rôznych typov habitatov označujú pojmom „patch“. Antropicky ovplyvnené prostredie sa vyznačuje veľkou fragmentáciou pôvodných biotopov, čím vznikajú rôzne veľké, odlišným spôsobom prepojené a vzdialené „ostrovy“ pôvodných lesov, lúk, močiarov, alebo ľuďmi pozmenených pasienkov, polí, skládok, zástavby, nádrží a pod. Základné teoretické východiská ekológie mesta preto často vychádzajú z ostrovnej ekológie a jej princípov, hoci mesto má svoje výrazné špecifiká.

Jedno zo základných pravidiel ostrovnej ekológie je, že počet druhov na ostrove klesá s jeho plochou. Preto sa na ostrovoch vyskytuje menej druhov, ako na obdobne veľkých plochách na pevnine. Na druhej strane ostrovy svojou voľnou nikou a izolovanosťou urýchľujú speciáciu a často predstavujú „hot spoty“ svetovej biodiverzity.

V ostrovnej biogeografii sú kľúčové tri princípy:

1. **Princíp diverzity stanovišť**, zaoberajúci sa vhodnosťou ostrovov ako stanovišť pre rôzne druhy. Aplikácii tohto princípu v mestskom prostredí sa venuje kap. 3.2.
2. **Teória rovnovážneho stavu** medzi rýchlosťou osídľovania ostrovov novými druhmi a rýchlosťou vymierania druhov osídľujúcich ostrov (viac v kap. 3.3).
3. **Vzťah medzi speciáciou a osídľovaním** ostrova z pevniny (viac v kap. 3.4).

3.1 Izolácia ostrovov

Na rozdiel od klasickej ekológie ostrovov, fragmenty habitatov v mestách sa vyznačujú niekoľkými špecifikami. V prípade miest sa tu nenachádza žiadna evidentná „pevnina“, ktorá by slúžila ako zdrojová oblasť pre organizmy. Na druhej strane, mozaika mesta nemusí predstavovať tak nepriateľské prostredie pre šírenie niektorých druhov, ako voda obklopujúca oceánske ostrovy. Existujú siete vhodných biotopov v meste, ktoré môžu zvýšiť disperziu druhov. Vytváranie migračných koridorov v meste môže výrazne zvýšiť druhovú rozmanitosť habitatov hlbšie v centre.

Stupeň izolácie je určený najmä vzdialenosťou od zhodného veľkoplošného biotopu a vzťahom plôch „ostrova“ a „pôvodného biotopu“, z ktorého tento biotop pochádza. **Stupeň izolácie** jednotlivých habitatov ostrovov (fragmentov) nie je rovnaký pre rôzne skupiny organizmov. Napríklad pre vtáky zastavaná časť mesta nepredstavuje migračnú bariéru, zatiaľ čo pre menej pohyblivé druhy môže predstavovať neprekonateľnú prekážku. Ďalšou dôležitou charakteristikou je **veľkosť ostrova**. Častokrát, práve na základe veľkosti a izolovanosti habitatu, je možné predpovedať jeho druhovú rozmanitosť. Mestské ostrovy sa väčšinou vyznačujú menej výraznými hranicami a menšími rozmermi.

Izolácia ostrovov či fragmentov je funkciou blízkosti ďalších fragmentov (podobného charakteru) alebo koridorov v rámci mozaiky krajiny. Zatiaľ čo konektivita sa meria medzi sériou krajinných prvkov, izolácia sleduje konektivitu alebo nedostatok konektivity jednotlivých fragmentov. Je to index vzdialenosti medzi plochami políčkami a počtu susedných plôch. Vzťah medzi jednotlivými fragmentmi a ich okolitým priestorom môže byť vyhodnocovaný pomocou **izolačného indexu**. Zaoberá sa priestorovým usporiadaním fragmentov a ich vzdialenosťami, ale aj využívaním okolitého územia a rôznymi ekologickými ukazovateľmi kvality habitatu.

Bowen & Burgess (1981) a Cook (2002) publikovali výpočet **izolačného indexu** podľa vzorca:

$$R = \frac{1}{N} \sum d_{ij}$$

R – izolačný index fragmentu

N – počet vhodných fragmentov

d_{ij} – vzdialenosť (fragmentu i a susedného fragmentu j)

Vzťah medzi izoláciou a frekvenciou pohybu medzi fragmentmi (ostrovmi) je nepriamo úmerný. Ohrozené populácie v izolovaných fragmentoch sú s väčšou pravdepodobnosťou „zachránené“ disperziou jedincov z iných fragmentov, ak sú blízko. Disperzia jedincov je dôležitou ochranou pri demografických výkyvoch, proti efektom inbrídingu alebo nevyváženému pomeru pohlaví, ktoré by mohli viesť k vymretiu (extinkcii) populácie ostrova. Preto kompaktné súostrovia, pozostávajúce z blízko pri sebe lokalizovaných ostrovov, majú vo všeobecnosti na ostrove viac druhov ako súostrovia, pozostávajúce zo vzdialených ostrovov. Blízkosť uľahčuje záchranu ohrozených populácií

Počas štúdie na chaparral viazaných druhov vtákov vo fragmentoch kaňonov pri San Diegu (Kalifornia) bolo zistené, že vo väčšina kaňonov stratila viac ako polovicu špecializovaných vtáčích druhov 20 až 40 rokov po izolácii. Chaparral je vegetácia pozostávajúca zo zamotných a trňových kríkov. V prípade kaňonov menších ako 50 hektárov bol po 40 rokoch izolácie priemerný počet prežívajúcich na chaparral viazaných vtáčích druhov 0,5. Najdôležitejším faktorom pritom nebola pokrývnosť kaňonu vegetáciou, ale počet rokov izolácie od systému kaňonov. Tento časový aspekt by sa dal nazvať „vekovým efektom“ (age effect) (Soule 1991).

a rekolonizáciu ostrovov, v ktorých sa vyskytlo lokálne vyhynutie. Vysoká disperzia môže viesť až k panmiktickej populácii, aj keby bola krajina výrazne fragmentovaná. Nižšia frekvencia pohybu medzi fragmentmi vedie k metapopulačnej dynamike (viď kap. 4). Pri veľmi nízkej disperzii (vysokej izolácii fragmentov) hrozí lokálne vyhynutie populácie.

Disperziu organizmov (šírenie či rozptyl) poznáme z klasickej ekológie. Uskutočňuje sa migráciou (imigráciou, emigráciou, permigráciou) u živočíchov. U rastlín hovoríme o anemochórii, hydrochórii a pod. Dochádza k rozdistributionu jedincov v priestore (rozptyl či distribúcia populácie).

Populácia môže byť v priestore štrukturovaná rôznymi spôsobmi:

- rovnomerná distribúcia znamená, že jedince sa nachádzajú od seba približne v rovnakých vzdialenostiach, k čomu dochádza v prípade silnej konkurencie medzi jedincami, ale v súčasnosti sa najčastejšie vyskytuje na umelo udržiavaných plochách (polia);
- náhodná distribúcia sa vyskytuje v rovnomernom prostredí a v prípade druhov, ktoré nemajú tendenciu vytvárať zhluky;
- zhlukovitá distribúcia nepravidelne rozmiestnených jedincov v priestore. Jedince tvoria skupiny.

Disperzia a osídľovanie ostrovných biotopov môže prebiehať viacerými cestami, v závislosti od geo-fyzikálnych parametrov ostrova (fragmentu) a pevniny (veľká plocha, obývaná populáciou s minimálnou pravdepodobnosťou jej vyhynutia) a od vlastností jednotlivých druhov (viď aj kap. 4.1). V prípade okrídleného i bezkrídleho hmyzu a iných drobných článkonožcov sa môže uplatňovať prúdením vzduchu. Živočích, zavliekané prúdením, majú malú váhu, sú ochlpené, majú výrastky, alebo krídla. U pavúkov sú to aeronauty (v mestách je veľký počet druhov), napr. pavúčik zúbkovitý (*Erigone dentipalpis*), pavúčik vraný (*Erigone atra*), plachtárka obyčajná (*Agyneta rurestris*). Takto sa rozširujú najmä juvenilné štádiá. Špecificky nad morskými ostrovmi je známy efekt termického prúdenia, vďaka ktorému dochádza k nasávaniu vzdušného planktónu. Keďže mestské prostredie sa prehrieva, podobná analógia prebieha v mestách (vysoké budovy, strechy), kde môžu vzhľadom na výstavbu existovať lokálne vetry (určitým smerom).

Aktívne, alebo pasívne zavlečenie živočíchov do miest prebieha hlavne vďaka ľudskej činnosti (doprava, obchod) a druhy sú zavlečené z rôznych klimatických zón (viď kap. 3.5). Takto zavlečené živočích prichádzajú do podmienok, ktoré pre ne nie sú vhodné, avšak nachádzajú vhodné podmienky pre rozmnožovanie (sklady, skleníky, budovy, kultúry rastlín). Spolu s vysádzaním zelene sa sem dostávajú i ďalšie druhy.

Clark & Evans (1954) sa zaoberali výpočtom disperzie mestských fragmentov, ktorá môže byť rátaná podľa vzorca :

$$R_c = 2d_c \left(\frac{\lambda}{\pi} \right)$$

R_c – index disperzie

d_c – priemerná vzdialenosť z fragmentu (z centra alebo centroidu) k najbližším fragmentom

λ – je priemerná hustota fragmentov

Ak $R_c = 1$, ide o náhodne rozložené fragmenty. Ak $R_c < 1$, sú fragmenty zoskupené a ak je $R_c > 1$ (maximálne 2,149), ide o pravidelne distribuované fragmenty.

MacArthur & Wilson (1967) publikovali vzorec na **odhad počtu imigrantov** na ostrove. Za istých okolností je možné ho využiť aj pri mestských fragmentoch.

$$n_i = c \cdot w_i^2 \cdot e^{-\frac{d_i}{D_d}}$$

n_i – počet immigrantov na ostrove

c – konštanta geografických podmienok

d_i – vzdialenosť ostrova od pevniny (zdroja bioty)

w_i – rozmer ostrova

D_d – stredný rádius rozsídlenia sledovanej skupiny živočíchov

Mader (1984) modifikoval výpočty pre ostrovné biotopy v meste, ohraničené cestami (ulicami a pod):

$$e^{-\frac{d_i}{D_d}} = e^{-\left(\frac{D}{D_d} + V + K\right)}$$

V – komponent pohybu transportu

D – šírka ulice rozdeľujúcej biotopy

K – tlak konkurencie špecifický pre danú skupinu

Najmä malé ostrovné populácie sú zraniteľné. Pravdepodobnosť ich vyhynutia sa exponenciálne zvyšuje, ak veľkosť populácie klesne pod 75 jedincov v dôsledku náhodných demografických procesov. Nedá sa predpokladať, že nemanážené populácie s 10 až 20 jedincami za normálnych okolností prežijú dlhšie ako niekoľko generácií (viac o efektívnej veľkosti populácie v kap. 4.2).

Opakom izolovanosti (v prípade fragmentov, nie ostrovov) je dostupnosť, ktorá je jednoduchým meradlom počtu fyzických prepojení koridorov alebo plôch zahrnutých do ekologickej siete. **Životaschopnosť koridorov** sa hodnotí pomocou podobných ukazovateľov krajinné štruktúry ako pri fragmentoch, teda ich môžeme klasifikovať ako zvyškové, regenerované, introdukované a narušené (aj kap. 3.2). Zvyškový koridor je zvyčajne pozostatkom pásu biotopu po rozsiahlom narušení prostredia. Regenerovaný koridor sa vyvinul prirodzene po nejakom inom využití (napr. živý plot, ktorý už nie je zastrihávaný a ďalej sa vyvíja prirodzene). Pri skúmaní koridoru sa zameriavame na veľkosť a typ koridoru, na biotop (vegetatívna štruktúra a diverzita), vedenie (kontext koridoru a prirodzenosť), filter, zdroj a výústenie koridoru. Biologická diverzita sa zvyšuje prostredníctvom ochrany a obnovy brehových koridorov, ktoré sú kritickým biotopom a dôležitými cestami šírenia druhov. V odvodňovacích koridoroch je uľahčený manažment vodných zdrojov, vrátane protipovodňovej kontroly erózie a kvality vody. Koridory v podobe vetrolamov pomáhajú kontrolovať eróziu. Podobne ako vnútorná (centrálna) časť fragmentu, aj centrálna časť koridoru poskytuje priestor pre migráciu druhov, tiež slúži ako zdroj a prepadový biotop (ang. sink, viď kap. 4) a v prípade koridorov pozdĺž vodných tokov kontroluje odtok erodovaných živín, sedimentáciu a záplavy. Okrajová zóna koridoru funguje ako filter alebo aj ako nárazníková zóna. V mestskom prostredí je funkcia filtra a nárazníka okrajovej zóny koridoru nevyhnutná na udržanie použiteľnosti vnútornej zóny. Ak majú koridory menších vodných tokov (potoky) okrajovú zónu po oboch stranách toku, tak poskytujú priestor migrácie pre druhy centrálnej zóny a zároveň vhodný biotop pre druhy v zaplavovaných oblastiach počas povodní. Koridory okolo väčších tokov by mali mať striedavo aj väčšie vyvýšenejšie plochy, ktoré čiastočne zachytávajú sedimenty a poskytujú priestor pre prežitie druhov počas záplav.

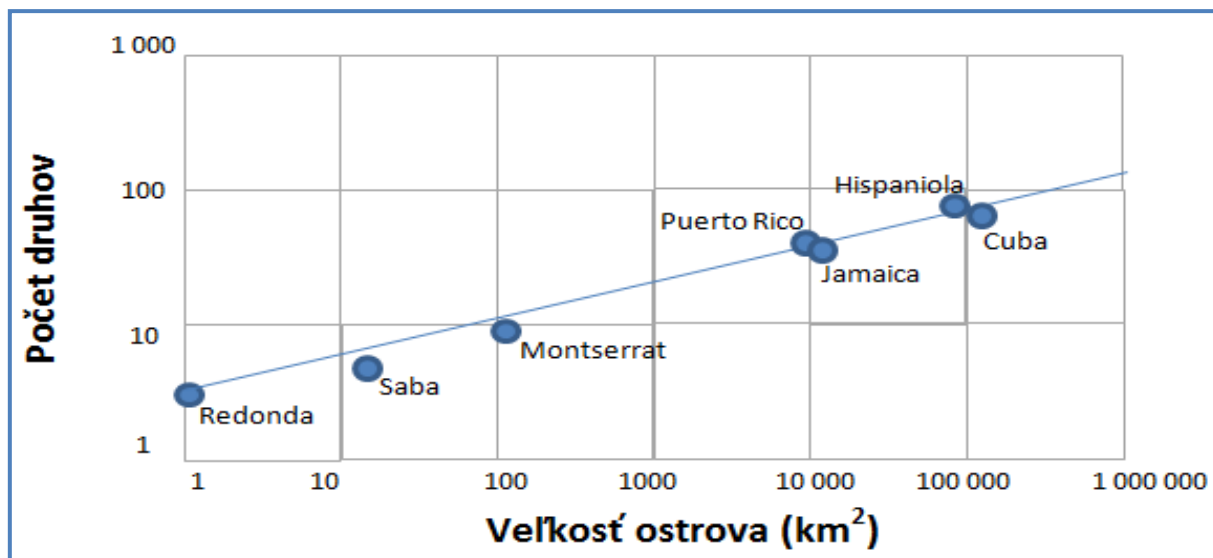
Súbor rôznych fragmentov a koridorov tvorí celú krajinnú mozaiku a ako sa fragmenty a koridory spájajú a pretínajú, vytvárajú sieť potenciálne vysoko hodnotných prvkov, v ktorých sú zachované a/alebo obnovené ekologické funkcie. V mestskej krajine je intenzívna konkurencia rôznych spôsobov využitia pôdy a exotických druhov. Fragmentácia a izolácia prispievajú k zhoršovaniu ekologických funkcií a v konečnom dôsledku k úbytku pôvodných druhov. K úspešnému ekologickému fungovaniu siete do značnej miery prispievajú dva faktory, a to celková hustota vhodných oblastí a koridorov a miera, do akej sú prepojené.

Použité zdroje:

- Begon M., Harper J.L. & Townsend C.R. 1997. *Ekologie: jedinci, populace a společenstva*. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc.
- Bowen G.W. & Burgess R.L. 1981. A Quantitative Analysis of Forest Island Pattern in Selected Ohio Landscapes. Tennessee: Oak Ridge National Laboratory, Environmental Sciences Division, Publication ORNL-TM-7759, Oak Ridge, 111 pp.
- Clark P. & Evans F.C. 1954. Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology* 35: 445.
- Cook E. A. 2002. Landscape structure indices for assessing urban ecological networks. *Landscape and Urban Planning* 58. 269-280.
- Dramstad W., Olson J., Forman R. 1996. *Landscape Ecology Principles for Landscape Architecture and Land Use Planning*. Island Press, Washington DC, p. 89.
- Esbah H., Deniz B. & Cook, E.A. 2005. Isolation trends of urban open spaces. In Proceedings of the ISPRS joint conference, Tempe, Arizona. Available at: <http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/8-W27/esbah02.pdf> [Accessed: 22/07/2016].
- Forman R.T., Friedman D.S., Fitzhenry D., Martin J.D., Chen A.S. & Alexander L.E. 1997. Ecological effects of roads: toward three summary indices and an overview for North America. *Habitat Fragmentation and Infrastructure*. Ed. K. Canters. Ministry of Transport, Public Works and Water Management: Maastricht and The Hague, Netherlands. 40-54.
- Forman R.T.T. 1995. *Land Mosaics*. Cambridge University Press, Cambridge, 632pp.
- Cheptou P-O., Hargreaves A.L., Bonte D. & Jacquemyn H. 2017. Adaptation to fragmentation: evolutionary dynamics driven by human influences. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 372: 20160037.
- MacArthur R.H. & Wilson E.O. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Mader H. J. 1984. Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. *Biological Conservation* 29: 81-96.
- Soule M.E. 1991. Land use planning and wildlife maintenance: guidelines for conserving wildlife in an urban landscape. *Journal of the American Planning Association* 57(3): 313-323.
- Tsuyuzaki S. 2015. Landscape. Hokkaido University, <http://hosho.ees.hokudai.ac.jp/~tsuyu/top/dct/landscape.html>

3.2 Druhov diverzita stanoviště

Ostrovy, v rámci svojej obmedzenej rozlohy, môžu ponúkať len obmedzen (resp. menšiu) **diverzitu stanoviště**. S nižšou ponukou súvisí aj nižší počet druhov, ktoré tu nachádzajú vhodné podmienky pre život (Obr. 23.). V niektorých prípadoch sa prtomon živočíšnych druhov (napr. bylinoravho hmyzu) odvíja od prtomon živnej rastliny, ktorá môže r aj vo väčšom mnozstve stanoviště. Druhov diverzita živočíchov sa odvíja od drurovej skladby vegetácie ostrova. Tento prístup je uplatnite hlavne pri bez-zásahových mestskch lokalitách (ako sú napríklad zachované fragmenty pôvodnej vegetácie).



Obr. 23. Celkov počet druhov oboivelnkov a plazov žijúcich na siedmych ostrovoch západnej Indie, ktoré sú zoradene podla vzrastajúcej plochy ostrova. Prevzate z: Kricher 2011.

V prípade, že človek zasahuje, upravuje či inak men charakter mestskch zelených ostrovov, môže dochdz k obohacovaniu alebo ochudobnovaniu diverzity. Vznikajú tak vyhovujúce podmienky pre mnoho druhov, ktoré vyžadujú prístup k rôznym biotopom buď súčasne, alebo v rôznych roch obdobiach, alebo v rôznych fázach ich životného cyklu. Výskyt týchto druhov môže pozitívne korelovať s rôznorodosťou mestskch biotopov.

Umelo zvyovan heterogenita mestskch ostrovov môže umoov koexistenciu rôznych biotopovch špecialistov (za predpokladu, že veľkosť fragmentov rôznych biotopov je dostato na udržanie ich populácie). V dôsledku pozitívneho dopadu ľudskej činnosti na heterogenitu habitatov a na diverzitu, spomnan zvislos počtu druhov k celkovej veľkosti fragmentu je často nelineárna.

Na loklnej úrovni, heterogenita habitatu na jednom zelenom fragmente zvyšuje počet druhov, zata čo vegetan štruktúra a komplexnosť zvyšuje rozmanitosť mestskch spoloenstiev lesných druhov.

V prípade fragmentácie krajiny, fyzikálne a demografcke faktory (spomnane v kap. 3.1) majú rôzny dopad na rôzne druhy, naraj medzidruhove interakcie, čo u celého spoloenstva (cenózy) vedie ku kaskdovmu efektu. Male fragmenty (ostrovy) strácajú druhy, najmä väčšie stavovce a habitatových špecialistov, čo ovplyvňuje mutualistcke aj antagonisticke druhove interakcie.

Jedným z často pozorovaných efektov fragmentácie je pokles populácie opeovaov, čo m dopad na rastlinne druhy, ktoré sú na opeovanie odkzane. Jednak opeovaov je vo fragmentovaných

oblastiach menej, jednak uprednostňujú väčšie fragmenty, ktoré poskytujú bohatšiu potravnú ponuku. U rastlín potom dochádza k zvýšenému opeleniu alebo k samoopeleniu, ak je to možné. Prostredie, ktoré je chudobné na opeľovače vedie k selekcii vlastností podporujúcich zvýšené lákanie opeľovačov (atraktivita kvetov, dlhovekosť), alebo častejšie dochádza k zníženiu závislosti na opeľovačoch (nepohlavné rozmnožovanie, autonómne samoopelenie).

V meste Montpellier (Francúzsko) sledovali 2 m² veľké nekultivované plochy pri chodníkoch so škardou druhu *Crepis sancta* (Asteraceae). Nízka aktivita a denzita opeľovačov, mala za následok znížené opelenie a zníženie množstva vyprodukovaných semien (Alleeho efekt, viď kap. 4.2). Analýza nasledovnej generácie odhalila len mierny nárast samoopelnia v mestských populáciách v porovnaní s vidieckymi populáciami (Cheptou & Avendaño 2006).

Dlhoročná štúdia fragmentácie Amazonských pralesov ukázala, že okrajový efekt hrá kľúčovú úlohu v dynamike fragmentov a že celkové rozmiestnenie (matrix) má hlavný vplyv na konektivitu fragmentov. Mnohé Amazonské druhy sa vyhýbajú čistinkám (priesekom), hoci aj užším ako 100 m. Fragmentácia mala výrazný vplyv nielen na druhovú bohatosť, adundanciu, ale aj na invázne druhy, dynamiku lesa, trofickú štruktúru spoločenstiev a celú škálu ekologických a ekosystémových procesov. Zaznamenali napríklad pokles opeľovačov, roznášačov semien a insektivorných predátorov vo fragmentoch, čo spôsobilo zníženie reprodukčného úspechu rastlín a zvýšilo herbivoriu (Laurance et al. 2002).

Celková druhová bohatosť (**gama diverzita**) mestskej krajiny je výsledkom **alfa diverzity** jednotlivých habitatov a variability v druhovej skladbe medzi porovnávanými habitatmi (**beta diverzita**). **Alfa diverzita** je diverzita v rámci vybranej časti oblasti alebo ekosystému. Zvyčajne je vyjadrená počtom druhov (druhová bohatosť, ang. species richness) vo vybranom ekosystéme. **Beta diverzita** je porovnanie diverzity medzi ekosystémami, zvyčajne je vyjadrená počtom druhov odlišných medzi porovnávanými ekosystémami. **Gama diverzita** je miera celkovej diverzity v rámci veľkého regiónu (Tab. 13). Alfa diverzita niektorých skupín organizmov v mestách je často vyššia ako v prirodzenom prostredí, čo je výsledkom uchytienia sa veľkého množstva imigrantov (cievnaté rastliny, motýle). Na druhú stranu, iné skupiny organizmov v mestách neprospeievajú (huby, veľké cicavce). Podobne je často aj beta diverzita mestských ostrovných habitatov vyššia ako v poloprirodzenom prostredí v okolí mesta. Hlavne vďaka udržiavaniu rôznych typov parkov a skládkam odpadu je druhová skladba rastlín v mestách vyššia a od toho sa odvíja aj druhová rôznorodosť živočíchov.

Alfa diverzita: V meste Vantaa v južnom Fínsku zaznamenali na skládke odpadu 412 cievnatých rastlín, zatiaľ čo v polo-prirodzených trávno-bylinných lesoch bolo iba 262 druhov (Ranta et al. 1997).

Beta diverzita: Vo Varšave boli veľké rozdiely v spoločenstvách bystruškovitých (Carabidae) medzi mestskými ostrovmi (priemerná hodnota indexu podobnosti bola 46 %) a to pravdepodobne kvôli slabej disperznej schopnosti jednotlivých druhov (Czechowski 1982).

Lokálne vymieranie udržiava rozdiely v druhovom zložení medzi mestskými biotopmi. K vymieraniu (extinkcii) dochádza v dôsledku deštrukcie biotopov alebo pomalého zmiznutia druhov z habitatov, ktoré boli fragmentované do malých a izolovaných pozostatkov. Existuje dostatok dôkazov o tom, že druhy sa stanú lokálne vyhynuté z dôvodu deštrukcie biotopov a ich degradácie.

Rôzne vplyvy ľudského osídlenia na rastlinné a živočíšne populácie sa môžu prejaviť na vlastnostiach spoločenstiev, biomase alebo diverzite. Niektoré druhy profitujú z blízkosti sídiel, čo sa prejaví vo zväčšení ich populačnej veľkosti, iné druhy či taxonomické skupiny nie. Diverzita celých spoločenstiev môže stúpať, klesať alebo aj ostať v procese urbanizácie nezmenená.

Tab. 13. Príklad druhovej diverzity (alfa, beta, gama) v hypotetických habitatoch s príkladom počítania. Prevzaté z: Hunter (2002).

Hypotetický druh	Habitat 1 (H1)	Habitat 2 (H2)	Habitat 3 (H3)
A	X		
B	X		
C	X		
D	X		
E	X		
F	X	X	
G	X	X	
H	X	X	
I	X	X	
J	X	X	
K		X	
L		X	X
M			X
N			X
Alfa diverzita	10	7	3
Beta diverzita	7 (H1 verus H2)	8 (H2 verus H3)	13 (H1 verus H3)
Gama diverzita	14		

Pre veľa skupín sú známe údaje o zmenšení počtu druhov od okraja do centra mesta (napr. bystuškovitité (Carabidae), pancierniky (Oribatida), kosce (Opiliones), pavúky (Araneae), rovnakonôžky (Isopoda), mnohonôžky (Diplopoda), cikády (Cicadoidea), sieťokrídlavce (Neuroptera), lienkovité (Coccinellidae), skarabeusovité (Scarabeidae), fúzačovité (Cerambycidae), nosáčíkovité (Curculionidae), motýle (Lepidoptera), dvojkrídlavé (Diptera), vtáky (Aves)). Časté príčiny sú: zníženie spektra potravy (rastlín), zmenšenie rozmanitosti prostredia, u niektorých zvýšenie úmrtnosti, vyrušovanie (najmä vtáky pri hniezdení).

U veľa skupín je však známe, že na okraji mesta je viac druhov, ako v jeho okolí. Ide v podstate o okrajový efekt (najmä niektoré skupiny hmyzu

ale i vtákov). Možno hovoriť o ekologickej hranici mesta (kap. 1.3.2).

Celkovo v meste dochádza k zníženiu **diverzity**. Lokálne však môže diverzita stúpnuť pridaním eurypotentných, kozmopolitných alebo cudzích druhov (kap. 3.5). Pri interakcii pôvodných a zavlečených druhov môže po čase dôjsť k vyhynutiu druhov a zníženiu diverzity (kap. 3.3). Pokiaľ len tolerantnejšie druhy nahradia stenopotentné druhy, lokálna diverzita zostáva rovnaká. V prípade, že vzrastá rôznorodosť habitatov a invázne druhy dramaticky nekonkurujú pôvodným druhom, lokálna diverzita môže byť vysoká.

Urbanizácia má vplyv na distribúciu a abundanciu vtákov. Zmeny avifauny sa dajú predpokladať pri gradiente z nenarušenej prírody cez vidiek, prímestské oblasti až po samotné mesto. Druhovú bohatosť najskôr stúpne, ale následne sa prepadá pod úroveň nenarušeného habitatu a to bez ohľadu na odlišnosti prostredia medzi ekoregiónmi v chaparralskej oblasti Kalifornie a lesoch Ohia (USA). Avifauny rôznych ekoregiónov teda reagujú podobne na urbanizáciu. Vrabec domový (*Passer domesticus*), škorec obyčajný (*Sturnus vulgaris*) a holub skalný (*Columba livia*) sú dominantnými druhmi miest Európy a Severnej Ameriky.

Odpoveď avifauny na vzrastajúcu urbanizáciu vedie k vzrastajúcej homogenite spoločenstva. V pôvodných habitatov v chaparrale Kalifornie a lesoch Ohia žije len 7 % zhodných druhov. V najzastavanejších oblastiach Kalifornie a Ohia sa prekrývalo až 19 % druhov. Teda druhová skladba vtákov je jedinečná pre jednotlivé ekoregióny, ale veľa rovnakých vtáčích druhov sa nachádza v mestských oblastiach bez ohľadu na ekoregión (Blair 2001).

Pri výstavbe ľudských obydli sa prihliada na podmienky primárne vyhovujúce ľuďom. Takpovediac, ľudia znižujú kopce a vyrovnávajú doliny. Kde je sucho, ľudia zavlažujú; kde mokro, drenážujú; kde

zima, vyhrievajú. Sadia úžitkové a okrasné rastliny rovnako po celom svete. Výsledkom sú podobné podmienky v urbánnych oblastiach celého sveta. Táto premena krajiny procesom urbanizácie má efekt na flóru aj faunu. Dochádza k všeobecnému nahradzovaniu pôvodných (často endemitických) druhov oportunistickými druhmi, čo nevyhnutne vedie k **homogenizácii biosféry** aj v odlišných ekoregiónoch. Čím viac ľudia manipulujú so životným prostredím, tým viac sú si spoločenstvá podobné. Nemusí sa vyslovene jednať o identickú druhovú skladbu, ale o podobné zloženie spoločenstiev. Druhy s rovnakými ekologickými nárokmi sa teda môžu nahrádzať v jednotlivých ekoregiónoch. Napr. vzducholovec bielostrý (Aeronautes saxatalis, Apodidae) žije na útesoch, v kaňonoch a na ľudských stavbách na juhozápade Severnej Ameriky a na východe Severnej Ameriky je tento druh nahradený srpom torpédovitým (Chaetura pelagic, Apodidae) s podobnými ekologickými nárokmi. Európska varianta je dážďovník obyčajný (Apus apus, Apodidae).

Hypotéza strednej narušenosti habitatov v meste hovorí o najvyššej bohatosti druhov v habitatoch, ktoré sú priemerne narušené činnosťou človeka. Pri vyššej alebo nízkej intenzite ľudských zásahov je druhová bohatosť nižšia. Hypotéza však platí len pre pôvodné druhy. Invázne (nepôvodné) druhy sú všeobecne častejšie v habitatoch s vyšším narušením.

O **dominancii druhov** v mestskom prostredí je málo údajov. U bystruškovitých (Carabidae) bola zistená nápadná skutočnosť, že na okraji mesta je menej dominantných druhov (s dominanciou vyššou ako 4 %) ako v centre. Pritom v extrémnych podmienkach (v tomto prípade v centre) by malo byť menej dominantných druhov, pri väčšej koncentrácii jedincov do 1 – 2 druhov.

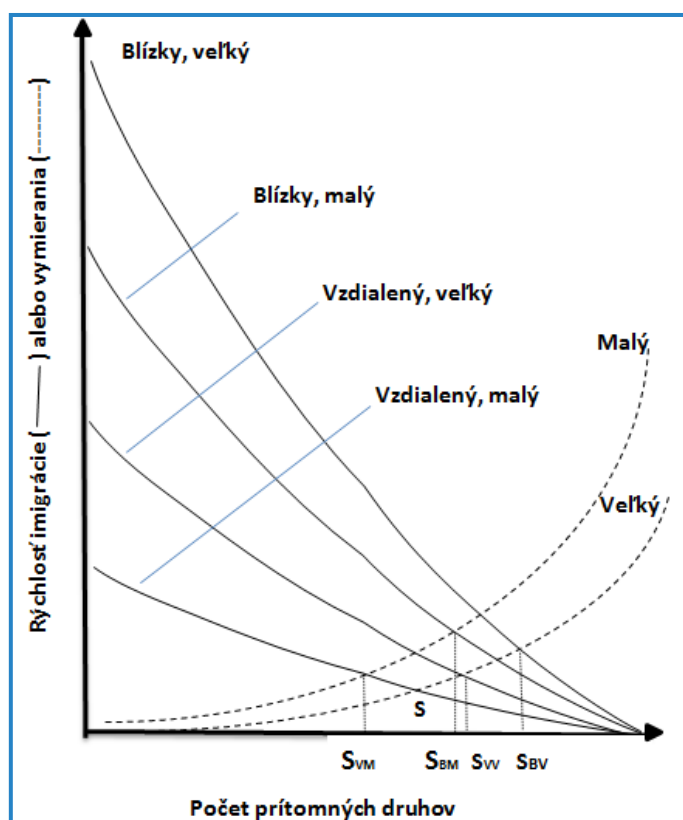
Biomasa bystruškovitých (Carabidae) silno ubúda smerom do centra mesta. Vo vnútri mesta viditeľne dominujú „malé“ druhy, ktoré tu lepšie prekonávajú podmienky. Podobne je tomu aj u iných čeľadí chrobákov (Coleoptera), pavúkov (Araneida) a mnohonôžok (Diplopoda). Svedčí to aj o lepšej schopnosti drobných druhov k presídleniu.

Použité zdroje:

- Blair R.B. 2001. Creating a homogeneous avifauna. In Avian ecology and conservation in an urbanizing world. Springer, Boston, MA. 459-486 pp.
- Cook E. A. 2002. Landscape structure indices for assessing urban ecological networks. Landscape and Urban Planning 58. 269-280.
- Czechowski W. 1982. Occurrence of carabids (Coleoptera, Carabidae) in the urban greenery of Warsaw according to the land utilization and cultivation. Memorabilia Zoologica 39: 3-108.
- Forman R.T.T. 1995. Land Mosaics. Cambridge University Press, Cambridge, 632pp.
- Hunter M. 2002. Fundamentals of Conservation Biology. Second Edition. Massachusetts, U.S.A., Blackwell Science. 462 pp.
- Kricher J. 2011. Tropical ecology. Princeton University Press.
- Laurance W.F., Lovejoy T.E., Vasconcelos H.L., Bruna E.M., Didham R.K., Stouffer P.C., Gascon C., Bierregaard R.O., Laurance S.G. & Sampaio E. 2002. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. Conservation biology 16(3): 605-618.
- Niemelä J. 1999. Ecology and urban planning. Biodiversity & Conservation 8: 119-131.
- Cheptou P.O. & Avendaño V.L.G. 2006. Pollination processes and the Allee effect in highly fragmented populations: consequences for the mating system in urban environments. New Phytologist 172(4): 774-783.
- Ranta P., Tanskanen A. & Siitonen M. 1997. Vascular plants of the city of Vantaa, S. Finland—urban ecology, biodiversity and conservation. Lutukka 13: 67-87.
- Zacharia P.U., Mohamed K.S., Sathianandan T.V., Asokan P.K., Krishnakumar P.K., Abdurahiman K.P., Durgekar N.R. & Veena S. 2011. Alpha, beta and gamma diversity of fished marine taxa along the southwest coast of India during 1970-2005. Journal of the Marine Biological Association of India 53(1): 21-26.

3.3 Teória rovnovážneho stavu

MacArthurova a Wilsonova **teória rovnovážneho stavu** (1967) hovorí, že počet druhov vyskytujúcich sa na ostrove je určovaný rovnováhou medzi imigráciou a vymieraním. Na úplne neobývanom ostrove nastúpi spočiatku vysoká imigrácia druhov, ktorá začne postupne spomaľovať, kvôli limitom ostrova. Naopak, vymieranie začne stúpať s rastúcim počtom druhov v dôsledku zvyšujúcej sa konkurencie či nedostatočnej veľkosti populácie na ostrove. Po čase nastane **dynamická rovnováha**, teda druhové zloženie sa môže meniť, ale počet druhov zostáva rovnaký. Počet druhov, ktorý sa na ostrove ustáli, je možné predpokladať na základe veľkosti ostrova a jeho vzdialenosti od pevniny (Obr. 24). Pravdepodobnosť úspešnej kolonizácie ostrova novým druhom je totiž vyššia pre



Obr. 24. MacArthurova a Wilsonova (1967) teória rovnovážneho stavu biogeografie ostrova. Rovnováha medzi imigráciou a vymieraním na veľkých a malých, na blízkyh a vzdialených ostrovoch. S – bod rovnováhy druhového bohatstva, nasledujúce písmeno je B – blízky, V – vzdialený ostrov a posledné písmeno označuje M – malý, V – veľký ostrov.

nadobúdajú väčší význam.

Prítok imigrantov (či už sa jedná o usmernené presídlenie alebo náhodné zavlečenie) kompenzuje v mestskom fragmente úhyn a emigráciu druhov. Obe tieto zmeny závisia od počtu druhov na ostrove, t.j. počtu obsadených ekologických ník. Čím väčší biotop, tým skôr sa dosiahne rovnovážny stav. U menších biotopov je menšia pravdepodobnosť imigrácie, znižuje sa veľkosť populácií, vzrastá úmrtnosť a nakoniec dosiahnutý rovnovážny stav je krátkodobý a ľahko ovplyvniteľný výkyvmi faktorov.

ostrovy, nachádzajúce sa blízko pri zdroji kolonizácie (pri pevnine, prípadne pri veľkom fragmente či ostrove, obývanom populáciou s minimálnou pravdepodobnosťou vyhynutia, vid' kap. 4). Obdobne aj ostrovy, ktoré sú väčšie, majú väčšiu pravdepodobnosť kolonizácie, lebo migrujúce živočíchy majú väčšiu šancu ich „trafiť“ a vďaka väčšiemu počtu biotopov na väčších ostrovoch sa tu udrží väčší počet druhov. Teória rovnovážneho stavu platí ako pre druhy (druhové bohatstvo), tak pre populácie (vid' kap. 4).

Základné porozumenie druhovej dynamiky v mestských fragmentoch vychádza z MacArthurovej a Wilsonovej teórie (1963, 1967) ostrovej dynamiky. Vyhynutie druhov na ostrovoch je kompenzované prívom nových druhov a celková dynamická rovnováha ostrova je závislá najmä od jeho veľkosti. V meste, kde dominuje ľudský vplyv, sa diverzita stále javí ako rovnováha medzi vyhynutím a kolonizáciou, avšak množstvo a identita inváznych druhov

Očakávaný počet druhov v ostrovnom biotope závisí predovšetkým od prítomnosti potenciálnych mikrobiotopov. Možno ho vyjadriť vzťahom:

$$S = c \cdot A^z$$

S – počet druhov

A – plocha ostrova

c – konštanta špecifická pre danú živočíšnu skupinu, charakterizujúca biogeografické podmienky

Z – môže mať hodnotu:

0.20 – 0.35 pre oceánske ostrovy

0.12 – 0.17 pre ostrovy na pevnine

Z – teda vzrastá so zväčšovaním izolácie

Z – dostaneme zo vzťahu $\log S = \log c + z \log A$

Pri zmenšovaní homogénnej plochy sa množstvo zásob (kvantita potravy, miesta hniezdenia, úkrytov) zmenšuje lineárne, ale ich spektrum (kvalita) sa zo začiatku zachováva. Preto sa na drobných ostrovoch môže vyskytovať pomerne veľa druhov. Kvalitatívne spektrum zásob sa od určitého bodu znižuje exponenciálne. Preto je stabilita zoocenóz malých ostrovov malá, väčšina druhov má iba malé populácie, pričom vysoko dominuje (vyše 50 %) jeden druh. Spolu s elementami pôvodných zoocenóz sa objavujú pionierske formy a presídlenci zo susedných biotopov.

V konkurenčnom boji s imigrantmi pôvodná fauna často ustupuje. V prvom rade miznú druhy s veľkými teritoriálnymi nárokmi. Zmenšenie priemerného počtu druhov môže nasvedčovať o zväčšení izolácie mestských parkov v oblastiach intenzívnej výstavby, ale môže byť spôsobené i podmienkami biotopu.

Na ostrovoch je **miera vyhynutia** druhu podmienená aj prírodnými činiteľmi. V oblasti, využívannej človekom, môže dochádzať k vyhynutiu druhov ak:

- a) zostávajúca pôvodná vegetácia je široko izolovaná a veľké fragmenty sú zriedkavé. Miera vyhynutia je vyššia a vzrastá s urbanizáciou výraznejšie, ako keď by zostávajúca vegetácia predstavovala veľké alebo prepojené fragmenty;
- b) ľudia využívajú zostávajúcu pôvodnú vegetáciu na rekreáciu, ťažbu zdrojov a pod.;
- c) dochádza k introdukcii nepôvodných druhov rastlín a živočíchov, zjednodušuje sa štruktúra spoločenstva, znižuje sa pokryvnosť kríkov a pôd;
- d) sa znižuje produktivita územia, vyhynutie výrazne stúpa s urbanizáciou bez ohľadu na to, aké veľké alebo ako izolované fragmenty sú.

Aplikovateľnosť bio-geografickej teórie ostrovov na suchozemské fragmenty ako prvý potvrdili Peterken a Game (1984). Študovali fragmenty lesov v agrárnej oblasti Veľkej Británie, pričom na základe historických máp odlišovali starobylé fragmenty (storočia staré lesíky) a súčasné (ktoré vznikli nedávnym zalesnením pôvodne iného typu habitatu, ako napr. pasienkov). V oboch typoch lesa potvrdili, že počet zaznamenaných cievnatých druhov rastlín stúpal s veľkosťou fragmentu (s narastajúcou habitatovou diverzitou). Staré lesné fragmenty boli druhovo bohatšie ako recentné lesíky (alebo také ktoré nikdy neboli spojené so starými lesmi). Teda recentné lesy, ktoré boli v kontakte so starými lesmi, boli bohatšie ako recentné lesy bez kontaktu, ale chudobnejšie ako staré lesy. V recentných lesoch ale počet druhov nenarastal s vekom fragmentu a predchádzajúce využívanie okolia mohlo ovplyvniť, ktoré druhy sa v recentnom lese nachádzajú, ale nie ich počet. Identifikovali druhy, ktoré boli typické pre staré lesné fragmenty a pre recentné, pričom recentné

lesné druhy obývali aj narušené časti starých lesov. Druhy starých lesov obývali len nenarušený priestor starých lesov.

Fosterovo pravidlo (ostrovne pravidlo, ostrovný efekt) sformuloval van Valen (1973) deväť rokov po vydaní štúdie porovnávajúcej ostrovné druhy s príbuznými druhmi na pevnine (Foster 1964). Ide o ekogeografické pravidlo, ktoré hovorí, že na ostrovoch sa telá jedincov daného druhu zväčšujú alebo zmenšujú v závislosti od dostupných zdrojov v prostredí.

Druhy menších zástupcov niektorej živočíšnej skupiny sa zväčšujú pri uvoľnení predáčného tlaku (absencia predátorov na ostrovoch). Vtedy hovoríme o **ostrovnom gigantizme**. Napr. najväčší druh moa mamutí (*Dinornis robustus*) z Nového Zélandu dosahoval 2 m v kohútiku a váhu 200 kg.

Opačným prípadom je **ostrovný nanizmus**. Dochádza k zmenšovaniu telesných rozmerov pôvodne väčších druhov na malých ostrovoch. Keď jedince z kontinentu kolonizujú rozlohou malý ostrov, selekčným tlakom prežívajú iba menšie zvieratá, pretože množstvo potravy klesá úmerne s rastúcou populáciou. Menšie jedince potrebujú menej zdrojov a menšie územia. Napr. najmenší druh slona z Malty (*Palaeoloxodon falconeri*) vážil okolo 305 kg a dorastal do jedného metra (u samcov).

Fosterovo pravidlo má aj svoje výnimky. Napríklad u párnokopytníkov (Artiodactyla) na niekoľkých ostrovoch boli zaznamenané prípady gigantizmu aj nanizmu. Trpasličie jelene (*Candiacervus* spp.) s bizarným parožíom sa vyskytovali v Pleistocéne na Kréte bez prítomnosti významného predáčného tlaku (van der Geer 2018). Jeleňom podobné druhy rodu *Hoplitomeryx* z ostrova Gargano (dnes polostrov) z horného Miocénu sú príkladom gigantizmu, ktorý sa rozvinul na pomerne malom ostrove (Mazza et al. 2015).

Platnosť ostrovného pravidla je diskutovanou témou, keďže na veľkosť tela živočíchov vplyva viacero faktorov. Genetická variabilita medzi populáciami by mohla tiež spôsobiť rozdiely vo veľkosti tela medzi pevninou a ostrovom.

Na štúdiu fragmentov lesov vo Veľkej Británii voľne nadviazal výskum nočných motýľov (Lepidoptera). Zaznamenali, že menšie fragmenty lesov (menšie ako 1 ha) nemali charakteristické spoločenstvá. Väčšie fragmenty (viac ako 5 ha) boli vyhodnotené ako vhodnejšie pre dlhodobé zachovanie diverzity lesných motýľov, pričom druhová bohatosť rastlín vo fragmentoch predikovala druhovú bohatosť motýľov. Počet druhov piadivkovitých (Geometridae) pozitívne korelovala s veľkosťou lesa a aj s jeho tvarom: kompaktnejšie tvary lesa boli vhodnejšie ako natiahnuté (viď kap. 1.3.2). Charakteristicky lesné druhy motýľov boli ovplyvnené izolovanosťou fragmentu, menej izolované lesy boli druhovo bohatšie.

Použité zdroje:

- Foster J. B. 1965. The evolution of the mammals of the Queen Charlotte Islands, British Columbia. Occasional Papers of the British Columbia Provincial Museum 14: 1–130.
- Foster J.B. 1964. The evolution of mammals on islands. Nature 202 (4929): 234–235.
- MacArthur R.H. & Wilson E.O. 1967. The Theory of Island Biogeography. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- MacArthur R.H. & Wilson E.O. 1963. An equilibrium theory of insular zoogeography. Evolution. 373–387 pp.
- Mazza P.P.A., Rossi M.A. & Agostini S. 2015. Hoplitomerycidae (Late Miocene, Italy), an Example of Giantism in Insular Ruminants. Journal of Mammal Evolution 22: 271–277.
- Peterken G.F. & Game M. 1984. Historical factors affecting the number and distribution of vascular plant species in the woodlands of central Lincolnshire. The Journal of Ecology 155–182 pp.
- Usher M.B. & Keiller S.W. 1998. The macrolepidoptera of farm woodlands: determinants of diversity and community structure. Biodiversity & Conservation 7: 725–748.
- Van Valen L. 1973. Body Size and Numbers of Plants and Animals. Evolution 27 (1): 27–35.
- van der Geer A.A.E. 2018. Uniformity in variety: Antler morphology and evolution in a predator-free environment. Palaeontologia Electronica 21.1.9A: 1–31.

3.4 Adaptácia a speciácia

Konečne až tretí princíp teórie ostrovov berie do úvahy **evolúciu**, teda možnosť vzniku nových druhov v ostrovných podmienkach. Na ostrovoch platí antagonický vzťah medzi speciáciou a imigráciou jedincov z pevniny. V prípade, že dôjde ku vzniku silnej bariéry migrácie, tok génov medzi izolovanou a zdrojovou populáciou je minimálny (žiadny), populácia dostatočne plastického druhu sa na ostrove začne adaptovať na lokálne podmienky, čo po čase vedie k vzniku nového druhu. Podľa vzniku bariéry a veľkosti populácie poznáme v prírode niekoľko typov speciácie: alopatrická (vikariantná alebo peripatrická), parapatrická a sympatrická. Pokiaľ je populácia na ostrove malá a izolácia veľká, začne sa prejavovať genetický drift až inbríding, čo môže potenciálne znížiť fitness populácie a zvýšiť riziko vyhynutia.

Adaptácia vo fragmentovanej krajine je dôsledkom interakcie medzi adaptáciou na lokálne podmienky jednotlivých fragmentov (lokálna demografia), vyplývajúcou z individuálnej selekcie, a adaptácie na úrovni krajiny, ktorá zahŕňa navyše aj selekciu na úrovni metapopulácie. Ktorá z týchto dvoch adaptácií prevažuje, závisí od disperzie a heterogenity fragmentov. Lokálna adaptácia (v a/bioticky rôznych fragmentoch) a genetický drift môžu pomerne rýchlo generovať lokálne odlišné populácie. Na úrovni krajiny je hlavným dôsledkom fragmentácie zvýšená variabilita abiotických podmienok a demografickej stochasticity (náhodnosti). Demografické fluktuácie vo fragmentoch vedú k časovej a priestorovej heterogenite lokálnych populácií (viď kap. 4). Preto na úrovni krajiny dochádza k selekcii stratégií, ktoré umožňujú populáciám vyrovnávať sa s týmto typom heterogenity. Niektoré životné stratégie umožňujú lepšie prežívanie v heterogénnej krajine, ako napríklad minimalizácia hrozby vyhynutia disperziou alebo dormanciou.

Fragmentácia podmieňuje selekciu namierenú proti disperzii, v závislosti od **ceny za disperziu**. Cena disperzie narastá napr. podľa energetických nákladov pohybu, trvania pohybu, pravdepodobnosti stratenia sa v nevhodnom habitate a pod. Narastajúca cena potom vedie k selekcii stratégií, ktoré disperziu minimalizujú.

Mestská speciácia môže byť definovaná ako náhodná evolúcia reprodukčno-izolačných bariér, spôsobených špecifickými podmienkami v mestskom prostredí. Zahŕňa genetický drift, fragmentáciu, redukciu efektívnej veľkosti populácie (kap. 4.2) alebo redukciu migrácie. Mestská speciácia je podkategóriou ľudmi sprostredkovanej speciácie.

V meste sú tiež organizmy vystavené neustálemu **selektívnemu tlaku**. Odlišná selekcia a fenotypová evolúcia medzi mestským

Ostro sledovaným prípadom prebiehajúcej mestskej speciácie je prípad komára piskľavého (*Culex pipiens*, niekedy uvádzaného aj ako forma *molestus*) v Londýnskom metre. Ekoforma *molestus* má južnejší areál rozšírenia (pôvodom z Egypta, ale obchodom sa rozšíril do viacerých južných krajín) a na juhu je významným trápikom a vektorom ochorení.

Študovaná populácia žije v tuneloch v Londýne, čím je daná časová hranica počiatku jeho speciácie (metro budovali v 60. rokoch 19. storočia). Zistili značnú genetickú rôznosť oboch populácií s obmedzeným tokom génov (v neskorších štúdiách boli zaznamenané aj hybridy). „Podzemná“ populácia sa vyznačovala nižšou heterozygotnosťou, čo naznačuje jednu alebo len niekoľko málo kolonizačných udalostí. Ďalej autori uvažovali nad možnosťou vzniku reprodukčno-izolačnej bariéry. Komár piskľavý (*Culex pipiens*), východný druh, je adaptovaný sa kŕmiť na vtákoch, zatiaľ čo *C. pipiens* forma *molestus* sa adaptoval na cicavce a kvôli menej dostupnej potrave v podzemí je schopný ovipozičie bez potravy. Podzemné populácie tiež nepodliehajú diapauze v zimnom období, keďže podmienky sú pod zemou stabilnejšie (Byrne & Nichols 1999, Löhmus et al. 2012).

a neurbánnym prostredím, **vyššia mutačná rýchlosť** mestských populácií a rast miest, narúšajúci migračný režim a silu **genetického driftu**, sú hlavnými špeciálnymi činiteľmi v mestách. Ľudská činnosť teda môže urýchľovať speciáciu.

Pri procese ekologickej speciácie, rozdielna **selekcia** pôsobiaca na pôvodný druh vyvolá vznik adaptácií na dané prostredie. Odlišný prirodzený výber môže uprednostňovať odlišné fenotypy v susedných mestských a mimomestských prostrediach. Potvrdilo sa, že reprodukčno-izolačné bariéry sa môžu vyvíjať ako vedľajší produkt adaptácie na mestské prostredie. Napr. mestské populácie červenáka domového (*Hemorhous mexicanus*, Fringillidae) v Arizone majú adaptovaný tvar zobákov, čo nepriamo spôsobilo rozdiel v speve medzi mestskými a mimomestskými populáciami. Mestské populácie mravca *Temnothorax curvispinosus* (Formicidae) sú lokálne adaptované teplotnou toleranciou. Ekologická speciácia môže byť, okrem rozdielneho prirodzeného výberu, podmienená aj rôznym sexuálnym výberom v odlišných prostrediach. Napr. mestské populácie strnádlika sivého (*Junco hyemalis*, Passerelidae) majú o 22 % menej bieleho zafarbenia chvostových pier ako neurbánne populácie, práve v dôsledku zmeneného sexuálneho výberu v meste.

Taktiež paralelný prirodzený výber môže viesť k speciácii, ak dochádza v rôznych populáciách ku fixácii náhodných alternatívnych nekompatibilných výhodných alel pri adaptácii na podobné prostredie. K takémuto procesu speciácie **mutáciou** („mutation-ordered speciation“) dochádza, ak je malý alebo žiadny tok génov. Rýchlejšia mutačná rýchlosť (najmä u vtákov) bola v meste dokázaná, ale presný mechanizmus tohto javu ostáva nepreštudovaný. Pri pôsobení silnej **bariéry migrácie**, **tok génov** („drift-based speciation“) medzi izolovanou a zdrojovou populáciou je minimálny až žiadny a dochádza k alopatrickej (vikariantnej alebo peripatrickej) speciácii. Napr. kuvik zemný (*Athene cunicularia*, Strigidae) nezávisle kolonizoval tri mestá v Argentíne. Populácie prešli bottleneckmi (viď nižšie) a v súčasnosti predstavujú odlišné podmnožiny variability ancestrálnej populácie, z čoho by mohla pokračovať adaptácia až speciácia. Podobné procesy môžu nastať v prípade priestorovo-izolovaných populácií aj v tom istom meste, ktoré zostanú izolované od pôvodne nefragmentovanej populácie. Napríklad agama *Intellagama lesueurii* (Agamidae) v Brisbaneských parkoch má vysoký fixačný index ($F_{ST} = 0,19$).

V mestskom prostredí sa reprodukčná izolácia môže vyvinúť aj v prípade absencie selekcie. V mestských populáciách pôsobí zvýšený genetický drift, a pretože sú izolované, dochádza ku akumulácii rôznych mutácií, ktoré v prípade vzniku hybridov medzi populáciami nie sú kompatibilné. Hlavne tieto dva činitele, selekcia a drift, a ich interakcie, sú dôležité pre mestskú speciáciu.

U rastlinných druhov môže dochádzať v meste k javu, nazývanému autopolyploidná speciácia. Dochádza k nej pri spojení dvoch neredukovaných gamét (2n) od diploidných rodičov. 2n gaméty vznikajú pôsobením

U druhu lipnice *Spartina maritima* (syn. *Sporobolus maritimus*), pôvodom z Veľkej Británie, došlo k hybridizácii s druhom *Spartina alterniflora*, pôvodom z východu Severnej Ameriky. Nasledovalo zdvojenie chromozómov, čo viedlo ku vzniku nového, reprodukčne izolovaného druhu *Spartina anglica*. Našťastie, nový druh môže obsadzovať holé prílivoé plytčiny, ktoré nie sú dostupné ani pre jeden z rodičovských druhov (Vellend et al. 2007).

Naopak, v San Franciskom (USA) zálive došlo k hybridizácii pôvodného druhu lipnice *Spartina foliosa* (syn. *Sporobolus alterniflorus*) s nepôvodným druhom *S. alterniflora*. Kríženci však obývajú rovnaký habitat a môžu sa ďalej krížiť s pôvodným druhom (Ayres et al. 2008).

extrémnych faktorov, ako je napr. teplotný stres. Špeciálnym prípadom speciácie je allopolyploidná a homoploidná **hybridizácia**, ku ktorej dochádza relatívne často v mestskom prostredí. Hybridizácia medzi sympatrickými druhmi je častá práve v narušenom prostredí a v mestách, navyše môže dôjsť k hybridizácii medzi predtým allopatickými a exotickými druhmi. Nepôvodné druhy sa najčastejšie

vyskytujú v mestách, prípadne v ľudmi obhospodarovaných oblastiach (rastliny, plodiny), a preto sa práve tu hybridy vyskytujú najčastejšie.

Prípady ľudmi sprostredkovanej speciácie sú rôznorodé. U zavlečených druhov môže nastať takzvaný **efekt zakladateľa** (extrémny prípad bottlenecku – efekt hrdla fľaše), ku ktorému dochádza, ak malá skupina jedincov zakladá populáciu na novom území. V skorom štádiu invázneho procesu nepôvodné populácie vykazujú zníženú genetickú variabilitu v porovnaní s pôvodnými populáciami (samozrejme, v prípade nulovej imigrácie do novej populácie). Scenár, pri ktorom je zavlečená geneticky variabilná populácia do geograficky izolovanej oblasti s novými selekčnými činiteľmi, zahŕňa všetky zložky kľúčové pre vznik alopatickej speciácie. Na základe evolučnej teórie sa dá predpokladať, že po inváziách bude často nasledovať evolučná diverzifikácia.

Pomocou troch mechanizmov môže dôjsť ku evolučnému rôzneniu sa introdukovaných druhov:

1. **Bottleneck a drift** v novej alopatickej populácii môže spôsobiť odlišnosť od pôvodnej populácie.
2. **Smerovaná selekcia** v novom prostredí môže spôsobiť odlišnosť od pôvodnej populácie.
3. **Podmienky prostredia** sú natoľko heterogénne, že selekcia môže viesť k diverzifikácii v oblasti introdukcie.

Často dokumentovanou speciáciou je prípad nepôvodných druhov introdukovaných do novej ekologickej niky, ako napr. na novú hostiteľskú rastlinu. K inému typu speciácie dôjde pri hybridizácii s predtým alopatickými pôvodnými druhmi.

Fenotypová plasticita hrá významnú rolu v speciácii. Jej najpreštudovanejšou časťou je zmena vo fenológii rozmnožovania. V miernom pásme sa populácie vtákov a rastlín v mestách začínajú rozmnožovať skôr ako neurbánne populácie (dôsledok vyššej teploty alebo osvetlenia v meste). Predpokladá sa, že variabilita vo fenológii v meste povedie k redukcii toku génov medzi fragmentmi a môže uľahčiť odpoveď na rôznu selekciu.

Ďalšou dobre preštudovanou oblasťou plasticity je aj odlišná vokalizácia vtáčích druhov v mestách a mimo miest. Kvôli nízkofrekvenčnému antropogénnemu hluku sú spevavce (ale aj žaby) nútené spievať vo vyšších frekvenciách. Pokusne bolo zistené, že mestské populácie drozda čierneho (*Turdus merula*) viac reagujú na nahrávky spevu z mesta a lesné populácie na nahrávky v lesa, čo je dôkaz nenáhodného kríženia.

U druhu vrtivky *Rhagoletis pomonella* vznikajú druhy sympatricky (absencia geografickej izolácie), ako dôsledok zmeny na predtým nevyužívanú hostiteľskú rastlinu. Larvy tohto druhu sú hostiteľsko - špecifické parazity a párenie je priamo spojené s rozpoznaním hostiteľskej rastliny. Navyše, variabilita v prežívaní lariev a preferencia hostiteľa môže pôsobiť ako geneticky podmienená bariéra toku génov (sympatrická speciácia podľa adaptácie na rôzne hostiteľské rastliny). Pred 200 rokmi bol zaznamenaný posun z pôvodne hostiteľskej rastliny (hloh *Crataegus* spp.) na domáce jablone (*Mains pumila*) na východe Severnej Ameriky. V súčasnosti sú už tieto populácie čiastočne reprodukčne oddelené (Feder et al. 1988).

Vrabec domový (*Passer domesticus*) bol introdukovaný do Severnej Ameriky z Anglicka a Nemecka. Následne sa adaptoval na rôzne klimatické zóny. V chladných a vlhkých oblastiach mali jedince tmavšie perie ako v suchých a teplých oblastiach. Jedince z boreálnej klímy s krutými zimami boli väčšie ako jedince z miernej klímy (Johnston & Selander 1964).

Pri detailnejšom pohľade, k evolúcii môže dochádzať aj v oveľa menšej mierke. Organizmy žijúce v domoch, okrem tých, ktoré sa ľahko môžu pohybovať dnu aj von, sa prispôsobujú životným podmienkam v konkrétnej stavbe. Najčastejším prispôsobením u článkonožcov (Arthropoda) v ľudských obydliach je redukcia metabolickej aktivity. Švehla obyčajná (*Lepisma saccharina*, Zygentoma) a švehla skleníková (*Thermobia domestica*, Zygentoma) môžu prežiť dlhé obdobie hladovania a švehla skleníková dokáže absorbovať vzdušnú vlhkosť.

Použité zdroje:

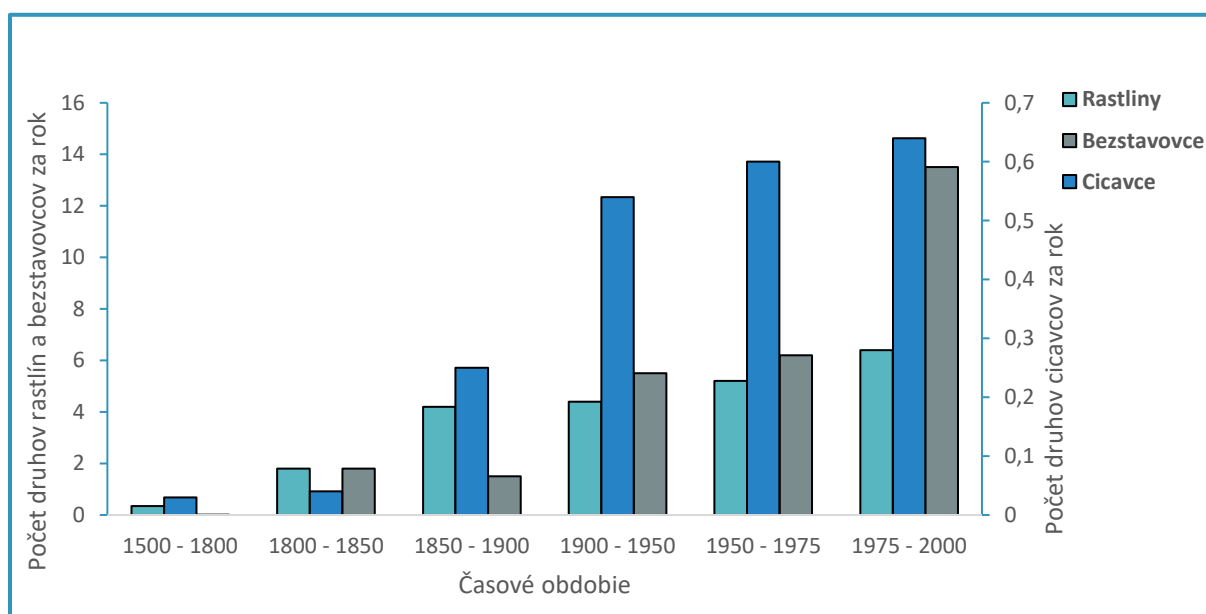
- Ayres D.R., Zaremba K., Sloop C.M. & Strong D.R. 2008. Sexual reproduction of cordgrass hybrids (*Spartina foliosa* x *alterniflora*) invading tidal marshes in San Francisco Bay. *Diversity and Distributions* 14(2): 187-195.
- Bonte D., Van Dyck H., Bullock J.M., Coulon A., Delgado M., Gibbs M., Lehouck V., Matthysen E., Mustin K., Saastamoinen M. & Schtickzelle N. 2012. Costs of dispersal. *Biological reviews* 87(2): 290-312.
- Byrne K. & Nichols R.A. 1999. *Culex pipiens* in London Underground tunnels: differentiation between surface and subterranean populations. *Heredity* 82(1): 7-15.
- Feder J., Chilcote C. & Bush G. 1988. Genetic differentiation between sympatric host races of the apple maggot fly *Rhagoletis pomonella*. *Nature* 336: 61–64.
- Johnson M.T.J. & Munshi-South J. 2017. Evolution of life in urban environments. *Science*, 358(6363), p.eaam8327.
- Johnston R.F. & Selander R.K. 1964. House sparrows: rapid evolution of races in North America. *Science*, 144(3618): 548-550.
- Löhmus M., Lindström A. & Björklund M. 2012. How often do they meet? Genetic similarity between European populations of a potential disease vector *Culex pipiens*. *Infection Ecology & Epidemiology* 2 (1): 12001.
- NESCent Working Group on the Evolutionary Biology of the Built Environment. 2015. Evolution of the indoor biome. *Trends in ecology & evolution* 30: 223-232.
- Thompson KA., Rieseberg L.H. & Schluter D. 2018. Speciation and the city. *Trends in ecology & Evolution* 33: 815-826.
- Vellend M., Harmon L.J., Lockwood J.L., Mayfield M.M., Hughes A.R., Wares J.P. & Sax D.F. 2007. Effects of exotic species on evolutionary diversification. *Trends in Ecology & Evolution* 22(9): 481-488.

3.5 Invázie

Termín pochádza z latinského „vado“ kráčam, vstupujem, invado – vstupovať niekde, do. Biologické invázie sú predmetom intenzívneho výskumu posledných desaťročí. Predstavujú pravdepodobne jednu z najväčších hrozieb globálnej biodiverzity. Zásľuhou rozvinutej medzinárodnej dopravy, obchodu a turistiky sa invázie stali celosvetovým (globálnym) problémom. To viedlo už v roku 1982 Vedecký výbor pre problémy životného prostredia (SCOPE) k spusteniu projektu „Ekológia biologických invázií“.

Prirodzené rozšírenie druhu (jeho areál výskytu) sa mení v priebehu času, ale človek svojou aktivitou môže rozširovanie druhu významne urýchliť či ho rozšíriť na výrazne väčšie vzdialenosti (Obr. 25). **Človek pri rozširovaní druhov** môže plniť rôzne aktívnu úlohu:

- Bez priameho pričinenia sa človeka dochádza k šíreniu druhov pozdĺž lineárnych prvkov krajiny (infraštruktúra, kanále, prúd vody).
- Neúmyselné zavlečenie druhu pomocou dopravných prostriedkov do nového prostredia môže prebiehať loďami, automobilovou a vlakovou dopravou (vo vyvažovacej vode lodí, v dezéne pneumatík a pod.)
- Úmyselné privezenie druhu ako tovaru alebo spolu s tovarom si vyžaduje priamy úmysel a úsilie človeka. Najčastejšie sa jedná o úžitkové a okrasné druhy rastlín a živočíchov, resp. spolu s nimi nastáva aj prenos semien, spór, parazitov.



Obr. 25. Priemerné ročné hodnoty pribúdania cudzích druhov cicavcov (Genovesi et al. 2009), bezstavovcov (Roques et al. 2009) a rastlín (Pyšek et al. 2009) v Európe. Prevzaté z Hulme (2009).

Avšak nie všetky introdukované druhy sú považované za invazívne. Musia spĺňať viaceré kritériá. EU definuje „**invazívny cudzí druh**“ ako ten, ktorý je mimo svojho prirodzeného areálu rozšírenia a ohrozuje biologickú diverzitu. Zohľadňujúc jednotlivé kritériá, a z pohľadu rôznych disciplín, môže byť invázia definovaná:

- **invázia „sensu stricto“** (definícia z pohľadu ekológie) je náhle hromadné preniknutie časti populácie živočíchov do nového územia, lokality, biotopu. Najčastejšie je to rýchly,

jednoročný proces. Príkladmi druhov, u ktorých sa vyskytuje tento typ invázie sú koníky sťahovavé (*Locusta migratoria*, Orthoptera), labkáň stepný (*Syrphoctonus paradoxus*, Pteroclididae), krivonos smrekový (*Loxia curvirostra*, Fringillidae), drozd čvika (*Turdus pilaris*, Turdidae), pastier ružový (*Pastor roseus*, Sturnidae), chochláč severský (*Bombus garrulus*, Bombusidae), lumík pestrý (*Lemmus lemmus*, Cricetidae).

- **invázia „sensu lato“** (definícia z pohľadu ekológie) je prenikanie časti populácie do nových území. Je to synonymum výrazov: hromadné šírenie druhu, expanzia. Ide o proces prebiehajúci dlhšie ako jednu sezónu. Pomalé prenikanie do nových oblastí bolo zaznamenané u druhov, ako je pásavka zemiaková (*Leptinotarsa decemlineata*, Chrysomelidae), spriadač americký (*Hyphantria cunea*, Lepidoptera), lykožrút severský (*Ips duplicatus*, Curculionidae), trňovka býčia (*Stictocephala bisonia*, Membracidae), kopýtko prirastené (*Dreissena polymorpha*, Dreissenidae), medúzka sladkovodná (*Craspedacusta sowerbyi*, Olindiidae), hrdlička záhradná (*Streptopelia decaocto*, Columbidae), ďateľ hnedkavý (*Dendrocopos syriacus*, Picidae), červenák karmínový (*Carpodacus erythrinus*, Fringillidae), labuť veľká (*Cygnus olor*, Anatidae), krkavec čierny (*Corvus corax*, Corvidae), ondatra pižmová (*Ondatra zibethica*, Cricetidae).
- **invázia (definícia z pohľadu zoogeografie)** preniknutie (penikanie) cudzieho (nepôvodného) druhu do nového priestoru mimo areálu (čiže rozširovanie areálu, alebo expanzia)
- **invázia (definícia z pohľadu parazitológie)** – preniknutie parazita do nového hostiteľa s následným masovým rozšírením (na rozdiel od infekcie)
- **invázia (definícia z pohľadu jazykovedy)** náhle sťahovanie živočíchov, alebo vpád nepriateľa na nové územie, ale aj hromadné preniknutie dačoho niekde.

V rámci medzinárodnej spolupráce v projekte „ekológia biologických invázií“ sa vedci snažia nájsť odpovede na otázky: Ktoré faktory rozhodujú o tom, či je druh schopný invázie? Aké vlastnosti ekosystémov rozhodujú o tom, či sú odolné voči biologickým inváziám? Ako sa majú ekologické systémy riadiť? (na základe odpovedí na otázky 1 a 2.). Európska Komisia definuje invázne druhy ako živočíchy a rastliny, ktoré boli náhodne alebo zámerne introdukované do prirodzeného prostredia, kde sa bežne nevyskytovali, so závažnými negatívnymi dôsledkami pre ich nové prostredie. Predstavujú veľkú hrozbu pre pôvodné druhy v Európe a spôsobujú škody miliardy eur ročne európskej ekonomike.

Z pohľadu populačnej dynamiky invadujúceho druhu je možné rozpoznať **štyri etapy**:

1. prienik do nových ekosystémov (introdukcia)
2. obdobie latencie (etablovanie populácie) (kolonizácia a naturalizácia)
3. prudký vzostup populácie
4. pokles a stabilizácia populácie s následnou fluktuáciou.

Úspešnosť invázií zavlečených druhov sa vyjadruje ako „**riziko invázií**“.

Druhy po introdukcii sa obvykle nesprávajú ako invázne, ale je tu určité oneskorenie medzi počiatočnou introdukciou a následnou populačnou explóziou (môže trvať niekoľko rokov, resp. desiatok rokov).

Druh je považovaný za invázny, ak:

- bol do lokality, územia alebo regiónu, kde sa predtým prirodzene nevyskytoval, zavlečený ľudskou činnosťou,

- bez intervencie človeka má schopnosť vytvoriť v novom prostredí životaschopnú populáciu schopnú reprodukcie,
- bez intervencie človeka má schopnosť prudko zvyšovať svoju početnosť a zväčšovať svoj areál rozšírenia.

Medzi dôsledky bioinvázie patrí ovplyvnenie celého ekosystému, parazitizmus, predácia a kompetícia pôvodným druhom.

Na **definovanie invázneho druhu** sa používajú rôzne kritéria:

a) cudzí pôvod (biogeografický prístup) – za invázne druhy sú považované všetky cudzie (zavlečené, dovezené, cudzokrajné) druhy, teda druhy žijúce tam, kde nie sú domáce

b) správanie sa populácií druhu (ekologický prístup) – druhy, ktoré prenikajú, vstupujú do biocenóz a ekosystémov, kde sa predtým nevyskytovali (sem by mohli byť zaradované aj druhy domáce, vyskytujúce sa v inej biocenóze, resp. ekosystéme)

c) dopad (vplyv) (environmentalistický, antropocentrický pohľad) – druhy (cudzie), ktoré svojim vstupom spôsobujú zmeny v štruktúre a diverzite spoločenstva, resp. ekosystému. Antropocentrický pohľad je skoncentrovaný na „škodcov, buriny“, resp. novšie označenie: biologický polutant.

Ideálna definícia nie je doteraz prijatá, pôjde pravdepodobne o kombináciu prvých dvoch kritérií, resp. pohľadov.

Hrdlička záhradná (*Streptopelia decaocto*)

- Pôvod: teplá a subtropická Ázia (Turecko-Čína)
- Expanzia v Európe (Rocha-Camarero & de Trucios 2002)
 - 1838 - Bulharsko
 - 1900 - 1920 Balkán
 - 1945 Nemecko, 1953 GB, 1959 Írsko
 - Rýchlosť šírenia 45 km/rok
- Invázia v Amerike (Scheidt & Hurlbert 2014)
 - 1974 - 50 jedincov ušlo na Bahamách
 - Rozšírenie na Floridu
 - Teraz celé USA a Mexiko
 - Rýchlosť šírenia 100 km/rok
 - Agresívny kompetítor

Veverica sivá (*Sciurus carolinensis*)

vo Veľkej Británii a Írsku nemá prirodzených predátorov, okrem kuny lesnej (*Martes martes*), ktorá ale nežije v Anglicku a Walese.

Došlo k jej rýchlemu populačnému rastu, preto bola klasifikovaná ako škodca. Zatlčila populáciu **veverice obyčajnej (*Sciurus vulgaris*)**, ktorá v Británii prežíva len na ostrovoch Anglesey a Brownsea. Veverica sivá má vyššiu konkurencieschopnosť, väčšiu fitness, väčšie a silnejšie jedince, ktoré lepšie znášajú ničenie habitatov v urbánnom prostredí. Navyše *S. carolinensis* lepšie znáša parapoxvírusy, ktoré výrazne ovplyvnili populácie *S. vulgaris* (Mayle & Broome 2013).

Faktory vyvolávajúce invázie (aj expanzie) sú:

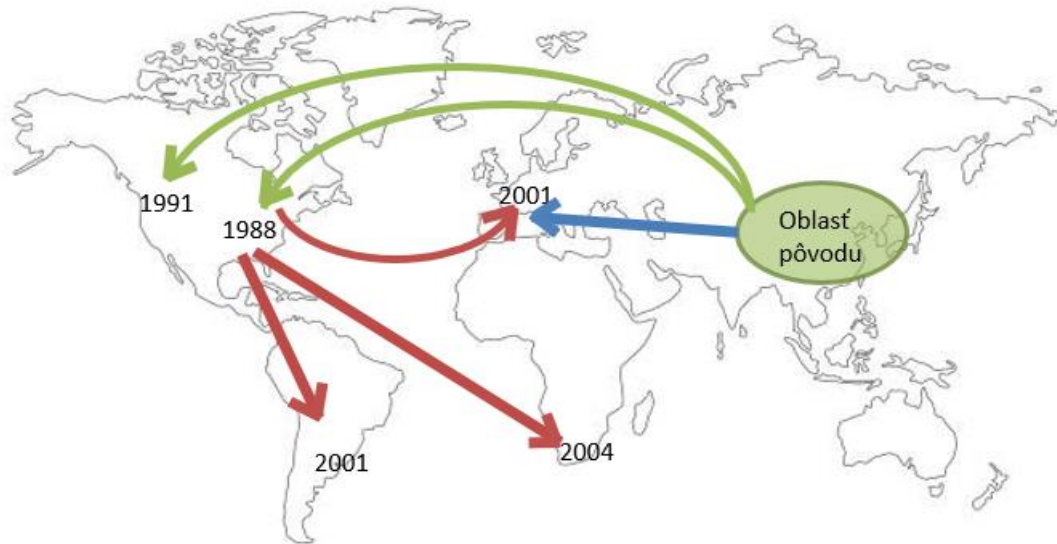
- vysoká početnosť na malej ploche (Orthoptera, *Lemmus*)
- potrava, jej nedostatok, núti vyhľadávať priestory s dostatkom, nadbytok vedie k premnoženiu druhu a opäť vyvoláva migrácie
- zmeny v štruktúre biotopov
- abiotické faktory, napr. vietor zavlieka živočíchy na veľké vzdialenosti
- klimatické zmeny, ako silné zimy, nepriaznivé teploty, vlhkosť, sucho
- človek – v posledných storočiach je najvýznamnejším faktorom podmieňujúcim invázie a expanzie. Pomáha mnohým druhom pri prekonávaní ekologických bariér introdukciou, zavlečením s rastlinným materiálom, potravinami, transportom (dopravou). Enormné zvýšenie ľudskej populácie, veľkoplošné osídlenie, rýchly pohyb rozmanitým systémom dopravy, rozsiahle pretváranie biotopov (odlesňovanie, vytváranie kultúrnych stepí, sekundárnych lesov a vodných plôch, resp. iných ekologicky labilných biotopov (spoločenstiev), globálne otepľovanie, skleníkový efekt atď.

Vlastnosti inváznych druhov živočíchov odpovedajú na otázku, prečo sú niektoré invázne druhy úspešné a iné nie. Hovoríme o tzv. **inváznom potenciály druhov (invazivite)**. Invazivita nie je vrodená, resp. vnútorná prirodzená vlastnosť druhu, ale väčšinou je vyjadrením zhody medzi vlastnosťami a požiadavkami druhu na jednej strane a podmienkami prostredia na strane druhej.

- vagilita, ako je schopnosť letu, vzdušného pasívneho transportu, beh, skákanie
- migračný potenciál, teda schopnosť migrovať a prekonávať ekologické bariéry
- gregarizmus je schopnosť zhromažďovať sa
- euryekia, alebo široká ekologická potencia, schopnosť prežívať v rôznych ekologických podmienkach
- schopnosť meniť svoje vlastnosti
- euryfágia
- reprodukčná schopnosť inváznych druhov je rýchla a vysoká (až gradačná)
- transportovateľné štádia životného cyklu (ako u rastlín) – napr. vajíčka, larvy, kukly a pod.

Lienky boli efektívne využívané v „biologickom boji“ proti rôznym škodcom. Napr. **austrálska lienka *Rodolia cardinalis*** bola v r. 1888 vypustená na citrusových plantážach v Kalifornii na kontrolu škodcu červca perlového (*Icerya purchasi*, Hemiptera, pôvodom z Austrálie). *R. cardinalis* sa živí voškami a roztočmi.

Lienka *Harmonia axyridis* je nazývaná aj „najinvazívnejšou lienkou na svete“ a kazí meno lienkam, lebo priamo konkuruje domácim druhom a je veľký polyfágny predátor. Navyše je tiež považovaná za škodcu, lebo sa môže živiť aj dužinatým ovocím a často aj v tisícoch sa zazimováva v budovách (Kundoo & Khan 2017). Druh pochádza z východnej Ázie. Za účelom biologického boja bola lienka introdukovaná do Severnej Ameriky (zelené šípky) a Európy (modrá šípka), kde sa približne do roku 1980 naturalizovala a následne došlo k jej invázii do Južnej Ameriky, Afriky a Európy (červené šípky, viď mapa nižšie, Roy & Wajnberg 2007, Lombaert et al. 2010).



Typy invázií:

1. Invázia do nových stanovišť v ľudských sídlach, keď zavlečené druhy invadujú a dominujú na týchto stanovištiach.
2. Invázia do voľných ník v narušených spoločenstvách.
3. Invázia do relatívne nenarušených stanovišť, pričom invadujúce druhy sú silnejšími kompetítormi ako druhy domáce v spoločenstve, alebo invadujúce druhy sú schopné prežiť za určitých podmienok, kým za iných nie.

Prístupnosť biotopov k inváziám

U niektorých typov biotopov možno hovoriť o „biotickej rezistencii voči inváziám“. K faktorom, ktoré znižujú rezistenciu patria:

- zjednodušené, alebo druhovo chudobné spoločenstvá
- slabo prispôsobené domáce druhy
- neprítomnosť predátorov, resp. iných faktorov mortality
- zmeny biotopov (napr. svetliny – vyrúbaním)
- chemické zmeny (napr. eutrofizácia vôd, alebo pôd)
- kompetičné zvýhodnenie
- voľné niky
- abiotické faktory (napr. silné mrazy, dlhé suchá a pod.)
- narušenie biotopu, alebo zmena prostredia činnosťou človeka – agroecenózy, urbánne celky, vodné diela, lesné monokultúry atď.

Pochopiteľne, že tieto faktory nemusia pôsobiť všetky naraz a invázia umožňuje za špecifických okolností.

Krajinné štruktúry môžu podporovať a uľahčovať šírenie invázných druhov (hustá riečna sieť, železničná a cestná sieť, prevaha odlesnených plôch a pod.), alebo sťažovať (masívne pohoria, veľké vodné plochy, súvislé plochy nenarušenej pôvodnej vegetácie a pod.). V krajine sú štruktúry umožňujúce, alebo uľahčujúce šírenie druhov (biokoridory), alebo sú miestami rozmnoženia sa introdukovaných druhov (zdrojové centrá). Iné predstavujú nepriepustné, alebo ťažko priepustné bariéry. Toto všetko môže výrazne ovplyvniť úspešnosť invázie.

Ľudia a dopady ich činností na krajinu spôsobili veľké zmeny v početnosti a rozšírení živočíchov. Historicky je možné rozpoznať niekoľko fáz invázií:

- účinky predhistorického človeka na vegetáciu (prvá usadlosť)
- obdobie koloniálnej expanzie
- fáza moderného poľnohospodárstva

Súčasná hromadná degradácia vegetácie, zapríčinená populačnou explóziou, je spojená s požiadavkami na zvýšenie zdrojov a zlepšenie životného štandardu.

Primárnou príčinou invázie je odstránenie, alebo prekročenie bariér, ktoré predtým vylučovali dané druhy z územia. Prevoz tovaru na veľké vzdialenosti vrátane rastlín, odstraňuje prirodzené prekážky pre šírenie druhov a umožňuje invázie. Inou príčinou je redukcia biodiverzity v monokultúrach veľkoplošne pestovaných rýchlorastúcich plodín.

Narušenie (disturbancia), pomalá obnova a fragmentácia klimaxových spoločenstiev podporujú úspešnosť invázií. Iba málo druhov sa uplatní v spoločenstvách, ktoré predstavujú

Príklady z nášho územia:

Voška *Macrosiphum albifrons* (Aphidoidea) oligofágný druh vošky žije na vlčom bôbe mnoholistom (*Lupinus polyphyllus*). Hostiteľská rastlina je severoamerického pôvodu. Bola zavlečená a zdomácnela v strednej Európe. Po čase ju nasledovala aj voška, ktorá je tiež severoamerického pôvodu. V Európe bola prvý krát zistená v roku 1981 vo Veľkej Británii (Kráľovská botanická záhrada). Postupne sa šírila do kontinentálnej Európy a v r. 1989 bola zistená v Československu (Čechy a Morava).

Ploskáčik pagašťanový (*Cameraria ohridella*, Lepidoptera) žije na pagaštane konskom (*Aesculus hippocastanum*). Pagaštany boli vo veľkom vysádzané v parkoch a alejách miest mierneho pásma. Zistený bol v r. 1984 na brehoch Ochridského jazera (Macedónia) a popísaný v r. 1986. Nasledovalo šírenie do Európy: 1992 Rakúsko a Taliansko, 1993 Československo a Maďarsko. Jeho šírenie je podobné ako šírenie huby *Guignardia aesculi* v 50 rokoch 20. storočia. *C. ohridella* spôsobuje značné škody. Prezimováva v opadanom listí v štádiu kukly. Prakticky dodnes nejestvuje voči tomuto škodcovi účinná ochrana (Kohútová & Oboňa 2016).

záverečné štádiá sukcesie. Obvykle, introdukované druhy sú úspešnejšie v podmienkach, ktoré sú klimaticky blízke oblastiam ich pôvodu (rovnaká klimatická oblasť), alebo stanovišťa.

Expanzia a invázia bývajú často označované aj ako synonymá. Oba termíny sa významovo čiastočne prekrývajú, ale nejedná sa o totožný proces (viď aj vyššie kritériá invázií). Najčastejšie sa uvažuje o expanzii v prípade rozptylu jedincov bez pričinenia človeka (čo má za následok geografické rozšírenie areálu druhu) a často sa šíria aj so svojimi asociovanými organizmami (expanzia rastliny s jej herbivormi, živočíchov s ich parazitmi). Preto neprofitujú tak, ako invázne druhy, ktoré nemajú v novom prostredí svojich prirodzených nepriateľov. Dopad expanzie druhu má preto neutrálny alebo miernejší dopad ako v prípade invázie.

Dudlavec škvrnitý (*Columbina inca*, Columbidae) sa prispôsobila životu v mexickej pueblis, najprv prišiel do Laredo v Texase v roku 1866 a potom sa postupne rozšíril na sever od hraníc, keďže ľudské osady vytvorili vhodný biotop. Dudlavec škvrnitý bol pozorovaný ďaleko na sever až v Kansase a Arkansase, a ďaleko na západe v južnej Kalifornii (Benson & Arnold 2001).

Geografické oblasti, v ktorých sa druhy vyskytujú, sa časom menia. Ak sa druh rozširuje do nových preň vhodných oblastí, či už v malých vlnách alebo disperziou na diaľku, označujeme tento dej za **expanziu areálu** druhu. Napr. v Amerike sa rôzne druhy vtákov lesov a lesných hájov presunuli na Veľké planiny, kde farmy, predmestia a mestské parky poskytovali stromy na hniezdenie.

Ľudské aktivity čoraz viac menia rozšírenie druhov prostredníctvom vplyvu na klímu, ale zvyčajne je ťažké určiť skutočné príčiny vedúce k rozšíreniu pôvodných druhov, pretože ich miery migrácie sú príliš nízke, aby udržali krok s klimatickými zmenami. Takže na rozdiel od invázií cudzích druhov je pravdepodobné, že súčasné rozšírenia pôvodných druhov budú reagovať skôr na klimatické zmeny než na súčasné antropogénne účinky. To platí najmä pre druhy so slabým rozptýlením, ale so silnými kompetičnými schopnosťami.

Ekologické dôsledky invázie a expanzie môžu byť tiež odlišné. Rozširujúce sa druhy sa môžu pohybovať spolu s ich pridruženými organizmami (napr. s bylinožravcami alebo parazitmi), a preto nemajú taký prospech z absencie prirodzeného nepriateľa ako invazívne druhy.

Migráciou všeobecne označujeme premiestňovanie sa, presídľovanie, presťahovanie nejakej skupiny.

Migrácia je termín často používaný v biogeografii a ekológii, novšie aj v tzv. krajinnej ekológii. Migrácia ako sťahovanie živočíchov predstavuje pravidelné, periodické pohyby živočíchov medzi oddelenými oblasťami (ich areálov výskytu, resp. biotopov, ekosystémov), ktoré využívajú v rôznych obdobiach. Vyvoláva ho nedostatok, alebo nadbytok potravy, resp. premnoženie živočíchov v dôsledku nadbytku potravy, pravidelné záplavy, zmeny niektorých fyzikálnych faktorov (vysychanie pôdy, prehriatie vrchných vrstiev vody a pod.). Napr. ťahy vtákov netopierov a motýľov (*Acherontia atropos*), živočíchov v inundačných oblastiach Dunaja, Moravy, Šúru migrujúce počas záplav do nezatopených častí, rôzne druhy planktonických živočíchov.

Vo fytoogeografii sa migrácie chápu ako rozširovanie areálu druhu. K tejto migrácii dochádza na okraji areálu druhu, a dochádza k zaberaniu väčšieho a ďalšieho územia, kde sa predtým daný druh nevyskytoval.

V krajinnej ekológii sa za migráciu považujú pravidelné pohyby živočíchov, prípadne i rastlín medzi rôznymi plochami či územia. Uskutočňujú sa migračnými cestami označovanými ako koridory.

Použité zdroje:

- Benson K.L.P. & Arnold K. A. 2001. The Texas Breeding Bird Atlas. Texas A&M University System, College Station and Corpus Christi, TX. <http://txtbba.tamu.edu> (12 July 2001).
- Ehrlich P., Dobkin D.S. & Wheye D. 1988. Birder's handbook. Simon and Schuster. https://web.stanford.edu/group/stanfordbirds/text/essays/Range_Expansion.html
- Genovesi P., Bacher S., Kobelt M., Pascal M. & Scalera R. 2009. Alien mammals of Europe. Handbook of Alien Species in Europe (ed. DAISIE), Springer, Berlin. 119-128 pp.
- Hulme P. E. 2009. Trade, Transport and Trouble: Managing Invasive Species Pathways in an Era of Globalization. *Journal of Applied Ecology* 46(1): 10–18.
- Johnsgard P.A. 2002. Kansas Breeding Bird Atlas. *Great Plains Research*, 12(2), p.403.
- Keller R.P., Geist J., Jeschke J.M. & Kühn I. 2011. Invasive species in Europe: ecology, status, and policy. *Environmental Sciences Europe* 23: 1-17.
- Kohútová M. & Oboňa J. 2016. Contribution to the knowledge of invasive insect species from Slovakia. *Folia Oecologica* 8: 14-36.
- Kundoo A.A. & Khan A.A. 2017. Coccinellids as biological control agents of soft bodied insects: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 5(5): 1362-1373.
- Lombaert E., Guillemaud T., Cornuet J.M., Malausa T., Facon B. & Estoup A. 2010. Bridgehead effect in the worldwide invasion of the biocontrol harlequin ladybird. *PloS one* 5(3): e9743.
- Pyšek P., Lambdon P.W., Arianoutsou M., Kühn I., Pino I & Winter M. 2009. Alien vascular plants of Europe. Handbook of Alien Species in Europe (ed. DAISIE), Springer, Berlin. 43-61 pp.
- Mayle B.A. & Broome A.C. 2013. Changes in the impact and control of an invasive alien: the grey squirrel (*Sciurus carolinensis*) in Great Britain, as determined from regional surveys. *Pest management science* 69(3): 323-333.
- Rocha-Camarero G. & de Trucios S.H. 2002. The spread of the Collared Dove *Streptopelia decaocto* in Europe: colonization patterns in the west of the Iberian Peninsula. *Bird Study* 49(1): 11-16.
- Roques A., Rabitsch W, Rasplus J-Y, Lopez-Vamonde C, Nentwig W. & Kenis M. 2009. Alien terrestrial invertebrates of Europe. Handbook of Alien Species in Europe (ed. DAISIE), Springer, Berlin. 63-79 pp.
- Roy H. & Wajnberg E. 2007. From biological control to invasion: the ladybird *Harmonia axyridis* as a model species. *BioControl* 53: 1-4.
- Ružička I. & Noga M. 2015. Invázne druhy rastlín v strednej Európe. Univerzita Komenského v Bratislave. 84 pp.
- Scheidt S.N. & Hurlbert A.H. 2014. Range expansion and population dynamics of an invasive species: the Eurasian Collared-Dove (*Streptopelia decaocto*). *PLoS One*. 2014 Oct 29;9(10):e111510.
- Vilches A., Arcarí N. & Darrigran G. 2010. Introducción a las invasiones biológicas. *Boletín Biológica* 17: 14-19.
- Wildlife and Countryside Act 1981, Chapter 69. <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/1981/69/enacted>

3.6 Sukcesia v meste

V prirodzených podmienkach, po nejakom narušení či zásahu, prebieha sukcesia zvyšovaním počtu rastlinných a živočíšnych druhov. Rovnako by prebiehala aj na ruderalných alebo človekom udržiavaných plochách, ak by ostali bez zásahu dostatočne dlhú dobu. Preto staršie mestské spoločenstvá sú druhovo bohatšie ako mladšie.

Akumulácia nových druhov počas sukcesie je spočiatku veľmi rýchla a po prvých rokoch sa výrazne spomalí, hlavne po prvom desaťročí. Dochádza často k vylúčeniu nepôvodných druhov (viď kap. 3.5) zo spoločenstva, hlavne, ak ich populácie záviseli od narušenia prostredia. Tento všeobecný trend, pokles

V Berlíne zistili, že v ruderalnej vegetácii na začiatku sukcesie sa nachádza až 59 % cudzích druhov. V porastoch trvaliek sa ešte stále vyskytovalo až 44 % inváznych druhov, v trvalej ruderalnej vegetácii 33 %. Vegetácia trávnych porastov vo všeobecnosti zahŕňala menej ako 30 % cudzích druhov. V lesoch na okraji mesta bolo zaznamenaných menej ako 10 % inváznych druhov (hlavne *Prunus serotina*, ktorá bola umelo vysádzaná) (Kowarik (2008).

podielu nepôvodných druhov počas sukcesie, má svoje výnimky v podobe niektorých inváznych druhov drevín, ktoré môžu byť prítomné počas dlhého obdobia sukcesie. Napr. mestské porasty agáta bieleho (*Robinia pseudoacacia*), staré aj 30 rokov presahujú niekoľko sukcesných štádií. Očividne niektoré invázne druhy môžu zostať v spoločenstve aj počas viacerých po sebe nasledujúcich mestských sukcesných štádií.

Prítomnosť inváznych drevín v skorej sukcesii môže zmeniť ďalšie sukcesné štádiá. Napr. porasty agáta bieleho (*Robinia pseudoacacia*) majú v porovnaní s pôvodnými porastmi brezy previsnutej (*Betula pendula*) viac tieň-tolerantných druhov drevín, ktoré však len málokedy dosahujú až najvyššiu stromovú etáž, a teda nekonkurujú agátu. V pionierskych porastoch agáta bieleho v Amerike by bol agát nahradený inými drevinami do 20 – 30 rokov.

Počiatkové fázy sukcesie sa vyznačujú výskytom druhov s rýchlym životným cyklom (r-stratégovia) a postupne sa začínajú vyskytovať náročnejšie druhy. Rozdiel je tiež v skorých sukcesných štádiách mimo mesta a v meste. Mimo mesta predstavuje pokles nepôvodných druhov z 14 % na 4 % za desať rokov jasný trend poklesu. V mestskej sukcesii aj staršie štádiá obsahujú aj dva krát vyššie percento nepôvodných druhov ako iníciaľne štádium sukcesie mimo mesta.

Veľa mestských habitatov ale podlieha pravidelnému narušovaniu v podobe kosenia alebo úpravy mestskej zelene. Umelo udržiavaná sukcesia („arrested succession“) môže poskytovať vhodné podmienky pre veľké množstvo druhov. Spôsob udržiavania habitatu a jeho história výrazne odlišujú mestské habitaty od prírodných, rovnako ako aj abiotické faktory v meste.

Použité zdroje:

- Kowarik I. 2008. On the role of alien species in urban flora and vegetation. In Urban ecology. Springer, Boston, MA. 321-338 pp.
- Johnston R.F. 2001. Synanthropic birds of North America. In: Marzluff JM, Bowman R, Donnelly R, eds. Avian Ecology in an Urbanizing World. Norwell (MA): Kluwer. 49–67 pp.

4 METAPOPOPULÁCIA

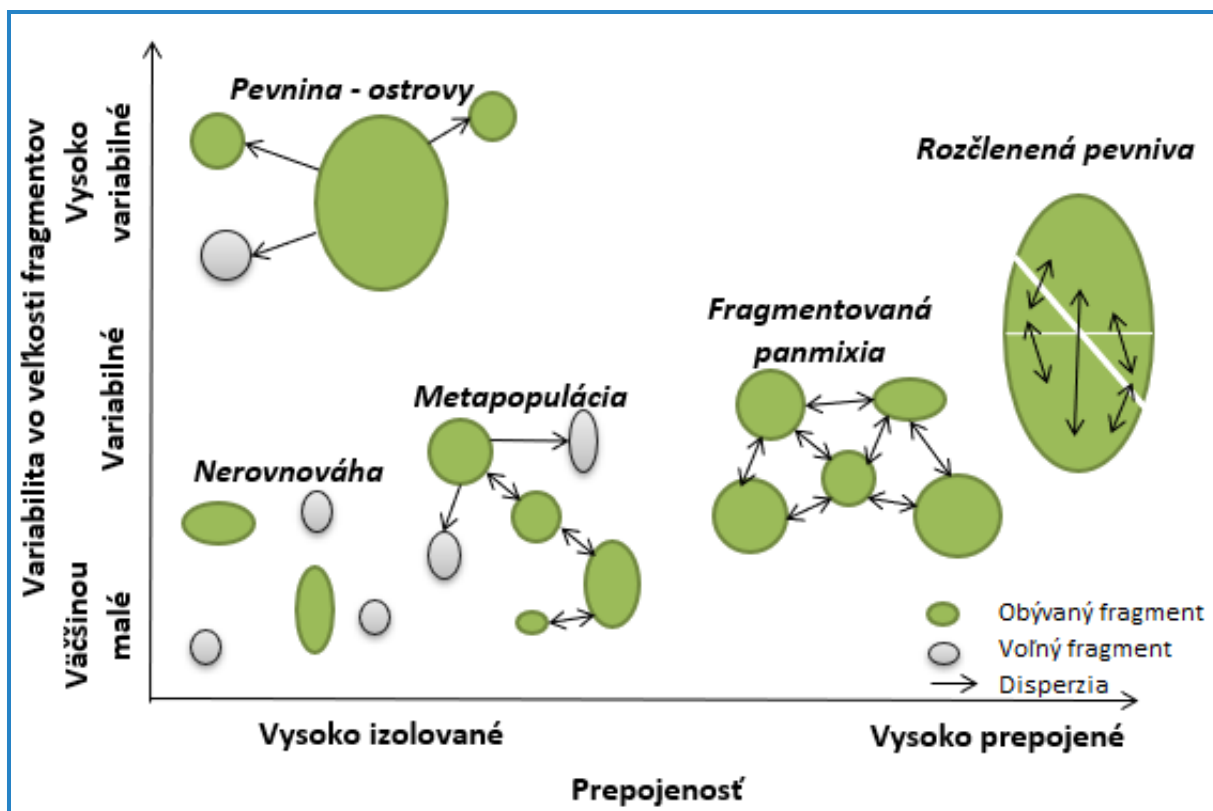
4.1 Typy metapopulácie

Fragmenty v mozaikovej krajine osídľujú lokálne populácie jedincov, ktoré majú do určitého stupňa možnosť migrovať medzi fragmentmi. Takýto systém označujeme ako **metapopuláciu**, súbor subpopulácií. Každá rozmnožujúca sa populácia má svoj fragment, ale navzájom sa ovplyvňujú. Základné črty metapopulácie sú:

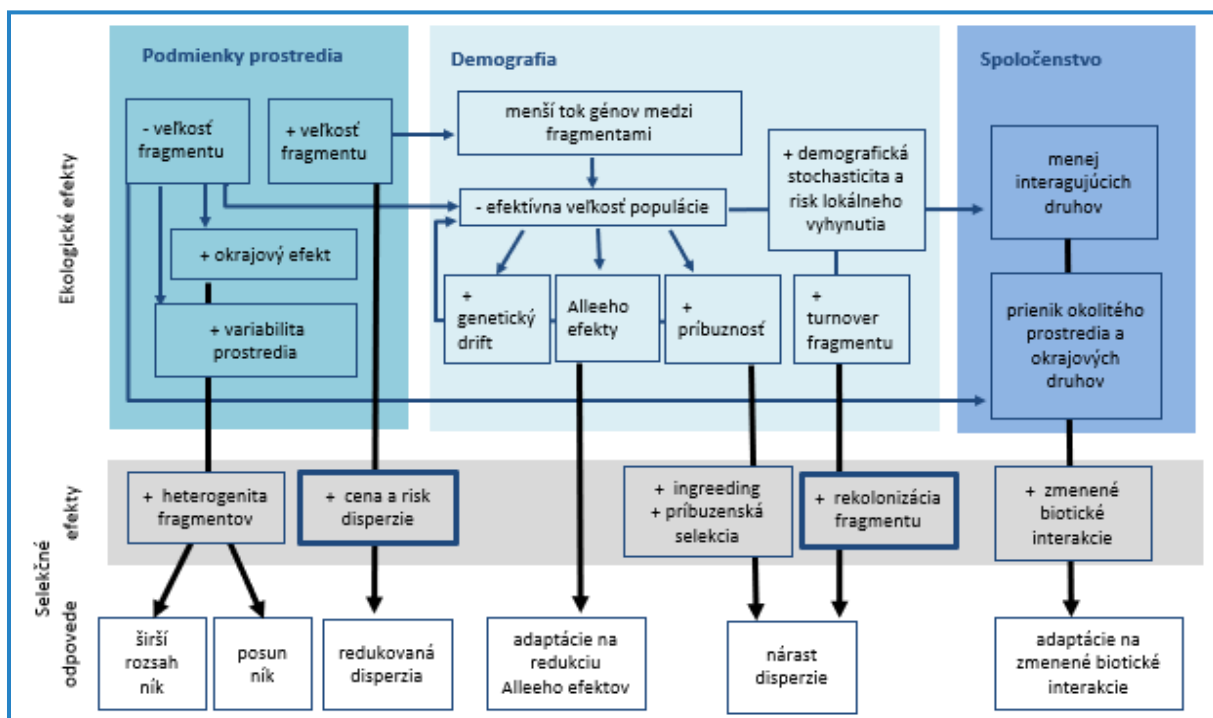
- Zreteľná **ostrovčekovitá štruktúra metapopulácie**, skladajúca sa z fragmentov, ktoré sú v dosiahnuteľnej vzdialenosti, aby dochádzalo k **migrácii**, prípadne rekolonizácii (viď aj kap. 3). Migrácia medzi fragmentmi by nemala byť tak veľká, aby sa populácia dala považovať za panmiktickú, lebo by sa nejednalo o metapopuláciu. Na druhej strane by nemala byť ani príliš nízka, aby dochádzalo k obnove vyhynutých subpopulácií.
- **Izolovanosť fragmentu** (či vzdialenosťou alebo bariérou) by nemala byť taká veľká, aby vyvolala nulovú migráciu. Vznikla by neekvilibriálna metapopulácia, v ktorej je miera vyhynutia vyššia ako miera kolonizácie a teda je odsúdená na zánik.
- Jedince subpopulácie (v jednotlivých fragmentoch) **sa pária** medzi sebou. Populácia sa rozmnožuje a teda sa nejedná len o náhodný zhuk migrujúcich jedincov.
- Každá subpopulácia môže s väčšou či menšou **pravdepodobnosťou vyhynúť**. Výnimkou je typ pevnina-ostrov (viď nižšie), kde je pevnina zdrojom a jedná sa o jednosmernú migráciu (viď aj MacArthurova a Wilsonova **teória rovnovážneho stavu**). V klasickej metapopulácii dochádza k vymretiu niektorých subpopulácií a rekolonizácii fragmentov často a označuje sa ako „**obrat populácií**“ za jeden rok výskumu.
- **Dynamika** jednotlivých subpopulácií musí byť **asynchrónna** (nezávislá). Ak by totiž všetky boli vo fáze populačného poklesu naraz, môže dôjsť k vyhynutiu celej metapopulácie. V prípade asynchronity dynamiky subpopulácií je možné, že vo vedľajšom fragmente je populácia v opačnom stave.

Známych je niekoľko typov metapopulácií (Obr. 26):

- a) **Klasická metapopulácia (Levinsova)** je tvorená veľkou sieťou drobných fragmentov obývaných subpopuláciami. Dynamika jednotlivých subpopulácií je vždy rýchlejšia ako celej metapopulácie. Prebieha veľký počet vyhynutí, ktoré sú vyrovnané kolonizáciou.
- b) **Pevnina-ostrov (Boorman-Levitt)** model metapopulácie predstavuje systém fragmentov v dosiahnuteľnej vzdialenosti od veľkej populácie, u ktorej je malá pravdepodobnosť vymretia.
- c) **Sink-source (prepadová – zdrojová)** metapopulácia sa skladá z fragmentov rôznej veľkosti a kvality. Zo zdrojovej subpopulácie (source) pochádza väčšina imigrantov do okolitých (menej kvalitných) fragmentov (sink) a mala by prežiť aj v prípade jej izolácie od ostatných subpopulácií. V zdrojovej populácii prevažuje natalita nad mortalitou. Prepadovej subpopulácii (sink) hrozí vymretie, ak by nebola dotovaná migráciou.
- d) **V nerovnovážnej metapopulácii** v dlhodobom časovom období rýchlosť vymierania prevyšuje rýchlosť kolonizácie a naopak.



Obr. 26. Prepojenosť a veľkosť fragmentov spolu určuje, ako miestna (fragmentová) dynamika ovplyvňuje dynamiku na vyššej úrovni (krajiny). Prevzaté z: Harrison et al. 1997.



Obr. 27. Spôsoby, ktorými by fragmentácia mohla viesť k adaptácii. Ekologické vplyvy na fyzické prostredie, demografia populácie a spoločenstvá môžu vytvárať dodatočné ekologické efekty (tenké sivé šípky) a selektívne efekty (hrubé čierne šípky) na miestnej úrovni (tenké rámčeky) a na širšej/metapopulačnej úrovni (hrubé rámčeky). Zmenená selekcia potom môže produkovať rôzne adaptívne reakcie (spodné políčka). Prevzaté z: Cheptou et al. (2017).

Hnedáček mriežkovaný (*Melitaea cinxia*, Lepidoptera) obýva prirodzene fragmentované mokradné habitaty. Počas výskumu bolo sledovaných až 50 samostatných lokalít na ploche 15 km². Existencia veľkej „pevninskej“ populácie nebola zaznamenaná. Metapopulácia ale prežívala v rovnováhe vyhynutia a rekolonizácie. Menšie fragmenty boli často neobsadené, čo naznačuje náchylnosť najmä malých miestnych populácií k vyhynutiu. Hustota obsadených fragmentov sa zvyšovala s klesajúcou izoláciou a znižujúcou sa oblasťou fragmentov, čo naznačuje, že migrácia hrá dôležitú úlohu v miestnej dynamike. Migrácia medzi miestnymi populáciami bola bežná, teda je možné mať v metapopulácii prázdne biotopy napriek častej migrácii. Miera kolonizácie prázdnych fragmentov môže byť nízka kvôli nenáhodnej migrácii a jej slabej závislosti na populačnej hustote, či kvôli problémom s hľadaním partnera pri nízkej hustote (Hanski et al. 1994).

Niektoré životné stratégie je možné považovať za **adaptácie na dlho trvajúcu prirodzenú fragmentáciu** (Obr. 27). Kompromis medzi kompetíciou a kolonizáciou predpokladá, že organizmy obsadzujúce efemérne (krátkodobé) fragmenty sú dobrými kolonizátormi ale slabými kompetítormi, zatiaľ čo tie, ktoré obývajú stabilnejšie habitaty sú dobrými kompetítormi, ale slabými kolonizátormi.

Do akej miery adaptácia na prirodzenú fragmentáciu predpokladá adaptáciu aj na antropickú fragmentáciu závisí od toho, ako si sú podobné v priestore a čase. Súostrovia, skalné útvary na savane a v ústiach riek, povodia a brehy môžu mať podobné priestorové vlastnosti ako mestské zelené oblasti, rezervácie alebo veľké zelené oblasti preťaté diaľnicami alebo vo väčšej miere odlesňovaním. Napríklad jašterica trávová (*Podarcis tauricus*, Lacertidae) býva prevažne otvorené skalnaté oblasti s krátkou trávou a krovinou vegetáciou. Rýchlou výstavbou v meste Plovdiv (Bulharsko) ostali obstavané dva kopce v meste s dvomi izolovanými populáciami jašterice trávovej. Obe populácie mierne poklesli a následne ostali pomerne stabilné. Napriek tomu sa zdá, že druh je mestu potenciálne prispôsobivý, hoci sa momentálne populácie držia stále na skalnatých kopcoch, a hlavnými rizikami pre ne sú výstavba a zalesňovanie.

Redukciou toku génov medzi subpopuláciami (plôškami, ostrovmi) môže fragmentácia zvyšovať lokálnu adaptáciu v heterogénnej krajine. Lokálna adaptácia (pri rôznej úrovni selekcie medzi fragmentami) a drift môžu vytvárať lokálne odlišné populácie dokonca za krátky čas. Pôsobením selekcie vo veľkých izolovaných fragmentoch môže dochádzať k zvyšovaniu fitness jedincov, zatiaľ čo v malých fragmentoch prevláda vplyv driftu, ktorý redukuje celkovú fitness. Z toho vyplýva, že optimálna migrácia môže ovplyvniť nielen evolučný potenciál fragmentovaných populácií, ale aj ich schopnosť sa adaptovať na lokálne podmienky.

Podobným pojmom ako metapopulácia je „**metaspoločenstvo**“, ktoré je definované ako súbor lokálnych ekologických spoločenstiev na odlišných miestach, ktoré ale nemusia nutne byť spojené mnohonásobnou disperziou interagujúcich druhov. Najzákladnejší popis metaspoločenstva pozostáva z matice incidencie druhov na lokalitách (site-by-species incidence). Pri tomto prístupe je dôležitosť miestnych a regionálnych vplyvov závislá od charakteristík systému a druhov (ako je typ biotopu, spôsob šírenia, priestorová mierka). Napríklad miestne procesy majú tendenciu dominovať v metaspoločenstvách, zložených z druhov s pasívnym spôsobom disperzie, zatiaľ čo procesy tvorené

V Colorade (USA) skúmali teóriu metaspoločenstva na príklade 201 močiarov. Zistili, že močiare v mestských oblastiach sa vyznačovali o 60 % nižšou druhovou bohatosťou obojživelníkov a akvatických plazov a o 33 % nižšou druhovou bohatosťou vodného hmyzu, mäkkýšov (Mollusca) a desaťnožcov (Decapoda), v porovnaní s močiarom, ktoré sa nachádzali v okolitej krajine (poľia, pasienky). Spoločenstvá v mestských močiarmoch boli ovplyvnené biotickými (introdukované druhy rýb a žiab), abiotickými faktormi (živiny, vegetácia) a charakteristikami krajiny (hustota dopravnej siete, okolie močiara) (Johnson et al. 2012).

jedincami, ktoré sa aktívne rozširujú, sú silne ovplyvnené skôr regionálnymi procesmi.

Použité zdroje:

- Cheptou P.-O., Hargreaves A.L., Bonte D. & Jacquemyn H. 2017. Adaptation to fragmentation: evolutionary dynamics driven by human influences. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 372: 20160037.
- Cottenie K. 2005. Integrating environmental and spatial processes in ecological community dynamics. *Ecology Letters* 8: 1175–1182.
- Johnson P.T., Hoverman J.T., McKenzie V.J., Blaustein A.R. & Richgels K.L. 2013. Urbanization and wetland communities: applying metacommunity theory to understand the local and landscape effects. *Journal of Applied Ecology* 50(1): 34-42.
- Hanski I. 1989. Metapopulation dynamics: does it help to have more of the same? *Trends in Ecology & Evolution* 4(4): 113-114.
- Hanski I. 1991. Single-species metapopulation dynamics: concepts, models and observations. *Biological journal of the Linnean Society* 42(1-2): 17-38.
- Hanski I., Kuussaari M. & Nieminen M. 1994. Metapopulation structure and migration in the butterfly *Melitaea cinxia*. *Ecology* 75(3): 747-762.
- Harrison S., Taylor A.D., Hanski I. & Gilpin M.E. 1997. Metapopulation biology: ecology, genetics and evolution.
- Leibold M.A. & Mikkelsen G.M. 2002. Coherence, species turnover, and boundary clumping: elements of meta-community structure. *Oikos* 97(2): 237-250.
- Leibold M.A., Holyoak M., Mouquet N., Amarasekare P., Chase J.M., Hoopes M.F., Holt R.D., Shurin J.B., Law R., Tilman D. & Loreau M. 2004. The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. *Ecology letters* 7(7): 601-613.
- Mollov I.A. & Valkanova M.V. 2009. Risks and Opportunities of Urbanization--Structure of Two Populations of the Balkan Wall Lizard *Podarcis tauricus* (Pallas, 1814) in the City of Plovdiv. *Ecologia Balkanica* 1: 27-39.
- Ružičková J., Moravčíková Z. & Lehotská B. 2009. Ochrana a využívanie krajiny. Bratislava.

4.2 Dynamika fragmentov

Teoretický prístup metapopulácie pomáha porozumieť efektom fragmentácie druhov. Štruktúru, funkciu a dynamiku celého ekologického systému možno pochopiť a predpovedať analýzou jeho menších interaktívnych priestorových fragmentov (patches). Fragmenty sa prirodzene vyskytujú v každom prostredí, v prirodzenom aj človekom pozmenenom. Termín dynamika fragmentov môže byť použitý na zmeny, ktoré sa v čase vyskytujú v priestorových vzorkách zložiek ekosystému.

Koncept dynamiky fragmentov je založený na pozorovaní, že **ekosystémy sú priestorovo heterogénne**, teda že obsahujú rôznorodú a nerovnomerne rozptýlenú zmes organizmov a zdrojov. Heterogénnosť sa vyskytuje v celej škále času a priestoru. Ekologické „pohromy“, ako sú povodne, požiare, (človek) a prepuknutia chorôb, sú zodpovedné za veľkú časť dynamiky priestorovej heterogenity. Narúšajú kontinuitu biologickej komunity tým, že znižujú počet populácií a odstraňujú druhy z malých oblastí v krajine a vytvárajú podmienky pre ďalší pohyb iných druhov. Výsledkom je, že ekosystémy možno považovať za mozaiku fragmentov. Fragmenty sa líšia rôznymi spôsobmi: veľkosťou, tvarom, zložením, pôvodom, trvaním v krajine a spôsobom ohraničenia. V dôsledku toho sa hlavný dôraz pri výskume dynamiky fragmentov kladie skôr tok ako rovnováhu.

Dynamika fragmentov môže byť použitá **na úrovni populácie, spoločenstva alebo na úrovni krajiny**. Napr. les môže byť považovaný tiež za fragmentovaný ekosystém, ktorý je zložený z medzier v korunovom zápoji a zoskupení stromov rôzneho veku, ktoré vyrástli po nejakom narušení (spadnutí stromu poryvom vetra, napadnutí drevokazným hmyzom, vyťať ľudmi). Odstránením stromu sa v spojitý korunovej etáži vytvorí medzera, ktorou sa dostávajú zdroje (svetlo, voda) až k pôde. Nastáva sukcesia lesa. Vedie k postupnému nahrádzaniu rastlinných druhov, ktorým vyhovujú podmienky v lesnej medzere a ktoré sú čoraz vyššie. Postupne bude medzera v lese zaplnená jedným stromom, ktorého koruna sa zapojí do najvyššej etáže. Dynamika lesa môže byť chápaná ako zmeny v jednotlivých medzerách a ich interakcie s väčším systémom lesa. Iné ekosystémy sú rovnako fragmentované: lúčne porasty pasiením či požiarimi či nerovnomerným rozmiestnením zdrojov; močiare hĺbkou vody; more priestorovým rozmiestnením planktónu a pod.

Jednotlivé terestriálne a akvatické ekosystémy na seba navzájom pôsobia. Vo väčšej mierke je ekologická dynamika medzi jednotlivými fragmentami podmienená geomorfológiou krajiny, klímou, hranicami, ktoré obklopujú študované územie od ostatných. Pri dynamike fragmentov treba brať do úvahy jednak základné faktory prostredia a biologické interakcie ako aj narušenia (prirodzené či antropogénne). Celá krajina sa skladá z priestorovo heterogénnych geografických oblastí, čím vytvára mozaiku fragmentov (lesy, lúky, jazerá, polia, zastavané oblasti rôzneho typu atď.) a metapopulácie rôznych druhov.

V minulosti sa veľká časť raného záujmu o dynamiku metapopulácií zameriavala na myšlienku, že metapopulácie majú tendenciu byť stabilnejšie a s nižšou pravdepodobnosťou vyhynutia ako jednotlivé lokálne populácie (hoci by aj boli

Chránená rosníčka *Ranoidea raniformis* (Hilidae) je ohrozená rozrastajúcim sa mestom Melburn (Austrália). Urbanizáciou prostredia dochádza k strate, degradácii a fragmentácii mokradí. Pri výskume 167 lokalít metapopulácie okolo potoka Donnybrook boli stanovované premenné, ktoré ovplyvňujú dynamiku vymierania a kolonizácie rosníčkou (veľkosť fragmentu, vegetačný pokryv, konektivitu). Následne bola simulovaná dynamika metapopulácie rosníčky pri rôznej úrovni urbanizácie a kompenzačnej tvorby mokradí. Pri väčšine scenárov urbanizácie bola vysoká neistota ako vymretia subpopulácie, tak počte obsadených lokalít. Čím vyššia bola strata biotopov, tým vyššia bola neistota zo vyhynutia a minimálnej veľkosti metapopulácie. Preto na vyrovnanie vplyvu urbanizácie pri rozrastaní sa mesta Melburn bude potrebné budovať nové mokrade (Heard et al. 2013).

veľké ako celá metapopulácia dohromady). V súčasnosti sa viac rieši fragmentácia prostredia a metapopulácie, ktoré sa vyskytujú v prostrediach, kde ich dlhodobá perzistencia nie je zaručená.

Možné **scenáre vyhynutia metapopulácie** sú:

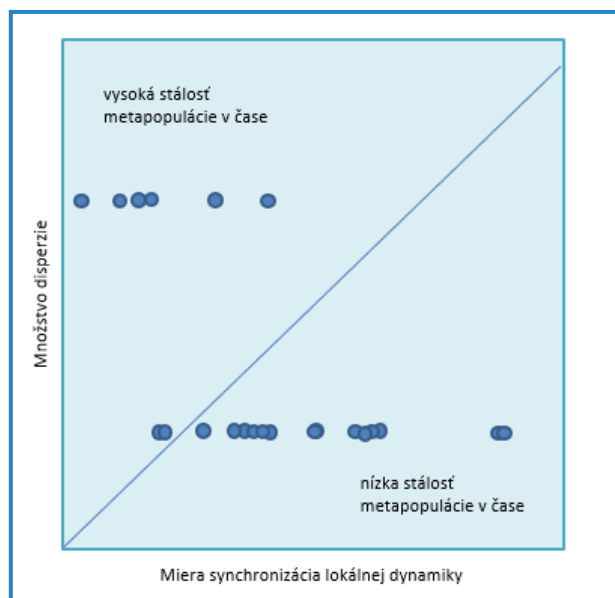
1. **Žiadny kladný rovnovážny bod.** Levinsova (1969) jednoduchá metapopulácia zdôrazňuje najzákladnejšiu príčinu vymierania metapopulácií: miera zakladania nových lokálnych populácií je nižšia ako miera lokálnych vymieraní. Zmeny životného prostredia spôsobené ľudskou činnosťou môžu zvýšiť mieru vymierania alebo znížiť mieru kolonizácie natoľko, že sa vyhynutie metapopulácie stane nevyhnutným.
2. **Alternatívna rovnováha.** Ak sú dve možnosti stabilnej rovnováhy, jedna z nich zodpovedá vyhynutiu metapopulácie, malá metapopulácia sa stane deterministicky vyhynutou a veľká metapopulácia môže vyhynúť, ak sa náhodne (stochasticky) zmenší pod kritickú hranicu. O alternatívnej rovnováhe je dôležité uvažovať, keď imigrácia predstavuje podstatnú časť rastu lokálnej populácie, alebo keď metapopulácia vznikla introdukciou druhu na pár miest v systéme fragmentov. Ak takáto alternatívna rovnováha existuje, je potrebné aby introdukcia/imigrácia bola dostatočne veľká, aby vytlačila metapopuláciu za kritickú hranicu (viď nižšie), a tiež viaceré fragmenty by mali byť blízko pri sebe, aby bola zabezpečená disperzia s minimálnou mortalitou.
3. **Stochasticita (náhodnosť) imigrácie a vymierania** je potenciálnou príčinou zániku metapopulácií, hlavne keď je počet miestnych populácií malý (napr. ak počet fragmentov s vhodným habitatom je malý). Rovnako ako v prípade demografickej stochasticity v dynamike lokálnej populácie, stochasticita imigrácie a zániku môže byť často bezprostrednou príčinou zániku metapopulácií, aj keď je konečná príčina (pre malý počet populácií) odlišná.
4. **Regionálna stochasticita.** Je otázne, akú veľkú hrozbu predstavuje regionálna náhodnosť pre ohrozené druhy. Medzi charakteristiky metapopulácie patrí asynchrónna dynamika, ale vzdialenosti (resp. miera izolovanosti) medzi fragmentmi, do akých sa ešte populačná dynamika dokáže synchronizovať a do akej už nie, sú nepreskúmané. Teda izolácia určuje dobu perzistencie metapopulácie prostredníctvom jej účinkov na mieru kolonizácie a regionálnu stochasticitu (Tab. 14), ale môže vykazovať veľké rozdiely medzi taxónmi (rôzne schopnosti migrácie, množstva potomstva, citlivosti na pôsobiace faktory). Väčšinou nevieme, kde sa väčšina skutočných populácií nachádza na obr. 28. Sú zriedkavé a ohrozené druhy nadmerne zastúpené v pravom dolnom rohu?

Tab. 14. Environmentálne faktory, ktoré sú najdôležitejšie pri štyroch scenároch vyhynutia metapopulácie. Prevzaté z : Hanski (1991).

Dôvod vyhynutia	Fragmenty habitatu			
	Veľkosť	Počet	Izolácia	História
žiadna pozitívna rovnováha	áno	-	áno	-
alternatívna rovnováha	-	-	-	áno
stochasticita imigrácie a vyhynutia	-	áno	-	-
regionálna stochasticita	-	-	áno	-

Ak má populácia druhu prežiť, potrebuje byť taká veľká, aby v prípade náhlych udalostí (predátory, prírodná katastrofa, zmena faktorov) prežil dostatočný počet jedincov, ktorí môžu preniesť celú genetickú variabilitu do ďalšej generácie. Ak je populácia malá, má menšiu genetickú variabilitu a z toho vyplýva aj menšia schopnosť odpovedať či adaptovať sa na zmenu podmienok. V

praxi sa ale zle stanovuje už samotný počet jedincov divožijúcej populácie, nieto ešte odhad počtu rozmnožujúcich sa jedincov. Na základe terénnych pozorovaní je možné stanoviť tzv. **odhad veľkosti populácie (census size, N_c)**. Na základe molekulárnych analýz sa stanovuje tzv. **efektívna veľkosť populácie (N_e)**, ktorá vyjadruje počet jedincov, ktoré predávajú svoje gény do ďalšej generácie. V prípade ideálnej populácie, teda ak sa všetky jedince zapoja do rozmnožovania, sa efektívna veľkosť



Obr. 28. Očakáva sa, že doba perzistencie metapopulácie sa zvýši so zvyšujúcou sa mierou disperzie medzi biotopmi, ale zníži sa so zvyšujúcou sa regionálnou stochasticitou, čo zvyšuje stupeň synchronizácie v miestnej dynamike. U mnohých druhov sa miera disperzie medzi fragmentami a regionálna stochastirita mení s priestorovou mierkou, rovnobežne s uhlopriečkou na obrázku, s možno relatívne malým čistým dopadom na dobu perzistencie metapopulácie. Predpokladá sa, že metapopulácie v ľavom hornom rohu budú mať dlhé časy perzistencie, zatiaľ čo metapopulácie v pravom dolnom rohu budú mať krátke časy perzistencie (podľa Hanski (1989)). Príkladom je štúdia 19 bystruškovitých chrobákov (Carabidae), odobratých v holandskom vresovisku den Boerom (1977). Šesť druhov má dlhé krídla a vysokú mieru disperzie, zatiaľ čo ostatné druhy sú krátkokrídle a majú nízku mieru šírenia. Regionálna stochastirita bola meraná priemerom troch párových časových korelácií (štúdia prebiehala 6 alebo 7 rokov; horizontálna os sa pohybuje od -0,2 do 1,0). Druhy s nízkou mierou rozptylu mali na troch lokalitách významne korelovanjšiu dynamiku ako druhy s vysokou mierou rozptylu. Prevzaté z: Hanski (1991).

sa veľkosťou populácie sa u nich zvyšuje aj fitness jedincov, čo sa označuje ako **Alleeho efekt (princíp)**. Pri ďalšom raste populácie samozrejme dôjde ku kompetícii o zdroje. Agregácia jedincov môže zvyšovať šance na ich prežitie. Klasickým príkladom je lov koristi alebo obrana stáda pred predátormi.

populácie rovná počtu jedincov (adultov) v populácii (N_c).

Keď sa vrátíme nazad ku konceptu metapopulácie, aj chránené druhy vo fragmentovanej krajine vytvárajú metapopulácie. Pri praktickej ochrane prírody treba prihliadať na **dostatočnú veľkosť populácie chráneného druhu**. Kategorizačný systém Červeného zoznamu IUCN (The International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) implementoval viaceré získané poznatky aj v súvislosti s ochranou evolučného potenciálu populácie. Uvádza pritom veľkosť N_e aspoň 50 jedincov na predchádzanie inbrednej depresie v krátkodobom horizonte a N_e aspoň 500 na udržanie evolučného potenciálu natrvalo (tzv. **pravidlo 50/500**). Neskôršie štúdie však zaznamenali, že ani $N_e = 50$ nie je dostatočná na zabránenie inbrednej depresie počas piatich generácií vo voľnej prírode, pričom až keď je N_e väčšie ako 100, tak dochádza k strate celkovej fitness menšej ako 10 %. Aj $N_e = 500$ je príliš málo na to, aby sa zachoval evolučný potenciál pre fitness dlhodobu, skôr sa osvedčila hranica $N_e \geq 1000$. Pre ochranársku prax je potom potrebné premeniť N_e na N_c na generáciu, je potrebné poznať ich vzájomný pomer. Potrebné informácie sú ale dostupné len pre asi 100 dobre preskúmaných druhov. Pomerové priemery ($\sim 0,1-0,2$) pre menej sledované druhy je odvodený z metaanalýz s prihliadnutím na úpravy pre odlišné životné histórie.

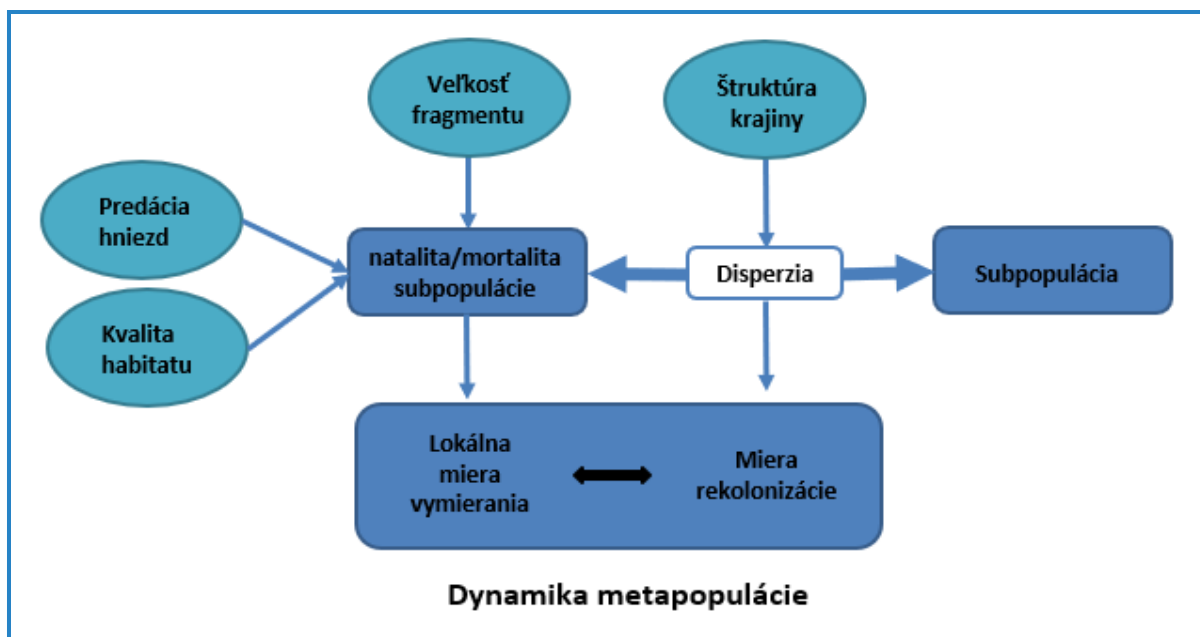
Ak je hustota populácie nízka, u druhov, ktorých jedince sú schopné spolupracovať, môže dôjsť k redukcii ich fitness. So zvyšujúcou

Z konceptu dynamiky fragmentov je možné vyvodiť tri praktické výstupy pre ochranu prírody:

1. Narušenia (**disturbancie**) **hrajú dôležitú rolu** v dynamike fragmentov, preto riadené (manažované) narušenia v čase a priestore môžu byť užitočným nástrojom pre efektívnu ochranu alebo obnovu biotopov.
2. Prístupy ochrany a obnovy, založené na koncepte dynamiky fragmentov, sú flexibilnejšie než prístupy, zaoberajúce sa finálnymi bodmi. Takéto stratégie totiž predpokladajú **udržanie určitej kombinácie druhov, čo je často nevhodný prístup** pri neustále fluktuujúcich populáciách a zmenách spoločenstiev v ekosystéme. Snaha o zakonzervovanie konkrétneho stupňa sukcesie vedie k neúspechu. Klimaxové spoločenstvá sa zase len zriedkakedy vyskytujú v podobe väčších ekosystémov.
3. Procesy sukcesie prebiehajú na viacerých úrovniach a ochrana a obnova ekosystémov by mala brať do úvahy aj **faktory mimo ich cieľového územia** (fragmentu) a celkový kontext krajiny, v ktorej sa chránený ekosystém nachádza.

Dynamika fragmentov je špecifický rámec/prístup, rozoznávajúci priestorovú heterogenitu ekologických systémov (Obr. 29). Heterogenita môže predstavovať kontinuum, ale môže existovať aj ako diskrétna, priestorovo oddelená jednotky fragmentov (viď kap. 3.1). Pri **diskrétnej forme** sa dynamika fragmentov zaoberá heterogenitou viazanou na jednotlivé fragmenty, ktoré sa líšia vo svojej štruktúre, skladbe a procesoch od ostatných príslušných fragmentov. Každý fragment sa môže meniť v čase a tak sa môže meniť aj celá mozaika fragmentov vo svojej skladbe, frekvencii výskytu jednotlivých typov fragmentov, veľkosti, tvare či v uložení rôznych fragmentov. Zmeny môžu byť stimulované interakciami medzi fragmentami, tokom medzi nimi alebo rôznymi udalosťami pochádzajúcimi mimo mozaiky. O kontinuálnej priestorovej variabilite sa dá povedať to isté ako o fragmentoch: odlišné časti sa menia v skladbe alebo frekvencii výskytu, priestorová súvislosť podobných a odlišných bodov sa posúva v čase.

V podmienkach ľudských sídiel sú jednotlivé fragmenty tvorené kombináciou bio-geo-fyzikálnych podmienok, výstavby, sociálnych aspektov atď. Fragmenty osídlenia môžu byť definované podľa rôznych faktorov, ako napr. hustotou výstavby, hustotou obyvateľstva, spôsobom využívania priestoru, demografiou alebo etnickým zložením obyvateľstva, vegetáciou a spôsobom jej využívania a pod. Veľké osídlené fragmenty sa dajú ďalej rozložiť až na základné fragmenty, ako napr. záhrady, ihriská, ulice, aleje, komerčné a obytné budovy atď.



Obr. 29. Faktory ovplyvňujúce metapopulačnú dynamiku vtáčích druhov. Rovnováha medzi lokálnym vyhynutím a rekolonizáciou je daná lokálnymi procesmi natality/mortality, resp. intenzitou disperzie medzi fragmentami habitatov. Lokálnu demografiu pritom ovplyvňuje veľkosť fragmentu, kvalita habitatu (aj jeho heterogenita) a hniezdna predácia. Disperzia závisí od štruktúry krajiny a krajinných prvkov. Prevzaté z: Opdam (1991).

Použité zdroje:

- Cheptou P.-O., Hargreaves A.L., Bonte D. & Jacquemyn H. 2017. Adaptation to fragmentation: evolutionary dynamics driven by human influences. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 372: 20160037.
- Courchamp F., Berec L. & Gascoigne J. 2008. Allee effects in ecology and conservation. OUP Oxford.
- den Boer P.J. 1977. Dispersal power and survival. Carabids in a cultivated countryside. *Miscellaneous papers/Landbouwhogeschool Wageningen*.
- Frankham R., Bradshaw C.J. & Brook B.W. 2014. Genetics in conservation management: revised recommendations for the 50/500 rules, Red List criteria and population viability analyses. *Biological Conservation* 170: 56–63.
- Hanski I. 1989. Metapopulation dynamics: does it help to have more of the same? *Trends in Ecology & Evolution* 4(4): 113-114.
- Hanski I. 1991. Single-species metapopulation dynamics: concepts, models and observations. *Biological journal of the Linnean Society* 42(1-2): 17-38.
- Heard G.W., McCarthy M.A., Scroggie M.P., Baumgartner J.B. & Parris K.M. 2013. A Bayesian model of metapopulation viability, with application to an endangered amphibian. *Diversity and Distributions* 19(5-6): 555-566.
- Leibold M.A. & Mikkelsen G.M. 2002. Coherence, species turnover, and boundary clumping: elements of meta-community structure. *Oikos* 97(2): 237-250.
- Mikulíček P. 2018. Úvod do molekulárnej ekológie. Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave, 8-10 pp.
- Opdam, P., 1991. Metapopulation theory and habitat fragmentation: a review of holarctic breeding bird studies. *Landscape ecology*, 5, pp.93-106.
- Ružičková J., Moravčíková Z. & Lehotská B. 2009. Ochrana a využívanie krajiny. Bratislava.

4.3 Metapopulácia v meste

Mestské zelené fragmenty predstavujú ideálny príklad na porozumenie populačnej dynamiky z perspektívy metapopulácie. V závislosti od vlastností skúmaného druhu, typov fragmentov, ich vegetačnej skladby je možné v mestách rozoznať všetky typy metapopulácií: pevnina-ostrov v prípade druhov, ktoré sa bežne vyskytujú mimo mesta a obývajú aj vhodné mestské fragmenty; klasická metapopulácia ak druhy obývajú konkrétny typ fragmentov v meste či mimo mesta; sink-source ak niektoré fragmenty sú menej kvalitné prípadne predstavujú ekologickú pascu.

Jednotlivé fragmenty sú od seba viac či menej izolované aj v závislosti od vlastností študovaného druhu a prítomnosti vhodných lineárnych biotopov (koridorov). Konektivita (prepojenosť fragmentov vhodnými migračnými prvkami – koridormi) v meste môže zvyšovať tok

V New Yorku skúmali prepojenosť populácií myšice bielonohej (*Peromyscus leucopus*, Cricetidae). Zistili, že aj úzky (40 m) lineárny fragment zelene (Lond Island Motor Parkway) zvyšuje tok génov medzi dvoma populáciami myšice bielonohej (Munshi- South 2012).

génov medzi zelenými časťami, a naopak, fragmentácia a z nej vyplývajúca izolovanosť znižuje genetickú prepojenosť medzi izolovanými mestskými habitatmi. V prípade, že sieť mestských zelených fragmentov má dostatok koridorov, znižuje nebezpečenstvo prepádových (sink) populácií. Avšak, aké parametre (vzájomná vzdialenosť, vegetácia, veľkosť a pod) by koridory mali mať, je špecifické pre každú živočíšnu (rastlinnú) skupinu či druh. Napr. pre pohyblivé a malé živočíchy so zdrojovým habitatom v prímestskej oblasti postačujú aj malé fragmenty v meste na prepojenie populácií.

Najčastejšie skúmaná je vtáčia sink-source metapopulácia. Len málo vtáčích druhov má mestské populácie vyššie ako v okolí. Niektoré druhy majú nižšiu úspešnosť reprodukcie v meste a preto sú často tieto populácie dopĺňané disperziou z neurbánnych oblastí. Väčšinou teda mestské zelené fragmenty predstavujú prepádové (sink) populácie vtáčích druhov.

Na štúdii v meste Melbourne (Austrália) je možné ilustrovať metapopulačnú teóriu a MacArthurovu & Wilsonovu (1967) teóriu rovnovážneho stavu (kap. 3.3). Predmetom skúmania bolo 104 jazier a jazierok v meste a výskyt štyroch druhov žiab. Zaznamenali, že veľkosť jazierka a prepojenosť mali podstatný pozitívny vplyv na pravdepodobnosť výskytu. Väčšie rybníky boli s väčšou pravdepodobnosťou obsadené z dôvodu nižšej pravdepodobnosti miestneho vyhynutia a vyššej pravdepodobnosti dosiahnutia tohto fragmentu. Zatiaľ čo prepojenejšie rybníky pravdepodobne prijímajú viac migrantov, aby posilnili existujúcu populáciu alebo rekolonizovali fragment po vyhynutí lokálnej populácie. Vegetácia v a okolo rybníka plus prítomnosť/neprítomnosť zvislej steny mali tiež dôležitý vplyv na pravdepodobnosť výskytu štyroch druhov žiab. Všetky druhy sa pravdepodobnejšie vyskytovali pri rybníkoch s väčšou vegetáciou. Pre adulty poskytuje vegetácia dôležitý úkryt pred predátormi, miesta pre ozývanie sa samcov a miesta na prichytenie vajíčok (Parris 2018).

V mestách niektoré málo kvalitné biotopy môžu predstavovať „**ekologickú pascu**“. Keď si zviera vyberie biotop s nízkou kvalitou a nie iný dostupný s kvalitnejšími biotopmi, má to za následok, že miera reprodukcie a prežitia nie je dostatočná na udržanie populácie v meste. Teda ekologickou pascou je prepádový habitat (sink), ktorý je uprednostňovaný namiesto toho, aby sa mu vyhýbali. V mestskom či ľuďmi ovplyvnenom prostredí ekologické pasce vznikajú vtedy, keď antropogénna zmena spôsobí, že adaptívne podnety, používané jedincom pri výbere biotopov, vedú k tomu, že si vyberie biotop, v ktorom sa zníži jeho fitness. K vyhynutiu populácie najčastejšie dochádza v prípade ekologickej pasce, ktorá vznikla pri degradácii existujúceho habitatu, k čomu dochádza veľmi často práve v meste. Rozdiel medzi ekologickou pascou a prepádovým (sink) habitatom je hlavne v tom, že

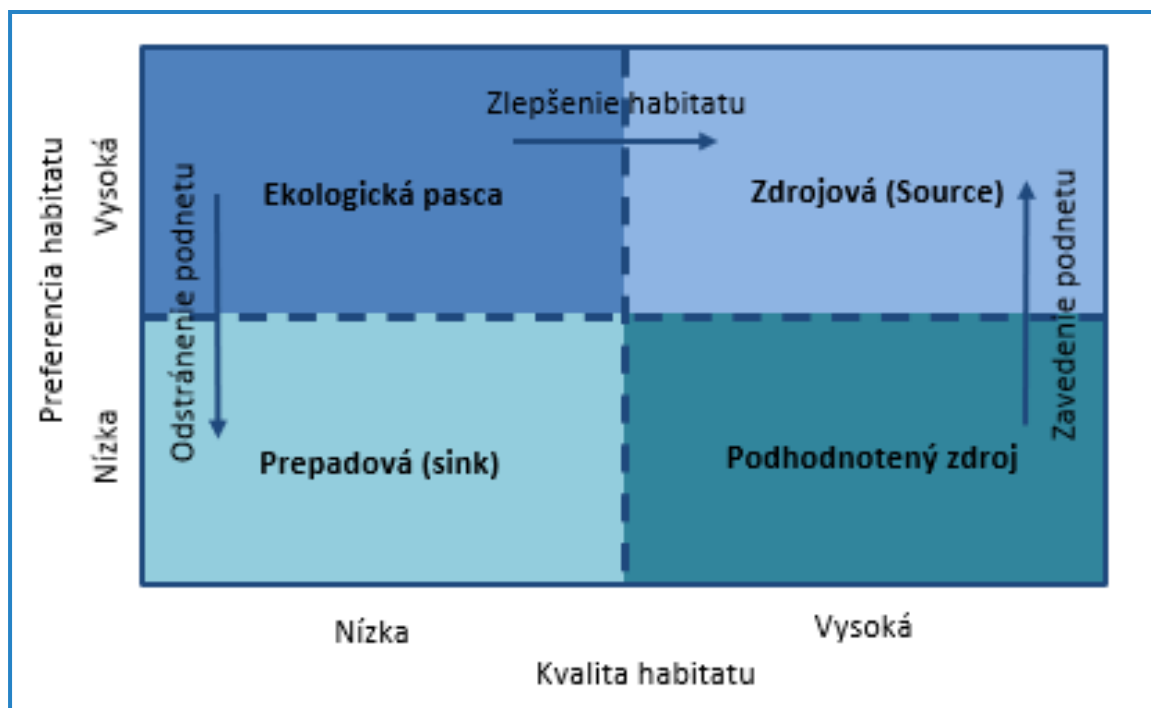
jedince sa vyhýbajú sink habitatom až pokým nie sú kvalitnejšie habitaty populačne plné. A naopak, ekologickú pascu si jedince častokrát prednostne vyberajú. K uprednostňovaniu prepádového habitatu dochádza, keď sa podnety k usadeniu, ktoré organizmy používajú pri výbere, oddelia od základných vzorcov kvality biotopu, takže chudobné biotopy sa zdajú byť vhodnejšie ako lepšie.

Pri hodnotení kvality habitatov sa živočíchy spoliehajú na podnety, ktoré im umožňujú rýchlo odhadnúť vhodnosť lokality (napr. prítomnosť vody pre obojživelníky), lebo časové/energetické obmedzenia bránia priamemu hodnoteniu zdrojov, ktoré potrebujú (napr. či nemá jazierko veľmi strmé brehy). Podnety k usadeniu môžu mať aj priamy vplyv na fitness. Napr. u druhu Vireo červenooký (*Vireo olivaceus*, Passeriformes) je známe, že využíva hustotu listov ako indikátor kvality biotopu v lesoch (táto vlastnosť priamo ovplyvňuje početnosť koristi – húseníc). U mnohých druhov totiž dochádza k „vtlačeniu“ podnetov už počas ranných štádií života, čo označujeme ako **indukciu preferencií natálnych biotopov**. Pri štúdiu maladaptívnych (zle sa prispôsobujúcich) výberov biotopov je preto potrebné identifikovať špecifické podnety k usadeniu sa jedincov. V praxi je však veľmi ťažké rozlíšiť, či si jedince mestský habitat vyberú (pasca) alebo sa mu snažia vyhýbať (sink) (Obr. 30).

Podhodnotené zdroje (undervalued resources) sú habitaty, kde organizmy nedokážu plne využívať dostupné príležitosti. V praxi je ale veľmi ťažké stanoviť, či je vhodný habitat využívaný na maximum svojej nosnej kapacity. Ak zmena vzhľadu habitatu spôsobí pokles priaznivosti pre usadenie sa bez ovplyvnenia kvality základného biotopu, výsledný biotop môže fungovať ako podhodnotený zdroj. Často k tomu dochádza po zavedení nového prvku do habitatu alebo nového biotopu do prírodnej krajiny. Pre ilustráciu slúži príklad strašiaka na poli: nová vlastnosť (strašiak) spôsobuje pokles priaznivosti poľa bez ovplyvnenia kvality základného biotopu. Mnohé ľudské narušenia by mohli vytvoriť podobné medzery vo využívaní zdrojov (vytvoriť podhodnotené zdroje), ak si riziká, ktoré vnímajú organizmy, ľudia neuvedomia.

Na vresoviskách Spojeného kráľovstva hniezdia škovrániky stromové (*Lullula arborea*, Passeriformes). Vyhýbajú sa ale hniezdiť v oblastiach v okolí rušných chodníkov. V skutočnosti je riziko, ktoré predstavujú chodci na chodníkoch pre škovrániky minimálne. Tých pár jedincov, ktorí sa rozhodnú usadiť sa v narušených oblastiach, bude mať vyššiu produktivitu rozmnožovania v porovnaní s jedincami v ostatných oblastiach vresoviska, pretože sa tak vyhnú konkurencii, ktorá je závislá na hustote. Biotopy obklopujúce chodníky vo vresoviskách preto predstavujú podhodnotený zdroj, aj keď v malom rozsahu (Mallord et al. 2007).

Niekoľko techník môže zredukovať negatívny vplyv ekologických pascí. Ak by sa habitat pasce zlepšil, rast populácie, ktorá tu sídli by sa zmenil z negatívneho na pozitívny. Iným prístupom by bolo obmedziť podnet na usadenie sa jedincov v ekologickej pasci. A do tretice, ak je v okolí podhodnotený zdroj, zavedenie podnetu na usadenie sa jedincov by mohlo kompenzovať negatívne účinky pasce zvýšením usadenosti v produktívnych biotopoch (Obr. 30).



Obr. 30. Rámec opatrení na zníženie vplyvu výberu nevhodných biotopov na zachovanie populácie. Ekologické pasce a podhodnotené zdroje vznikajú, keď sa preferencia biotopu a kvalita biotopu oddelia (zvyčajne v dôsledku zmien v distribúcii podnetov na osídlenie, ktoré ovplyvňujú výber preferencií biotopov). Zmiernenie ekologickej pasce by sa dalo dosiahnuť priamo – zlepšením kvality biotopu, alebo manipuláciou s podnetmi na usídlenie, buď v samotnej ekologickej pasci, alebo v pridruženom biotope, ktorý funguje ako podhodnotený zdroj. Prevzaté z: Gilroy & Sutherland (2007).

Treba mať na pamäti, že kvalita habitatu a priestorové efekty (hustota vhodných biotopov, koridorov, prepojenosť) pracujú na inej hierarchickej úrovni v rámci tých istých procesov. Kvalita habitatu je podstatný parameter v metapopulačnej dynamike, podieľa sa na pretrvavaní druhov viac ako izolácia fragmentu. V súčasnosti **analýza obsahu fragmentov** v obhospodarovanom území **zahŕňa štyri základné premenné** (a každá premenná má niekoľko podpremenných):

- (1) veľkosť a typ fragmentu,
- (2) vegetatívnu štruktúru a diverzitu,
- (3) kontext fragmentu (a jeho izolácia, kap. 3.1),
- (4) prirodzenosť fragmentu.

Veľkosť a typ fragmentov ovplyvňujú interakcie živočíchov a ovplyvňujú ekologickú hodnotu. Na základe pôvodu a funkcie môžeme fragmenty rozdeliť do piatich kategórií:

- Zvyškový fragment je ponechaný vo svojom pôvodnom charaktere po rozsiahlom narušení, ktoré zmenilo okolité prostredie fragmentu (napr. vlhká terénna depresia v suburbánnej obytnej zástavbe).
- Regenerovaný fragment bol predtým narušený alebo zmenený a odvtedy sa tu prirodzene obnovila vegetácia. Napr. priestor po stavenisku ponechaný na samovývoj. Mierne nepresným príkladom sú tatranské doliny, ponechané na samovývoj po veternej kalamite v r. 2004).
- Introdukovaný fragment je podobný regenerovanému v tom, že bol predtým narušený, ale založenie novej vegetácie je dôsledkom ľudskej činnosti (napr. vysádzanie parkov, hospodárskych lesov).

- Environmentálny fragment existuje v prevažne prírodnom kontexte a má významné prírodné hodnoty, ale líši sa od okolitého prostredia (napr. slanisko alebo rašelinisko v rozsiahlejšom chránenom území).
- Oblasť disturbance vzniká lokálnym narušením, ktoré mení charakter fragmentu. Výsledkom je oblasť, ktorá sa líši od okolia (napr. ľadovcové údolia, turistický chodník).

Veľkosť fragmentov ovplyvňuje aj ich životaschopnosť a ekologickú hodnotu. Veľké fragmenty sú cennejšie, pretože podporujú veľké, trvalé populácie. Existuje teda vzťah medzi plochou fragmentu a množstvom, pretrvaním a druhovou rozmanitosťou rastlín a živočíchov. Veľké ostrovy či fragmenty zachovávajú väčšie plochy vnútorného biotopu, čo je prospešné pre mnohé pôvodné druhy, ktoré nie sú tolerantné k okrajovým biotopom (ekotónu). Menšie fragmenty majú väčšiu plochu okrajov. Ekologické hodnoty veľkých a malých fragmentov by sa dali zhrnúť nasledovne:

Veľké fragmenty:

1. Ochrana kvality vody pre vodonosnú vrstvu a jazero.
2. Konektivita siete menších tokov (nízkeho rádu) pre ryby a pohyb po súši.
3. Habitat na udržanie populácií druhov, ktoré netolerujú okrajový habitat.
4. Jadrový biotop a kryt pre veľké stavovce.
5. Zdroj druhov, ktoré sa šíria prostredím (cez maticu).
6. Blízkosť mikrobiotopov pre druhy, ktoré vyžadujú rôzne biotopy pre svoj životný cyklus.
7. Režimy (polo-) prirodzeného narušovania, na ktoré sa viaceré druhy prispôbili a teda aj vyžadujú určitú disturbance.
8. Nárazník (buffer) proti vyhynutiu počas zmeny životného prostredia.

Malé fragmenty:

1. Biotop a „nášľapný kameň“ (stepping stone) pre šírenie druhov a pre rekolonizáciu po lokálnom vyhynutí druhov v centrálnej zóne fragmentov.
2. Vysoká hustota druhov a veľká veľkosť populácií druhov, ktorým vyhovuje ekotón (okrajová zóna).
3. Poskytujú ochranu pred predátormi, znižujú eróziu.
4. Biotop pre druhy, ktoré vyžadujú malú ostrovčekovitú štruktúru prostredia. Niektoré druhy nepretrvávajú vo väčších fragmentoch.
5. Ochrana rozptýlených malých biotopov a vzácných druhov.

Pre hodnotenie veľkosti a typu fragmentu sa využíva: plocha fragmentu, jeho obvod a pomer plochy k obvodu, čo spolu s ďalšími faktormi môže byť dobrým meradlom dlhodobej životaschopnosti fragmentu. Vzťah medzi obvodom a plochou fragmentu poskytuje užitočné informácie o potenciálnom okrajovom efekte a vypočíta sa pomocou vzorca:

$$Di = \frac{o}{2\sqrt{S\pi}}$$

Di – pomer plochy a obvodu fragmentu i

o – obvod fragmentu i

S – plocha fragmentu i

Vegetačná štruktúra a diverzita môže byť stanovená napríklad pomocou podpremenných ako je percento plochy pokrytej vegetáciou, percento plochy pokrytej pôvodnou vegetáciou alebo diverzita

štruktúry vegetácie. Vegetačný pokryv prispieva k ekologickému zdraviu a rast rastlín (či biomasy) možno využiť ako ukazovateľ produktivity fragmentu. Avšak samotná čistá plocha pokrytá vegetáciou nestačí na úplné vyhodnotenie vegetačnej štruktúry. V mestských oblastiach vegetácia často pozostáva prevažne z exotických druhov a hoci tieto môžu poskytnúť mnoho ekologických výhod, exotické druhy zvyčajne nie sú také dôležité pre pôvodné druhy živočíchov ako lokálne druhy. Percento vegetácie zloženej z pôvodných druhov je teda indikátorom ekologickej hodnoty fragmentu.

Aj štruktúrna diverzita vegetácie je ukazovateľom ekologickej hodnoty fragmentu. Vertikálna stratifikácia vegetácie sa prejavuje v podobe zápoja stromov, krovinového poschodia a pôdneho pokryvu. Štruktúrna diverzita poskytuje viac možností pre väčšiu rozmanitosť typov biotopov, čím sa zvyšuje rozmanitosť a väčšie možnosti prežitia druhov. Malé cicavce, jašterice a vtáky využívajú etáž kríkov ako únikový kryt, zatiaľ čo hmyz častejšie závisí od kvality bylinnej etáže.

Kontext fragmentu. Mnoho vonkajších faktorov môže urobiť fragment viac či menej ekologicky životaschopným. Kumulatívne účinky vonkajších faktorov sa analyzujú pri analýze štruktúry celej siete. Medzi dôležité úvahy patrí kompatibilita prostredia (utilita matrice/prostredia) susediacej s fragmentom, izolácia fragmentu a dostupnosť fragmentu (viď aj kap. 3.1). Kompatibilita prostredia sa vzťahuje na rozsah, v akom môžu druhy využívať krajinu susediacu či obklopujúcu hranice fragmentu. Ideálnym stavom je, aby bola oblasť pokrytá kompatibilnými typmi využitia pôdy a kompatibilnými typmi vegetácie. Absencia vhodnej nárazníkovej zóny kompatibilného využitia efektívne zvyšuje okrajový efekt a znižuje vnútornú (centrálnu) plochu fragmentu. Podmienky, ktoré menia úžitkovú hodnotu prostredia, sú: intenzívne využívanie pôdy, významný vplyv človeka, absencia vegetácie (najmä pôvodnej vegetácie), prítomnosť škodlivín toxických materiálov a domácich predátorov (mačky, psy atď.).

Užitočnosť okolitého prostredia fragmentu je indexovaná na stupnici, v ktorej je úplne kompatibilné susedné prostredie hodnotené ako 1 a úplne nekompatibilné naopak 0. Prospešnosť okolitého prostredia pre fragment sa vypočítava meraním percenta využitia susednej pôdy na obvode fragmentu, vynásobeného faktorom intenzity využívania pôdy, podľa vzorca:

$$M = \sum a_i u_i$$

M – užitočnosť okolitého prostredia pre fragment

a – percento obvodu využitia územia i

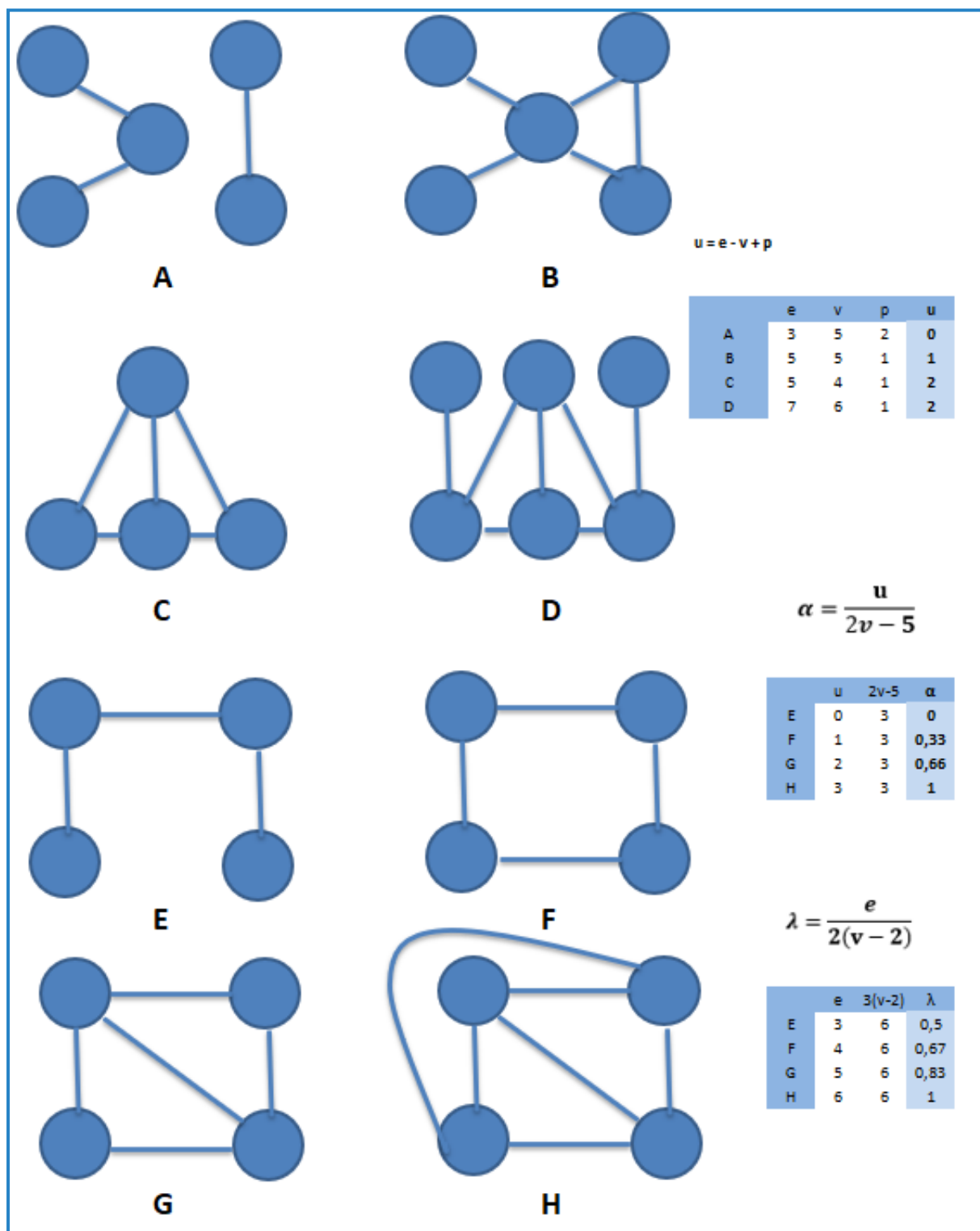
u – hodnota intenzity využívania pôdy i

Index prirodzenosti fragmentu. Prirodzenosť fragmentov je v podstate funkciou absencie ľudského vplyvu a je mierou odchýlky od pôvodného ekologického systému. Medzi indikátory vplyvu človeka patrí napríklad prítomnosť exotických druhov, zhutnenie pôdy alebo plocha voľne nepriepustných povrchov, narušenie toku, odpojenie od pôvodnej lokality a pod. Pri absencii rozsiahlych biologických prieskumov voľne žijúcich živočíchov sa využívajú známe preferencie biotopov, vzácne alebo ohrozené druhy.

Zhutnenie pôdy a rozsah nepriepustných povrchov poskytuje informácie o cykloch živín na ploche, sú neproduktívne a spôsobujú sekundárne problémy (zvýšený odtok vody, strata živín a minerálov, zvýšená tvorba sedimentov v tokoch). Prerušené toky, migračné koridory a prítomnosť bariér, to všetko sú príklady spôsobov narušenia tokov a funkcie.

Index hustoty/prirodzenosti siete fragmentov a koridorov sa meria pomocou analýzy hustoty siete. Zisťuje sa:

1. skutočná čistá plocha pokrytá oblasťami a koridormi v sieti v rámci skúmanej oblasti alebo v rámci konkrétneho sektora (percento čistej hustoty z celkovej plochy);
2. užitočnosť prostredia súvisiaca s týmito oblasťami a koridormi (viď vyššie kontext fragmentu), jedná sa o spriemerovanie celkovej úžitkovej hodnoty matice;
3. relatívna kvalita oblastí a koridorov.



Obr. 31. Schéma výpočtu a príkladov alfa a gama indexu konektivity. Prevzaté z: Rodrigue (2020).

Prepojenie rôznych prvkov v rámci siete možno vysvetliť pojmami prevzatými z teórie grafov. **Alfa index miery konektivity** hodnotí počet nezávislých cyklov v prostredí v pomere k maximálnemu počtu cyklov, podľa vzorca (Hagget et al. 1977, Cook 2002):

$$\alpha = \frac{u}{2v-5} \quad u = e - v + p$$

u – počet cyklov v priestore

v – počet nodov (uzlov, v našom prípade lokalít, fragmentov)

p – počet podprieštiorov (subgrafov, navzájom prepojených fragmentov)

e – počet prepojení (koridorov)

Ak má alfa index hodnotu jedna, všetky fragmenty sú medzi sebou prepojené (Obr. 31 H). Dochádza k tomu ale veľmi zriedkavo. Grafy na Obr. 31 E – H zobrazujú vzrastajúcu úroveň prepojenosti. Zatiaľ čo Obr. 31 E neobsahuje žiaden cyklus, Obr. 31 H sa vyznačuje maximálnym počtom cyklov pre plochý (planárny) priestor.

Konektivita je miera, do akej sú všetky fragmenty prepojené. Rovnako ako v predchádzajúcich odsekoch o prirodzenosti a preferencii pôvodných druhov môžu existovať dva typy prepojenia. **Prirodzená konektivita** využíva existujúce zvyškové alebo regenerované prírodné koridory, ktoré prinášajú potenciálne väčšie ekologické výhody. **Umelá konektivita** sa dosiahne vytvorením kultúrnej odvođených koridorov a vo väčšine prípadov budú ekologické prínosy menšie v porovnaní s prírodným koridorom s podobnými vlastnosťami (šírkou, dĺžkou a pod.). V mestských oblastiach môže byť využitie umelej konektivity základným rozmerom siete fragmentov. Väčšinou boli v mestách prírodné koridory odstránené alebo zničené a doplnkové spojenia možno dosiahnuť správnym návrhom umelých koridorov. Alfa index a **gama index** konektivity spolu popisujú úroveň zložitosti siete a poskytujú celkový index účinnosti prepojení.

Gama index konektivity je pomer počtu prepojení v sieti k maximálnemu možnému počtu prepojení. Gama index nadobúda hodnotu medzi 0 a 1, kde 1 znamená úplne prepojenú sieť fragmentov (nodov), čo je v skutočnosti veľmi nepravdepodobná situácia. Gama index je vhodný na sledovanie progresu siete v čase. Výpočet modifikovaný z teórie grafov pridaním faktora hodnotiaceho vhodnosť prepojenia (Obr. 31; Lowe & Moryadas 1975, Cook 2002):

$$\lambda = \frac{e}{2(v-2)} (S)$$

S – faktor vhodnosti prepojenia (koridoru)

Táto modifikácia výpočtu je potrebná najmä v antropicky silnejšie zasiahnutom území, kde možnosť migrovať je významne ovplyvnená prítomnosťou vhodnej vegetácie a absenciou ľudského vplyvu.

Použité zdroje:

- Cook E. A. 2002. Landscape structure indices for assessing urban ecological networks. *Landscape and Urban Planning* 58: 269-280.
- Cheptou P-O., Hargreaves A.L., Bonte D., Jacquemyn H. 2017. Adaptation to fragmentation: evolutionary dynamics driven by human influences. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 372: 20160037.
- Forman R.T.T. 1995. *Land Mosaics*. Cambridge University Press, Cambridge, 632pp.
- Hagget P., Cliff A.D. & Fry A. 1977. *Locational Analysis in Human Geography*, 2nd Edition. Wiley, New York, 454p.
- Hanski I. 1991. Single-species metapopulation dynamics: concepts, models and observations. *Biological journal of the Linnean Society* 42(1-2): 17-38.
- Gilroy J.J. & Sutherland W.J. 2007. Beyond ecological traps: perceptual errors and undervalued resources. *Trends in ecology & evolution* 22(7): 351-356.
- Lepczyk C.A., Aronson M.F.J., Evans K.L., Goddard M.A., Lermann S.B. & Macivor J.S. 2017. Biodiversity in the City: Fundamental question for understanding the ecology of urban green spaces for biodiversity conservation. *BioScience* 67: 799-807.
- Lowe J.C. & Moryadas S. 1975. *The Geography of Movement*. Houghton Mifflin, Boston, 442p.
- Mallord J.W., Dolman P.M., Brown A.F. & Sutherland W.J. 2007. Predicting the consequences of recreational disturbance for a woodlark *Lullula arborea* population on heathlands in southern England. *Journal of Applied Ecology* 44: 185-195.
- Munshi-South J. 2012. Urban landscape genetics: canopy cover predicts gene flow between white-footed mouse (*Peromyscus leucopus*) populations in New York City. *Molecular Ecology* 21(6): 1360-1378.
- Parris K.M. 2018. Existing ecological theory applies to urban environments. *Landscape and Ecological Engineering* 14: 201-208.
- Rodrigue J. P. 2020. *The Geography of Transport Systems* (5th ed.). New York: Routledge, 456 pp.
- Ružičková J., Moravčíková Z. & Lehotská B. 2009. *Ochrana a využívanie krajiny*. Nakladateľstvo STU, Bratislava. 228 pp.

5 PRÍKLADY OVPLYVNENÝCH ŽIVOČÍŠNYCH DRUHOV

V nasledujúcej časti ponúkame prehľad rôznych taxonomických skupín (či už konkrétnych druhov a vyšších taxónov) a ich vzťahov k človeku, ľudským obydliam a mestám.

Treba podotknúť, že **nasledujúca kapitola je značne nesúrodá**. Predložená časť **si nekladie za cieľ vytvoriť kompletný prehľad celej živočíšnej ríše** a jej vzťahu k mestám či ľudským zásahom. Niektoré skupiny živočíchov v tomto smere vôbec nie sú preskúmané. Jedná sa skôr o zatriedenie publikovaných dát **o vplyve ľudskej činnosti (teda nielen mesta) na vybrané** (častokrát modelové) **druhy** a vyššie taxonomické jednotky. Uvádzame zaujímavé príklady a štúdie, ktoré môžu slúžiť ako modelové, ktoré dokresľujú či dokumentujú princípy, ktoré sme v predchádzajúcich kapitolách vysvetľovali, alebo sa jedná **o príklady**, ktoré sú jednoducho **zaujímavé**.

5.1 Evertebrata

Ploskavce (Platyhelminthes)

Patria sem ploskulice (Turbellaria), motolicovce (Monogenea), motolice (Trematodes) a pásomnice (Cestodes). Ploskulice sú prevažne voľne žijúce druhy obývajúce moria, sladké vody a pôdu. Tvoria významnú časť bentosu. Ich výskyt v mestách bol skúmaný len okrajovo. Napr. z pôdných druhov boli v skleníkoch zaznamenané druhy *Placocephalus kewensis* a *Rhynchodesmus bilineatus*.

Endoparazitické druhy spomedzi motolíc a pásomníc sa šíria spolu s ich hostiteľmi, často práve hospodárskymi zvieratami, resp. s ich medzihostiteľmi (domáce zvieratá, alebo iné v mestách žijúce stavovce).

Pásomnica líščia (*Echinococcus multilocularis*) je pôvodca ľudskej alveolárnej echinokokózy. V súvislosti s nárastom populácií líšky hrdzavej (*Vulpes vulpes*) v mestských oblastiach bol preukázaný cyklus tohto parazita aj v mestách.

Hlístovce (Nematoda) tiež obsahujú voľne žijúce druhy, ktoré nie sú dobre preskúmané.

Zástupcovia z Dorylaimoidea a Anguilloidea sa vyskytujú v machoch v rínach a v pôdach záhrad, a parkov. Parazitickým Nematoda je venovaná väčšia pozornosť. Parazitujú v tráviacej sústave a ich vajíčka sa šíria fekáliami psov, mačiek, myší, kačíc, spevavcov a človeka.

Pásomnica dlhá (*Taenia saginata*) je parazit tenkého čreva človeka. Vajíčka sa stolicou dostávajú do odpadových vôd. Pri kontaminácii krmiva sa v dobytku (medzihostiteľ) vyvíjajú larvy, ktorými sa ľudia nakazia pri konzumácii zle tepelne upraveného mäsa. V súvislosti s preferenciou surového mäsa je v súčasnosti *Taenia saginata* rozšírená v oblasti Afriky, Južnej Ameriky, východnej Európy a na Filipínach.

Podobne pásomnica dlhočlánková (*Taenia solium*) má vo svojom životnom cykle ako medzihostiteľa ošípané a človek sa ňou nakazí konzumáciou zle tepelne upraveného mäsa. To je najmä v krajinách, kde je konzumácia bravčového mäsa prípustná, ako Mexiko, Južná Amerika, Rusko, India, Pakistan, juhovýchodná Ázia.

Pásomnička pečenev (*Echinococcus granulosus*) je celosvetovo rozšírený parazit, ktorého konečným hostiteľom sú psovité šelmy. Medzihostiteľom sú hospodárske zvieratá a človek, v ktorom napáda pečene, niekedy aj pľúca alebo mozog.

Vyprodukované vajíčka endoparazitov sa väčšinou šíria trusom a močom, čo predstavuje pri veľkochovoch a veľkomestách závažné riziko zamorenia vody a pôdy. Kanalizácia s odpadovou vodou z miest a fariem by mala byť napojená na čističky vôd (Tab. 15, Tab. 16). Podľa svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) je odporúčaná ako čistá voda, obsahujúca v jednom litri menej ako 1 vajíčko Annelida,

Samica hlísty detskej (*Ascaris lumbricoides*) vyprodukuje denne až 200 000 vajíčok, ktoré sú infekčné po dvoch týždňoch v pôde. V ideálnych podmienkach dokážu vajíčka v pôde prečkať aj 10 rokov.

Samica bičíkovca tenkohlavého (*Trichuris trichiura*) produkuje 2-10 000 vajíčok denne. Vajíčka sú po 2-3 týždňoch v pôde infekčné. Tento druh je rozšírený celosvetovo, najmä v Ázii, Afrike a Južnej Amerike.

Platyhelminthes, Nematoda alebo Acanthocephala. Čističky odpadových vôd by mali odstraňovať fyzikálne, chemické aj biologické znečistenie. Pri prvom stupni čistenia sa oddelia najskôr pevné látky od odpadovej vody. V druhom stupni sa rozpustená biologická hmota postupne premieňa na pevnú hmotu s použitím mikroorganizmov. A v poslednom stupni čistenia sa pevné biologické látky neutralizujú a čistená voda môže byť dezinfikovaná chemicky alebo fyzikálne (napr. mikrofiltráciou). Nakoniec môže byť vyčistená voda pustená do potoka, rieky alebo zálivu.

Tab. 15. Porovnanie množstva zaznamenaných parazitických častíc v mestských odpadových vodách a v odpadovej vode chovov v Teheráne. Účinnosť čističiek sa pohybovala medzi 94,8 – 95,7 % pre vajíčka helmintov a 79,3 – 85,8 % pre (oo)cysty Protozoa. Prevzaté z Hatam-Nahavandi et al. 2015.

	Mestské odpadové vody (ks/l)	Odpadová voda chovov (ks/l)
Vajíčka helmintov	12 – 29	1 600 – 4 900
(oo)cysty protozoa	960 – 1 900	31 000 – 60 000
Najčastejšie druhy	<i>Hymenolepis</i> a <i>Rhabditis</i> , <i>Entamoeba</i> , <i>Isospora</i> , <i>Giardia</i> , <i>C. hilomastix</i> , <i>Cryptosporidium</i>	<i>Trichuris</i> , <i>Trichostrongylus</i> , <i>Moniezia</i> , <i>Dicrocoelium</i> , <i>Fasciola</i> , <i>Entamoeba</i> , <i>Cryptosporidium</i> , <i>Eimeria</i> , <i>Giardia</i>

Tab. 16. Výsledky štúdie rizika črevnej nákazy hlístovcami (Nematoda) vo farmárskych rodinách v Indii vystavených nečistenej, alebo čiastočne prečistenej vode. Riziko je udané ako pravdepodobnostný pomer (OR) so zodpovedajúcim 95 % intervalom spoľahlivosti (CI) a hladinou významnosti (P). Prevzaté z Ensink et al. (2008).

	Kvalita vody	OR	95 % CI	P
Hlísta detská (<i>Ascaris lumbricoides</i>)				
Riečna voda	0 vajíčok/L	1,0		
Čiastočne upravená odpadová voda	12 vajíčok /L	3,2	1,2 – 8,6	0,02
Neupravená odpadová voda	70 vajíčok /L	5,3	2,0 – 14	0,001
Bičíkovec tenkohlavý (<i>Trichuris trichiura</i>)				
Riečna voda	0 vajíčok /L	1,0		
Čiastočne upravená odpadová voda	0,3 vajíčka/L	0,6	0,2 – 2,5	0,53
Neupravená odpadová voda	4 vajíčka/L	5,6	1,8 – 18	0,003

Použité zdroje:

WHO- World Health Organization. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Geneva: World Health Organization; 2006.

- Ensink J. H., Blumenthal U. J. & Brooker S. 2008. Wastewater quality and the risk of intestinal nematode infection in sewage farming families in hyderabad, India. *The American journal of tropical medicine and hygiene* 79(4): 561–567.
- Hatam-Nahavandi K., Mahvi A. H., Mohebbali M., Keshavarz H., Mobedi I. & Rezaeian M. 2015. Detection of parasitic particles in domestic and urban wastewaters and assessment of removal efficiency of treatment plants in Tehran, Iran. *Journal of environmental health science & engineering* 13(4): 1-13.

Obrúčkavce (Annelida)

Mnohoštetinavce (Polychaeta)

Geografické rozšírenie niekoľkých druhov mnohoštetinavcov (Polychaeta) sa zväčšilo ľudskými aktivitami. Druhy *Hediste diversicolor* a *Alitta succinea* boli introdukované ako potrava pre ryby do Kaspického a Aralského mora. *Marenzelleria neglecta* bola zavlečená do Európy zo Severnej Ameriky a *Hypania invalida* sa rozšíril do Rýnu a Meuse cez Dunaj a pod.

Máloštetinavce (Oligochaeta)

V znečistených vodách sa často vyskytujú druhy čelade tubifexovité (**Tubificidae**). Niektoré druhy vodných máloštetinavcov sú tolerantné na nízku hladinu kyslíka pri organickom znečistení vody (môžu dosahovať vysokú abundanciu). Kozmopolitne rozšírený tubifex bahenný (*Tubifex tubifex*) sa využíva ako indikátor kvality vodného prostredia. V kanalizácii v Severnej Karolíne bola videom zaznamenaná mäsitá kolónia červov rodu **Tubifex** a spôsobila senzáciu.

V kanalizačných systémoch Fenoškandinávie sa vyskytujú druhy *Dichogaster bolau* a *Dichogaster saliens*, pôvodom z Južnej Ameriky a Afriky. Zavlečené sem boli pravdepodobne s okrasnými izbovými rastlinami a v kanalizačnom systéme sa živia biofilmom a organickými zvyškami. *Dichogaster bolau* bol zaznamenaný aj v kanalizácii v Maďarsku a vo vyhrievanom bazéne v Írsku.

Pôdne druhy z čelade dážďovkovité (**Lumbricidae**) predstavujú dôležitý potravný zdroj pre mestské populácie ježa tmavého (*Erinaceus europaeus*) a drozda čierneho (*Turdus merula*), u ktorého na jar a v lete tvoria hlavnú zložku potravy. Dážďovky, žijúce v pôdach kontaminovaných kovmi (železom, zinkom, kadmium či olovom), akumulujú kovy vo svojich telách a podieľajú sa tak na prenose kovov ďalej do potravného reťazca (biomagnifikácia).

Dážďovkovité sa často vyskytujú vo veľkom počte. Evidentné je to najmä po výdatných dažďoch, keď opúšťajú saturovanú pôdu. Vo Varšave bolo zistených celkovo 15 druhov (8 v parkoch a 8 v centre mesta).

Veľký vplyv na zloženie mestskej fauny Lumbricidae má to, že sú ľahko zavliekané s pôdou. Zavlečené druhy sa často vyskytujú v skleníkoch (dážďovky *Eisenia veneta*, *Dendrobaena hortensis* zo Stredomoria, dážďovka *Eisenia japonica* z Japonska). Boli zistené už aj Megascolecidae. Najhojnejšie sú druhy *Dendrobaena hortensis* (v kultúrach gerber) a *Eisenia foetida* (v podstielke).

Z čelade **Enchytraeidae** vo Varšave bolo zistených 22 druhov, z toho 11 z rodu *Fridericia*. Väčšinou sa jedná o eurypotentné druhy s veľkým rozšírením (európske až kozmopolitné). V agrobiocenózach dosahujú početnosť až 20 000 ex/m².

Ektoparazitické druhy pijavíc (**Hirudinea**) boli v medicíne používané už od staroveku, najmä pijavica lekárska (*Hirudo medicinalis*), ale aj pijavica *Hirudo verbana* a niekedy aj pijavica *Hirudo orientalis*. Rozšírenie najmä „medicínskych“ pijavíc v Európe bolo výrazne ovplyvnené ľuďmi.

Známych je tiež niekoľko prípadov náhodných zavlečení. Napr. klepsina *Helobdella europaea* bola zavlečená z Európy do Austrálie, hltanovka *Barbronia weberi* z Ázie do Európy a Austrálie.

Použité zdroje:

- Balian E.V., L  veque C., Segers H. Martens K. (eds.) 2008. Freshwater animal diversity assessment. Springer, The Netherlands, 637 pp.
- Rota E. & de Jong Y. 2015. Fauna Europaea:Annelida – Terrestrial Oligochaeta (Enchytraeidae and Megadrili), Aphanoneura and Polychaeta. Biodiversity Data Journal 3: e5737.
- Wired. 2009. <https://www.wired.com/2009/07/sewer-creature-mystery-solved/>

Mäkkýše (Mollusca)

Mäkkýše sú obrovsk   starobyl   kme   živočíchov, druhovo druh   najpo  etnej  i hneď po Arthropoda. Urbanizácia vo veľkom vplýva aj na ne.   ejka (2017) realizoval výskum mäkkýšov (Mollusca) v sústave odvodňovacích kanálov Podunajskej n  ziny, teda v silne antropicky ovplyvnenom území. Zaznamenal viac ako 50 druhov mäkkýšov, z čoho 17 druhov patrí do červeného zoznamu slovenských mäkkýšov. Boli n  jden   druhy napríklad ako mo  iarka dunajsk   (*Viviparus acerosus*), bit  nia (*Bithynia transsilvanica*), vodniak   irok   (*Radix ampla*), fyza pririe  na (*Physa fontinalis*), alebo kot   ka   t  hla (*Anisus vorticulus*).

Last  rniky (Bivalvia)

Kor  tko maliarske (*Unio crassus*) patrí k jednému z celoeurópsky najvýznamnejším druhom lastúrnikov a IUCN ho na   ervenom zozname vedie ako ohrozen   druh. V minulosti bol tento last  rnik na území Slovenska a celkovo v Dunaji be  n   druh, no je veľmi citliv   na znečistenie. V povojnovom období a za čias, kedy kanalizácia   stila priamo do Dunaja bez čističiek, populácia korýtko maliarskeho prudko klesla. S prečistením a zlepšením kvality vody Dunaja v posledných rokoch možno pozorovať op  tovn  , i keď pomal   nárast populácie *U. crassus*.

In  e druhy, ako napríklad kop  tko prirasten   (***Dreissena polymorpha***) a kop  tko ***Dreissena bugensis***, naopak profitovali zo silnej urbanizácie a lodnou dopravou sa roz   irili z ich pôvodnej ponto-kaspickej oblasti do vôd celej Európy a Severnej Ameriky. Pomocou byssov  ch vlákien sa silno prichytia o pevn   substrát, ako je napríklad trup lode, kotva, vrtule motora, atď. a nech   sa preniesť na ve  k   vzdialenosti. Obidva druhy majú toleranciu na väčšiu salinitu, čo uľahčilo ich kolonizáciu Amerického kontinentu. V súčasnosti nachádzame hlavne *Dreissena polymorpha* v masových počtoch vo všetkých typoch vodných n  dr  , prirodzených aj umelých vodných ploch  ch, v stojatej aj tečúcej vode.

Na Slovensku z urbanizovaného prostredia je známe hlavne kop  tko prirasten  , napr. aj z vodných elektrární. V roku 2000 sa vyskytli problémy pri hraden   na Vodnej elektrárne Kr   ov  , kedy masívne prichyt  vanie kolónií tohto invázneho last  rnika s  osobilo ohrozenie bezpečnosti prevádzky a vzniklo nebezpečenstvo havarijného stavu. Podobn   situácia vznikla v roku 2005 v Biskupickom deriva  nom kanáli, v tom istom roku vo Vodnej elektrárni Nosice a následne v Ko  kovskom deriva  nom kanáli v roku 2006 (Du  i  ka & Květon 2015).

Ulitníky (Gastropoda)

Pomerne rozsiahly výskum ulitníkov v urbánnom prostredí bol vykonaný v 32 veľkých mestách strednej Európy. Boli skúmané urbanizované oblasti ako je historické námestia, bytové oblasti, parky a iné. Bolo zistených 87 druhov ulitníkov. Lokality s minimálnym zásahom boli síce druhovo bohatšie na pôvodné druhy, ale pôvodné druhy sa vyskytovali aj v oblastiach so silným antropogénnym zásahom.

Z pohľadu sukcesného radu platí, že lokality v rannom sukcesnom štádiu a námestia sú druhovo najchudobnejšie na mäkkýše, a naopak najbohatšie na druhy sú miesta so strednou sukcesnou fázou. Najvyššia beta diverzita ulitníkov je v rannom sukcesnom štádiu a na námestiach a najnižšia beta diverzita je v obytných oblastiach.

Aj z ulitníkov viaceré druhy môžu slúžiť ako bioindikátory znečistenia, iné druhy sú voči ľudskej činnosti bez preferencií a druhy, ktoré v antropogénnom prostredí výrazne profitujú. Napríklad **kamienka pontická (*Lithoglyphus naticoides*)** je, podobne ako korýtko riečne (*Unio crassus*), sladkovodný druh veľmi citlivý na znečistenie. Vzácný druh zmizol z územia Slovenska na 35 rokov a bol znovuobjavený až v roku 2014.

Na druhú stranu, rozšíreniu pre Európu invazívneho druhu z Nového Zélandu, hydróbie novozélandskej (***Potamopyrgus antipodarum***), dopomohla urbanizácia, veľmi podobne ako v prípade rodu *Dreissena*. *Potamopyrgus antipodarum* bol pravdepodobne zavlečený do Európy sudmi na vodu, ktoré dopravili do Veľkej Británie lodnou dopravou. V súčasnosti je hydróbia novozélandská rozšírená v Európe, Ázii, Austrálii aj v Severnej Amerike.

Jedným z možno prvých ulitníkov z urbanizovaného prostredia, ktorý bol zmienený v literatúre, je záznam pásikavca meňavého (***Cepea hortensis***) z Prahy českým poetom okolo roku 1830. Jedinci druhu *Cepea hortensis* sa nachádzali často v mestách na malte kvôli vápnitosti. Ďalší bežný európsky druh je slimák záhradný (***Helix pomatia***). Tento druh možno pozorovať v prírode, ale aj v urbanizovanom prostredí, ako sú záhrady a vinohrady, niekedy aj popri rušných cestách.

Z čelade slizniakovité (***Limacidae***) je uspôsobených urbánnemu životu viacero druhov. Slizniak veľký (***Limax maximus***) žije na vlhkých miestach v urbanizovanom prostredí, ako sú záhrady, sady, ale aj pivnice. Ďalší druh je slizniak pivničný (***Limacus flavus***), ktorý je dokonca v našich končinách eusynantropný, teda vyskytuje sa iba v ľudských obydlích. Zavlečenie prebieha pravdepodobne z juhu Európy na zelenine. V Čechách a na Slovensku nevie prežiť zimu vo voľnej prírode, ale vďaka ľudským sídlam vie prežiť na našom území jeden jedinec aj niekoľko rokov. Druh obľubuje pivnice a kanalizácie.

Slizniak *Deroceras invades* je bežný druh západoeurópskych miest. Je zavlečený väčšinou do skleníkov, kde aj väčšinou zotrváva, no boli doložené nálezy aj z voľnej prírody. Z rodu *Deroceras* pochádza aj synantropný slizniak sieťovaný (***Deroceras reticulatum***), ktorý prezimováva na zoráných poliach pod hlinou. Často je zaznamenaný v intravilánoch, teda v zastavaných oblastiach a naopak do voľnej prírody na našom území nepreniká.

Slizoš červíkovitý (***Boettgerilla pallens***) je pôvodne kaukazský druh. Na Slovensku a Česku sa vyskytuje aj na prirodzených, aj na silno urbanizovaných stanovištiach.

Z rodu ***Arion*** poznáme viacero druhov žijúcich v urbánnom prostredí. Slizovec hrdzavý (***Arion rufus***) je pre Slovensko invázny druh, zavlečený na sadeniciach záhradných rastlín. Na rozdiel od našich pôvodných druhov, má vysokú toleranciu na sucho. Slizovec sivý (***Arion circumscriptus***) žije v okolí Prahy v urbanizovaných oblastiach ako sú parky a záhrady. Podobne slizovec žltonohý (***Arion distinctus***) žije výhradne synantropne v záhradách, parkoch, alebo na iných človekom ovplyvnených stanovištiach. Do voľnej prírody tento druh nezasahuje.

Použité zdroje:

- Čejka T., Horsák M., Juříčková L., Čačaný J., Horsáková V., Kocurková A., Holubová A., Jansová A., Korábek O., Maňas M., Říhová D. & Šizling A. 2014. Výsledky faunistického prieskumu malakofauny na vybraných lokalitách v pôsobnosti CHKO Dunajské luhy. Manuscript, 11 pp.
- Čejka T. 2017. Pozoruhodné nálezy mäkkýšov v odvodňovacích kanáloch Podunajskej nížiny. *Limnologický spravodajca* 11(1): 13-19.
- Černušková E. 2019. Vodné mäkkýše náplavov slovenského úseku Dunaja - bakalárska práca, nepublikované. Univerzita Komenského v Bratislave.
- Dušíčka P. & Květon R. 2015. Kanálové vodné elektrárne – hydraulický výskum prevádzky derivačných kanálov. Vyd. Slovenská technická univerzita v Bratislave, Nakladateľstvo STU, Bratislava, 67–69 pp.
- Juříčková L., Horsák M. & Čejka T. 2010. Diversity of Central European urban land snails. *Tropical Natural History, Suppl. 3*: 341. 17th World Congress of Malacology, 18-24 July 2010, Phuket, Thailand.
- Gilbert O. 1983. The wildlife of Britain's wasteland. *New scientist* 824-829.
- Horsák M., Lososová Z., Čejka T., Juříčková L. & Chytrý M. 2013. Diversity and Biotic Homogenization of Urban Land-Snail Faunas in Relation to Habitat Types and Macroclimate in 32 Central European Cities. *PLoS ONE* 8(8): e71783.
- Horsák M., Juříčková L. & Pícka J. 2013. Měkkýši České a Slovenské republiky [Molluscs of the Czech and Slovak Republics]. Kabourek, Zlín, 264 pp.
- Lososová Z., Horsák M., Chytrý M., Čejka T., Danihelka J., Fajmon K., Hájek O., Juříčková L., Kintrová K., Láníková D., Otýpková Z., Řehořek V. & Tichý L. 2011. Diversity of Central European urban biota: effects of human-made habitat types on plants and land snails. *Journal of Biogeography* 38(6): 1152–1163.

Pavúkovce (Arachnoidea)

Roztoče (Acarina)

V antropogénnom prostredí vzniklo niekoľko nových prostredí, potravných a priestorových ník, ktoré sú mimoriadne vyhovujúce pre roztoče. Ľudia sa najčastejšie stretávajú s druhmi, ktoré by sme mohli kategorizovať ako:

- roztoče skladov zásob
- roztoče vyvolávajúce ochorenia
- roztoče v hniezdach a/alebo aj priamo na živočíchoch (hospodárske, domáce, synantropné druhy)
- roztoče novostavieb (pionierske druhy)
- voľne žijúce roztoče zelených častí mestá (pôdne, na rastlinách).

Najpodrobnejšie sú preskúmané druhy zo skladov. Ich druhové zastúpenie je ovplyvnené od druhu a stavu uskladneného materiálu. Zvyčajne sú veľmi početné. Medzi časté druhy môžeme zaradiť komplex **skladokaz múčny (*Acarus siro*)**, **skladokaz syrový (*Tyrolichus casei*)**, **roztoč ničivý (*Lepidoglyphus destructor*)**, **mliekolub *Carpoglyphus lactis***. Ich počet sa stále zvyšuje jednak zavliekaním, ale najmä rozvíjajúcou sa taxonómiou. *Acarus siro* a *Lepidoglyphus destructor* sa za posledné storočie vyskytujú približne rovnako často v skladoch obilia, ale druh *Glycyphagus domesticus* ustupuje.

Zdraviu škodlivé druhy Acaridae sú predmetom intenzívneho výskumu. Najmä druhy čeľade **Pyroglyphidae** spôsobujú alergické reakcie späté s dýchacími cestami. Jedná sa hlavne o 13 druhov, ktoré môžeme nájsť v domácnostiach po celom svete. Najčastejšie bývajú zistené druhy *Euroglyphus maynei*, *Dermatophagoides pteronyssinus* a *Dermatophagoides farinae*, ktoré spolu tvoria až 90 % fauny prachových roztočov domácností. Ich výskyt sa koncentruje na posteľe, kde sú stonásobne

početnejšie ako inde v bytoch. Ďalej sa koncentrujú v čalúnenom nábytku. Živia sa zvyškami kože a vlasov. Preto sa často vyskytujú aj v hniezdach vtákov. Šíria ich buď vtáky, alebo prúdenie vzduchu, resp. sám človek. Najhojnejšie sú koncom leta a začiatkom jesene, kedy je pre ne optimálna vlhkosť. Bývajú mimoriadne početné: napr. v 0,1g prachu zo 6 mesiacov starého matraca sa môže nachádzať 318 roztočov.

Niektoré druhy roztočov sú priamo pôvodcami ochorení kože. **Zákožka svrabová (*Sarcoptes scabiei*)** je jedným z najčastejších druhov spôsobujúcich svrab u ľudí a ďalších druhov cicavcov. Živí sa vo vrchných vrstvách kože tkanivovým mocom a rohovinou.

Hniezdne roztoče sú parazitmi vtákov a cicavcov, pričom sa živia krvou, pokožkou a keratínom (odumretou kožou sa živia prachové roztoče). Napr. **klieštikovec kurí (*Dermatonyssus gallinae*)** predstavuje významného ektoparazita viacerých vtáčích druhov a veľký problém pre súčasné veľkochovy hydiny najmä v Európe. Môže tiež napadnúť človeka, čo sa prejaví výskytom vyrážok a svrbenia. Nárast ľudských prípadov súvisí s častým výskytom holubov v mestách. V Severnej Amerike dominuje druh *Ornithonyssus sylviarum*, ktorý má taktiež široké spektrum hostiteľov a často sa vyskytuje v blízkosti ľudí.

Jedným z najznámejších druhov roztočov, „škodcov“ ľuďom prospešných zvierat, je **klieštik včelí (*Varroa destructor*)**, ktorý je významným škodcom včelstiev, spôsobujúcim varroázu. Klieštik včelí bol pôvodne parazitom včely východnej (*Apis cerana*). S rozširovaním včelárstva a využívania včely medonosnej (*Apis mellifera*) v priebehu 20. storočia, sa pôvodne geograficky oddelené druhy včiel dostali do kontaktu. Presunmi a predajom včelstiev a kráľovien sa postupne klieštik rozšíril do Číny (70. roky). Na Slovensku a v Maďarsku bol prvýkrát zaznamenaný v roku 1976, v roku 1977 v Nemecku, v roku 1982 vo Francúzsku. Bez ľudskej pomoci by sa šíril iba prenosom na trúdoch, ktoré zalietavajú aj do cudzích úľov.

V novostavbách sa vyskytujú veľmi často mykofágne druhy roztočov, často sú až masovo rozmnožené. Je známa aj ich špeciálna sukcesia a úzky súvis s vytváraním (nárastom) najmä plesní v uzavretej teplej a vlhkej klíme. S postupným vysychaním klesá aj masový výskyt a vystupujú aj iné druhy roztočov. Nápadným druhom je svetlo červený múrový druh *Balaustium murorum* (nielen v novostavbách). Je to druh pôvodom z horských skál, kde sa vyskytuje veľmi zriedkavo a jednotlivo.

Pri výskume výskytu druhu *Rickettsia* sp. (pôvodca rikeciózy u človeka) boli testované jedince kliešťa obyčajného (*Ixodes ricinus*) odchytené v mestských parkoch a v lesných oblastiach Slovenska. Infikované kliešte boli vo všetkých študovaných typoch habitatov a v rôznych nadmorských výškach bez významného rozdielu (Špitalská et al. 2014). Pri výskume kliešťa obyčajného na východnom Slovensku, až 10,15 % jedincov bolo infikovaných spirochétami *Borrelia* sp. (pôvodca lymskej boreliózy). Abundancia kliešťov pritom závisela od mikroklimatických podmienok, najmä od teploty a vlhkosti (Pangráčová et al. 2013).

Na zelených plochách sa vyskytujú zástupcovia skupín panciernikov (Oribatida), Gamasida, Tarsonemida, Actinedida, Acaridida (Varšava). Dominujú zoofágy, potom microfytofágy. Ostatné potravné skupiny sú zriedkavé (saprofágy a pod.). Pôdne roztoče, pancierniky, predstavujú dôležitú súčasť mezofauny v pôde. Vyznačujú sa vysokou diverzitou a veľkým počtom druhov v prirodzených biotopoch. Pri výskume spoločenstva panciernikov v Bratislave boli vybrané miesta s rôznou antropogénnou záťažou a pre porovnanie aj kontrolná lokalita. Celkovo bolo identifikovaných 139 druhov, pričom na lokalitách silne narušených človekom sa vyskytovalo 18 – 26 druhov. Podiel panciernikov v akarocenóze tu klesol v prospech iných druhov roztočov (zo 70 na menej ako 25 %). V mestskom prostredí prevládali xerotermofilné a eurypotentné druhy, bežné aj iných mestách, ako sú *Epilohmannia cylindrica*, *Microppia minus*, *Oribatula tiibalis*, *Protoribates capucinus* a pod.

Použité zdroje:

- Čermák K. 2011 Varroóza u včely východní. Moderní včelař 8(6): 176.
- Małol J. 2010. September. A redescription of *Balaustium murorum* (Hermann, 1804)(Acari: Prostigmata: Erythraeidae) with notes on related taxa. In *Annales Zoologici* (Vol. 60, No. 3, pp. 439-454). Museum and Institute of Zoology, Polish Academy of Sciences.
- Mangová B., Sládkovičová V.H., Krumpál M. & Kozánek M. 2019. The impact of different urban conditions on structural characteristics of oribatid mite communities. *Biologia* 74: 153-168.
- Pangráčová L., Derdáková M., Pekárik L., Hviščová I., Víchová B., Stanko M., Hlavatá H. & Peťko B. 2013. *Ixodes ricinus* abundance and its infection with the tick-borne pathogens in urban and suburban areas of Eastern Slovakia. *Parasites & vectors* 6(1): 1-8.
- Pretlove S. 2000. House Dust Mites and the Built Environment: A Literature Review.
- Robinson W.H. 2005. Handbook of Urban Insects and Arachnids Cambridge University Press New York.
- Stejskal V., Hubert J., Aulický R. & Kucerova Z. 2015. Overview of present and past and pest-associated risks in stored food and feed products: European perspective. *Journal of Stored Products Research* 64: 122–132.
- Špitalská E., Boldiš V., Derdáková M., Selyemová D. & Tarageľová V.R. 2014. Rickettsial infection in *Ixodes ricinus* ticks in urban and natural habitats of Slovakia. *Ticks and Tick-borne Diseases* 5(2): 161-165.
- Wall R. & Shearer D. 2001. Veterinary Ectoparasites: Biology, Pathology and Control. Oxford: Wiley-Blackwell. 304 pp.

Štúriky (Pseudoscorpionida)

Niektoré druhy štúrikov sú považované za synantropné. V našich podmienkach napr. štúrik obyčajný (*Chelifer cancroides*) žije v ľudských obydlíach a hniezdach vtákov a štúrik knihový (*Cheiridium museorum*) pod starými knihami, ale je skôr obyvateľom dutín stromov či hniezd vtákov. Okrem toho boli niektoré druhy nájdené i v skleníkoch, záhradách, alebo v urbánnom prostredí. Napr. štúrik štíhly (*Chthonius ischnocheles*), štúrik *Ch. tetrachelatus*, *Dinocheirus panzeri*, štúrik muší (*Lamprochernes nodosus*), štúrik machový (*N. carcinoides*) a pod.

Tab. 17. Štúriky zbierané na historických, dedinských a mestských cintorínoch na Slovensku. Najväčší počet exemplárov sa našiel na historických cintorínoch a najviac druhov na vidieckych cintorínoch. Prevzaté z: Christophoryová et al. (2016).

Taxon/ Typ cintorínu	Historický	Dedinský	Mestský
<i>Chthonius resili</i>	6	1	
<i>Chthonius fuscimanus</i>		1	
<i>Chthonius tetrachelatus</i>	12	18	14
<i>Neobisium carcinoides</i>	2	4	1
<i>Neobisium sylvaticum</i>			2
<i>Chernes hahnii</i>		1	4
<i>Dinocheirus panzeri</i>	22		
<i>Allochernes wideri</i>	5		7
<i>Lamprochernes sp.</i>		2	
<i>Pselaphochernes scorpioides</i>	1	8	
Total/ Spolu	48	35	28

Použité zdroje:

- Christophoryová J., Štáhlavský F., Krumpál M. & Fedor P. 2012. Pseudoscorpions of the Czech Republic and Slovakia: An annotated and revised checklist (Arachnida: Pseudoscorpiones). *North-Western Journal of Zoology* 8 (1): 1–21.

- Christophoryová J. 2010. Štúriky (Pseudoscorpiones) pod kôrou stromov, v dutinách a v hniezdach na Slovensku. *Folia Faunistica Slovaca* 15(1): 1-12.
- Christophoryová J., Krajčovičová K. & Kaňuchová A. 2016. Pseudoscorpions (Arachnida: Pseudoscorpiones) collected in cemeteries in Slovakia. *Klapalekiana* 52: 33-41.
- Hernandez-Corral J., Zaragoza J.A. & Mico E. 2018. New species of Pseudoscorpiones (Arachnida) from tree hollows in a Mediterranean oak forest in Spain. *Zootaxa* 4497(2): 201-225.

Kosce (Opiliones)

Niektoré druhy našli v mestskom prostredí optimálne podmienky, hlavne ekologicky široko tolerantné a vysoko vagilné druhy, znášajúce vyššie teploty a nižšiu vlhkosť. Veľký podiel v spoločenstve synantropných koscov pritom majú nepôvodné druhy. Napr. v Luxembursku bol ich podiel až dve tretiny. Muster et al. (2014) sledovali 52 ľudských sídiel po celom Luxembursku a sledovali environmentálne premenné a ich vplyv na spoločenstvá koscov. Prekvapivo až 15,7 % variability bolo možné vysvetliť priestorovou variabilitou, čo prekonalo environmentálne premenné (10,6 %). Pravdepodobne je to dôsledkom ekologickej flexibility pôvodných aj nepôvodných druhov koscov, vďaka ktorej obývajú nielen mestské ale aj okolité polo-prirodzené biotopy. Mestské premenné ale lepšie vysvetľovali variabilitu spoločenstva nepôvodných druhov, zatiaľ čo pokrývnosť polo-prirodzenými habitatmi lepšie vysvetľovala spoločenstvá pôvodných druhov. To naznačuje, že niektoré mestské charakteristiky zjavne uľahčujú etablovanie sa nepôvodných druhov.

Použité zdroje:

- Czechowski W., Tych A. & Staręga W.K. 1981. Harvestmen (Arachnoidea, Opiliones) of Warsaw and Mazovia. *Zakład Narodowy im. Ossolińskich-Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk. Memorabilia Zoologica* 34: 111-118.
- Robinson W.H. 2005. *Handbook of Urban Insects and Arachnids* Cambridge University Press New York.
- Mitov P.G. & Stoyanov I.L. 2004. The harvestmen fauna (Opiliones, Arachnida) of the city of Sofia (Bulgaria) and its adjacent regions. *Ecology of the City of Sofia. Species and Communities in an Urban Environment* (L. Penev, J. Niemelä, DJ Kotze & N. Chipev, eds.), PENSOFT, Sofia-Moscow. 319-354 pp.
- Muster C., Meyer M. & Sattler T. 2014. Spatial arrangement overrules environmental factors to structure native and non-native assemblages of synanthropic harvestmen. *PLoS One* 9(3): e90474.

Z Varšavy je známych 16 druhov, z toho 14 z predmestí, 12 z parkov, 3 zo zelených plôch centra. Dominantným druhom bol kosec rožkatý (*Phalangium opilio*). Okrem toho sa ešte vyskytovali druhy ako nemastóma retiazková (*Mitostoma chrysomelas*), kosec nitkonohý (*Leiobunum rotundum*), kosec hladký (*L. tisciae*), kosec pestrý (*Mitopus morio*), zemník plošný (*Trogulus tricarinatus*), nematóma striebřistá (*Nemastoma lugubre*), či kosec sedlový (*L. ephippiatus*).

Pavúky (Araneida)

Existuje pomerne bohatá literatúra o výskyte pavúkov v mestách. Nachádzajú často v mestách optimálne podmienky, preto sú tu početne druhovo zastúpené. Pre osídlenie urbánnych habitatov u tejto skupiny živočíchov je veľmi dôležité aeronautické šírenie (najmä juvenilné štádia). Podobne ako u koscov (Opiliones), u južných druhov pavúkov narastá synantropia smerom na sever ich areálu

výskytu (lepivka teplomilná (*Scytodes thoracica*), snovačka trojuholníková (*Steatoda triangulosa*), trasavka veľká (*Pholcus phalangioides*), cedivôčka zelená (*Nigma walckenaeri*), pavúk *Tapinesthis inermis*). Z jaskýň rôzneho typu pochádzajú temnomil pivničný (*Nesticus cellulanus*), meta temnomilná (*Meta menardi*), meta jaskynná (*Metellina merianae*), plechárka *Leptyphantes nebulosus*, plechárka skalná (*Leptyphantes leprosus*).

Sacher (1983) zistil v mestskom prostredí NDR vyše 100 druhov. Šestnásť z nich je eusynantropných (napr. cedivôčka zelená (*Nigma walckenaeri*), križiak okenný (*Zygiella x-notata*), cedivka zúrivá (*Amaurobius ferox*), drobček domový (*Oonops domesticus*)) a 28 hemisynantropných (napr. cedivka *Amaurobius similis*, cedivka podkôrová (*A. fenestralis*), kútnik vrúbkovaný (*Textrix denticulata*), križiak obyčajný (*Araneus diadematus*), križiak striebřistý (*Zygiella atrica*), snovačka dvojbodková (*Steatoda bipunctata*), snovačka rodinná (*Theridion familiare*), *Nesticus cellulanus*, skákavka pásavá (*Salticus scenicus*)). Hojne sa vyskytovali aj xenantropné druhy, hlavne aeronauty. Uprednostňovali osamotene stojace budovy, ale neosídľovali ich trvalo. Xenantropy sú často zavliekané do budov s kvetmi, zeleninou a zo záhrad. Vyskytovali sa južné druhy, jaskynné, skalných štrbín, skál, kmeňov stromov. U niektorých sa predĺžilo obdobie rozmnožovania, i keď zostal akýsi hlavný čas rozmnožovania.

Na plochých strechách v Lipsku bolo zistených 24 druhov (dominovali *Erigone dentipalpis*, *Erigone atraa*, *Meioneta rurestris*). Vo Švajčiarsku zistili, že spoločenstvá pavúkov trávnatých plôch v meste sú silne ovplyvňované množstvom dopadajúceho slnečného žiarenia a spôsobom manažmentu trávnatých porastov.

Použité zdroje:

- Gajdoš P., Černecká L., Franc V. & Šestáková A. 2018. Pavúky Slovenska [Spiders of Slovakia]. VEDA, vydavateľstvo SAV, Bratislava, 172 pp.
- Novotný B., Hula V. & Niedobová J. 2017. Insufficiency in distributional faunistic data in synanthropic spiders: a case study of the occurrence of *Brigittea civica* (Araneae, Dictynidae) in South Moravia, Czech Republic. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 65: 899-906.
- Robinson W.H. 2005. Handbook of Urban Insects and Arachnids. Cambridge University Press New York.
- Sacher P. 1983. Spinnen (Araneae) an und in Gebäuden – Versuch eine Analyse der synanthropen Spinnenfauna in der DDR. Teil I. Ent. Nachr. Ber. 27.
- Sattler T., Borcard D., Arlettaz R., Bontadina F., Legendre P., Obrist M.K. & Moretti M. 2010. Spider, bee, and bird communities in cities are shaped by environmental control and high stochasticity. *Ecology* 91: 3343 – 3353.

Snovačka trojuholníková (*Steatoda triangulosa*) je kozmopolitne rozšírený druh a vyskytuje sa v mnohých častiach sveta vrátane celej Severnej Ameriky, južného Ruska, Nového Zélandu a Európy. Predpokladá sa, že pochádza z Eurázie a do ostatných častí sveta bola introdukovaná. Snovačka trojuholníková je častá v domoch a buduje si pavučiny v tmavých rohoch budov alebo na iných ľudských stavbách.

Lepivka teplomilná (*Scytodes thoracica*) je celosvetovo rozšírený nočný druh. Preferuje teplé oblasti, v južnej Európe sa vyskytuje pod kameňmi, zatiaľ čo v severnej Európe sa vyskytuje iba v budovách.

Cedivôčka múrová (*Brigittea civica*) pochádza zo Stredomoria, kde osídľuje najmä skaly. Za posledné storočie bolo zaznamenané jej šírenie sa na sever, kde ako xerotermofilný druh preferuje juhovýchodné steny a múry ľudských stavieb. Jej kruhové siete sú badateľné najmä na omietkach ľudských obydľí. Cedivôčka múrová bola zaznamenaná už aj v Severnej Amerike a na severe a juhu Afriky.

Štúry (Scorpionida)

Škorpióny preferujú suché teplé oblasti s teplotami od 20 do 37 °C, hoci na púšťach tolerujú aj výrazný pokles teploty. Rozširovanie miest a zhoršovanie životného prostredia v dôsledku odlesňovania zapríčiňujú, že kontakt medzi ľuďmi jedovatými zvieratami je častejší. Množstvo uštipnutí škorpiónom sa odhadujú na približne 1,2 milióna prípadov ročne. V husto osídlených mestských oblastiach sa škorpióny obyčajne nenachádzajú vo veľkom počte. Ich výskyt v budovách najmä tropických častí sveta je bežný hlavne vďaka bohatej potravinovej ponuke (cvrčky, šváby, potravinoví škodcovia). Problematický je výskyt druhov, ktorých jed je nebezpečný pre človeka. Otrava škorpiónom býva komplikovaná, pretože závažnosť jej účinkov určuje niekoľko faktorov (vrátane typu jedu, počtu bodnutí, množstva vstreknutého jedu a veku, zdravia a hmotnosti obete).

Napr. v Brazílii sa počet ľudí, ktorých bodli škorpióny druhu *Tityus serrulatus*, zvýšil z 12 000 v roku 2000 na 140 000 v roku 2018. V roku 2017 bolo až 88 prípadov bodnutia smrteľných. Situácia je výsledkom zlého hospodárenia s odpadmi, nedostatočnej hygieny, rýchlej urbanizácie a meniacej sa klímy.

V Ríme (Taliansko) bol zaznamenaný výskyt troch druhov škorpiónov, a to štúr karpatský (*Euscorpius carpathicus*), štúr *E. flavicaudis*, štúr *E. italicus*, čo sú druhy vyhýbajúce sa kontaktu s človekom a bez život ohrozujúceho jedu.

Použité zdroje:

- Amado T.F., Moura T.A., Riul P., Lira A.F.D.A., Badillo-Montaña R. & Martinez P.A. 2021. Vulnerable areas to accidents with scorpions in Brazil. *Tropical Medicine & International Health* 26(5): 591-601.
- Carvalho H.C. 2019. Venomous yellow scorpions are moving into Brazil's big cities – and the infestation may be unstoppable. The conservation. <https://theconversation.com/venomous-yellow-scorpions-are-moving-into-brazils-big-cities-and-the-infestation-may-be-unstoppable-110844>
- Crucitti P., Malori M. & Rotella G. 1998. The scorpions of the urban habitat of Rome (Italy). *Urban Ecosystems* 2: 163–170. <https://doi.org/10.1023/A:1009537817029>

Viacnôžky (Myriapoda)

Stonôžky (Chilopoda)

Stonôžky sú citlivé na antropogénny stres a znižovanie počtu ich druhov odzrkadľuje stupeň ľudských zásahov do habitatu. Kvôli väčšiemu počtu druhov sa Geophilomorpha a Lithobiomorpha využívajú ako indikátory. Geophilomorpha sú citlivejšie a vyznačujú sa nižšou schopnosťou disperzie. Lithobiomorpha nie sú tak citlivé a vyššie množstvo druhov je možné nájsť aj v zastavaných oblastiach (Tab. 18).

Chilopoda v meste nie sú druhovo bohato zastúpené. Najznámejším druhom u nás je strašník dalmátsky (*Scutigera coleoptrata*), pomerne malá stonožka s najviac 15 párami dlhých nôh. Pochádza z oblasti Stredozemného mora, je citlivá na chlad a sucho, ale úspešne sa rozšírila do celého sveta. Vyskytuje sa najmä v domácnostiach, kde sa živí najmä hmyzom. Na Slovensku sa vyskytuje v teplých južných oblastiach, pod kameňmi, na múroch, v pivniciach aj na stenách, kde loví hmyz.

Z ostatných stonôžok sa v synantropných podmienkach vyskytujú často: *Lithobius melanops*, *Lithobius microps* a *Lithobius forficatus* (možno ich označiť až za hemisynantropy). Vyskytujú sa v pivniciach, skleníkoch, záhradách. *Haplophilus subterraneus* (Geophilomorpha) je tiež charakteristický druh urbánnych habitatov.

Počas štúdie v meste Sofia (Bulharsko) zaznamenali v mestských habitatoch najpočetnejšie druhy *Lithobius forficatus* (131 jedincov) a *L. lucifugus* (79 jedincov). Ostatných 14 druhov bolo zastúpených len niekoľkými exemplármi.

Tab. 18. V Ríme počas desaťročného (1979 – 1989) výskumu stonôžok (Chilopoda) zaznamenali 34 druhov, z toho 10 Geophilomorpha, 5 Scolopendromorpha, 18 Lithobiomorpha a 1 Scutigeromorpha. Sledovali pritom oblasti s rôznym stupňom ľudského vplyvu. Prevzaté z: Zapparoli (1992).

	Zelené oblasti so stromami	Zelené oblasti bez stromov	Umelé jaskyne	Zastavané oblasti
Geophilomorpha	8	5	2	0
Scolopendromorpha	3	3	3	3
Lithobiomorpha	12	10	3	7
Scutigeromorpha	0	0	1	1

Použité zdroje:

- Riedel P., Navrátil M., Tuf I.H. & Tufová J. 2009. Terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea) and millipedes (Diplopoda) of the city of Olomouc (Czech Republic). Contributions to Soil Zoology in Central Europe III. Tajovsky K, Schlagamersky J, Pizl V.(Eds.) Ceske Budejovice. 125-132 pp.
- Stoev P. 2004. Myriapoda (Chilopoda, Diplopoda) in Urban Environments in the City of Sofia. in: Penev L., Niemelä J., Kotze D.J. & Chipev N. (Eds.) Ecology of the City of Sofia. Species and Communities in an Urban Environment, 299-306 pp.
- Zapparoli M. 1992. Centipedes in urban environments: records from the city of Rome (Italy). Ber. Nat.-med. Verein Innsbruck 10: 231-236.

Mnohonôžky (Diplopoda)

Mnohonôžky predstavujú širokú skupinu terestriálnych Arthropoda, ktorá zahŕňa najmä dekompozítory v miernom a tropickom pásme. Ich hlavnou funkciou pri pôdotvorbe je fragmentácia, mineralizácia, a re-distribúcia organickej hmoty. Zmenu ich diverzity môžu vyvolať zmeny teplôt, množstva CO₂ či pokrývnosť pôdy. Pre ľudí sú neškodné, výlučky niektorých tropických druhov môžu vyvolať podráždenie pokožky. Za škodcov v domácnostiach je považovaná napr. mnohonôžka *Xenobolus carnifex* v Indii či *Ommatoiulus moreleti* v Austrálii. Niektoré druhy (najmä pri premnožení) môžu ohrozovať úrodu, ako mnohonôžka *Blaniulus guttulatus* cukrovú repu.

V miernom pásme, počet jedincov mnohonôžok (Diplopoda), druhová bohatosť a diverzita sú zvyčajne vyššie v prímestskej oblasti ako vo vidieckych a mestských oblastiach. Pomer lesných špecialistov významne klesá pozdĺž vidiecko-mestského gradientu, čo sa týka počtu jedincov i druhov, čo je pravdepodobne dôsledok zmien v potravnej ponuke, straty habitatu a jeho fragmentácie. Naopak, pomer synantropných druhov mnohonôžok stúpa pozdĺž gradientu. V mestských habitatoch prežívajú najmä xerotermné, eurypotentné a invazívne druhy.

V meste Debrecin (Maďarsko) zistili, že priemerná veľkosť tela mnohonôžok bola v mestskej oblasti v porovnaní s vidieckymi a prímestskými oblasťami výrazne nižšia. Teplota, množstvo rozpadajúceho sa dreva, koncentrácia zinku a vápnika a pH vysvetľovali významnú časť kolísania abundancie mnohonôžok (Diplopoda).

V botanickej záhrade v Kieli bolo zistených 15 druhov, vo Varšave 34 druhov (18 na okraji, 14 v parkoch, 7 na zelených plochách a 4 v centre). V centre to boli plochuľa *Polydesmus inconstans*, mnohonôžky *Allajulus latestriatus*, *A. londinensis* a *A. occultus* (pôvodom zo Stredomoria). Podobne ako u iných skupín smerom do centra stúpa zastúpenie eurypotentných a synantropných druhov. Zastúpenie rôznych druhov ovplyvňuje najmä vek a typ zelene (najmä bohaté staré parky). Urbánne podmienky eliminujú ako prvé lesné druhy. Značný podiel synantropných druhov žije v skleníkoch (sčasti zavlečených), iné v záhradníctvach a pivniciach.

Použité zdroje:

- Bogyó D., Magura T., Simon E. & Tóthmérész B. 2015. Millipede (Diplopoda) assemblages alter drastically by urbanisation. *Landscape and Urban Planning* 133: 118-126.
- Faúndez E. I. 2011. On the presence of *Scutigera coleoptrata* (Linnaeus, 1758) (Chilopoda: Scutigeraomorpha: Scutigeraidae) in the Metropolitan Region, Chile. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*. 49: 336.
- Tischler W. 1980. Asseln (Isopoda) und Tausendfüßler (Myriopoda) eines Stadtparks im Vergleich mit der Umgebung der Stadt: zum Problem der Urbanbiologie. *Drosera: naturkundliche Mitteilungen aus Nordwestdeutschland* 80(2): 41-52.
- Zapparoli M. 1992. Centipedes in urban environments: records from the city of Rome (Italy). *Ber. Nat.-med. Verein Innsbruck* 10: 231-236.

Kôrovce (Crustacea)

Prevažná väčšina druhov je akvatických, či už žijú v moriach alebo v sladkých vodách. Človek a jeho činnosť ich ovplyvňuje najmä prostredníctvom zmien kvality vody (viď kap. 2.5).

Rovnakonôžky (Isopoda)

Populácie rovnakonôžok v mestských parkoch, na ruderalných a zelených plochách sa značne líšia, druhové spektrum je však veľmi podobné. Antropogénny tlak umožňuje prežívať v meste len synantropným a eurypotentným druhom, a ďalej pôsobí pravdepodobne na štruktúru spoločenstva.

Mestské mikrohabitaty, ako napr. zrúcaniny stredovekých budov, kamenné múry alebo veľké betónové dosky v meste, poskytujú vhodné podmienky napr. pre žižiavku *Porcellio spinicornis*, ktorá uprednostňuje suché, relatívne exponované, vápenaté podklady strednej a západnej Európy a Severnej Ameriky, kam bola introdukovaná. Rurálne oblasti s nižšou vegetáciou a množstvom tvrdých povrchov (staveniská, zrúcaniny) majú spoločné vlastnosti pre túto skupinu kôrovcov.

Rovnakonôžky (Isopoda) môžu úspešne kolonizovať mestské a prímestské biotopy vďaka ich charakteristikám. Ako detritofágy, sú schopné žiť v opadanke, záhradných a kuchynských odpadoch a dokonca aj v potrave pre domáce zvieratá. Ďalej, zastavané prostredie je bohaté na vápnik, ktorý rovnakonôžky (Isopoda) potrebujú (sú citlivé na kyslosť pôdy). Vápnik je prítomný vo forme betónového prachu, chodníkov a krajínatvorných vápencových hornín a štrku. V neposlednom rade, zavlažovanie im umožňuje vyrovnať sa s ich najvýznamnejšími abiotickými obmedzujúcimi faktormi: nízka vlhkosť najmä pôdy. Veľa druhov môže žiť v substrátoch bez pôdy, predovšetkým v budovách. V extrémnom počasi môžu dočasne používať zastavané prostredie, pivnice, cisterny a pod.

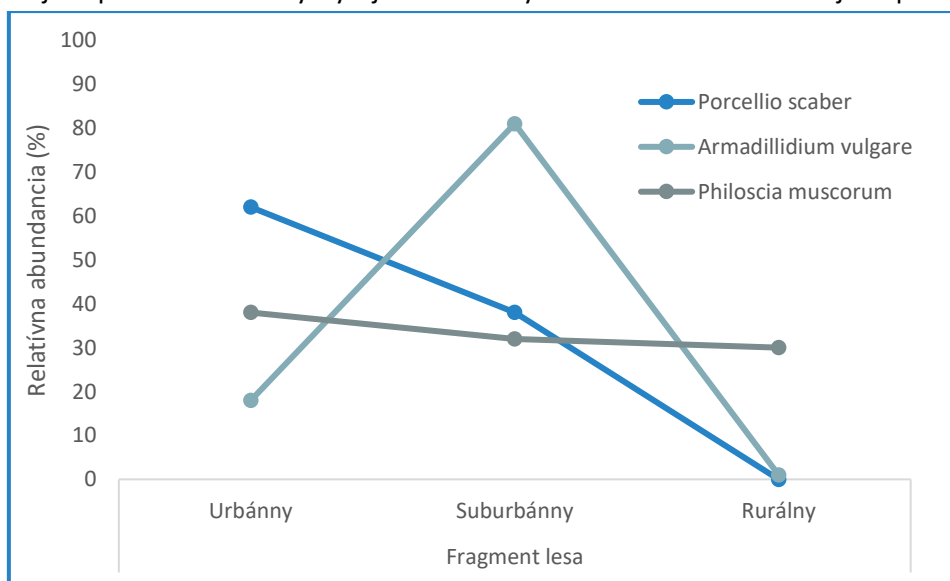
Mestské oblasti často podporujú menej bežné druhy, odolné voči suchu (napr. žižiavky *Porcellio dilatatus*, *Porcellio spinicornis* a *Porcellionides pruinosus*). Aj niektoré lokálnejšie sa vyskytujúce druhy sa môžu javiť pozoruhodne odolné voči disturbanciám spôsobeným urbanizáciou, napr. žižiavky

Porcellium collicola v Európe a *Balloniscus glaber* v Brazílii. Pritom druh *Porcellium collicola* sa masovo vyskytuje v meste Porto Alegre napriek tomu, že je klasifikovaný ako biotopový špecialista a K stratég. *Porcellium collicola* a *Balloniscus glaber* môžu byť príkladmi „mestských adaptérov“, hoci nie je jasné, či došlo k ich adaptácii v evolučnom zmysle.

Žižavka obyčajná (*Porcellio scaber*), rovnakonôžka *Trachelipus rathkii* a zvinavka obyčajná (*Armadillidium vulgare*) sa vyskytujú vo viac ako 50 % miest v Nemecku, v ktorých bol robený výskum rovnakonôžok (Isopoda). Ďalšími, často sa vyskytujúcimi druhmi, sú široko rozšírené synantropné druhy, ako žižavka múrová (*Oniscus asellus*), rovnakonôžky *Philoscia muscorum*, *Porcellionides pruinosus*, *Hyloniscus riparius* a *Cylisticus convexus*. Tieto druhy sa môžu vyskytovať aj v prirodzenejších oblastiach ďaleko od mestského centra. Opakovaná prítomnosť uvedených druhov vedie k väčšej podobnosti vo faune rovnakonôžok (Isopoda) miest.

Fauna rovnakonôžok (Isopoda) vnútrozemskej časti Severnej Ameriky pozostáva takmer výlučne z exotických kozmopolitných a synantropných druhov. S najväčšou pravdepodobnosťou boli dovezené z Európy, keď lode prepravovali pôdu ako záťažový materiál, a v kontajneroch s rastlinami. Nedostatočná konkurencieschopnosť pôvodných druhov spôsobila, že sa dovezené druhy stali rozšírenými a hojnými v prírode (lesy, trávne porasty alebo mokrade), ako aj v poľnohospodárskych oblastiach a mestách.

Niektoré exotické, či dovezené druhy sa neuchytili, iné ostanú naviazané na špecifické podmienky udržiavané človekom. V skleníkoch v celej Európe sa vyskytujú rovnakonôžky *Trichorhina tomentosa*, *Buddelundiella cataractae* a *Armadillidium nasatum*. Druh *Armadillidium nasatum* sa prispôbil vonkajším podmienkam a vyskytuje sa v mnohých oblastiach severne od jeho pôvodného výskytu.



Obr. 32. Odpoveď troch synantropných druhov rovnakonôžok (Isopoda) na urbánný gradient. Každý bod predstavuje percentuálny podiel počtu jedincov (N) daného druhu chyteného na lokalite voči počtu jedincov odchytených do pascí na všetkých troch lokalitách. Rovnakonôžka *Philoscia muscorum*: N = 7473, žižavka obyčajná (*Porcellio scaber*): N = 12314, zvinavka obyčajná (*Armadillidium vulgare*): N = 816. Skúmané lokality boli v urbánnom, suburbánnom, a rurálnom fragmente lesa a v parkoch v Sorø, Dánsko. Prevzaté z: Vilisics et al. 2007.

Mestské biotopy podporujú veľké množstvo rovnakonôžok, až sa často ukazujú ako jedna z najpočetnejších skupín epigeických článkonožcov. V mestských parkoch a lesoch bolo zaznamenané vyššie množstvo rovnakonôžok (Isopoda) než vo vidieckych biotopoch (Obr. 32).

O rovnakonôžkach (Isopoda) je tiež známe, že akumulujú ťažké kovy, často vo väčšej miere ako iné bezstavovce. Schopnosť reagovať na stres v prostredí z nich robí ideálne testovacie organizmy na hodnotenie kvality životného prostredia a sú využívané ako indikátory úrovne znečistenia v mestách.

Použité zdroje:

- Jędrzycki W.B. 1981. Isopods (Isopoda) of Warsaw and Mazovia. *Memorabilia Zoologica* 34: 79-86.
- Riedel P., Navrátil M., Tuf I.H. & Tufová J. 2009. Terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea) and millipedes (Diplopoda) of the city of Olomouc (Czech Republic). *Contributions to Soil Zoology in Central Europe III*, Budejovice, The Czech Republic. 125-132 pp.
- Szlavec K., Vilisics F., Tóth Z., Hornung E. 2018. Terrestrial isopods in urban environments: an overview. In: Hornung E, Tait S, Szlavec K (Eds) *Isopods in a Changing World*. *ZooKeys* 801: 97–126.
- Tischler W. 1980. Asseln (Isopoda) und Tausendfüßler (Myriopoda) eines Stadtparks im Vergleich mit der Umgebung der Stadt: zum Problem der Urbanbiologie. *Drosera: naturkundliche Mitteilungen aus Nordwestdeutschland* 80(2): 41-52.
- Vilisics F., Elek Z., Lövei G.L., Hornung E. 2007. Composition of terrestrial isopod assemblages along an urbanisation gradient in Denmark. *Pedobiologia* 51(1): 45–53.

V botanickej záhrade v Kieli (Nemecko) bolo zistených 11 druhov. Dominovali rovnakonôžky (žižavka múrová (*Oniscus asellus*), zvinavka obyčajná (*Armadillidium vulgare*) a žižavka obyčajná (*Porcellio scaber*) (Tischler (1980)).

V Poľsku boli zistené ako synantropné druhy: *Androniscus dentiger*, *Haplophthalmus danicus*, *H. montivagus*, *Trichorhina tomentosa*, *Philoscia muscorum*, *Protracheoniscus major*, *Metoponorthus pruinosus*, *Cylisticus convexus*, *Porcellio laevis*, *Armadillidium nasutum*, *Armadillo officinalis* (Jędrzycki (1981)) .

Šeštnôžky (Hexapoda)

Chvostoskoky (Collembola)

Nachádzajú v mestách dobré podmienky. Vyskytujú sa v bytoch, kvetináčoch, pivniciach. Podobne ako vo voľnej prírode vyznačujú sa aj v parkoch vysokou početnosťou.

Vo Varšave bolo zistených 41 druhov (32 v parkoch, 21 v sídliskách a 27 v centre). Smerom do centra pribúdajú kozmopolitné druhy. Druhy, ktoré sa bežne vyskytovali v mestských zelených plochách sú chvostoskoky: *Cryptopygus bipunctatus*, *Lepidocyrtis languinosus*, *L. cyaneus*, *L. lignorum*, *Isotoma notabilis*, *I. yiridis* a *Isotomiella minor*. V meste nezaznamenali výskyt boreálnych a palearktických druhov, bežných v podobných habitatoch chránených parkov. Naopak, v meste pribudli druhy z oblasti mediteránu a dva invázne druhy (*Cryptopygus bipunctatus* a *Pseudosinella immaculata*). Na zelených plochách Varšavy bolo zaznamenaných až 46,3 % druhov preferujúcich otvorené stanovišťa a 22 % eurytopných druhov. Málo druhov bolo typicky lesných.

Vo Viedni bol popísaný nový druh *Megalothorax sanctistepliani*. Vyskytuje sa v katakombách Dómu sv. Štefana, ktoré slúžili ako cintorín v rokoch 1745 až 1783. Na tehlových stenách katakomb sa vyskytujú larvy hmyzu, žijúce sa hubami a pavúky temnomily *Nesticus eremita*. Podlahu katakomb tvorí štrk, v ktorom žije pavúk plachtárka *Lepthyphantes pallidus* a stonôžka (*Lithobius lucifugus*). Z „pivničných“ druhov boli zaznamenané chvostoskoky *Hypogastrura purpureescens*, chrobáky, slepá mnohonôžka *Mesoiulus franzi*. „Jaskynné živočíchy“ uprednostňujú štrkový medzipriestor, ako dva druhy chvostoskokov (*Pseudosinella bidenticulata*, *Disparrrhopalites patrizii*) a ščúrovka *Eukoenenia austriaca* (Christian (1998)).

Použité zdroje:

- Christian E. 1998. The fauna of the catacombs of St. Stephen's Cathedral, Vienna. *Vcrh. Zool.-Bot. Ges. Österreich* 135: 41-60.
- Robinson W.H. 2005. Handbook of Urban Insects and Arachnids. Cambridge University Press New York.
- Sterzyńska M. 1982. Springtails (Collembola) od Warsaw and Mazovia. *Memorabilia zoologica* 36: 217—234.

Hmyz (Insecta)

Uvádame výber niektorých skupín Insecta a ich vzťah k urbánnemu prostrediu alebo ľudskej činnosti.

Rovnokrídlovce (Orthoptera)

Zástupcovia Orthoptera, žijúci v urbánnom prostredí, sú výrazne ovplyvnení najmä spôsobom udržiavania trávnatých spoločenstiev (spôsob kosby), vzájomnou vzdialenosťou a izolovanosťou fragmentov a vekom fragmentov. Niekoľko druhov Orthoptera je tiež považovaných za škodcov plodín, niektoré dokonca vyhľadávajú teplo v domácnostiach. Dva druhy Orthoptera, ktoré spôsobujú najviac škody, sú koníky (*Caelifera*) a kobyľky (*Ensifera*).

Koníky (Caelifera) - v mestách bolo zistené iba malé množstvo druhov, ktoré sa tu vyskytujú málo početne. Príčinou je aj to, že plochy zelene bývajú pre výskyt ich populácií nedostatočne veľké. Z Viedne sú známe koník obyčajný (*Chorthippus biguttulus*), koník hnedý (*C. brunneus*). Z iných miest aj koník suchomilný (*C. mollis*), koník lúčny (*C. montanus*) a koníky *C. parallelus*, *C. albomarginatus*, *C. dorsatus*, *C. longicornis*. Populácie ale neobývajú dané habitaty dlhodobo, hoci za vhodných podmienok je to možné (najmä u koníka obyčajného (*C. biguttulus*) a hnedého a (*C. brunneus*)).

Koník krdľový (*Schistocerca gregaria*) je notoricky známy. Vyskytuje sa v Afrike, na Strednom východe a v Ázii. „Kobyľkové rany“ (rojenie) môžu ohroziť ekonomické živobytie jednej desatiny ľudí na svete. Roj môže mať až 80 miliónov koníkov a môže zaberať 460 štvorcových míľ. Každý jedinec pritom môže každý deň jesť svoju váhu v rastlinách, takže roj takej veľkosti zkonsumuje 191869,6 tony rastlín denne.

Kobyľky (Ensifera) nie sú v mestách príliš rozšírené. Príčinou je nedostatok prírode blízkych habitatov a najmä vyššie populácie rôznych druhov hmyzožravých vtákov, ktorých sú ľahkou a hlavnou korisťou. Kobyľky môžu spôsobiť veľké poľnohospodárske škody, ale nie ako koník krdľový (*Schistocerca gregaria*). Tento hmyz sa živí hlavne burinou a trávou, avšak v období sucha a vysokej denzity sa živia plodinami. Sú známymi škodcami aj na sójových poliach.

Svrček domový (*Acheta domestica*) sa v Európe môže vyskytovať voľne aj v budovách, kde využíva mierne vyššie teploty v porovnaní s okolím. Pôvodom je pravdepodobne z juhozápadnej Ázie. Do budov ich láka umelé osvetlenie. Môžu sa vyskytovať vo veľkom počte v odpade a na mestských skládkach. Tieto miesta sa vyznačujú udržiavaním tepla rozkladom organických materiálov po celý rok. V súvislosti s problematikou výživy ľudstva sa uvažuje o svrčkovi domovom ako o výhodnom zdroji živočíšnych bielkovín. Zakladajú sa „svrčie farmy“, ktoré dokážu (za prísnych hygienických podmienok) vyprodukovať veľké množstvo svrčkov pri minimálnych nákladoch na energiu a vodu. V EÚ sa stal povolenou potravinou v mrazenej, sušenej a práškovej forme.

V skleníkoch sa vyskytuje kobyľkovec skleníkový (*Tachycines asynamorus*). Zistený bol aj v skleníkoch botanickej záhrady v Bratislave, spolu s ďalšími exotickými druhmi ako sú kobyľky *Rhacocleis annulate* a *Yersinella raymondii*. V Európe sa kobyľkovec skleníkový šíril z Hamburgu (tu zistený už v

roku 1892). Dnes je to kozmopolit skleníkov. Zo Stredomoria sa rozširuje kobylka *Meconema meridionale* do strednej Európy, kde jej vyhovuje teplá mestská klíma. Do miest sa rozšírili aj viacmenej arborikolné druhy – kobylka *Meconema tharassinum*, kobylka *Leptophyes punctatissima*, kobylka zelená (*Tettigonia viridissima*). Na ruderaloch sa pravidelne vyskytuje kobylka lúčna (*Conocephalus discolor*) a kobylka hnedkastá (*Pholidoptera griseoaptera*).

Použité zdroje:

EU Commission. 2022. Commission Implementing Regulation (EU) 2022/188 of 10 February 2022 authorising the placing on the market of frozen, dried and powder forms of Acheta domesticus as a novel food under Regulation (EU) 2015/2283 of the European Parliament and of the Council, and amending Commission Implementing Regulation (EU) 2017/2470.

Jones E.L. & Leather S. R. 2013. Invertebrates in urban areas: a review. EJE, 109(4): 463-478.

Krištín A., Čapka J., Zlámal N. & Demeš P. 2022. First records of the alien bush-crickets Rhacocleis annulata Fieber, 1853 and Yersinella raymondii (Yersin, 1860)(Orthoptera) in Slovakia. BioInvasions Records 11(2): 383-389.

Robinson W.H. 2005. Handbook of Urban Insects and Arachnids. Cambridge University Press New York.

Sieťokrídlaté (Neuroptera)

Patria sem známe čeľade ako zlatoočkovité (Chrysopidae), belavkovité (Coniopterygidae) či voškovcovité (Hemerobiidae), ktoré sú rozšírené po celom svete a vo veľkej miere sa živia voškami. Zástupcovia Dilaridae preferujú skôr koristiť menších rozmerov.

Druhy Neuroptera sú časť svojho životného cyklu dravé (najmä larvy, niekedy aj adulty), preto sú niektoré druhy využívané v biologickom boji. Živia sa najmä voškami (Aphidoidea), pričom vysajú ich telesné tekutiny.

Larvy zlatoočkovitých (Chrysopidae) sú nenásytní žrúti vajec a nižších štádií mnohých škodcov, vrátane niekoľkých druhov vošiek, roztočov (Acarina), strapiek (Thysanoptera), molíc (Aleyrodidae), cikádkovitých (Cicadellidae), niektorých lariev chrobákov (Coleoptera), vajčiek a húseníc molí (Tineidae) a červcovitých (Pseudococcidae). Po 2 až 3 týždňoch kŕmenia si larvy vytvoria kokón a o 10 až 14 dní neskôr sa objavajú adulty.

Použité zdroje:

Robinson W.H. 2005. Handbook of Urban Insects and Arachnids. Cambridge University Press New York.

Santi Ranjan Dey. 2014. Aphid Pest Management with Neuroptera (Insecta). The Beats of Natural Sciences 1: 1-5.

Ucholaky (Dermaptera)

Patria sem všežravé druhy, ktoré môžu ničiť úrodu alebo ju tiež zbavovať škodcov ako sú mušky. Málokedy však dôjde k ich premnoženiu, aby bola táto škoda zásadná. Často sa vyskytujú v okolí budov a sú atrahované svetlom lúč. V raritných prípadoch môžu ucholaky vliezť do zvukovodu spiacieho človeka.

Najznámejším zástupcom je **ucholak obyčajný (*Forficula auricularia*)**, ktorá je pôvodne z Európy, Severnej Afriky a západnej Ázie. Do Severnej Ameriky bol zavlečený niekedy pred r. 1912 a rozšíril sa po celom kontinente. V prípade premnoženia môže spôsobovať škody na úrode, kvetoch a ovocných sadoch.

Použité zdroje:

Fisher J.R. 1986. Earwig in the ear. Western Journal of Medicine 145(2): 245.

Robinson W.H. 2005. Urban insects and arachnids. A Handbook of Urban Entomolgy. Cambridge University Press, UK.

Všivavky (Phthiraptera)

Všivavky predstavujú skupinu bezkrídleho hmyzu, ktorý parazituje na vtákoch a cicavcoch. Celý ich životný cyklus prebieha na pokožke, v srsti či v perí ich hostiteľov. Podrobnejšie sa im venuje parazitológia, tu si uvedieme niektoré príklady v súvislosti s ľudskou činnosťou.

Vši (Anoplura)

Vši sú obligatórne ektoparazity teplokrvných živočíchov, s výnimkou kloakovcov (Monotremata), šupinavcov (Pholidota), a netopierov (Chiroptera). V perí alebo v srsti hostiteľa sa niektoré druhy živia pokožkou, iné cicajú krv alebo iné tekutiny. Zvyčajne celý ich životný cyklus prebieha na tom istom hostiteľovi. Zároveň môžu byť vektormi viacerých závažných ochorení, ako je napr. týfus. Ich výskyt v súvislosti s človekom je zaujímavý z epidemiologického a historického hľadiska.

Na ľuďoch parazituje voš ***Pediculus humanus*** (poddruh šatová – *humanus* a detská – *capitis*) a voš lonová (*Phthirus pubis*). V stredoveku ich bolo možné zaradiť medzi ubiquistov – boli viac-menej rovnomerne rozšírené všade so svojím hostiteľom. **Voš lonová (*Phthirus pubis*)** má v súčasnosti prevalenciu asi v 2 % ľudskej populácie a neprenáša ochorenia. *Pediculus humanus* je známy prenášač napr. týfusu, zákopovej horúčky (baktéria *Bartonella quintana*) alebo opakujúcej sa/návratovej horúčky (baktérie rodu *Borrelia*).

V mestách sa pravidelne vyskytuje:

voš psia (*Linognathus setosus*) – hostiteľom je pes (*Canis lupus*),

voš *Haemodipsus ventricosus* – hostiteľom je králik divý (*Oryctolagus cuniculus*),

voš potkania (*Polyplax spinulosa*) – hostiteľom je potkan hnedý (*Rattus norvegicus*),

voš hrabošia (*Hoplopleura acanthopus*) – hostiteľom sú druhy hrabošorodých (Arvicolinae),

voš *Hoplopleura captiosa* – hostiteľom je myš domová (*Mus musculus*),

voš *Polyplax serrata* – hostiteľom je myš domová (*Mus musculus*).

Švoly (Mallophaga)

Švoly sú permanentné ektoparazity primárne vtákov, ale niektoré druhy sú známe aj na cicavcoch. Ako potrava im slúžia čiastočky peria, srsti a kože hostiteľa, niektoré druhy sa živia krvou.

Švola *Heterodoxus spiniger* je austrálsky druh, ktorý pravdepodobne prešiel z dinga austrálskeho (*Canis lupus dingo*) na psa (*Canis lupus*) po príchode usadlíkov. *Heterodoxus spiniger* je naviac medzihostiteľom hlístovca *Dipotalonema reconditum* (Nematoda), ktorý parazituje na psoch. Tento druh švoly zaznamenali už aj na psoch v Kalifornii, v Mexiku a v južnej Afrike.

Použité zdroje:

Mellanby K. 1942. Natural population of the head-louse (*Pediculus humanus capitis*: Anoplura) on infected children in England. Parasitology 34(2): 180-184.

Robinson W.H. 2005. Urban insects and arachnids. A Handbook of Urban Entomolgy. Cambridge University Press, UK.

- Torres-Chable O.M., Baak-Baak C.M., Cigarroa-Toledo N., Zaragoza-Vera C.V., Arjona-Jimenez G., Moreno-Perez L.G., Medina-Perez P., Machain-Williams C. & Garcia-Rejon J.E. 2017. First report of chewing lice *Heterodoxus spiniger* (Enderlein, 1909) and *Trichodectes canis* (De Geer, 1778) on domestic dogs at Tabasco, Mexico. *Southwestern Entomologist* 42(2): 409-418.
- Zendehfili H., Zahirnia A.H., Maghsood A.H., Khanjani M. & Fallah M. 2015. Ectoparasites of rodents captured in Hamedan, Western Iran. *Journal of Arthropod-Borne Diseases* 9(2): 267.

Strapky (Thysanoptera)

Viacero druhov Thysanoptera je označených za škodcov dôležitých plodín. Niektoré sú dokonca vektormi vírusov (najmä Orthotospovirusov – RNA rastlinných vírusov). Orthotospovirusy sa považujú za jeden z najškodlivejších rastlinných patogénov, pričom ich vektory majú nadmerný vplyv na ľudské poľnohospodárstvo. Medzi členov vírusu patrí vírus vädnutia paradajok (Tomato spotted wilt orthotospovirus) a vírusy nekrotických škvrn. **Strapka západná (*Frankliniella occidentalis*)** sa až doteraz šíri po celom svete a je hlavným vektorom chorôb rastlín spôsobených Orthotospovirusmi.

Na druhej strane, niektoré druhy sú opeľovačmi alebo predátormi iných druhov hmyzu alebo roztočov. V skleníkoch sa môžu premnožiť a tvoriť veľké roje.

V prípade rastlinných „škodcov“ je zaujímavá častá rôznorodosť možných hostiteľov. Napríklad **strapka tabaková (*Thrips tabaci*)** poškodzuje až 30 druhov plodín, vrátane cibule, zemiakov, tabaku a bavlny. Strapka tabaková je pokladaná za vysoko invazívny druh kvôli jeho malej veľkosti, kryptickému správaniu sa, polyfágnosti, prítomnosti pohlavne a nepohlavne sa rozmnožujúcich populácií, vysokej reprodukčnej schopnosti a schopnosti disperzie (viď kap. 3.5).

V spojení s rastúcou globalizáciou obchodu a rastom skleníkového poľnohospodárstva, patria strapky medzi najrýchlejšie sa rozširujúce skupiny inváznych druhov na svete (strapka západná (*F. occidentalis*), strapka gladiolová (*Thrips simplex*) a strapka palmiho (*Thrips palmi*)).

Použité zdroje:

- Childers C.C. 1997. Feeding and oviposition injuries to plants. Thrips as crop pests. 505-537 pp.
- Loredo Varela R.C. & Fail J. 2022. Host Plant Association and Distribution of the Onion Thrips, *Thrips tabaci* Cryptic Species Complex. *Insects* 13(3): 298.
- Stafford C.A., Walker G.P. & Ullman D.E. 2011. Infection with a plant virus modifies vector feeding behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108(23): 9350-5.

Blanokrídlovce (Hymenoptera)

Blanokrídlovce sú veľmi rozsiahla skupina hmyzu vyskytujúca sa vo väčšine biotopov, s výnimkou polárnych oblastí. Patria do nej parazitické aj neparazitické druhy, karnivorné, fytofágne alebo omnivorné druhy, sociálne či samotárske druhy. Ich populácie sa bežne vyskytujú aj v blízkosti človeka.

Napríklad druhy včiel z rodu drevárov (*Xylocopa*) sa adaptovali na drevné substráty dostupné v mestskom prostredí. Na budovanie hniezda využívajú stavebné drevo budov, mostov, plotov či obkladov. Týmto spôsobom sa im podarilo rozšíriť aj do oblastí, kde sú ich prirodzené hniezdiská (mŕtve drevo) obmedzené, no v mestách ľahko dostupné. Samice z rodu ***Amegilla*** žijúce v Austrálii si

tvoria hniezda v hlinených tehách. Poškodenie stien z tehál a malty môže byť rozsiahle, pretože hniezda sú často vo veľkých agregáciách a sú používané po niekoľko generácií.

Mestá poskytujú prekvapivo vhodné prostredie pre niektoré **skupiny opeľovačov**, hlavne sa často spomínajú včely. Zmena spôsobu využívania krajiny bola pravdepodobne kľúčovým faktorom, ktorý viedol k často spomínanému problému poklesu mnohých skupín opeľovačov ako sú **včely (Apidae)**, **pesticovitité (Syrphidae)** a motýle (Lepidoptera) (Obr. 33). Ďalšia veľká zmena, narastajúca urbanizácia, má preukázateľne negatívny vplyv na viaceré taxóny, vrátane vtákov a rastlín (hlavné hrozby viď kap. 2). Medzi negatívne efekty mesta na opeľovače môžeme zaradiť nižšiu návštevnosť na kvetoch a ich nižšiu druhovú bohatosť, stratu vzácných druhov a homogenizáciu druhovej skladby v mestách. Avšak boli zaznamenané aj prípady, kedy sa niektorým skupinám opeľovačov, najmä včelám, darilo dobre v meste s dokonca vyššou druhovou bohatosťou. Podobne vyšší reprodukčný úspech čmeliačích kolónii bol zaznamenaný v mestskom prostredí v porovnaní s okolitou hospodárskou krajinou.

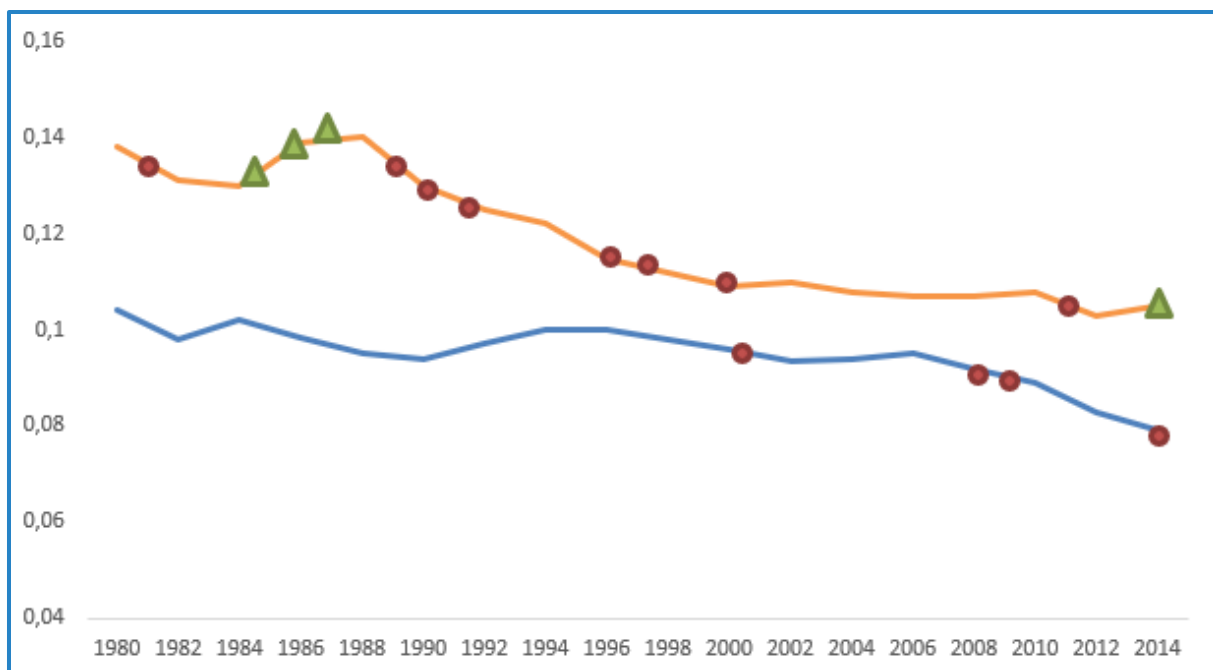
Diverzita Hymenoptera v mestských kvetnatých oblastiach v porovnaní s rurálnymi oblasťami sa venovala nemecká štúdia. Zaznamenala vyššie druhové bohatstvo blanokrídlovcov práve v mestách. Hymenoptera môžu byť odolnejšie voči urbanizácii v porovnaní so zvyšnými skupinami hmyzu (dvojkřídlowce (Diptera), motýle (Lepidoptera), chrobáky (Coleoptera)), alebo menej odolné voči rurálnemu prostrediu, ktorému dominuje využívanie poľnohospodárskej pôdy.

Väčšina druhov ôs (**Vespoidea**) nie sú najefektívnejšími opeľovačmi, kvôli nedostatku chĺpkov a absencii peľového košíčka typického pre včely. Niektoré druhy parazitických ôs (z čeľadi Aphelinidae, Braconidae atď.) sú využívané v biologickom boji. Napríklad **moličiar skleníkový (Encarsia formosa)** je komerčne nasadzovaná do skleníkov so zeleninou a okrasnými rastlinami na kontrolu molice skleníkovej (*Trialeurodes vaporariorum*).

Sršeň obyčajný (Vespa crabro) a **osa obyčajná (Vespula vulgaris)** sa často vyskytujú v blízkosti ľudí, kde hlavne na jeseň nachádzajú dostatok sladkej potravy. V prípade konfliktu môžu bolestivo bodnúť a prípadne vyvolať anafylaktický šok.

Ďalšími blanokrídlovcami, ktoré obývajú urbánne prostredie sú **mravcovité (Formicidae)**. Mestá im ponúkajú rôznorodé podmienky, vhodné pre množstvo druhov. Hniezdenie pozdĺž základov budov môže mať za následok poškodenie konštrukčných prvkov a vonkajších stien. Zároveň to zvyčajne vedie k vstupu mravcov do budovy a vytvoreniu interiérových hniezd. Mestské populácie **mravca Temnothorax curvispinosus** sú lokálne adaptované teplotnou toleranciou. Druhom, obývajúcim otvorené biotopy, pôvodom z južnejších teplejších a suchších oblastí, v mestách často vyhovujú narušené (výrazne udržiavané) fragmenty zelene. Postupujúcou urbanizáciou sa geografické rozšírenie takýchto druhov bude pravdepodobne zväčšovať.

V mestách taktiež nachádzajú voľné potravné zdroje. Za „škodcu“ potravín je považovaný **mravec faraónsky (Monomorium pharaonis)**, ktorý ešte stavbou svojich hniezd poškodzuje ľudské obydlia a je prenášačom niektorých ochorení.



Obr. 33. Výsledky štúdie množstva opeľovačov vo Veľkej Británii v r. 1980-2014. Trendové čiary znázorňujú priemernú obsadenosť 1 km² v Británii naprieč všetkými modelovými druhmi včiel (n = 139, modrá) a pestríc (n = 214, oranžová). Červené kruhy a zelené trojuholníky zvýrazňujú roky s výrazným poklesom alebo nárastom. Prevzaté z Powney et al. (2019).

Použité zdroje:

- Baldock K.C. 2020. Opportunities and threats for pollinator conservation in global towns and cities. *Current opinion in insect science* 38: 63-71.
- Hoddle M.S., Van Driesche R.G. & Sanderson J.P. 1998. Biology and use of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa*. *Annual review of entomology* 43(1): 645-669.
- Hölldobler B., Wilson E.O. 1997. *Cesta k mravencům*. Praha: Academia.
- Kirk H., Soanes K., Amati M., Bekessy S., Harrison L., Parris K., Ramalh C., van der Ree R. & Threlfall C. 2022. Urban ecological connectivity as a planning tool for different animal species. *bioRxiv*: 2022-11.
- Menke S.B., Guénard B., Sexton J.O., Weiser M.D., Dunn R.R. & Silverman J. 2011. Urban areas may serve as habitat and corridors for dry-adapted, heat tolerant species; an example from ants. *Urban Ecosystems* 14: 135-163.
- Powney G.D., Carvell C., Edwards M., Morris R.K., Roy H.E., Woodcock B.A. & Isaac N.J. 2019. Widespread losses of pollinating insects in Britain. *Nature communications* 10(1): 1018.
- Robinson W.H. 2005. Urban insects and arachnids. *A Handbook of Urban Entomolgy*. Cambridge University Press, UK.
- Theodorou P., Radzevičiūtė R., Lentendu G., Kahnt B., Husemann M., Bleidorn Ch., Settele J., Schweiger O., Grosse I., Wubet T., Murray T.E. & Paxton R.J. 2020. Urban areas as hotspots for pollination but not a panacea for all insects. *Nature Communications* 11: 576.

Chrobáky (Coleoptera)

Okolo 75 % chrobákov má fytofágne larvy aj adultné štádium. Mnohé druhy sa živia ekonomicky významnými rastlinami a uskladnenými produktami, ako sú stromy, obilniny, tabak, sušené ovocie.

Okolo 600 druhov z 34 čeľadí sa spomína v súvislosti s uskladnenými obilninami alebo s produktmi z obilia.

Koprofágno-nekrofágne druhy **čelade skarabeusovitých (Scarabaeidae)** sú veľkou a široko rozšírenou skupinou. Dospelce a larvy sa živia trusom stavovcov, menej často uhynutými živočíchmi, prípadne ovocím. V mestskom prostredí sa musia vysporiadať najmä s nepriepustnými (pevnými) povrchmi, resp. s menším podielom vhodného substrátu. Skarabeusovité si totiž zahrabávajú potravu a krmia sa na nej pod zemou, čím aj výrazne obohacujú (mestskú) pôdu. Ďalší faktor pôsobiaci v meste, je zdroj vhodnej potravy. Zatiaľ čo bežne by sa jednalo najmä o trus bylinožravcov, v meste je najdostupnejším zdrojom ich potravy človek a jeho domáce zvieratá.

Niektoré druhy Coleoptera môžu spôsobiť vážne hospodárske škody. Napríklad kvetovka ***Anthonomus grandis*** (Curculionidae) sa živí pukmi a kvetmi bavlny. Rozšírila do USA z Mexika okolo roku 1892 a dosiahla Alabamu v r. 1915. v 20 rokoch 20 storočia sa potom rozšírila do všetkých regiónov, pestujúcich bavlnu. Rýchlosť šírenia bola 60 až 260 km/rok. Podľa odhadov, boj proti *Anthonomus grandis* stojí amerických producentov bavlny v súčasnosti asi \$300 miliónov ročne. Po 2.svetovej vojne používali DDT postrek, ale po r. 1950 si americké populácie *Anthonomus grandis* vyvinuli rezistenciu a následné používanie insekticídov už podliehalo prísnejšej kontrole.

Viacere druhy chrobákov si vyvinuli odolnosť voči insekticídov. Známa **pásavka zemiaková (*Leptinotarsa decemlineata*)** je „škodcom“ zemiakov, ale medzi vhodné hostiteľské rastliny patria aj ďalšie druhy Solanaceae, ako rajčiny, baklažány či papriky. Postupne si jej populácie vyvinuli rezistenciu na všetky hlavné skupiny insekticídov. Počas 2. svetovej vojny bola pásavka zemiaková pokladaná za súčasť entomologickej vojny v snahe zničiť pomocou chrobákov úrodu znepriateľenej krajiny.

Zrniar čierny (***Sitophilus granarius***) bol pôvodne adaptovaný na kŕmenie sa zrnami uschovanými mravcami a hlodavcami a neskôr začal vyhľadávať aj ľudské zásoby. Podmienky v zásobárňach sú však odlišné a druh prešiel výraznou selekciou, aby prežil v novom prostredí. Zrniar čierny sa v podmienkach strednej Európy vyskytoval najmä v bytovkách, zatiaľ čo jeho príbuzný, zrniar *S. oryzae*, bol častý v silách.

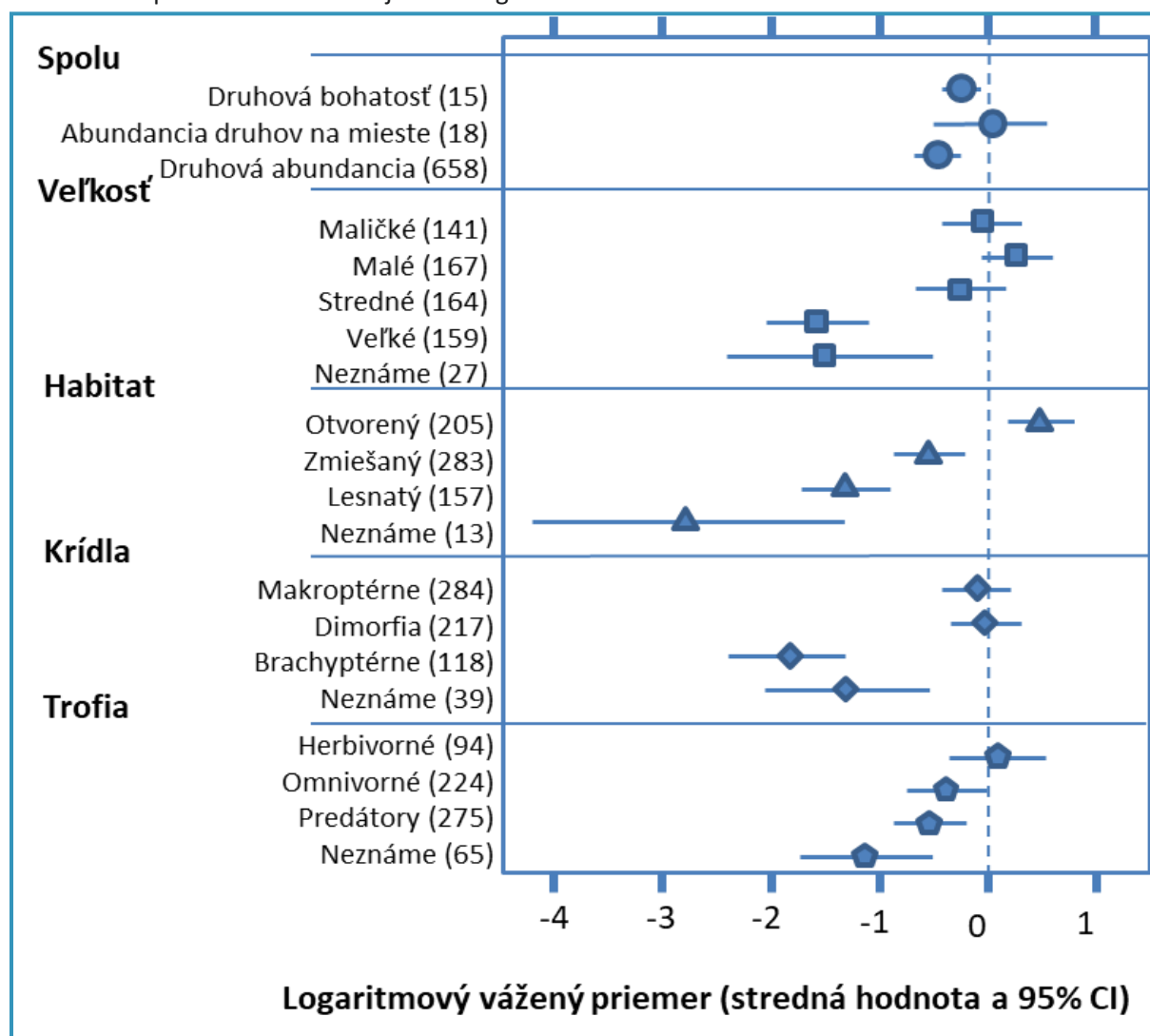
Larvy múčiara obyčajného (***Tenebrio molitor***) sú škorcami zŕn a múky po celom svete. Najstaršie archeologické záznamy tohto druhu pochádzajú z Egypta a z doby bronzovej z Turecka. Ďalej, predstavuje ľahko získateľný zdroj bielkovín (múčiari je konzumovaný najmä v Ázii) a využíva sa na kŕmenie domácich zvierat (plazov, vtákov).

U bystruškovitých (Carabidae) bolo zistené, že počet druhov v mestských lesných habitatoch predstavuje 77,7 % z vidieckych. V abundancii nebol zaznamenaný rozdiel. Väčšinou je možné predpokladať, ktoré druhy bystruškovitých (Carabidae) budú ako reagovať na urbanizáciu. Druhy s väčšími telesnými rozmermi, predátory, druhy so striktnými lesnými habitatovými nárokmi a so slabou disperznou schopnosťou, sú na urbanizáciou najcitlivejšie (Obr. 34). Rôznorodosť výsledkov štúdií z viacerých miest je zapríčinená najmä súčinnosťou veľkosti tela druhov, ich trofizmu a afinite k habitatu.

V mestských zelených fragmentoch dosahujú lesné druhy bystruškovitých (Carabidae) iba 27,1 % z abundancie v rurálnych oblastiach, zatiaľ čo abundancia druhov preferujúcich otvorené habitaty stúpa v meste aj o 68 %. Typicky lesné druhy väčšinou vyžadujú vyššiu vlhkosť, veľké množstvo opadanky a rozkladajúceho sa dreva, ktoré sú v prehriatych mestských fragmentoch zelene odstraňované.

Veľkosť tela je často u bystruškovitých (Carabidae) spojená so slabšou schopnosťou lietať. Väčšie druhy tak nielen ťažšie osídľujú mestské fragmenty, ale aj v rámci manažovaného rekreačného lesa

ťažšie vyhľadávajú úkryt. Predátory z bystruškovitých (Carabidae) sú citlivejšie na urbanizáciu, častokrát sú práve väčšie a citlivejšie na fragmentáciu.



Obr. 34. Efekt urbanizácie na bystruškovité (Carabidae). Zobrazený je priemerný dopad urbanizácie. Záporné hodnoty indikujú nižšiu hodnotu druhovej bohatosti alebo abundancie v meste v porovnaní s vidiekom. CI – (konfidenčný interval), ktorý neprekračuje nulu (prerušovaná vertikálna čiara) indikuje dopad odlišný od nuly. Je tu zobrazený efekt urbanizácie na abundanciu druhov s rôznou veľkosťou, habitatovou afinitou, morfológiou krídel a potravnými nárokmi. Veľkostné kategórie sú: maličké ($\leq 6,3$ mm), malé ($6,31 - 8,75$ mm), stredné ($8,76 - 12,5$ mm), veľké ($12,51 - 40$ mm). Prevzaté z Martinson & Raupp (2013).

Použité zdroje:

- Martinson H.M. & Raupp M.J. 2013. A meta-analysis of the effects of urbanization on ground beetle communities. *Ecosphere* 4: 1-24.
- Panagiotakopulu E. 2001. New records for ancient pests: archaeoentomology in Egypt. *Journal of Archaeological Science* 28(11): 1235-1246.
- Ramírez-Restrepo L. & Halffter G. 2016. Copro-necrophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in urban areas: A global review. *Urban ecosystems* 19: 1179-1195.
- Robinson W.H. 2005. Urban insects and arachnids. *A Handbook of Urban Entomology*. Cambridge University Press, UK.
- Stejskal V., Hubert J., Aulicky R., Kucerova Z. 2015. Overview of present and past and pest-associated risks in stored food and feed products: European perspective. *Journal of Stored Products Research* 64: 122-132.

Motýle (Lepidoptera)

Niektoré druhy motýľov (Lepidoptera) sú v poľnohospodárstve a lesníctve považované za škodcov, väčšina má však dôležitú úlohu pri opeľovaní. Väčšina druhov motýľov sa adaptovala na danú ekologickú niku a je obmedzená na malú skupinu alebo len na jeden druh živnej rastliny. Preto je ich výskyt vo viacerých typoch biotopov zriedkavý. Lepidoptera sú taktiež dôležitou súčasťou potravných reťazcov, tvoria potravu pre rôzne druhy bezstavovcov ale aj stavovcov.

Viacere druhy obývajú aj mestské prostredie. Vo Varšave bolo zaznamenaných 61 % zo všetkých druhov z čeľade Noctuidae žijúcich v Poľsku. Tie prichádzali do mesta z prímestských oblastí za účelom vyhľadávania potravných zdrojov alebo boli priťahované teplom a silným svetlom, ktoré je počas noci viditeľné do značnej vzdialenosti. Prítomnosť niektorých druhov v meste bola náhodná – krátkodobá. Avšak druhá časť našla v meste priaznivé podmienky na dokončenie svojho vývinového cyklu alebo do mesta pravidelne prichádzali v čase, keď sa objavili hostiteľské rastliny pre ich húsenice.

Denným motýľom v mestách sa venovala nemecká štúdia, v ktorej porovnávali ich diverzitu v kvetnatých rurálnych oblastiach s mestskými kvetnatými oblasťami. Bola zaznamenaná ich nižšia diverzita v mestách. Údaje z Bukurešti naopak ukazujú, že pred 100 rokmi bola v meste diverzita motýľov (Lepidoptera) podobná s okolitými rurálnymi oblasťami. Dôvodom bola likvidácia okolitých lesných biotopov a ich následná premena na poľnohospodárske oblasti. Na začiatku 20. storočia bolo v Bukurešti identifikovaných 516 druhov, v súčasnosti ich už existuje len 167. Aktuálny pokles počtu druhov motýľov je výsledkom rozvoja mesta – napr. pozemky so záhradami boli nahradené výstavbou bytových jednotiek a tak došlo k zániku ich habitatov.

Moľa šatová (*Tineola bisilliella*) kladie vajíčka na povrch oblečenia, hlavne na vlnené tkaniny, prírodné koberce, kožušiny či uskladnenú vlnu. Larvy následne prechádzajú 3-5 štádiami, čo im môže trvať medzi 35 dňami až 2,5 rokmi, v závislosti od teploty prostredia. Mole sú schopné zaletieť na vzdialenosť 400 až 800 m, gravidné samice sú však zlé letci.

Moľa obilná (*Nemapogon granella*) je pôvodom z Európy. Kladie vajíčka (50-200 ks jedna samica) priamo na potravu a ich vývin trvá 200 – 400 dní pri 18 °C. Vo vínnych pivniciach sa larvy živia korkom a plesňou na ňom. Bežne sa ale druh živí obilím, sójovými bôbmi, sušeným ovocím, hubami a pod. V súčasnosti je kozmopolitne rozšírená, ale predpokladá sa jej pôvod v Palearkte.

Použité zdroje:

- Culin J. 2018. Lepidopteran, Encyclopædia Britannica, inc.
- Kelcey J.G. 2015. Vertebrates and Invertebrates of European Cities: Selected Non-Avian Fauna. Springer-Verlag New York Inc. 700 pp.
- Robinson W.H. 2005. Urban insects and arachnids. A Handbook of Urban Entomology. Cambridge University Press, UK.
- Stejskal V., Hubert J., Aulicky R., Kucerova Z. 2015. Overview of present and past and pest-associated risks in stored food and feed products: European perspective. Journal of Stored Products Research 64: 122–132.
- Theodorou P., Radzevičiūtė R., Lentendu G., Kahnt B., Husemann M., Bleidorn Ch., Settele J., Schweiger O., Grosse I., Wubet T., Murray T.E. & Paxton R.J. 2020. Urban areas as hotspots for pollination but not a panacea for all insects. Nature Communications 11: 576.
- Winiarska G. 2002. Butterflies and moths (Lepidoptera) in urban habitats: the moths of Warsaw. I. Noctuidae, Pantheidae, Nolidae. Fragmenta Faunistica 45: 131 – 145.

Dvojkrídlovce (Diptera)

Dvojkrídlovce sú veľmi dobre známymi „škodcami“ v mestskom prostredí. Často sa živia rozkladajúcim sa organickým materiálom, alebo sú krvcicajúce. Niekoľko druhov prezimuje v ľudských príbytkoch, na povalách, v prasklinách stien, v izbách či v pivniciach. Rôzne druhy komárov využívajú technotelmy na rozmnožovanie. Niektoré druhy sú známymi vektormi (vírus žltej horúčky – komár *Aedes aegypti*, *Plasmodium* sp. - *Anopheles* sp., *Leishmania* sp. - *Lutzomyia* a pod.).

V parkoch mesta Cincinnati (Ohio, USA) potvrdili druhovú bohatosť dvojkrídlovcov v súlade s teóriou ostrovov (kap. 3). Zaznamenané hodnoty $\underline{z}$ (viď kap. 3.3 – výpočet **očakávaného počtu druhov** v ostrovnom biotope) boli vyššie, ako je očakávateľné pri kontinentálnych ostrovoch, čo naznačuje, že Diptera parkov sú izolovanejšie, ako druhy vyskytujúce sa na oceanických ostrovoch. Zaznamenali tiež, že so zväčšovaním plochy parkov sa redukuje risk vyhynutia vo výraznejšej miere, ako sa vyskytujú nové habitaty pre špecializované druhy.

Pri odchYTE dvojkrídlovcov na návnady v rôznych častiach Los Angeles boli často zaznamenané druhy čeľade **drozofilovité (Drosophilidae)**. Preferujú kaziace sa ovocie časté v ľudských sídlach, ale niektoré druhy, ako napríklad drozofila *Drosophila flavohirta*, pochádzajúca z Austrálie, sa rozšírila do sveta vďaka pestovaniu eukalyptu, keďže žije a rozmnožuje sa v jeho kvetoch.

Najznámejší synantropný zástupca Diptera je komenzálne žijúca mucha domáca (***Musca domestica***), ktorá pravdepodobne sprevádza ľudstvo od praveku a využíva domácnosti aj na úkryt a tiež v nich nachádza zdroje potravy, vďaka čomu sa spolu s ľuďmi rozšírila po celom svete. Keďže sa ale kŕmi na exkrementoch a hniúcich odpadkoch, prenáša aj rôzne druhy patogénov. Napríklad pri štúdií v Líbyi bolo pozorované, že muchy vynášali na antibiotiká rezistentné baktérie z okolia nemocníc, kde takéto kmene vznikajú.

V ľudskej blízkosti žijú aj bzučivkovité (Calliphoridae), z ktorých napríklad bzučivka zelená (***Lucilia sericata***) pôvodne kladla vajíčka do hnijúceho mäsa. Môže klať aj do otvorených ľudských rán, čím zanecháva do rany infekcie a myiázy. Keďže sa ale zistilo, že larvy *Lucilia serata* v rane konzumujú len nekrotické tkanivo a zdravé nechávajú nedotknuté, začali sa larvy odchované v sterilnom prostredí používať v medicíne na čistenie zle hojajúcich sa rán. Tiež sekréty, ktoré vylučujú majú antibiotické vlastnosti a tým pomáhajú predísť infekcii niektorými druhmi baktérií. Dokonca odstraňujú baktérie odolné voči rôznym druhom antibiotík. Napríklad meticilín rezistentný *Staphylococcus aureus*, proti ktorému sa larvy *Lucilia serata* úspešne používajú.

Niektoré druhy Diptera sa živia priamo parazitizmom na ľudských hostiteľoch, alebo hospodárskych zvieratách. Druhy rodu *Culex* prenášajú parazity, ktoré spôsobujú ochorenia a smrť až milióna ľudí ročne. Komár piskľavý (***Culex pipiens***) konzumuje ľudskú krv, ale preferuje vtáčích hostiteľov aj takých druhov, ktoré žijú blízko človeka (Columbidae). Teplé prostredie ľudských príbytkov tiež pomáha *Culex pipiens* prežiť zimu v stave diapauzy.

Krvou dobytka ale aj ľudskou sa živia aj zástupcovia **muškovitých (Simuliidae)** a **ovadovitých (Tabanidae)**, alebo **bodavky (Stomoxyni)**, ktoré ale sú viazané skôr na ľudskú činnosť. Uštipnutie Simuliidae je bolestivé, rana sa dlho hojí a často po ňom vznikajú alergie s výrazným opuchom v oblasti uštipnutia. Tiež v tropickej Afrike často slúži ako vektor parazita *Onchocerca volvulus*.

Použité zdroje:

Bexfield A., Nigam Y., Thomas S. & Ratcliffe N.A. 2004. Detection and partial characterisation of two antibacterial factors from the excretions/secretions of the medicinal maggot *Lucilia sericata* and their activity against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). *Microbes and Infection* 6(14): 1297-1304.

- Dalmat H.T. 1955. The black flies (Diptera, Simuliidae) of Guatemala and their role as vectors of onchocerciasis. *Smithsonian Miscellaneous Collections*.
- Dar L.M., Hussain S.A., Abdullah S., Rashid A., Parihar S. & Rather F.A. 2013. Maggot therapy and its implications in veterinary medicine: An overview. *Journal of Advanced Veterinary Research* 3(1): 47-51.
- Faeth S.H. & Kane T.C. 1978. Urban biogeography: City parks as islands for Diptera and Coleoptera. *Oecologia* 32(1): 127.
- Grimaldi D., Ginsberg P.S., Thayer L., McEvey S., Hauser M., Turelli M. & Brown B. 2015. Strange little flies in the big city: exotic flower-breeding Drosophilidae (Diptera) in urban Los Angeles. *PLoS One*, 10(4).
- Rahuma N., Ghenghesh K.S., Ben Aissa R. & Elamaari A. 2005. Carriage by the housefly (*Musca domestica*) of multiple-antibiotic-resistant bacteria that are potentially pathogenic to humans, in hospital and other urban environments in Misurata, Libya. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology* 99(8): 795-802.
- Wollina U. 2015. Myiasis on squamous cell carcinoma of skin. *Wiener Medizinische Wochenschrift* 165(3-4): 79-82.

Blchy (Siphonaptera)

Patrí sem cez 2500 druhov vtáčích a cicavčích blch. Najčastejšie sa špecializujú na jedného hostiteľa alebo skupinu príbuzných druhov. Vo všeobecnosti sa dá povedať, že hostiteľská špecificita klesá so znižujúcou sa veľkosťou hostiteľa. Blchy môžu byť vektormi vírusov, baktérií (napr. rikécie), parazitických protozoa ale aj helmintov. Z parazitických helmintov napríklad po prehltnutí blchy psoj (*Ctenocephalides canis*) sa pes môže nakaziť pásomnicou psou (*Dipylidium caninum*). Iné druhy pásomníc z rodu *Hymenolepis* sú podobným spôsobom prenášané medzi myšami a potkanmi.

Počas dvojročného zberu blch na veterinárnej klinike v Cuernavaca (Mexiko) zaznamenali infestáciu u 30,3 % psov a 30,1 % mačiek. Nepozorovali sezónny rozdiel v zamorení, ani žiaden vzťah s teplotou alebo zrážkami a teda životný cyklus blch prebiehal počas celého roka. U psov bolo 81,1 % napadnutých len **blchou mačacou** (*Ctenocephalides felis*), 16,8 % **blchou psou** (*C. canis*) a 2 % psov mali oba druhy blch. U mačiek boli 92,3 % jedincov infikovaných blchou mačacou, a zvyšných 7,7 % oboma druhmi blch. Iné druhy blch neboli zaznamenané.

V Cotonou (Benin) realizovali prieskum blch na drobných cicavcoch v meste. Zaznamenali potkana tmavého (*Rattus rattus* – 63,7 %), myš (*Mastomys* sp. (11,8 %), potkana hnedého (*Rattus norvegicus* – 11,5 %) a bieložúbku *Crocidura olivieri* (7,9 %). Najčastejšou bola **blcha morová** (*Xenopsylla cheops*) v 97,2 % prípadov. V prevalencii blch zaznamenali významnú variabilitu s vyššou prevalenciou počas obdobia sucha.

Použité zdroje:

- Cruz-Vazquez C., Gamez E.C., Fernandez M.P. & Parra M.R. 2001. Seasonal occurrence of *Ctenocephalides felis* and *Ctenocephalides canis* (Siphonaptera: Pulicidae) infesting dogs and cats in an urban area in Cuernavaca, Mexico. *Journal of Medical Entomology* 38(1): 111-113.
- Houemenou G., Kassa B. & Libois R. 2014. Spatiotemporal variations of the incidence of the fleas (Siphonaptera) on domestic small mammals in the city of Cotonou, Benin. *Journal of Applied Biosciences* 80: 7113-7120.
- Robinson W.H. 2005. Urban insects and arachnids. A Handbook of Urban Entomolgy. Cambridge University Press, UK.

Švehlovce (Lepismatidae)

Švehlovce sa v prirodzenom prostredí živia najmä detritom, často preferujú tmavé a vlhké miesta. Viaceré druhy sú trvalými obyvateľmi domov (vnútražškov), časté sú v kúpeľniach a na toaletách. v domácnostiach sa živia papierom, tkaninami či obilninami.

Švehla obyčajná (*Lepisma saccharina*) je kozmopolitný synantropný druh, ktorý sa v južnej Európe vyskytuje aj vo voľnej prírode. Obývajú vlhké oblasti a vyžadujú relatívnu vlhkosť od 75 % do 95 %. Živia sa organickým odpadom, hlavne polysacharidmi, aj papierom a textilom. Obýva priestory s teplotou 22 – 27°C a vlhkosťou 75 – 97 %. Je schopná prežiť takmer rok bez potravy. Vďaka svojim ekologickým nárokom sa vyskytuje v blízkosti ľudí, hlavne v pivniciach, kúpeľniach, práčovniach

Ďalším druhom je **švehla skleníková (*Thermobia domestica*)**. Pravdepodobne je tiež pôvodom zo Stredomoria. Vyskytuje sa najmä v pekárňach, živí sa múkou a múčnymi produktami. Je to ešte teplomilnejší druh ako *Lepisma saccharina*. Obýva priestory s teplotami medzi 32 až 41 °C s vlhkosťou 76 – 85 %, v kotolniciach, parných tuneloch či v pekárňach. Je schopná prežiť dlhší čas bez potravy a prijímať vodu zo vzdušnej vlhkosti.

Použité zdroje:

- DeVries Z.C. & Appel A.G. 2013. Standard metabolic rates of *Lepisma saccharina* and *Thermobia domestica*: Effects of temperature and mass. *Journal of Insect Physiology* 59: 638-645.
- Stejskal V., Hubert J., Aulicky R., Kucerova Z. 2015. Overview of present and past and pest-associated risks in stored food and feed products: European perspective. *Journal of Stored Products Research* 64: 122–132.
- Sweetman H.L. 1938. Physical ecology of the firebrat, *Thermobia domestica* (Packard). *Ecological Monographs*, 8(2): 285-311.

Šváby (Blattidea)

Vďaka rozvoju transportu a obchodu je známy celý rad druhov Brattodea s kozmopolitným rozšírením. Stále sú nové druhy zavliekané mimo svojho prirodzeného rozšírenia, najmä s ovocím. Väčšinou sa trvalo neusídli (viď kap. 3.5).

Stálymi obyvateľmi mestskej fauny sú druhy: šváb obyčajný (*Blatta orientalis*), šváb americký (*Periplaneta americana*), šváb australský (*Periplaneta australasiae*), rus domový (*Blattella germanica*), šváb *Supella supellectilium*. Veľmi úspešné sú najmä *B. germanica* a *B. orientalis*, ktoré osídľujú aj novostavby v priebehu 9 – 12 mesiacov. Príčinou ich rozšírenia je veľmi veľká plodnosť a odolnosť voči rôznym chemickým látkam, pričom využívajú rôzne ťažko dostupné miesta a úkryty.

Viaceré druhy si evolučne vypestovali toleranciu na biocídy a zároveň aj inštinktívne správanie vedúce k vyhýbaniu sa konzumu biocídnych látok. *Blattella germanica* si vyvinul adaptívnu behaviorálnu averziu na glukózu, ktorá sa nachádza v otrávených návnadách.

Aj vďaka prirodzenej inklinácii švábov k vlhkému prostrediu a ich agregácii pri rozkladajúcich sa organických hmotách, šváby prosperujú v urbánných oblastiach. Veľa zavlečených druhov si v mestách nájde práve také miesta, ktoré podmienkami, hlavne teplotou a vlhkosťou, pripomínajú ich prirodzený areál výskytu. Preto sa veľa druhov adaptovalo na život vnútri ľudských obydlí, kde sú takéto podmienky pomerne stále počas celého roka. Napr. druhy švábov *Periplaneta americana* a *Periplaneta fuliginosa*, ktoré majú malú toleranciu na sucho a chlad. *Blattella germanica* taktiež preferuje vlhkejšie habitaty a často sa nachádza v kúpeľniach a v kuchyniach. Ďalšou charakteristikou druhov, ktoré boli zavlečené pomocou človeka, je vysoká tolerancia na stresujúce/rušivé prvky. Druhy

rodov *Blattella* a *Supella* mimo svojho pôvodného areálu rozšírenia bývajú silne závislé na ľudskej činnosti a na ľudských obydliach

Šváb *Pycnoscelus surinamensis* je pôvodom z Malajského súostrovia. Môže mať partenogenetické aj bisexuálne populácie. V Spojenom kráľovstve, kontinentálnej Európe a v USA doposiaľ neboli zaznamenaní samci tohto druhu, jedná sa tak o partenogenetické populácie. Naopak na Havaji a v niektorých častiach Ázie boli potvrdené bisexuálne populácie. Prirodzene sa tento druh vyskytuje pod skalami a zahrabaný v substráte, v Texase sa vyskytujú v hniezdach hlodavcov rodu *Neotoma*. Ľuďom spôsobuje ekonomické straty požieraním koreňov a hľúz pestovaných plodín. V teplých oblastiach sa vyskytuje pri ľudských sídlach, v USA najmä v skleníkoch. Občas sa nachádza v kvetináčoch rastlín v obchodoch, v hoteloch a podobne. Záznamy o tomto druhu sú z Anglicka, Škótska, Nemecka, USA, Havaja.

Šváb *Rhyparobia maderae* obľubuje ovocie, najmä banány a citrusy. Do sveta bol zavlečený práve ich vývozom. V urbánnych oblastiach vnútri obydľí sa vyskytuje na ostrove Madeira, na Filipínach, na ostrove Trinidad a podobne. V Portoriku sa nachádza v obchodoch s ovocím a zeleninou, v skladoch a na trhoch s potravinami. V New Yorku sa ustálila populácia *Rhyparobia maderae* vo vykurovaných budovách. Pravdepodobne bol do New Yorku zavlečený nie s ovocím, ale v osobných batožinách ľudí, čo prišli z Portorika. *Rhyparobia maderae* sa vyskytuje v rôznych krajinách tropického pásma, napríklad Maroko, Španielsko, Korzika, Jamajka, Kuba, Indonézia, Havaj, Brazília a krajiny západnej Afriky, odkiaľ pravdepodobne pochádza.

Rus domový (*Blattella germanica*) je druh, ktorého prirodzené prostredie je pravdepodobne vlhká opadanka listnatých lesov južnej Ázie. V súčasnosti nie sú známe žiadne divoké populácie tohto druhu. V urbánnom prostredí sa vyskytuje vnútri ľudských obydľí. Preferuje miesta s vysokou vlhkosťou a hojným zdrojom potravy. Jedinci sa agregujú pri potrave pomocou značkových feromónov vylúčených pri defekácii. Pri prekročení istej hranice tohto feromónu nastane opačná, a to repelentná reakcia. Jedince sa namiesto zhromažďovania rozprchnú preč od daného miesta. Vďaka menšej veľkosti všetkých vývinových štádií, sa ľahko skrýva v štrbinách a kútoch ľudských obydľí. Jedince *Blattella germanica* vedia migrovať na vzdialenosť 500 m až 1 km, väčšinou migrujú dospelé samice. Druh si vyvinul už spomínanú fyziologickú a behaviorálnu rezistenciu voči insekticídum. Niektoré z týchto adaptácií zahŕňajú menšiu priepustnosť kutikuly, zvýšenú metabolickú degradáciu, atď.

Šváb obyčajný (*Blatta orientalis*) pochádza z Krymského polostrova a z okolia Kaspického a Čierneho mora. V urbánnom prostredí sa vyskytuje aj pri aj vnútri ľudských sídel. Veľké populácie sa typicky nachádzajú v podzemí, pivniciach, šachtách, kanalizačných rúrach a na mestských skládkach. Podobne ako *Blattella germanica*, sa agreguje tento druh pomocou vylučovaných feromónov. *Blatta orientalis* preferuje chladnejšie teploty oproti iným švábom a preto je bežný aj v chladnejších oblastiach.

Šváb americký (*Periplaneta americana*) má zavádzajúci názov, keďže ani jeden druh z rodu *Periplaneta* nepochádza z amerického kontinentu (Obr. 35). Pravdepodobne sa na americký kontinent dostal lodnou dopravou z Afriky. Z jedného vraku španielskej lode v roku 1625 bol získaný dôkaz prítomnosti tohto druhu na palube. Väčšina druhov rodu *Periplaneta* sa nevyskytuje bezprostredne v blízkosti ľudí a ich sídiel, ale *Periplaneta americana* sa vyskytuje ako vonku tak aj vnútri sídel. Nachádza sa na mestských skládkach, v čističkách odpadových vôd, v kanalizačnom systéme pod veľkými metropolami sveta. Ak je habitat vyhovujúci, ako napríklad na skládke alebo v podpalubí lode, populácia môže dosahovať obrovské počty jedincov. Vyhovujúci habitat jedince označujú pomocou feromónov z výkalov, podobne ako u *Blatta orientalis* a *Blattella germanica*. V

bytových priestoroch sa vyskytuje v pivniciach a suterénoch, ale okrem podzemia ho naopak možno nájsť aj v najvyšších poschodiach vysokých budov.



Obr. 35. Šváb americký (*Periplaneta americana*) v mestskom prostredí Indie (Foto: Ondrej Kameniar).

Použité zdroje:

- Abed D., Brossut R. & Farine J.P. 1994. Evidence for sex pheromones produced by males and females in *Blatta Orientalis* (Dictyoptera, Blattidae). *Journal of Chemical Ecology* 20(3): 819-820.
- Bao N. 1997. Population biology and ecology of *Periplaneta americana* (L.) in the urban environment. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Bell W.J. & Adiyodi K.G. eds. 1982. The american cockroach. Springer Science & Business Media.
- Parker Jr. E.D., Selander R.K., Hudson R.O. & Lester L.J. 1977. Genetic diversity in colonizing parthenogenetic cockroaches. *Evolution*: 836-842.
- Robinson W. 2005. Urban Insects and Arachnids: A Handbook of Urban Entomology. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tang Q., Bourguignon T., Willenmse L., De Coninck E. & Evans T. 2019. Global spread of the German cockroach, *Blattella germanica*. *Biological Invasions* 21: 693-707.
- Wada-Katsumata A., Silverman J. & Schal C. 2013. Changes in taste neurons support the emergence of an adaptive behavior in cockroaches. *Science* 340(6135): 972-975.

Termity (Isoptera)

Väčšina druhov Isoptera má veľký význam ako dekompozítory. Mnoho z nich je však aj považovaných za škodcov, pretože spôsobujú škody na budovách a v poľnohospodárstve.

Termity sú neúmyselne prepravované v stavebnom materiáli alebo drevených debnách s tovarom. V urbánnom prostredí sú známe najmä termity, živiace sa suchým drevom z čeľade Kalotermitidae, termity vlhkého dreva a subteránne termity čeľade Rhinotermitidae. Z celkovo vyše 2300 druhov

Isoptera je známych 183 druhov spôsobujúcich škody na stavbách. V USA je 95 % poškodení stavebného dreva spôsobených termitmi rodov *Reticulitermes*, *Heterotermes* a *Coptotermes*. V tropickej a subtropickej Číne je najrozšírenejším škodcom v urbánnom prostredí *Coptotermes formosanus*.

Najzávažnejšími škodcami stavieb v Južnej Amerike sú introdukované druhy *Coptotermes havilandi* (pôvodom z juhovýchodnej Ázie) a *Cryptotermes brevis* (pravdepodobne zo strednej Ameriky – Jamajka) a domáci druh *Nasutitermes corniger*. Fauna juhoamerických miest je považovaná za recentnú, prítomné sú tu najmä druhy prirodzene sa vyskytujúce na savanách cerrado. Sú to rozsiahle biómy v Brazílii, typu vlhkej savany s podstatným zastúpením drevín a tráv. *Coptotermes testaceus* je často zdrojom škôd na stromoch v mestách. K poškodeniam dochádza aj na trávnikoch a záhradách lesnými a pôdnymi druhmi ako *Syntermes dirus*, *Syntermes wheeleri*, *Cornitermes cumulans* a *Procornitermes araujoi*.

Do strednej Európy boli už niekoľko krát zavlečené. Jediný úspešný kolonizátor je termit ***Reticulitermes flavipes*** (z juhu Severnej Ameriky). Prvé exempláre boli nájdené vo Viedni v skleníku Botanickej záhrady v roku 1837. V roku 1934 bol zistený v Hamburgu, a neskôr bol zistený aj v Mannheim (Nemecko). Žije v pôde a živí sa drevom ležiacim na/v pôde. Dobre odoláva aj studeným zimám.

Použité zdroje:

- Clément J.L., Bagnères A.G., Uva P., Wilfert L., Quintana A., Reinhard J. & Dronnet S. 2001. Biosystematics of *Reticulitermes* termites in Europe: morphological, chemical and molecular data. *Insectes sociaux* 48: 202-215.
- Constantino R. 2002. The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. *Journal of Applied Entomology* 126(7-8): 355-365.
- Robinson W.H. 2005. Urban insects and arachnids. A handbook of Urban Entomology. Cambridge University Press, New York.
- Su N.Y. & Scheffrahn R.H. 2000. Termites as Pests of Buildings. In: Abe T., Bignell D.E., Higashi M. (eds) *Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology*. Springer, Dordrecht, 437-453.
- Thorne B.L. & Forschler B.T. 2001. NPMA Research Report On Subterranean Termites. NPCA.
- Wang C., Powell J. E. & Liu Y. 2002. A literature review of the biology and ecology of *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae) in China. *Sociobiology* 40(2): 343-364.

Pavši (Psocoptera)

Psocoptera sú v mestách veľmi rozšírená skupina. Vyskytujú sa vnútri budov, hlavne druhy rodu *Liposcelis* (*L. paetus*, *L. corrodens*, *L. pubescens*, *L. entomophilus* atď.). Môžu sa vyskytovať aj voľne v meste na rastlinách v parkoch a podobných habitatoch (arborikolné, folikolné a kortikolné druhy). Okrem toho boli zaznamenané aj v hniezdach holubov – pavoš múzejná (*Liposcelis divinatorius*) a druhy *Cerobasis guestfalica*, *Lepinotus patruelis*. Do miest zavlečené aj exotické druhy z trópov (*Psoquilla marginepunctata*, *Rhyopsocus speciophilus*, *Soa flaviterminata*, *Echmepteryx madagascariensis* a pod.).

V bytoch sa na rozdiel od vonkajšieho výskytu, vyskytujú najmä apterné, mikropterné a brachypterné formy. Živia sa tu plesňami a organickým detritom. Niektoré pavši sa rozmnožujú iba partenogeneticky, u iných je známa fakultatívna partenogéza. Rozširujú sa po celom svete s prepravou tovarov, hlavne potravín. Bol zdokumentovaný dovoz pavší druhov *Liposcelis*

entomophila a *Liposcelis bostrychophila* s ryžou z Vietnamu do Českej Republiky. Pavoš *Liposcelis corrodens* bola zase nájdená vo vývoze obilia z EÚ do Číny.

Pavoš *Dorypteryx domestica* bola pôvodne popísaná v Zimbabwe (1958). Prvý krát bola zaznamenaná v Európe v roku 1973 a veľmi rýchlo sa rozšírila do ďalších európskych krajín, pričom bola zaznamenávaná najmä v obydlíach, prípadne v skladoch obilia, zriedkavo vo voľnej prírode. Prebehla redeskripcia tohto druhu ako brachypterného a neschopného letu.

Použité zdroje:

- Kučerová Z. 1997. Macropterous form of *Dorypteryx domestica* (Psocoptera: Psyllipsocidae). *European Journal of Entomology* 94(4): 567-573.
- Robinson W.H. 2005. *Urban insects and arachnids. A handbook of Urban Entomology*. Cambridge University Press, New York.
- Stejskal V., Hubert J., Aulicky R. & Kucerova Z. 2015. Overview of present and past and pest-associated risks in stored food and feed products: European perspective. *Journal of Stored Products Research* 64: 122–132.

Švoly (Mallophaga)

Švoly sú ektoparazity najmä u vtákov, menej u cicavcov. Živia sa perím, srstou a kožou, druhy rodu *Trochilocoetes* sú tiež hemofágne. Mallophaga v urbánnom prostredí sú najmä parazitmi domácich zvierat a mestských vtákov. Hoci údajov je málo, zistilo sa, že na mestských populáciách havrana čierneho (*Corvus frugilegus*), drozda čierneho (*Turdus merula*) a vrabca domového (*Passer domesticus*) je infestácia švolami oveľa vyššia ako v prirodzenom prostredí. Z veterinárnej praxe pochádzajú údaje najmä o domácich zvieratách, napr. srstiarka mačacia (*Felicola subrostratus*) parazituje v srsti mačiek, srstiarka psia (*Trichodectes canis*) u psov, peniarka holubia (*Columbicola columbae*) a švola holubia (*Hohorstiella lata*) v perí holubov, *Brueelia cyclothorax*, periarka *Philopterus fringillae* a *Rostrinirmus ruficeps* v perí vrabca poľného.

Použité zdroje:

- Mullen G.R. & Durden L.A. eds. 2009. *Medical and veterinary entomology*. Academic press.
- Ošlejšková L., Krištofík J., Trnka A. & Sychra O. 2021. An annotated checklist of chewing lice (Phthiraptera: Amblycera, Ischnocera) from Slovakia. *Zootaxa* 5069(1): 1-80.
- Robinson W.H. 2005. *Urban insects and arachnids. A handbook of Urban Entomology*. Cambridge University Press, New York.

Cikády (Auchenorrhyncha)

Urbánna fauna cikád je určovaná (závislá) ponukou hostiteľských rastlín, bezprostredným okolím, veľkosťou a štruktúrou mesta, pretože sú herbivorné ako ich nymfy, tak dospelce. Niektoré druhy sú škodcami hospodársky dôležitých rastlín, môžu sa vyskytovať vo veľkých počtoch hlavne v lete. Často sú cikády atrahované svetlom do ľudských príbytkov, ale záznamov o uhryznutí cikádou je naozaj len zopár. Adulty dobre lietajú, na väčšie vzdialenosti boli skôr niektoré druhy cikád zavlečené spolu s drevinami – *Opsius stactogalus* (s tamariškom *Tamarix* sp.), *Edwardsiana rosae* (s ružami), *Fieberiella flori* (xerothermný submediteránny druh, zavlečený s vtáčim zobom *Ligustrum* sp.). V mestách sa vyskytujú najmä xerothermné druhy.

Vo Varšave bolo zistených 171 druhov, z toho 97 v parkoch, na zelených plochách pri domoch 60 a v centre mesta 43. Aj na najmenších zelených plochách žilo 10 – 12 druhov, často o vysokej hustote. V parkoch s rozmanitou vegetáciou najbežnejšie dominovali *Deltocephalus pulicaris*, *Javesella pellucida*, *Psamotettix confinis*, na vlhkých miestach boli hojné *Ribautodelphax albostratus* a *Acanthodelphax spinosus*. Na zeleni blízko domov zaznamenali podobné druhové zloženie ako v parkoch, najčastejšie sa vyskytujúce druhy boli s parkami zhodné a pribudla cikádka žltosivá (*Macrosteles laevis*). Kvôli nižšej rastlinnej diverzite a nižšej vlhkosti bola druhová diverzita v zeleni pri obydliach nižšia. Na najviac manažovaných plochách zelene (trávniky, ihriská) sa vyskytovalo len málo druhov a zriedkavo dosahovali vyššiu abundanciu.

Druh cikády *Metcalfa pruinosa* je pôvodom z nearktu, so širokým rozšírením na východe Severnej Ameriky (od Kanady po Mexiko). V roku 1979 bola prvýkrát zaznamenaná introdukcia do Talianska, kde sa cikáda aklimatizovala na Európske prostredie. Nasledovala disperzia na stredne dlhé vzdialenosti, najčastejšie pozdĺž dopravných štruktúr. V roku 1985 tento druh zaznamenali vo Francúzsku, 1991 v Slovinsku, 1996 v Rakúsku a v roku 2001 bol publikovaný nález *Metcalfa pruinosa* v Českej Republike v záhradkárskom obchode s okrasnými rastlinami (Lauterer & Malenovsky 2002).

Použité zdroje:

- Bleicher K., Markó V. & Orosz A. 2007. Species composition of Cicada (Auchenorrhyncha) communities on the surrounding vegetation of apple orchards in Hungary. *Natura Somogyiensis* 10: 135-142.
- Chudzicka E. 1982. Auchenorrhyncha (Homoptera) of Warsaw and Mazovia. *Memorabilia zoologica* 36: 143-164.
- Lauterer P. & Malenovsky I. 2002. *Metcalfa pruinosa* (Say, 1830) introduced into the Czech Republic: (Hemiptera, Flatidae). *Cicadina* 5: 10-13.
- Robinson W.H. 2005. Urban insects and arachnids. A handbook of Urban Entomology. Cambridge University Press, New York.
- Stewart A.J.A., Hodge P.J., Flanagan J. & Bantock T. 2015. The leafhoppers *Fieberiella florii* and *F. septentrionalis* (Hemiptera: Cicadellidae) new to Britain. *British Journal of Entomology and Natural History* 28(2): 65-69.
- Virla E.G., Logarzo G.A. & Paradell S.L. 2010. Occurrence of the tamarix leafhopper, *Opsius stactogalus* Fieber (Hemiptera: Cicadellidae), in Argentina. *Journal of Insect Science* 10(1): 1-5.

Červce (Coccoidea)

Červce sa vyskytujú so svojimi hostiteľskými rastlinami, či už vo voľných habitatoch, ale aj v domoch, skleníkoch a pod. Okrem toho sú pravidelne importované s ovocím, najmä s citrusovými plodmi. Z Francúzska je známych 96 introdukovaných druhov, z Talianska 92, či z Portugalska 41. Údaje sú skôr úlomkovité, ale aj tak možno povedať, že v stredoeurópskych mestách dominujú euryekné a polyfágne druhy, často až masovo namnožené. Patria sem najmä druhy ako puklica slivková (*Parthenolecanium corni*), štítnička morušová (*Pseudaulacaspis pentagona*), štítnička čiarkovitá (*Lepidosaphes ulmi*), červec jaseňový (*Pseudochermes fraxini*), štítnička biela (*Chionaspis salicis*), vyskytujúce sa

V Poľsku je známych 51 druhov červcov, z toho 26,7 % bolo introdukovaných z neotropických alebo orientálnych regiónov. Podobné hodnoty sú známe aj z iných krajín, napríklad Veľká Británia 23,6 %, Francúzsko 24,6 %, Taliansko 26,8 %. Z niektorých čeladi sa v Poľsku nachádza dokonca viac druhov introdukovaných ako pôvodných (Diaspididae: 30 introdukovaných a 18 pôvodných druhov červcov). Až 46 druhov žije v interiéri, 4 druhy sú exteriérové a 1 druh je schopný prežiť vonku aj vnútri. Celkovo 16 druhov označili za invázne a ďalších 13 za druhy ohrozujúce pôvodné druhy rastlín (Lagowska et al. 2015).

s hostiteľskými – hospodárskymi a okrasnými rastlinami.

Na mestských stromoch a okrasných záhonoch predstavujú druhy červcov bohato zastúpenú skupinu herbivorov. Napádajú tiež mestskú zeleň, ktorá je negatívne ovplyvnená teplom, suchom, či iným stresom. Závažným škodcom mestskej zelene je črvec *Ceroplastes japonicus*, napádajúci vavrín, cezmínu a brečtan. Črvec *Phenacoccus madeirensis* poškodzuje viaceré okrasné a hospodárske rastliny, vrátane kaktusov, lantany menlivej (*Lantana camara*), muškátov (*Pelargonium* spp.) a druhy čeľade ľuľkovitých (Solanaceae). Okrem toho v ovocných sadoch sa vyskytujú aj štítnička nebezpečná (*Quadraspidiotus perniciosus*), štítnička lastúrovitá (*Quadraspidiotus ostreaeformis*), štítnička červená (*Epidiaspis leperii*) a iné.

Použité zdroje:

- Frank S.D., Backe K.M., McDaniel C., Green M., Widney S. & Dunn R.R. 2019. Exotic urban trees conserve similar natural enemy communities to native congeners but have fewer pests. *PeerJ* 7:e6531.
- Łagowska B., Golan K., Kot I., Kmiec K., Gorska-Drabik E. & Goliszek K. 2015. Alien and invasive scale insect species in Poland and their threat to native plants. *Bulletin of Insectology* 68(1): 13-22.
- Mazzeo G., Longo S., Pellizzari G., Porcelli F., Suma P. & Russo A. 2014. Exotic scale insects (Coccoidea) on ornamental plants in Italy: a never-ending story. *Acta zoologica bulgarica* 6: 55-61.

Vošky (Aphidoidea)

Veľa druhov vošiek je viazaných na mesto. Pravdepodobná príčina spočíva v tom, že po poškodení rastlín imisiami sa hojnejšie vyskytuje rozpustený dusík, resp. jeho zlúčeniny, čo využívajú práve mnohé druhy vošiek ako zdroj potravy. Preto populácie niektorých druhov sú v mestách početnejšie. Druhým dôležitým faktorom je široká ponuka hostiteľských rastlín v mestách. Aphidoidea poškodzujú hospodárske plodiny a znižujú výnosy, ale majú väčší vplyv tým, že sú prenášačmi rastlinných vírusov.

V parku Cytadela v Poznani (Poľsko) zaznamenali spolu 67 druhov vošiek na 56 druhoch stromov a kríkov. Pre porovnanie, v Botanickej záhrade v Poznani bolo zaznamenaných na 8000 druhoch živých rastlín 107 druhov vošiek. Zaznamenané boli ako na miestnych, tak na exotických druhoch rastlín.

Podobne ako iné druhy rastlinných škodcov, sú vošky často zavliekané spolu so svojou hostiteľskou rastlinou mimo svoj areál rozšírenia. Napríklad monofágna voška *Appendiseta robiniae* pochádza zo Severnej Ameriky a bola s agátom bielym (*Robinia pseudoacacia*) zanesená najskôr do Južnej Ameriky a následne aj do Európy. Pretože agát dobre toleruje znečistenie, je vysádzaný najmä vo veľkých mestách, pozdĺž ciest a v parkoch a teda aj výskyt *A. robiniae* je najčastejší v urbánných oblastiach.

Použité zdroje:

- Borowiak-Sobkowiak B. & Wilkaniec B. 2010. Occurrence of aphids (Hemiptera, Aphidoidea) on tree and shrubs in Cytadela Park in Poznań. *Aphids and Other Hemipterous Insects* 16: 27-35.
- Borowiak-Sobkowiak B. & Durak R. 2012. Biology and ecology of *Appendiseta robiniae* (Hemiptera: Aphidoidea)—an alien species in Europe. *Open Life Sciences* 7(3): 487-494.

Bzdochy (Heteroptera)

Bzdochy sú rozmanitá skupina hmyzu so splošteným telom a bodavo-cicavými ústnymi orgánmi. Adaptovali sa na široké spektrum habitatov: terestrické, vodné aj semiakvatické. Suchozemské druhy sú často viazané na vegetačný pokryv, kde sa živia cicaním rastlinných štiav alebo semenami. Niektoré druhy sú saprofágne v pôde alebo v hniezdach, alebo aj dravé či parazitické. Akvatické bzdochy žijú v sladkej aj slanej vode.

Ekonomicky významné sú druhy spôsobujúce poškodenie poľnohospodárskych plodín. V meste žijúce druhy patria k rôznym ekologickým skupinám – parazity teplokrvných živočíchov, nidikolné druhy, fytosúgne druhy, dravé a vodné. Krv cicajúce druhy (najmä Cimicidae, Reduviidae) môžu prenášať rôzne patogény.

Významným faktorom mortality pre Heteroptera žijúce v mestách je kosenie trávnikov. Pri porovnaní trávnikov, ktoré boli kosené každý mesiac a len dva krát do roka sa zistilo, že po každom kosení je diverzita bzdôch redukovaná o 50 %. Celkovo sa na pravidelne udržiavaných trávnikoch nevyskytovali typicky lúčne druhy.

Akvatické druhy z **Gerromorpha** a **Nepomorpha** sa môžu vyskytovať aj vo vodných telesách (jazerách, kanáloch) v mestách. Ľudskou činnosťou ovplyvnené vody (zvýšený podiel minerálov) môže dokonca spôsobiť ich vyššiu druhovú diverzitu. Napr. v poľskom meste Osztyń boli na antropicky ovplyvnených vodných telesách najčastejšie zaznamenávané druhy bzdôch *Sigara lateralis*, *Paracorixa concinna* a *Cymatia rogenhoferi*, ktorý je v Poľsku zriedkavý.

Reduviidae sú kozmopolitne rozšírené predátory, iba niekoľko zástupcov Triatominae sú ektoparazitické. Napríklad druhy *Panstrongylus megistus* a *Paratriatoma hirsuta* môžu prenášať *Trypanosoma cruzi*, pôvodcu chagasovej choroby.

Cimicidae sú parazity teplokrvných živočíchov, väčšinou preferujú konkrétny druh hostiteľa. Väčšina druhov parazituje na insektivorných netopieroch a vtákoch. Medzi parazity ľudí patrí ploštica posteľná (*Cimex lectularius*) a ploštica tropická (*Cimex hemipterus*) v tropickej oblasti. K hostiteľovi sú atrahované teplom aj chemickými vnemami. Taktiež ploštica posteľná (*Cimex lectularius*) sa spája s prenosom *Trypanosoma cruzi* (pôvodca chagasovej choroby).

Niektoré druhy čeľade **Pentatomidae** sú považované za škodcov, keď ich populácia enormne narastie. Poškodzujú bavlnu, kukuricu, sóju, stromy, vínnu révu a pod.

Napríklad bzdocha mramorovaná (*Halyomorpha halys*) sa môže živiť asi 100 druhmi rastlín, vrátane mnohých plodín. Náhodne bola zavlečená do Severnej Ameriky z Číny alebo Japonska. Prvýkrát bola zaznamenaná v Pensylvánii v r. 1998. Medzi rokmi 2001 a 2010 bolo nahlásených ďalších 54 záznamov z rôznych štátov (Maryland, západná Virgínia, Virgínia, Tennessee, Severná Karolína, Kentucky, Ohio, Illinois, Oregon, Indiana atď.). Medzi rokmi 2011 a 2012 vykázal nárast početnosti o 60 %.

Použité zdroje:

- Fears D. 2013. Scientists wage war on pervasive stink bugs. The Washington Post.
- Gondhalekar A.D. 2019. 2018 Highlights of urban entomology. Journal of Medical Entomology 56(5): 1188-1193.
- Reinhardt K. & Siva-Jothy M.T. 2007. Biology of the bed bugs (Cimicidae). Annual Review of Entomology 52: 351–374.
- Unterweger P.A., Rieger C. & Betz O. 2017: The influence of urban lawn mowing regimes on diversity of Heteroptera (Hemiptera). Heteropteron 48: 7-21.

Pomalky (Tardigrada)

Pomalky sa vyskytujú od hlbokých morí až po vrcholky hôr. Žijú vo vode, vo vodnom filme v pôde a mnohé druhy v machu. Pri vyschnutí substrátu upadajú do anabiózy. V tomto štádiu patria k najodolnejším organizmom na Zemi, čím sa aj preslávili. Pri pokusoch boli na niekoľko hodín vystavené teplote -171°C , a potom zahriate na 150°C na 15 minút a po návrate na izbovú teplotu sa o niekoľko hodín prebrali z anabiózy. Niekoľko minút vydržia aj teplotu -272°C , tiež dokážu prežiť aj desaťdňový pobyt v otvorenom kozme. Napriek tomu ich neradíme medzi extrémofyly, pretože extrémne podmienky síce pomalky dokážu prežiť, ale ich nevyžadujú. Pri dostatočne dlhom vystavení extrémom hynú a nevyznačujú sa fyziologickými adaptáciami.

Práve vďaka svojej schopnosti prežiť rôzne extrémne podmienky prostredia, pomalky prežívajú aj v mestskom prostredí. Na rozdiel od iných živočíšnych skupín, v rôznych mestách sveta neboli zaznamenané tie isté druhy výrazne často. Skôr v každom meste boli zaznamenané jedinečné druhy. Diverzita nájdených Tardigrada v danom meste zvyčajne závisí od súboru druhov, ktoré už žijú v susedných pôvodných prostrediach. Ale iba časť týchto pôvodných druhov je schopná kolonizovať nové environmentálne podmienky dostupné v mestách.

Použité zdroje:

delBarco-Trillo J. 2019. Tardigrades in the city: A review of diversity patterns in response to urbanization. Ecological Research 34: 872-878.

5.2 Vertebrata

Ryby (Piscis)

Pomerne málo prác sa venuje rybám v urbánnom prostredí. Vplyvu mesta a ľudskej činnosti na vodné objekty (rieky, potoky, jazerá a pod.) bola venovaná najmä kap. 2.5 a 2.7. Najčastejšie sa vplyv ľudí a ľudskej činnosti na ryby skúma v súvislosti so znečistením vôd, s bariérami migrácií rýb a populárnou témou vedeckých článkov sú invázne druhy. Napríklad na Slovensku za posledných asi 200 rokov pribudlo viac ako 30 druhov rýb, z ktorých viaceré sa správajú invazívne. Naopak, mnohé druhy rýb sú využívané ako bio-indikátory, preto zameraným výskumom a pravidelným monitoringom mestských populácií rýb by bolo možné dosiahnuť vhodný manažment vôd v mestských ekosystémoch.

Úhorotvaré (Anguilliformes)

Úhor *Anguilla marmorata* je rozšírený vo východnej Afrike, Polynézii a vyskytuje sa aj v subtropickkej a miernej oblasti Japonska. V povodí rieky Ohya v centrálnom Japonsku (prefektúra Shizuoka) vykonali v 70. rokoch 20. storočia intenzívny prieskum bez zaznamenania tohto druhu. V roku 2017 bol ale v rieke Ohya odchytený rekordný jedinec *Anguilla marmorata*, s dĺžkou tela 140 cm. Predpokladá sa, že vďaka odvodňovaciemu systému z mestskej oblasti a neďalekej továrne je v zime udržiavaná teplá voda v rieke počas celého roka, čo s najväčšou pravdepodobnosťou umožnilo úhorovi prežiť a kŕmiť sa v rieke aj počas zimy.

Použité zdroje:

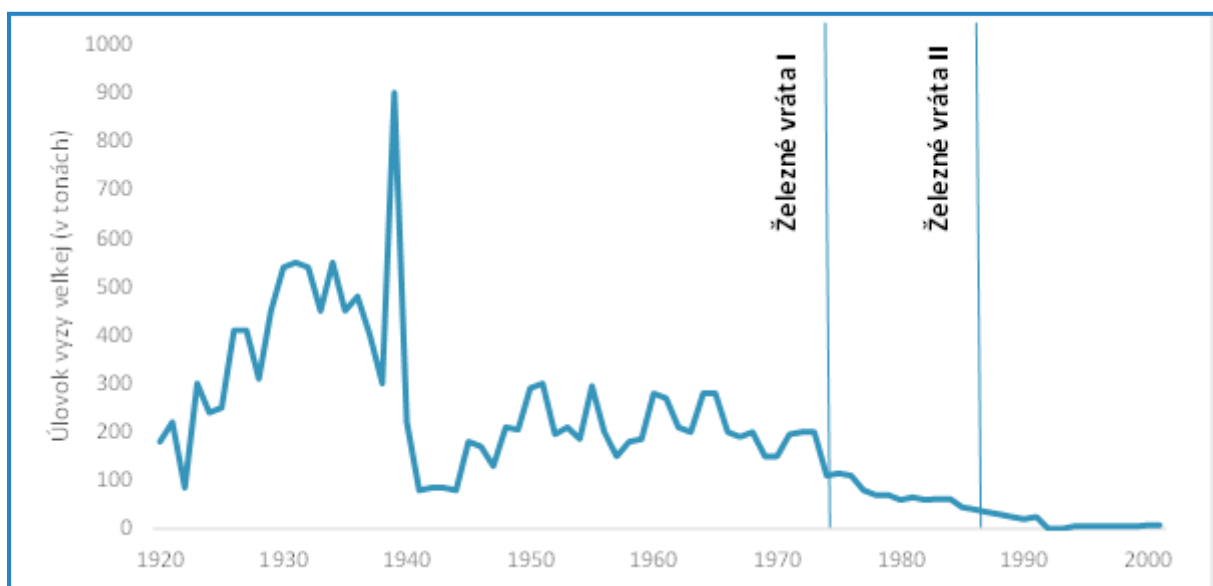
- Collins M.K., Magle S.B. & Gallo T. 2021. Global trends in urban wildlife ecology and conservation. *Biological Conservation* 261: 109236.
- Nagasawa K., Sato T. & Sasagawa K. 2020. A giant mottled eel, *Anguilla marmorata* Quoy and Gaimard, 1824 (Anguilliformes: Anguillidae), from a small urban river in Shizuoka Prefecture, central Japan. *Nature of Kagoshima= カゴシマネイチャー: an annual magazine for naturalists* 46: 367-370.

Jeseterotvaré (Acipenseriformes)

Dunajský riečny systém je dlhodobo vystavený rôznorodým, antropogénnym vplyvom, ktoré menia celý ekosystém. Tieto zmeny výrazne ovplyvnili spoločenstvá rýb, najmä jeseterov. V minulosti migrovalo Dunajom kvôli treniu šesť druhov jeseterovitých: **jeseter ruský (*Acipenser gueldenstaedtii*)**, **jeseter hviezdnatý (*Acipenser stellatus*)**, **jeseter veľký (*Acipenser sturio*)**, **jeseter hladký (*Acipenser nudiiventris*)**, **jeseter malý (*Acipenser ruthenus*)** a **vyza veľká (*Huso huso*)**. V celom systéme došlo k strate biotopov a historické neresiská už nie sú prístupné kvôli výstavbe vodných elektrární Železné vráta I a II v roku 1970 a 1984. Tieto bariéry znemožňujú migráciu z dolného a stredného Dunaja na historické neresiská jeseterov v tokoch vyššie v povodí. V kombinácii s intenzívnym lovom jeseterov kvôli kaviáru došlo k výraznému zníženiu ich populácie.

Vyza veľká (*Huso huso*) tiahla na neresiská aj na Slovensku do prítokov Moravy, Váhu, Hrona a Ipľa. V minulosti bola hojne lovená a najmä v stredoveku sa vyvinuli viaceré techniky jej lovu. V súčasnosti je na Slovensku vyhynutým druhom. Posledné záznamy pochádzajú z r. 1925, resp. 1926 (Obr. 36). Po výraznom znížení počtu vyzy v dolnom toku Dunaja vplyvom masívneho rybolovu,

Rumunsko vyhlásilo moratórium na jeseterovité druhy a začalo s intenzívnym monitoringom a chovnými programami.



Obr. 36. Ročný komerčný výlov vazy veľkej (*Huso huso*) v spodnej časti Dunaja (Rumunsko). Prevzaté z Rosten et al. 2012.

Použité zdroje:

- Baruš V. & Oliva O. 1995. Fauna ČR a SR: Mihulovci Petromyzontes a ryby Osteichthyes. Nakladatelství Akademie věd České republiky, Praha.
- Hensel K. & Holcík J. 1997. Past and current status of sturgeons in the upper and middle Danube River. In Sturgeon biodiversity and conservation. Springer, Dordrecht. 185-200 pp.
- Rosten C.M., Onara D., Hawley K. & Suciú R. 2012. The status of Danube beluga sturgeon (*Huso huso*): Past, present and future. Vann 47(4): 523-534.

Lososotvaré (Salmoniformes)

Z lososotvarých boli na Slovensko introdukované druhy **sivoň americký (*Salvelinus fontinalis*)** a **pstruh dúhový (*Oncorhynchus mykiss*)**. Oba druhy sú u nás lovené a ich dopad na inčtíofaunu spočíva hlavne v kompetícii o potravu a neresiská.

Losos ***Oncorhynchus kisutch*** sa prirodzene vyskytuje na oboch pobrežiach severu Tichého oceánu, od Hokaida cez Rusko, Aljašku po Kaliforniu. Introdukovaný bol do Veľkých Jazier. Zaznamenaný bol aj v Dánsku a Nórsku, kam sa pravdepodobne dostal z fariem na lososy.

Kaprotvaré (Cypriniformes)

Kapor obyčajný (*Cyprinus carpio*) pochádza z Európy a Ázie. Introdukovaný bol už na všetky kontinenty, kde sa pri absencii predátorov alebo bez komerčného rybolovu premnožuje a výrazne mení prostredie najmä extenzívnym spásaním vegetácie. Zvyšuje turbiditu vody, ale redukuje makrofyt a množstvo bezstavovcov.

Kaprozúbkotvaré (Cyprinodontiformes)

Živorodka komária (*Gambusia affinis*) pochádza z rieky Mississippi. Introdukovaná bola do mnohých oblastí sveta s účelom zredukovať populácie komárov, keďže požírajú komárie larvy. Medzi rokmi 1920 a 1950 bola pokladaná za dôležitý činiteľ v eradikácii malárie v Južnej Amerike. *Gambusia affinis* úspešne vykorenila maláriu na pobreží Čierneho mora pri Sochi. V mnohých prípadoch bolo ale vysadenie živorodiek zbytočné, miestne druhy rýb plnili túto funkciu. V Austrálii predstavuje *Gambusia affinis* ohrozenie pre pôvodné druhy rýb a obojživelníkov.

Použité zdroje:

Cote J., Fogarty S., Weinersmith K., Brodin T. & Sih A. 2010. Personality traits and dispersal tendency in the invasive mosquitofish (*Gambusia affinis*). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 277(1687): 1571-1579.

Sumcotvaré (Siluriformes)

Sumček *Clarias batrachus* pochádza z juhovýchodnej Ázie. Najskôr sa začal šíriť v Ázii, v 1960-tych rokoch bol zaznamenaný na Floride, potom v Kalifornii a Konektikate a ďalších štátoch USA. Rozšíril sa pravdepodobne vďaka rybím farmám, z ktorých sa jedincom podarilo ujsť. Tento druh sumčeka sa môže po súši presúvať za zdrojom potravy alebo lepším životným priestorom, pričom dýcha atmosferický kyslík a na súši sa orientuje pomocou špeciálnych chemoreceptorov.

Použité zdroje:

Sloman K.A. 2020. Terrestrial chemoreception in an invasive amphibious catfish. *Journal of Fish Biology* 97(3): 595-595.

Býčkotvaré (Gobiiformes)

Býčko čiernoústy (*Neogobius melanostomus*) pochádza pôvodne z pobrežia Kaspického, Čierneho a Azovského mora. Zavlečený bol do Veľkých jazier, pravdepodobne vypúšťaním balastnej (vyvažovacej) vody z lodí. Obsadenie všetkých piatich Veľkých jazier prebehlo mimoriadne rýchlo vďaka viacnásobnému kladeniu ikier počas roka. V novom prostredí tiež využil oportunistický lov potravy (konzumoval ikry väčších druhov) a správa sa agresívne pri medzidruhových interakciách. Ako bentický druh, býčko čiernoústy môže v znečistených oblastiach akumulovať kontaminanty, ktoré sa následne dostávajú na vyššie trofické úrovne.

Mestské časti Berlína sú husto obývané a vody sú pod tlakom lodnej dopravy, vodného inžinierstva, znečistenia a rekreačného využitia. Väčšina berlínskych vôd je polytrofická až hypertrofická. Celkovo bolo zaznamenaných 34 druhov rýb, z ktorých osem bolo introdukovaných. Sedem pôvodných druhov rýb chýba. V súčasnosti dominujú eurytopné druhy: plotica červenooká (*Rutilus rutilus*), pleskáč vysoký (*Abramis brama*), pleskáč zelenkavý (*Blicca bjoerkna*), ostriež zelenkavý (*Perca fluviatilis*), ktoré tvoria 85 % zaznamenaných jedincov. Boli identifikované dva „faunistické zlomy“. Prvou bola zmena charakteru rieky, spôsobená prehradením a reguláciou rieky, čo viedlo k vyhynutiu anadromných rýb. Druhý zlom nastal v 60. a 70. rokoch 20. storočia s eutrofizáciou vôd a stratou vodných rastlín. Všetky fytofilné druhy rýb výrazne poklesli. Počty štučky severnej (*Esox lucius*), kapra obyčajného (*Cyprinus carpio*) a lieňa sliznatého (*Tinca tinca*) sa stali zanedbateľnými. Úhor riečny (*Anguilla anguilla*) a zubáč veľkoústy (*Stizostedion lucioperca*) sú hlavnými komerčnými druhmi rýb (Wolter et al. 2000).

Použité zdroje:

- McCallum E.S., Charney R.E., Marenette J.R., Young J.A., Koops M.A., Earn D.J., Bolker B.M. & Balshine S. 2014. Persistence of an invasive fish (*Neogobius melanostomus*) in a contaminated ecosystem. *Biological invasions*, 16(11): 2449-2461.
- Wolter C., Minow J., Vilcinskis A. & Grosch U.A. 2000. Long-term effects of human influence on fish community structure and fisheries in Berlin waters: an urban water system. *Fisheries Management and Ecology* 7: 97-104.

Obojživelníky (Lissamphibia)

Celosvetovo je zaznamenané vymieranie obojživelníkov (Lissamphibia), čo je dávané do súvisu najmä s antropickým tlakom. Negatívny dopad má najmä priame zabíjanie, deštrukcia habitatov a znečistenie prostredia. Časté a veľmi diskutované sú aj nálezy rôznych deformít, ktoré sa dávajú do súvisu najmä so znečistením. Zaznamenané boli aj odchýlky v pomere pohlaví vplyvom znečistenia prostredia estrogénmi.

Priamo s rastom mesta sa aj v prípade obojživelníkov spája strata prirodzeného prostredia alebo jeho modifikácia. V suburbánnej oblasti však dochádza aj k tvorbe nových potenciálne vhodných lokalít, ako sú umelé jazierka, vodné nádrže, priehrady a pod. Prvú časť svojho života majú obojživelníky viazanú na vodné plochy, ktorých množstvo klesá so vzrastajúcim urbánnym gradientom. Druhú časť svojho života prežívajú na súši, hoci k vode pravidelne migrujú. Kvalita prostredia v meste je pre obojživelníky daná viacerými faktormi, ako je kvalita habitatu na a okolo miesta rozmnožovania a možnosťami bezpečne migrovať medzi miestom rozmnožovania a bežným životným priestorom.

Štúdiou žiab v Melbourne (Austrália) potvrdili významný vplyv izolovanosti vodnej nádrže, jej veľkosti a prítomnosti kolmých stien nádrže na počet druhov. Kolmé steny nádrže predstavujú bariéru pre druhy, ktoré nedokážu prekonať vertikálne plochy. Ďalej potvrdili vhodnosť konceptu meta-spoločenstva v prípade žiab, rozmnožujúcich sa vo vodných nádržiach v meste.

V Bratislave a jej okolí prebehol na 17 lokalitách výskum skokana rapotavého (*Pelophylax ridibundus*). Na priestorovo izolovaných lokalitách v mestskej mozaike mali populácie redukovanú genetickú diverzitu, nižšiu efektívnu veľkosť populácie (N_e , vid' kap. 4.2) a boli geneticky odlišnejšie od lokalít, ktoré sa síce nachádzali v urbánnej krajine, ale boli pri kanáloch, zvyškoch ramien Dunaja a pod. Zistená distribúcia genetickej štruktúry skokana rapotavého odzrkadľuje aj zmeny krajiny, ku ktorým došlo v priebehu minulého storočia v dôsledku urbanizácie, zmien toku Dunaja a vytvárania umelých rybníkov a kanálov (Mikulíček & Pišút 2012).

Použité zdroje:

- Hamer A.J. & McDonnell M.J. 2008. Amphibian ecology and conservation in the urbanising world: a review. *Biological conservation* 141(10): 2432-2449.
- Mikulíček P. & Pišút P. 2012. Genetic structure of the marsh frog (*Pelophylax ridibundus*) populations in urban landscape. *European journal of wildlife research* 58: 833-845.
- Parris K. M. 2006. Urban amphibian assemblages as metacommunities. *Journal of Animal Ecology* 75: 757 – 764.

Mloky (Urodela)

Axolotlovité (Ambystomatidae)

Axolotl mexický (*Ambystoma mexicanum*) sa vyskytuje v jazerách mexického údolia, kde sa rapídne rozrastá hlavné mesto Mexico city. V roku 2010 vo svojom prirodzenom prostredí takmer vyhynul. Rapídny pokles za desaťročie bol zaznamenaný sčítaniami na jazere Xochimilco, kde v r. 1988 našli 6000 jedincov na km², v r. 2003 1000 a v r. 2008 iba 100 jedincov na km². Ohrozuje ho najmä urbanizácia, znečistenie vody a introdukované druhy rýb rodov *Tilapia* a *Perca*.

Žaby (Anura)

Eleutherodactylidae

Slovenské meno čeľade ešte nie je ustálené. **Hvízdavka *Eleutherodactylus coqui*** je endemický druh žaby z Puerto Rica. Pravdepodobne s črepníkovými rastlinami sa rozšíril aj do Kolumbie, Dominikánskej Republiky, na Floridu a Hawai. Na Havaji sa dostal v 1980tych rokoch a dosahuje enormnú hustotu populácie ako invázivný druh (91 000 ex/ha). Zaradil sa na zoznam 100 najinváznejších druhov a premnožením ohrozuje lokálnu biodiverzitu.

Ropuchovité (Bufonidae)

Ropuchovité sa vyskytujú pôvodne na všetkých kontinentoch, okrem Austrálie a Antarktídy. Obývajú široké spektrum biotopov, od aridných oblastí po dažďové lesy.

Ropucha bradavičnatá (*Bufo bufo*) má dostatočnú environmentálnu plasticitu na prežívanie v mestách, spomedzi obojživelníkov patrí medzi najrezistentnejšie druhy voči urbanizačným zmenám. V mestách býva zaznamenaný úbytok miest ich výskytu najmä v súvislosti s ničením starých budov, kde často prezimujú, ničením nádrží s odpadovou vodou a eutrofizáciou.

Ropucha zelená (*Bufo viridis*) sa taktiež vyznačuje širokým rozšírením naprieč Euráziou, aj s výskytom v urbánnych oblastiach. Dĺžka obdobia párenia sa líši v závislosti od geografickej oblasti, od 3 mesiacov v strednej Európe po 7, či dokonca aj 9 mesiacov v Stredomorskom regióne. Predpokladá sa, že predĺženie obdobia párenia u ropúch zelených je adaptáciou na xerické podmienky, nepredvídateľné zrážky alebo absenciu krutých zím. Flexibilita párenia sa ropuchy zelenej je výhodnou v antropicky zasiahnutých oblastiach, kde dochádza k častým zmenám, vznikom a zánikom vodných nádrží.

Ropucha obrovská (*Bufo marinus*), pôvodom zo strednej Ameriky, bola introdukovaná na cukrové plantáže po celom svete. Pôvodný zámer bol využiť ju v biologickom boji proti chrobákovi, ktoré spôsobujú škody na plantážach. Chrobáky však môžu unikať pred ropuchami na vegetáciu, preto jej využitie v biologickom boji bolo len málo úspešné.

Skokanovité (Ranidae)

Skokan volský (*Rana catesbeiana*) z východu USA sa široko rozšíril v rozmedzí 1900 – 1940 do západných štátov, pôvode ako zdroj potravy. Následne sa rozšíril prakticky po celom svete – zaznamenaný bol v Južnej Amerike, Afrike, Európe aj v Ázii. Je potravným generalistom s veľkým reprodukčným potenciálom, konkuruje pôvodným druhom, čo je nebezpečné najmä pre endemické druhy.

Použité zdroje:

Budzik K.A., Budzik K.M. & Żuwała K. 2013. Amphibian situation in urban environment—history of the common toad *Bufo bufo* in Kraków (Poland). *Ecological Questions* 18: 73-77.

Mazgajska J. & Mazgajski T.D. 2020. Two amphibian species in the urban environment: changes in the occurrence, spawning phenology and adult condition of common and green toads, *The European Zoological Journal* 87: 170-179.

Pitt W., Vice D. & Pitzler M. 2005. Challenges of invasive reptiles and amphibians.

Plazy (Reptilia)

Dopad urbanizácie na plazy nie je jednoznačný. Vo všeobecnosti sa, ako aj u ostatných skupín živočíchov, hovorí o strate biodiverzity a druhová bohatosť závisí od veľkosti vhodných fragmentov v meste. Druhy, ktorých biotop výstavbou mesta zaniká, v urbánnom prostredí chýbajú. Na druhú stranu, mesto poskytuje vhodné podmienky pre život niektorých druhov plazov – generalistov. Typicky sa v meste vyskytujú druhy, ktorým vyhovuje práve odstránenie vyšších etáží a vyššia pokryvnosť pôdy umelými povrchmi (čo je v protiklade s preferenciami obojživelníkov) a ustupujú tie druhy, ktorých prirodzený biotop sú voľné brehy tokov a hustá vyššia etáž vegetácie. Rozvoj mesta nad miernu úroveň vedie k zníženiu počtu druhov a zvýšeniu počtu jedincov tých pár druhov, ktoré dokážu nové podmienky tolerovať.

Druhová diverzita je obohatená o invázne a „chovateľské“ druhy (vrátane parazitov a patogénov), ktoré často nachádzajú vhodné podmienky pre život práve v mestách. Nepôvodné druhy často vytlačujú lokálne druhy (mimoriadne invazívny je napr. anolis hnedý (*Anolis sagrei*, Iguanidae)). Vysoká hustota ľudí a ich aktivity v urbánnom prostredí vedie k strate plachosti u druhov a ku skráteniu únikovej vzdialenosti. Zvýšený počet únikov však predstavuje zvýšené energetické nároky.

Mestá sa vyznačujú vyššou teplotou od svojho okolia, čo môže mať výrazný dopad na ektotermné živočíchy, akými sú plazy. Zníženie zatienenia rastlinami a nadmerné prehriatie prostredia môže spôsobiť, že plazy sú menej aktívne v dôsledku intenzívneho tepla. Prijateľne vyššia teplota ale všeobecne zvyšuje aktivitu plazov (najmä jašteríc) a tiež poskytuje vhodné podmienky pre nepôvodné druhy, pochádzajúce často z teplejších pásiem. Odlišná klíma v meste môže ovplyvňovať plazy už v embryonálnom štádiu. V Miami bol zaznamenaný pozitívny vplyv vyšších teplôt na embryonálny vývin inváznych druhov *Anolis sagrei* a *Anolis cristatellus* (Iguanidae). Zavražďovanie a neprirodzené zatienenie predlžovalo čas aktivity rôznych druhov jašteríc v Phoenixe (Arizona) v porovnaní s natívnym usporiadaním krajiny.

V súvislosti so zmenami prostredia už boli zaznamenané aj odlišnosti v morfológií. Mestské populácie leguána *Sceloporus occidentalis* (Phrynosomatidae) majú kratšie končatiny, naopak dlhšie končatiny boli zaznamenané u druhu agamy *Lophognathus temporalis* (Agamidae). Populácie jašterice múrovej (*Podarcis muralis*, Lacertidae) v meste majú menšie hlavy, mestské populácie anolisov druhu *Anolis sagrei* a *Anolis cristatellus* (Iguanidae) sú celkovo väčšie a pod.

Korytnačky (Testudines)

Korytnačky sú obzvlášť citlivé na negatívne dopady urbanizácie (hlavne kvôli vyššej mortalite). Vyznačujú sa nízkou mobilitou a ich životná stratégia je založená na dlhých generáciách a vysokom prežívaní dospelých. Urbanizácia môže priamo zredukovať alebo eliminovať populácie korytnačiek prostredníctvom straty biotopu, fragmentácie a degradácie, mortality spôsobenej dopravou a rôznymi (aj nepôvodnými) predátormi.

Korytnačkovité (Emydidae)

Sladkovodná **korytnačka písmenková** (*Trachemys scripta*) je jednou z najčastejšie chovaných druhov korytnačky. Pochádza zo Severnej Ameriky, no populácie vypustených jedincov sú v Európe časté. Na Slovensku konkuruje nášmu pôvodnému druhu – **korytnačke močiarnnej** (*Emys orbicularis*, Emydidae).

Matamatovitité (Chelidae)

Austrálsky druh sladkovodnej korytnačky *Chelodina longicollis* prežíva obdobie sucha niekoľkomesačnou estiváciou vo vhodných mikrohabitatoch lesa. V suburbánnej oblasti korytnačky neestivovali na súši, za čo môže pravdepodobne jednak udržanie vody v mestských tokoch aj počas obdobia sucha, jednak nedostupnosti vhodných bezpečných miest na súši na estiváciu.

Použité zdroje:

Jablonski D., Mrocek J., Gruľa D. & Christophoryová J. 2017. Attempting courtship between *Emys orbicularis* and *Trachemys scripta* (Testudines: Emydidae). *Herpetology Notes* 10: 123-126.

Pitt W., Vice D. & Pitzler M. 2005. Challenges of invasive reptiles and amphibians. *Wildlife Damage Management Conferences -- Proceedings* 84: 112-119.

Rees M., Roe J.H. & Georges A. 2009. Life in the suburbs: behavior and survival of a freshwater turtle in response to drought and urbanization. *Biological Conservation* 142: 3172-81.

Jaštery (Sauria)

Mestské teplotné ostrovy ďalej urýchľujú dopad zmeny klímy najmä na stenotermné živočíchy. U väčšiny jašterov sa teplotné optimum nachádza len pár stupňov pod letálnou hranicou. Preto aj optimálny habitat sa môže stať smrtiacim pri malom zvýšení teploty. V lete napoludnie môže teplota prostredia presiahnuť letálnu teplotu a jaštery sú zatláčané do chladnejších mikroklimatických podmienok (podzemie). Aktivita pri vysokej teplote zvyšuje ich rýchlosť metabolizmu, teda aj potrebu prijímať potravu. V meste sú potravou rôzne druhy Arthropoda, ktoré taktiež vyžadujú vhodnú mikroklimu. Aj keď teda mestské jašterice majú najväčšiu potrebu kŕmiť sa v lete, pravdepodobne majú k tomu menej príležitostí. Predpokladá sa preto, že globálne oteplenie o 2°C spôsobí vyhynutie polovice populácií jašterov na svete. Jaštery s vhodnou stratégiou využívania vhodných mikroklim a potravných zdrojov, úspešne prežívajú aj v meste.

Varanovité (Varanidae)

Semiakvatický **varan škvrnitý (*Varanus salvator*)** sa prirodzene vyskytuje na juhu a juhovýchode Ázie v pralesoch a mangrovových porastoch. Patrí medzi najväčšie Squamata sveta. Adaptovali sa na poľnohospodársky využívanú krajinu aj na kanalizačné systémy miest. Známa je populácia v Bankoku v oblastiestskej zoo, s hustotou až 144 adultov na km².

Leguánovité (Iguanidae)

Morské leguány (*Amblyrhynchus cristatus*) v blízkosti miest prichádzajú do častejšieho kontaktu s ľuďmi, vrátane turistov na Galapágoch, a tiež vykazujú behaviorálne a fyziologické reakcie na intenzitu stretu s človekom, vrátane zvýšenej stresovej reaktivity, oxidačného stresu a potlačenej imunity.

Anolis hnedý (*Anolis sagrei*) pochádza z Kuby a Bahamských ostrovov. Ako teráriový živočích bol introdukovaný na Floridu, do Georgie, Texasu, Louisiany, Mississippi, Alabamy, Kalifornie a na Havajské a Karibské ostrovy. Je vysoko invazívny, dosahuje značné populačné hustoty a vytláča, alebo aj sa živí lokálnymi druhmi jašteríc. Na Floride vytláča príbuzný pôvodný druh *Anolis cristatellus*.

Scinkovité (Scincidae)

Scink ***Carlia ailanpalai*** pochádza z Papui Novej Guinea. V 1960tych rokoch bola introdukovaná na ostrov Guam (Mikronézia). Jej populácie v novom prostredí (v lese ako aj pri ľudských obydlích)

dosahujú vysoké hustoty (v oblastiach bez hadov), čo podporuje kolonizáciu Novej Guinei ďalším inváznym druhom – hadom *Boiga irregularis* (Colubridae).



Obr. 37. Gekón *Hemidactylus* sp. na interiérovej stene, India. (Foto: Ondrej Kameniar).

Použité zdroje:

- Ackley J.W., Angilletta M.J., DeNardo D., Sullivan B. & Wu J. 2015. Urban heat island mitigation strategies and lizard thermal ecology: landscaping can quadruple potential activity time in an arid city. *Urban ecosystems* 18(4): 1447-1459.
- Cota M. 2011. Mating & Intraspecific Behavior of *Varanus salvator macromaculatus* in an Urban Population. *Biawak* 5(1/2): 17-23.
- French S.S., Neuman-Lee L.A., Terletzky P.A., Kiriazis N.M., Taylor E.N. & DeNardo D.F. 2017. Too much of a good thing? Human disturbance linked to ecotourism has a “dose-dependent” impact on innate immunity and oxidative stress in marine iguanas, *Amblyrhynchus cristatus*. *Biological Conservation* 210: 37–47.
- French S.S., Webb A.C., Hudson S.B. & Virgin E.E. 2018. Town and Country Reptiles: A Review of Reptilian Responses to Urbanization. *Integrative and Comparative Biology* 58: 948–966.
- Kilgannon C. 2020. The Truth About Alligators in the Sewers of New York. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2020/02/26/nyregion/alligators-sewers-new-york.html>
- Lapiedra O., Chejanovski Z. & Kolbe J.J. 2017. Urbanization and biological invasion shape animal personalities. *Global Change Biology* 23: 592–603.
- Pattishall A. & Cundall D. 2009. Habitat use by synurbic watersnakes (*Nerodia sipedon*). *Herpetologica* 65: 183–98.
- Pitt W., Vice D. & Pitzler M. 2005. Challenges of invasive reptiles and amphibians. *Wildlife Damage Management Conferences -- Proceedings* 84: 112-119.
- Sunny A., Monroy-Vilchis O., Zarco-González M.M., Mendoza-Martínez G.D. & Martínez-Gómez D. 2015. Genetic diversity and genetic structure of an endemic Mexican Dusky Rattlesnake (*Crotalus triseriatus*) in a highly modified agricultural landscape: implications for conservation. *Genetica* 143: 705–16.

Winchell K.M., Reynolds R.G., Prado-Irwin S.R., Puente-Rolón A.R. & Revell L.J. 2016. Phenotypic shifts in urban areas in the tropical lizard *Anolis cristatellus*. *Evolution* 70: 1009–22.

Hady (Serpentes)

Ako je tomu aj u ostatných živočíšnych skupín, vplyv urbanizácie na hady sa prejavuje najmä stratou a/alebo fragmentáciou ich prirodzených biotopov. Niektoré menšie druhy hadov možno považovať za urbanofilov (viď kap. 1.4), vďaka ich malej veľkosti a schopnosti tolerovať a dokonca využiť ľudské zásahy v ich prirodzenom prostredí, využívajúc „umelé“ alternatívy úkrytov a potravné zdroje v podobe synantropných druhov.

Užovkovité (Colubridae)

Chránený druh hada ***Nerodia sipedon*** preferuje rozsiahle pobrežné zóny vodných tokov Severnej Ameriky s dostatočne hustou vegetáciou, a v antropickom prostredí úspešne obsadil betónovo-železné sutiny a násypy železničnej trate pri vode. Bol u neho zistený vysoký podiel invázneho druhu býčka čiernoústeho (*Neogobius melanostomus*, Gobiidae) v potrave.

Diadophis punctatus je bežný široko rozšírený druh v Severnej Amerike. Dorastá len do malých rozmerov a živí sa dážďovkami a mäkkýšmi, prípadne malými obojživelníkmi a plazmi. Jeho mestské populácie sú porovnateľné s populáciami v prirodzenom prostredí, dokonca je označovaný za urbanofila.

Boiga irregularis pochádza z Melanézie a Papui Novej Guinei, kde obýva široké spektrum habitatov, od trávnatých porastov po lesy. Náhodne bol zavlečený na ostrov Guam v Mikronézii, kde nemá prirodzených predátorov a vyskytuje sa tu dostatok potravy (pôvodné druhy vtákov, jašteríc, netopierov). Aj preto hustota populácie *Boiga irregularis* na Guame môže byť vyššia ako 250 ex/km². Nebezpečný je aj pre človeka a domáce zvieratá, často sa vyskytuje v budovách, hospodárskych budovách a v človekom pozmenených biotopoch. Ekonomickú škodu spôsobuje na elektrickom systéme, ktorý často skratuje, keď sa šplhá za potravou na stožiare.

Vretenicovité (Viperidae)

Vretenica ***Trimeresurus albolabris*** je jedovatým druhom juhovýchodnej Ázie. Je jedným z najčastejšie translokovaných hadov z Hongkongu, pretože sa často dostáva do konfliktu s človekom, čoho dôsledkom sú medicínsky závažné pohryznutia. Traslokácia ale u jedincov spôsobuje jednak zvýšenú predáciu (znižuje šancu na prežitie), jednak u translokovaných samíc dochádza k zvýšeniu frekvencie a vzdialenosti pohybu.

Pytónovité (Pythonidae)

Austrálsky druh ***Morelia spilota*** sa často vyskytuje v narušených biotopoch a na okrajoch miest, kde sa živí hlodavcami. Obzvlášť veľké jedince v prímestských oblastiach sa živili domácimi zvieratami (hydinou) a vačicami.

Druh pytóna z južnej Ázie, ***Python molurus***, osídlil v 90tych rokoch Národný park Everglades. V USA sú pytóny vyhľadávanými domácimi zvieratkami, majú však veľký reprodukčný potenciál, konkurujú pôvodným druhom hadov a ohrozujú pôvodné druhy vtákov a cicavcov.

Koralovcovité (Elapidae)

Prísne chránená **pakobra tigris** (*Notechis scutatus*) žije v pobrežnej oblasti Južnej a západnej Austrálie, často aj suburbánných oblastiach miest (Melbourne). Je prudko jedovatá a v prípade konfliktu s ľuďmi sú jedince odchyťované a vypúšťané na vzdialených miestach.

Jedovatý **Pseudonaja affinis** obýva široké spektrum habitatov západnej Austrálie, od pobrežných dún po lesy. Vyskytuje sa aj vo výrazne degradovaných habitatoch, ako sú golfové ihriská, priemyselné zóny a poľnohospodárska krajina. Vyrastajúce populácie sa začali vyskytovať aj v mestách a dajú sa charakterizovať ako urban adapters. V meste najdôležitejšiu korisť predstavuje introdukovaná myš domová (*Mus musculus*). V metropolitnej oblasti Perthu je **Pseudonaja affinis** jeden z najčastejšie sa vyskytujúcich sa hadov.

Archosauria

Aligátor severoamerický (*Alligator mississippiensis*) je endemitom juhovýchodu USA. Obýva močiare od Texasu po Severnú Karolínu. Nie je veľmi tolerantný na slanú vodu, ale je tolerantnejší na chladnejšiu klímu ako americký krokodíl dlhohlavý (*Crocodylus acutus*). Vo viacerých mestách (hlavne v New Yorku, ale aj v New Jersey, či vo Virgínii, Indiane a Kalifornii) boli aligátory odchytené (pravdepodobne po vypustení chovateľmi), ale nebola dokázaná žiadna ich úspešne sa reprodukujúca populácia v mestách.

Použité zdroje:

- Butler H., Malone B. & Clemann N. 2005. Activity patterns and habitat preferences of translocated and resident tiger snakes (*Notechis scutatus*) in a suburban landscape. *Wildlife Research* 32(2): 157-163.
- Devan-Song A., Martelli P., Dudgeon D., Crow P., Ades G. & Karraker N.E. 2016. Is long-distance translocation an effective mitigation tool for white-lipped pit vipers (*Trimeresurus albolabris*) in South China? *Biological Conservation* 204: 212-220.
- Fearn S., Robinson B., Sambono J. & Shine R. 2001. Pythons in the pergola: the ecology of "nuisance" carpet pythons, *Morelia spilota*, from suburban habitats in south-eastern Queensland. *Wildlife Research* 28:573–579.
- French S.S., Webb A.C., Hudson S.B. & Virgin E.E. 2018. Town and Country Reptiles: A Review of Reptilian Responses to Urbanization. *Integrative and Comparative Biology* 58: 948–966.
- Lapiedra O., Chejanovski Z. & Kolbe J.J. 2017. Urbanization and biological invasion shape animal personalities. *Global Change Biology* 23: 592–603.
- Pitt W., Vice D. & Pitzler M. 2005. Challenges of invasive reptiles and amphibians. *Wildlife Damage Management Conferences -- Proceedings* 84: 112-119.
- Riedle J. D. 2014. Demography of an urban population of ring-necked snakes (*Diadophis punctatus*) in Missouri. *Herpetological Conservation and Biology* 9(2): 278-284.
- Shine R. 2000. A Kansas Snake Community: Composition and Changes over 50 Years. *Herpetological Review*, 31(2): 122.
- Wolfe A.K., Bateman P.W. & Fleming P.A. 2018. Does urbanization influence the diet of a large snake?. *Current Zoology* 64(3): 311-318.

Vtáky (Aves)

Vtáky sú považované za významných pomocníkov človeka vďaka ich konzumácii hmyzu, hlodavcov a ďalších zvierat, ktoré môžu spôsobovať škody v lesnom hospodárstve a na kultúrnych rastlinách či drevinách. Medzi vtáky s „dobrým imidžom“ pre človeka patria napríklad d'atle, myšožravé vtáky ako sú sovy (Strigiformes) či sokoly (Falconiformes). Tiež hygienickú funkciu zastávajú supy alebo krkavce živiace sa kadávermi. Vtáky hrajú úlohu opel'ovačov (Trochilidae, a im príbuzné) alebo pomáhajú v šírení semien (kačicovité (Anatidae), holuby (Columbiformes), d'atle (Piciformes), drozdovité (Turdidae), brhlíkovité (Sittidae)).

Na druhej strane, vtáky môžu spôsobovať aj **hospodárske škody**, čím vzniká konflikt záujmov medzi hospodárstvom a ochranou prírody. Napríklad škorce (Sturnidae), holuby (Columbiformes), pinkovité (Fringillidae). Okrem obilia môžu poškodzovať aj vinič, dravce môžu loviť hydinu a poľovne upotrebitelnú zver a kormorány (Phalacrocoracidae) a iné rybožravé vtáky môžu spôsobiť škody v rybnom odvetví. V mestách je časté **poškodzovanie (historických) budov** a pamiatok (výkalmi a hniezdami, či ničenie zateplenia budov), ktoré slúžia ako náhrada dutín a skalných biotopov pre viaceré druhy, napríklad holuby (Columbiformes), žltouchvost domový (*Phoenicurus ochrurus*), trasochvost biely (*Motacilla alba*), muchár sivý (*Muscicapa striata*), drozd čierny (*Turdus merula*), d'ateľ veľký (*Dendrocopos major*), sokol sťahovavý (*Falco peregrinus*) či sokol myšiari (*Falco tinnunculus*).

Divo žijúce druhy sú známymi rezervoármi **rôznych patogénov** (*Campylobacter*, *Salmonella*), na druhej strane dravce a sovy sú schopné napr. likvidovať vírus besnoty tak, že požierajú aj nakazené cicavce, ale sami na ochorenie náchylne nie sú.

Vtáčie druhy sú charakteristické svojim **akustickým prejavom**. V mestách sa vtáky musia prispôbiť, spievajú kvôli hlučnejšiemu prostrediu hlasnejšie, zároveň musia vyvinúť väčšie úsilie a minúť tak viac energie. Hluk v prostredí tak výrazne ovplyvní správanie najmä samcov. Vtáky, ktoré sa musia mestskému prostrediu prispôbovať musia vyvinúť, alebo zvoliť určité mechanizmy, ktorými by sa ich spev šírili čo najlepším spôsobom. Väčšinou sa jedná o piesne, ktoré majú vyššiu frekvenciu a zároveň najúčinnejšie prenosové vlastnosti.

Použité zdroje:

- Borror D.J. 1961. Intraspecific variation in a passerine bird songs. Wilson Ornithological Society. 73: 57-78.
- Brumm H. & Slater P.J. 2006. Ambient noise, motor fatigue, and serial redundancy in chaffinch song. Behavioral Ecology and Sociobiology 60: 475- 481.
- Brumm H. 2004. The impact of environmental noise on song amplitude in a territorial bird. Journal of Animal Ecology 73: 434-440.
- Luther D. & Baptista L. 2011. Urban noise and the cultural evolution of bird songs. Proceedings of the royal society Biological sciences 277: 469- 473.
- Mikula P. 2012. Druhovú zloženie ornitocenóz urbanizovaných biotopov Bardejova. Folia faunistica Slovaca 17: 334-341
- Schlesinger M.D., Manley P.N., & Holyoak M. 2008. Distinguishing stressors acting on land bird communities in an urbanizing environment. Ecology 89: 2302 – 2314.

Štúdia sledovala vplyv okolitého hluku na teritoriálne vtáky. Skúmaným druhom bol slávik obyčajný (*Luscinia megarhynchos*). Analýza hladín akustického tlaku odhalila, že samce v hlučnejších lokalitách spievali vyššími tónmi zvuku ako vtáky v tichých oblastiach. Dochádza teda k regulácii hlasovej amplitúdy v závislosti od hluku v prírodnom prostredí. Slávik sa zvýšením hlasovej amplitúdy pokúša zmierniť poruchy komunikácie spôsobené hlukom (Brumm 2004). Podobne štúdia založená na tom istom princípe, priniesla poznatky o tom, že vtáky druhu pinka obyčajná (*Fringilla coelebs*) v hlučnejších oblastiach spievali rovnaké piesne dlhšie a hlasnejšie. Ďalšia štúdia antropogénneho hluku: zisťovalo sa, že vtáky druhu sýkorka veľká (*Parus major*) v hlučných lokalitách spievajú s vyššou minimálnou frekvenciou, čím zabraňujú tomu, aby boli ich piesne maskované šumom (Brum & Slater 2006).

Slabekkorn H. & Peet M. 2003. Birds sing at a higher pitch in urban noise. *Nature* vol 424.

Trnka A. & Grim T. 2014. Ornitologická príručka. Slovenská ornitologická spoločnosť/BirdLife Slovensko

Spevavce (Passeriformes)

Sýkorkovité (Paridae)

Zástupcovia tejto čeľade patria skôr medzi „urban adapters“, takže sú ľudskému prostrediu len prispôsobené a stále využívajú pôvodné zdroje potravy a žijú skôr na okrajoch mesta, dedinách, alebo v mestských parkoch. V zime tiež bývajú často dokrmované semenami s vysokým obsahom tuku, čo zvyšuje šance na prežitie jedinca a napomáha rýchlemu rastu populácie.

Najčastejšie sa vyskytuje v mestách **sýkorka veľká (*Parus major*)**, menej častá je **sýkorka belasá (*Cyanistes caeruleus*)**. Spolužitie v blízkosti ľudí nemusí byť pre sýkorky len prospešné, keďže stres a iné zloženie potravy môžu mať dopad napríklad na rast mláďat. Pri porovnaní dĺžky beháku u *P. major* v mestách, boli zaznamenané výrazne vyššie dĺžky u mladých jedincov vyskytujúcich sa mimo mestských oblastí. Tiež typické žlté sfarbenie peria mláďat nachádzajúcich sa v meste malo menšiu intenzitu, ako u tých ktoré v meste nežili. Toto môže byť spôsobené nižším obsahom karotenoidov v ich strave, keďže práve tieto farbivá sú za toto sfarbenie zodpovedné.

Sýkorka Gambelova (*Poecile gambeli*) je druh ihličnatých lesov Severnej Ameriky, špecializovaný na borovicové semenka. V posledných desaťročiach sa začala vyskytovať aj v mestách vďaka flexibilita správania. V porovnaní s príbuznými druhmi, majú tendenciu rýchlejšie skúmať nové prostredie a pohybujú sa častejšie s cieľom vyhľadávať potravu ako v lesnom, tak v mestskom prostredí.

Použité zdroje:

Biard C., Brischoux F., Meillere A., Michaud B., Nivière M., Ruault S., Vaugoyeau M. & Angelier F. 2017. Growing in cities: an urban penalty for wild birds? A study of phenotypic differences between urban and rural great tit chicks (*Parus major*). *Frontiers in Ecology and Evolution* 5: 79.

Kozlovsky D.Y., Weissgerber E.A. & Pravosudov V.V. 2017. What makes specialized food-caching mountain chickadees successful city slickers?. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 284(1855): 20162613.

Drozdovité (Turdidae)

Zástupcovia čeľade Turdidae sú rozšírení po celom svete. Živia sa hmyzom, semenami a ovocím a pomáhajú ta v disperzii semien. Väčšina druhov čeľade Turdidae prejavuje tendencie ku kolonizácii urbánneho habitatu.

Drozd čierny (*Turdus merula*) je jeden z najbežnejších mestských druhov vtákov v západnom palearkte. Avšak ešte pred 150 rokmi predstavoval druh obmedzeným výskytom na lesné oblasti. Výskyt drozda čierneho v meste bol prvýkrát zaznamenaný v r. 1820 v Nemecku. Následná urbanizácia prebiehala na západe rýchlejšie ako na východe a navyše skokovo, teda jedinci z mestskej populácie kolonizovali ďalšie mestá, pretože na mestské prostredie už boli imprintovaní (imprinting – „vtlačanie“ – v rannej fáze života mláďaťa sa získané vedomosti zachovávajú navždy a učením sa nedajú zmeniť). K urbanizácii taktiež došlo na niekoľkých miestach nezávisle od kontinentu, najmä na ostrovoch (Azory, Kanárske ostrovy) a v severnej Afrike.

Drozd červenobruchý (*Turdus rufiventris*) sa vyskytuje v Južnej Amerike. V Brazílii skúmali zmeny parazitofauny drozda červenobruchého pozdĺž urbánneho gradientu. Zaznamenali inverzný vzťah stupňa urbanizácie k druhovému bohatstvu parazitov, ale pozitívny vzťah k heterogenite prostredia.

Výsledky odzrkadľujú dostupnosť konkrétnych krajinných prvkov v mestskom prostredí, ktoré sú potrebné pre životné cykly parazitov.

Použité zdroje:

- Evans K.L., Hatchwell B.J., Parnell M. & Gaston K.J. 2010. A conceptual framework for the colonisation of urban areas: the blackbird *Turdus merula* as a case study. *Biological Reviews* 85:643-667.
- Calegaro-Marques C. & Amato S. B. 2014. Urbanization breaks up host-parasite interactions: a case study on parasite community ecology of rufous-bellied thrushes (*Turdus rufiventris*) along a rural-urban gradient. *PLoS One* 9(7): e103144.

Vrabcovité (Passeridae)

Vrabcovité sú druhy často sa vyskytujúce v poľnohospodárskych oblastiach ale aj v mestách. Až 17 z 26 európskych druhov hniezdi alebo vyhľadáva potravu pri ľudských sídlach. Veľa druhov je granivorných, preto môžu spôsobovať hospodárske škody na pestovaných plodinách. Na druhej strane sú užitočné pre človeka chytaním hmyzu. Napríklad vrabec domový (*Passer domesticus*) hniezdi viackrát do roka a mláďatá kŕmi výlučne hmyzom. V 1950tych rokoch v Číne znížili populáciu v rámci „kampane štyroch škodcov“: múch, komárov, potkanov a vrabcov. V dôsledku poklesu populácie vrabcov sa zvýšilo množstvo škodlivého hmyzu, čo ovplyvnilo najmä výnosy ryže.

Vrabec domový (*Passer domesticus*) bol v 19. storočí introdukovaný do Severnej Ameriky a na Havajské ostrovy. Jeho populácie obsadili široké spektrum habitatov a populácie sú od seba odlišné v súlade s Glogerovým a Bergmannovým pravidlom. *Passer domesticus* bol introdukovaný do Severnej Ameriky z Anglicka a Nemecka. Následne sa adaptoval na rôzne klimatické zóny. V chladných a vlhkých oblastiach mali jedince tmavšie perie ako v suchých a teplých oblastiach. Jedince z boreálnej klímy s krutými zimami boli väčšie ako jedince z miernej klímy.

Strnádlik sivý (*Junco hyemalis*) sa vyskytuje v zmiešaných horských lesoch mierneho pásma Ameriky. V 80-tych rokoch bol zaznamenaný v pobrežnej oblasti Kalifornie. Pobrežné populácie majú o 22 % menej bieleho zafarbenia chvostových pier ako neurbánne populácie v dôsledku zmeneného sexuálneho výberu v novom prostredí.

Použité zdroje:

- Johnston R.F. & Selander R.K. 1964. House sparrows: rapid evolution of races in North America. *Science* 144: 548-550.
- Yeh P. J. 2004. Rapid evolution of a sexually selected trait following population establishment in a novel habitat. *Evolution* 58: 166-174.

Lastovičkovité (Hirundinidae)

Belorítka obyčajná (*Delichon urbicum*) pôvodne hniezdila na skalách a v jaskyniach. V súčasnosti hojne využíva ľudské stavby na budovanie si hlinených hniezd tvaru štvrtgule. V 90. rokoch 20 storočia bol realizovaný výskum vplyvu emisií na hniezdenie белорítky v Československu. Znečistenie ovzdušia spôsobovalo výrazné zníženie hustoty hniezdenia a veľkosti kolónií, pričom záležalo od vzdialenosti od zdroja znečistenia a smeru prevládajúceho vetra.

Lastovička obyčajná (*Hirundo rustica*) hniezdi v dostupných otvorených budovách alebo pod mostami. Pôvodný typ hniezdenia pod útesmi či v jaskyniach je v súčasnosti veľmi vzácny. Keďže a lastovička živí lietajúcim hmyzom, je tento druh ľuďmi dobre tolerovaný. Slovenská populácia sa odhaduje na 200 000 – 400 000 hniezdiacich párov a má mierne klesajúci trend.

Použité zdroje:

- Karaska, D. 2002. Lastovička obyčajná. In: Danko Š., Darolová A., Krištín A., et al. Rozšírenie vtákov na Slovensku. Bratislava : Veda. 426 – 428pp.
- Newman J.R., Novakova E. & McClave J.T. 1985. The influence of industrial air emissions on the nesting ecology of the house martin *Delichon urbica* in Czechoslovakia. *Biological conservation* 31(3): 229-248.
- Turner A.K. & Rose C. 1989. Swallows & martins: an identification guide and handbook (No. 598.2 TUR). Boston: Houghton Mifflin.

Krkavcovité (Corvidae)

Celosvetovo rozšírené druhy čeľade krkavcovitých (Corvidae) sú známe najmä svojou vysokou inteligenciou. Úspešne osídľujú mestské oblasti po celom svete (okrem juhu Južnej Ameriky).

Straka obyčajná (*Pica pica*) je mimoriadne úspešným druhom vo vidieckych a suburbánných habitatoch. Preferuje vidiek s rozptýlenými stromami, na ktorých môžu hniezdiť. Veľké populácie sú často aj v suburbánných oblastiach a vyskytujú sa aj v centrách miest.

U **vrany čiernej (*Corvus corone cornix*)** bola v súvislosti s urbánnym prostredím zaznamenaná zmena hniezdenia. Okrem vysokých stromov a skalných útesov, v mestách začali hniezdiť aj na solitérnych stromoch či stromoradiach a v nižších výškach.

Použité zdroje:

- Jerza L. 2001. Synurbanization of the magpie in the Palearctic. In *Avian ecology and conservation in an urbanizing world*, Springer, Boston, MA. 403-425 pp.
- Kövér L., Gyüre P., Balogh P., Huettmann F., Lengyel S. & Juhász L. 2015. Recent colonization and nest site selection of the Hooded Crow (*Corvus corone cornix* L.) in an urban environment. *Landscape and Urban Planning* 133: 78-86.

Dážďovníky (Apodiformes)

Dážďovníkovité (Apodidae)

Dážďovník obyčajný (*Apus apus*) pôvodne hniezdil na skalách a v stromových dutinách. V súčasnosti využíva prevažne otvory a štrbiny na ľudských stavbách a jedince sa zvyknú vracieť do svojho starého hniezda. V súvislosti so zatepľovaním budov bola vyvinutá rozsiahla iniciatíva pre záchranu hniezdiacich jedincov a budovanie náhradných hniezdných príležitostí pre dážďovníky (podobne aj pre netopiere).

Použité zdroje:

- Spoločnosť pre ochranu netopierov na Slovensku. 2021: <https://netopiere.sk/sk/article/pri-zateplovani-mysleli-aj-na-vtaky-a-netopiere.html> [Citované 4.2.2023]

Bahniaky (Charadriiformes)

Čajkovité (Laridae)

Čajky sú celosvetovo rozšírené a u niektorých druhov bol zaznamenaný veľký nárast početnosti v súvislosti s rozvojom miest. Profitujú najmä z dostupných potravných zdrojov a hniezdných príležitostí. U čajok sa vyskytuje kleptoparazitizmus (kradnutie potravy iným jedincom či druhom) vo väčšej miere v mestách v porovnaní s pobrežným prostredím. Prejavuje sa vo zvýšenej miere v prostredí, kde je veľa „obetí/hostiteľov“ a keď je nižšie množstvo zdrojov potravy. Kradnutie si

potravu môže čajkám pomôcť pri invázii a zvýšiť rozsah prostredí, ktoré čajky môžu tolerovať. Kleptoparazitizmus pomáha čajkám naplniť ich energetické potreby v nových prostrediach, v ktorých je ťažké využiť bežné spôsoby hľadania potravy.

Čajka tmavá (*Larus fuscus*) sa vyskytuje na Atlantickom pobreží Európy. S rozvojom miest vznikli vo viacerých mestách mestské populácie, ktoré už využívajú len terestriálny habitat. Potravu vyhľadávajú v urbánnych oblastiach a na skládkach.

Čajka žltónohá (*Larus michahellis*) sa vyskytuje v mediteránnej oblasti. V posledných desaťročiach však bola zaznamenaná aj v strednej a západnej Európe. Ako ostatné čajky, je potravný oportunist a v osídlených oblastiach tvoria odpady významnú zložku ich stravy. V štúdiu v Tizirt (Alžírsko) zaznamenali vyšší podiel anorganických látok vo vývržkoch ako organických.

Použité zdroje:

- Spelt A., Williamson C., Shamoun-Baranes J., Shepard E., Rock P. & Windsor S. 2019. Habitat use of urban-nesting lesser black-backed gulls during the breeding season. Scientific reports 9, 10527 .
- Spencer R., Russell Y.I., Dickins B.J. & Dickins T.E. 2016. Kleptoparasitism in gulls Laridae at an urban and a coastal foraging environment: an assessment of ecological predictors. Bird Study 64(1): 12-19.
- Talmat-Chaouchi N., Boukhemza M. & Moulai R. 2016. Changes in Yellow-legged Gull (*Larus michahellis* (Naumann, 1840)) diet in urban area of Tizirt (Kabylia southern shore of Mediterranean Sea), Algeria. Advances in Environmental Biology 10(5): 126-133.

Kury (Galliformes)

Bažantovité (Phasianidae)

Bažantovité predstavovali v histórii dôležitý zdroj potravy pre človeka, či už v Ázii, Európe alebo Afrike. Mnohé druhy boli a stále sú lovené (bažanty (*Phasianus* spp.), jarabice (*Perdix* spp.), prepelice (*Coturnix* spp.)), neskôr boli niektoré z nich domestikované ako zdroj mäsa a vajec (morka divá (*Meleagris gallopavo*), kura divá (*Gallus gallus*), prepelice (*Coturnix* spp.)).

Jarabica poľná (*Perdix perdix*) sa vyskytuje v hospodárskej krajine Európy, a naprieč západným Palearktom po Sibír. Introdukovaná bola do Kanady, USA, južnej Afriky, Austrálie a na Nový Zéland. Jej populácie v Európe výrazne poklesli v 60-tych rokoch kvôli chemizácii a zmenám obhospodarovania krajiny, ako bolo sceľovanie pozemkov, rozorávanie medzí. Na Slovensku je chránená.

V Mexiku bola domestikovaná morka divá (***Meleagris gallopavo***) približne 800 r. BC. Postupne bola introdukovaná do Severnej Ameriky a vyskytuje sa v piatich poddruhoch: Východný, Rio Grande, Florida (Osceola), Merriam a Gould. Divoké populácie silne klesali nadmerným lovom a stratou habitatov, ale v súčasnosti je ich odstrel kontrolovaný.

Zúbkozobce (Anseriformes)

Kačicovité (Anatidae)

Zástupcovia tejto skupiny sú tiež často lovené (kačice, husi a labute) a niektoré druhy (kačica divá (*Anas platyrhynchos*), hus divá (*Anser anser*)) boli domestikované na mäso. Využívané je aj ich perie

(periny) a plnia tiež estetickú funkciu v parkoch a záhradách. Na druhej strane sú významnými vektormi viacerých zoonóz (vtáčia chrípka).

Kačička mandarínska (*Aix galericulata*) je pôvodom z východnej Ázie, ale kvôli exportu a kvôli ničeniu jej prirodzeného lesného habitatu, jej populácie v Rusku a Číne klesli pod 1000 párov. V Japonsku sa populácia drží na počte okolo 5000 párov. Esteticky vyzerajúce kačičky, dovezené do zoo a parkov po celom svete, často unikli, a v niektorých prípadoch založili nové populácie (menšie populácie Írsku či v Nemecku). Vo Veľkej Británii populácia *Aix galericulata* podľa odhadov predstavuje tretinu svetovej populácie. Izolované populácie existujú aj v USA, napr. v Severnej Karolíne či v Kalifornii.

Kačica divá (*Anas platyrhynchos*) je celosvetovo rozšírený druhom. Niektoré populácie na zimu migrujú na juh (napr. populácie z centrálnej Kanady). Iné, najmä žijúce v blízkosti človeka, môžu zotrvávať celoročne. V parkoch ich ľudia prikrmujú, alebo sa živia semenami na poliach. V Moskve bolo zaznamenané prezimovanie kačíc v 1950tych rokoch v súvislosti s nezamrzajúcou vodnou hladinou kvôli tepelnému znečisteniu v meste. Domestikovaná forma stratila teritoriálne správanie a čiastočne agresivitu.

Populácie kačice divej v New Jersey sú vďaka dokrmovaniu ľuďmi ťažšie, začínajú skôr hniezdiť a hniezdia dlhšie ako populácie mimo mesto. Celkovo majú vyššiu hniezdnu úspešnosť, pravdepodobne kvôli nižšiemu počtu hniezdných predátorov. Na druhej strane, niektorých v parkoch v strede mesta je ich mortalita vyššia kvôli túlavým mačkám a vyrušovaniu návštevníkmi a ich domácimi zvieratami (Figley & VanDruff 1982).

Použité zdroje:

- Avilova K. V. 2018. Structure and long-term fluctuations in the wintering mallard (*Anas platyrhynchos*, Anseriformes, Anatidae) population in the city of Moscow. *Biology Bulletin* 45(9): 945-955.
- Davies A. K. 1988. The distribution and status of the Mandarin Duck *Aix galericulata* in Britain, *Bird Study* 35(3) 203-207.
- Figley W.K. & VanDruff L.W. 1982. The ecology of urban mallards. *Wildlife Monographs* 81. 40pp.

Holuby (Columbiformes)

Holubovité (Columbidae)

Columbidae sú celosvetovo rozšírené, s výnimkou Antarktídy, Arktídy a niektorých ostrovov. Adaptovali sa na najrôznejšie habitaty. Niektoré druhy majú široké rozšírenie ako nachovka čiernosluchá (*Zenaida auriculata*) v Južnej Amerike od Kolumbie po Ohňovú zem, alebo hrdlička záhradná (*Streptopelia decaocto*) od Británie cez Indiu, Pakistan po Čínu. Iné druhy môžu byť endemické s výskytom na niektorých ostrovoch.

Holub skalný (*Columba livia f. domestica*) je jeden z najčastejšie používaných príkladov synantropných živočíchov. Často považovaný za škodcu, upcháva odkvapy hniezdnym materiálom, znečisťuje budovy trusom a kŕmi sa potravinovým odpadom. Prenáša niektoré ochorenia (ako psitakóza a encefalitída) a parazity (*Argas reflexus*), nebezpečné pre ľudí. Ich premnoženie v mestách je spôsobené dokrmovaním, najmä na turisticky atraktívnych miestach.

Pôvodne sa vyskytoval od Británie cez celú Európu až po Čínu a Mongolsko, ale s jeho udomácnením sa v mestách sa rozšíril po celom svete. Pri takomto masívnom rozšírení vznikajú prirodzene rôzne sup-populácie. Napr. populácie z Bostonu sú geneticky odlišné od Newyorských.

V mestách sú zdrojom potravy pre predátorov ako napr. sokol sťahovavý (*Falco peregrinus*)). V našich mestách sa sporadicky objavuje v potrave sokola myšiara (*Falco tinunculus*).

Holub hrivnák (*Columba palumbus*) začal od polovice 19. storočia kolonizovať nové habitaty v západoeurópskych mestách. Prvé záznamy pochádzajú z Paríža a Londýna a do konca storočia nasledovali ďalšie mestá Európy, vrátane Slovenska. Preferuje parky a záhrady.

Použité zdroje:

- Carlen E. & Munshi-South J. 2020. Widespread genetic connectivity of feral pigeons across the Northeastern megacity. *Evolutionary applications* 00: 1-13.
- López-López P., Verdejo J. & Barba E. 2009. The role of pigeon consumption in the population dynamics and breeding performance of a peregrine falcon (*Falco peregrinus*) population: conservation implications. *European Journal of Wildlife Research* 55: 125–32.
- Sakhvon V. & Kóvér L. 2020. Distribution and habitat preferences of the urban Woodpigeon (*Columba palumbus*) in the north-eastern breeding range in Belarus. *Landscape and Urban Planning* 201: 103846.

Brodivce (Ciconiiformes)

Bocianovité (Ciconiidae)

Bociany sú rozšírené po celom svete okrem polárnych oblastí, s centrom diverzity v subsaharskej Afrike a tropickej Ázii. V Európe sa vyskytujú dva druhy: bocian biely (*Ciconia ciconia*) sa ľuďom nevyhýba, a naopak, bocian čierny (*Ciconia nigra*) je plachý obyvateľ hlbokých lesov.

Bocian biely (*Ciconia ciconia*) začal hniezdiť v blízkosti ľudských sídel pravdepodobne už v neolite. V súčasnosti je už so stavbami tesne spätý. Napríklad v Poľsku je 99 % hniezdení na budovách. Preferujú dediny a menšie mestá, vo veľkomestách nezvyknú hniezdiť.

Použité zdroje:

- Kopij G. 2017. Changes in the number of nesting pairs and breeding success of the White Stork *Ciconia ciconia* in a large city and a neighbouring rural area in South-West Poland. *Ornis Hungarica* 25(2): 109–115.



Obr. 38. Bocian biely (*Ciconia ciconia*), hniezdiace na Catedral Nueva de Salamanca, Španielsko (Foto: Michal Hrabovec).

Sovy (Strigiformes)

Sovovité (Strigidae)

Sovy sú nočné predátory, živiace sa drobnými živočíchmi ako je hmyz, žaby, vtáky a cicavce. Viaceré druhy sov nachádzajú v meste vhodné hniezdne biotopy a dostatok potravy.

Myšiarka ušatá (*Asio otus*) je holarkticky rozšírená v trávnatých a poľnohospodárskych oblastiach a je špecializovaná na lov drobných cicavcov, hlavne z r. *Microtus*, *Petromyscus* a *Apodemus*. V suburbálnom prostredí loví dominantne sa vyskytujúce druhy aj z iných rodov (*Mus* sp., vtáky).

Kukik zemný (*Athene cunicularia*) preferuje trávnaté oblasti Severnej a Južnej Ameriky. Hniezdi na zemi v krátkej riedkej vegetácii, čo je v súčasnosti výrazne ustupujúci habitat, zatlačaný najmä poľnohospodárskou pôdou. Boli nútené prispôbiť sa urbánnemu

prostrediu, ktoré im poskytuje stabilnejšie (nerozorané) prostredie s nižším počtom predátorov. Nezávisle kolonizovali tri mestá v Argentíne. Populácie prešli bottleneckmi a v súčasnosti predstavujú odlišné podmnožiny variability ancestrálnej populácie, z čoho by mohla pokračovať adaptácia.

Výrik lesný (*Otus scops*) preferuje mozaikovitú krajinu, kde sa striedajú otvorené plochy a stromy, hoci aj v prostredí miest a dedín. Od roku 2000 bol v Českej republike zaznamenaný nárast jeho preferencie urbanizovaných biotopov. Na hniezdenie využívajú prirodzené dutiny aj búdky, prípadne v mestskom prostredí môžu využiť aj dutiny v zatepľovacích plášťoch väčších budov.

Myšiarka ušatá (*Asio otus*) vytvára zimné zoskupenia vo voľnej prírode, alebo tiež v intraviláne mesta na stromoch v parkoch, cintorínoch a pod. V r. 2009 boli skúmané vývržky, nájdené na zimovisku v Partizánskom a na úbočí pohoria Vtáčnik. Na oboch miestach bol dominantným druhom koristi hraboš poľný (*Microtus arvalis*), čo odkazuje na preferenciu myšiariok loviť v otvorených biotopoch bez ohľadu na lokalizáciu zimoviska. Výrazne menej boli zastúpené aj druhy ako ryšavka žltohrdlá (*Apodemus flavicollis*), ryšavka krovinná (*A. sylvaticus*), vrabec domový (*Passer domesticus*), či hrabošík podzemný (*Microtus subterraneus*). Pestrejšia bola potrava myšiariok vo voľnej prírode (Tulis 2014).

Použité zdroje:

- Chiba A., Onojima M. & Kinoshita T. 2005. Prey of the Long-eared Owl *Asio otus* in the suburbs of Niigata City, central Japan, as revealed by pellet analysis. Ornithological Science 4(2): 169-172.
- Grim T., Kovařík P., Harmáčková L., Tošenovský E., Hladká T., Spáčil P., Krištín A., Poprach K. & Sviečka J. 2022. První prokázaná městská hnízdní výřečka malého (*Otus scops*) v Česku. Sylvia 58: 17–35.
- Kovařík P., Hladká T., Harmáčková L. & Grim T. 2022. Šíření výřečka malého (*Otus scops*) v Česku. Sylvia 58: 3–16.
- Rebolo-Ifrán N., Tella J. L. & Carrete M. 2017. Urban conservation hotspots: predation release allows the grassland-specialist burrowing owl to perform better in the city. Scientific Reports 7(1): 1-9.
- Tulis F. 2014. Potrava myšiarky ušatej (*Asio otus*, Linnaeus 1758) z dvoch odlišných typov zimovísk na Hornom Ponitří. International scientific conference of PhD. students and young scientists and pedagogues 15: 286-292.

Sokoly (Falconiformes)

Sokolovité (Falconidae)

sú kozmopolitne rozšírené diurnálne dravce (okrem Antarktídy) a sú využívané aj v sokoliarstve. Viacero druhov je chránených, ohrozené sú najmä úbytkom pôvodných biotopov, stratou hniezdnych a loveckých habitatov. Smutne známe sú prípady vykrádania alebo úmyselného ničenia hniezd, a

úhyny spôsobené úmyselnou otravou (záujmové skupiny). Častou príčinou usmrtenia dravcov (a vtákov všeobecne) je elektorkúcia (zranenie alebo smrť spôsobená elektrickým prúdom) či kolízia s elektrickým vedením (viď kap. 2.8).

Sokol sťahovavý (*Falco peregrinus*) je známy svojou migráciou do teplých krajín. S rozvojom miest bolo zaznamenané jeho časté hniezdenie na budovách. V mestskom prostredí Severnej Ameriky a Ázie prešiel na nočnú aktivitu, využívajúc pouličné osvetlenie na vyhliadnutie koristi. Tiež mu to poskytuje nové možnosti chytať za korisť v noci lietajúce druhy vtákov a netopiere. V mestách najmä prezimováva, ale aj hniezdi. Severoeurópske populácie tiahnuce na juh často zimujú v mestách (aj v Bratislave). Jedná sa hlavne o samice, keďže samce tiahnu južnejšie.

Spopularizované bolo hniezdenie sokola sťahovavého na Empire state building v New Yorku. Prvé jedince boli v New Yorku zaznamenané v 1920-tych rokoch. Do 1946 boli pozorované na mrakodrapoch prevažne osamotené samice od jesene od skorej jari. Až v 1990-tych rokoch sa začali vyskytovať v NYC celoročne a začiatkom nového tisícročia začali takmer všetky páry na mrakodrapoch aj hniezdiť (DeCandido & Allen 2006).

V Kanade majú mestské populácie **sokola kobca (*Falco columbarius*)** vyššiu hustotu (do 25 párov na 100 km²) a nižšiu mieru neúspešného hniezdenia (iba 4 %) ako populácie v prirodzenom prostredí (19 párov na km² a 30 – 97 % neúspešného hniezdenia). Ich postupné kolonizovanie mestského prostredia bolo zaznamenané na prelome 60. a 70. rokov 20. storočia. *Falco columbarius* si nestavia hniezda, ale obsadzuje staré hniezda po vranách (*Corvus* spp.), preto sa mu naskytla hniezdna príležitosť v meste až po kolonizácii miest vranami. Živí sa najmä drobnými vtákmi, ako sú vrabce (*Passer domesticus*), ktoré sú často hojné v mestách.

Použité zdroje:

- DeCandido R. & Allen D. 2006. Nocturnal hunting by peregrine falcons at the empire state building, New York City. The Wilson Journal of Ornithology 53-58.
- Gális M., Naďo L., Hapl E., Šmídt J., Deutschová L. & Chavko J. 2019. Comprehensive analysis of bird mortality along power distribution lines in Slovakia. Raptor Journal 13(1): 1-25.
- Riegert J., Fainová D., Mikeš V. & Fuchs R. 2007. How urban Kestrels *Falco tinnunculus* divide their hunting grounds: partitioning or cohabitation? Acta Ornithologica 42(1): 69-76.
- Sodhi N.S., James P.C., Warkentin I.G. & Oliphant L.W. 1992. Breeding ecology of urban Merlins (*Falco columbarius*). Canadian Journal of Zoology 70(8): 1477-1483.

Papagáje (Psittaciformes)

Papagájovité (Psittacidae)

Papagájovité sú rozšírené v trópoch a subtropoch. Vďaka svojmu pestrému sfarbeniu, dlhovekosti a inteligencii viacerých druhov, sú vyhľadávané chovateľmi a tvoria významnú položku na čiernom trhu so zvieratami. Niektoré papagáje uletia z klieťok a stanú sa potravou dravcov, alebo sú schopné sa pridať k iným druhom vtákov a prežijú s nimi letné obdobie. V prípade miernej zimy a dostatku potravy sú schopné často prežiť do nasledujúceho roka.

Alexander malý (*Psittacula krameri*) je najpočetnejší a najrozšírenejší druh spomedzi 12 druhov papagájov, ktoré sa ustálili v Európe. Známym je 9 rozmnožujúcich sa populácií v 10 krajinách, pričom celkový počet jedincov v Európe sa odhadoval v r. 2015 na 85 000. Zaznamenané boli aj prípady populácií, ktoré nedokázali pretrvať, ako napríklad 4 populácie v Belgicku, 13 populácií v UK.

V Spojenom Kráľovstve dve veľké populácie v Londýne a Ramsgate pravdepodobne dosiahli kapacitu prostredia v roku 2010 – 2012.

Amazoňan červenočelý (*Amazona viridigenalis*) má svoj pôvod v nížinách Mexika, kde jeho divoká populácia (2 000 jedincov, odhady sa rôznia) neustále klesá. Na hniezdenie potrebuje veľké dutiny v starých stromoch a živí sa semenkami, ovocím, kvetmi a nektárom. V Spojených štátoch, kde boli jedince často ilegálne exportované, vytvorili zdivočené kusy populácie v urbánnom prostredí. Podľa niektorých odhadov má populácia v južnej Kalifornii 2500 jedincov, v Texase okolo 1000.

Mních zelený (*Myiopsitta monachus*) pochádza zo subtropických oblastí Južnej Ameriky, kde sa jeho populačná explózia v rurálnych oblastiach spája s rozvojom pestovania eukalyptu. Introdukované divoké populácie žijú v Severnej Amerike, v Európe, na viacerých ostrovoch a v Japonsku. Živí sa najmä ovocím a v mnohých krajinách spôsobuje škody na úrode.

Použité zdroje:

- Kiacz S., Shackelford C.E., Henahan A.K. & Brightsmith D.J. 2021. History, status, and productivity of the Red-crowned Amazon *Amazona viridigenalis* in the Lower Rio Grande Valley of Texas. *Bird Conservation International* 31(4): 519-533.
- MacGregor-Fors I., Calderón-Parra R., Meléndez-Herrada A., López-López S. & Schondube J.E. 2011. Pretty, but dangerous! Records of non-native Monk Parakeets (*Myiopsitta monachus*) in Mexico. *Revista mexicana de biodiversidad* 82(3):1053-1056.
- Pêra L.G., Strubbe D., Mori E., Menchetti M., Ancillotto L., Kleunen A.V., White R.L., Luna Á., Hernández-Brito D., Louarn M.L. & Clergea, P. 2016. Rose-ringed parakeet *Psittacula krameri* populations and numbers in Europe: a complete overview. *The Open Ornithology Journal* 9(1).

Cicavce (Mammalia)

Vačkovce (Marsupialia)

Bandikut krátkonosý (*Isoodon macrurus*) obýva severné a východné pobrežie Austrálie a ostrovy (aj Papua Nová Guinea). Je jedným z mála vačkovcov, ktoré sú schopné prežívať aj v urbanizovaných oblastiach. Má dostatočne široké potravné a habitatové nároky zároveň s veľkým rozmnožovacím úspechom na to, aby obýval fragmenty habitatov v mestách.

Vačica virgínska (*Didelphis virginiana*) je široko rozšírená v strednej a Severnej Amerike. Vačica virgínska bola mimoriadne úspešná kvôli svojej schopnosti prosperovať v mestských oblastiach. Napomáha k tomu ich veľkosť tela, nočná aktivita a vysoká reprodukcia. Analýzy obsahu žalúdka v Portlande v štáte Oregon zistili, že 9 % ich potravy bolo zložených z odpadkov. Ďalšie percentá stravy tvorili krmivá pre domáce zvieratá. Sú tiež považované za škodcov fariem, pretože lovia hydinu a prenášajú rôzne ochorenia.

Použité zdroje:

- Harmon L., Bauman K., McCloud M., Parks J., Howell S. & Losos J. 2005. What free- ranging animals do at the zoo: A study of the behavior and habitat use of opossums (*Didelphis virginiana*) on the grounds of the St. Louis Zoo. *Zoo Biology* 24: 197.213.
- Holmes D. 1992. Odor as cues for orientation of mothers by weaning Virginia opossums. *Journal of Chemical Ecology* 18: 2251- 2259.
- Kanda L. 2005. Winter energetics of Virginia opossums *Didelphis virginiana* and implications for the species' northern distributional limit. *Ecography* 28: 713-744.

Eutheria

Dvojitozubce (Lagomorpha)

Králik divý (*Oryctolagus cuniculus*) bol do Austrálie privezený prvými osadníkmi. Prvé zámerné vysadenie v oblasti Viktória prebehlo v r. 1859 za účelom obohatenia poľovnej zveri. Čoskoro sa rozšíril po celej Austrálii (s výnimkou trópov) a stal sa jedným z hlavných škodcov Austrálie. V rokoch 1937 až 1950 začali populáciu králika divého regulovať pomocou vírusu myxomatózy, následne v Austrálii tento vírus bohato mutoval. V roku 1995 začali v niektorých oblastiach Austrálie testovať účinky ďalšieho vírusu (špecifického pre európske králiky) – vírus hemoragickej choroby králikov. Ten taktiež unikol z výskumných oblastí a rozšíril sa po Austrálii, zatiaľ s väčším úspechom ako myxomatóza.

Použité zdroje:

- Fenner, F., 2010. Deliberate introduction of the European rabbit, *Oryctolagus cuniculus*, into Australia. *Revue scientifique et technique*, 29(1), p.103.

Hlodavce (Rodentia)

Drobné zemné cicavce urbánnych území nachádzame predovšetkým na okrajoch miest, smerom do centra mesta sa ich diverzita znižuje. Niektoré druhy sú priamo závislé na ľudských obydliach, ako napríklad **myš domová (*Mus musculus*)**, ktorá sa spravidla aspoň na určitú časť roka sťahuje do budov. Dôležitú úlohu v osídlení určitej budovy hlodavcami zohráva najmä voľný priestor a diery v stenách, ktoré slúžia ako úkryt, ale aj na bezpečné presuny a taktiež prístup k dostatku potravy. Hoci najviac zastúpenými urbánymi druhmi hlodavcov sú z rodov *Mus* a *Rattus*, veľké množstvo ďalších druhov sa adaptovalo na podmienky mesta, kde predovšetkým osídľujú územia parkov, cintorínov, záhrad alebo brehov riek. Pre mestá Ruska a Ameriky typické druhy rodu *Rattus*, *Mus*, *Myodes*, *Microtus*, *Apodemus*, *Peromyscus*, *Neotoma*, *Sigmodon*, *Tamias*, *Sciurus*, *Spermophilus*.

Výskum zameraný na drobné zemné cicavce fragmentov zelene na území mesta Nitra potvrdil výskyt 12 druhov v rámci celej aglomerácie (centrum, periférie a suburbánna zóna) a to *Apodemus flavicollis*, *Apodemus sylvaticus*, *Apodemus uralensis*, *Micromys minutus*, *Mus spicilegus*, *Clethrionomys glareolus*, *Microtus arvalis*, *Microtus subterraneus* a z radu *Soricomorpha* *Sorex araneus*, *Sorex minutus*, *Crocidura suaveolens* a *Crocidura leucodon*. V centre mesta boli zistené len *A. uralensis*, *A. sylvaticus*, *A. flavicollis*, *M. arvalis*, *S. araneus* a *C. suaveolens*. Vyslovene synantropnými druhmi, ktoré sú priamo závislé na ľudských zdrojoch sú *A. uralensis* a *C. suaveolens* (Klimant et al. 2015).

V Prahe bol z drobných cicavcov doložený výskyt *C. suaveolens*, *A. sylvaticus*, *Mus musculus* a *M. arvalis* na celom území mesta vrátane zastavaného centra. Pravým komenzálom je *M. musculus*, ktorá bola pozorovaná v budovách celoročne. *C. suaveolens* vyhľadáva bezpečie budov len v zimných mesiacoch. *A. sylvaticus* je najpočetnejším druhom v Prahe podľa tohto výskumu, kde obýva väčšinu parkov a zelených plôch (Frynta et al. 1994). Pozn. odchytové zariadenia boli primálne na zaznamenanie potkanov.

Potkan tmavý (*Rattus rattus*, ľudovo krysa) je generalista a všežravec, ale výrazne prevažuje rastlinná potrava (ľudské zásoby). Dnes je to synantropný druh, viazaný na budovy, iba v oblasti Stredozemného mora sa vyskytuje aj vo voľnej prírode. Preferuje suché a teplé horné časti budov (povaly, sýpky). Obratne lezie a skáče. Najmä v mestách je vytláčaný potkanom hnedým (*Rattus norvegicus*). Sám alebo cez svojich ektoparazitov prenáša viaceré patogény (mor, týfus, leptospirózu, toxoplazmózu, trichinózu). Druh pochádza z Indie a juhovýchodnej Ázie, aj keď pravdepodobne kolonizoval ľudské prostredie niekoľko krát nezávisle od seba a v odlišných oblastiach. Postupne sa rozšíril na Blízky Východ a do Egypta. A potom cez Rímsku ríšu dosiahol až územie Veľkej Británie v 1. storočí p. Kr. V dobe kolonizácie Európania nechtiac rozšírili potkany do celého sveta. V mnohých prípadoch jeho introdukcie do novej oblasti došlo k poklesu veľkosti populácií až k vymretiu niektorých domorodých druhov. Ako potravný a habitatový generalista je silným kompetítorom o lokálne zdroje. Napr. po introdukcii na severné ostrovy Nového Zélandu spôsobil potkan tmavý veľké ekologické škody, najmä konzumáciou vajec morských vtákov, ich mláďat alebo dospelcov a konzumáciou rastlín a ich semien (priamy vplyv). Zmenil tým pH pôdy (morské vtáky obohacujú pôdu najmä o fosfor a dusík) a znížil klíčivosť mnohých rastlín (nepriamy vplyv).

Potkan hnedý (*Rattus norvegicus*) je pôvodom z Číny a Mongolska, bez prítomnosti človeka preferuje vlhké habitaty ako sú brehy riek. V stredoveku sa rozšíril do celého sveta, no nevyskytuje sa na Antarktíde, Arktíde, niektorých kanadských ostrovoch a v niektorých chránených oblastiach Nového Zélandu. Žije všade, kde človek, hlavne v mestách. Prvá zmienka o jeho prítomnosti v Európe pochádza z r. 1553 od švajčiarskeho prírodovedca Conrada Gesnera. Do Severnej Ameriky sa potkan hnedý rozšíril až v období 1750 – 1755. Potkan hnedý je dobrý plavec a buduje si širokú sieť podzemných tunelov. V porovnaní s potkanom tmavým sa potkan hnedý živí širšou škálou potravy

a je odolnejší voči extrémom počasia. Ako ostatné potkany, je prenášačom ochodení ako je leptospiróza, kryptosporidióza, hemoragická horúčka, Q horúčka, hantavírus syndróm a pod. Je rezervoárom *Toxoplasma gondii*, prenáša patogény ako *Clostridium*, *Salmonella*, *Bartonella* a často sa spája s prenosom *Trichinelly*. Legendárnymi sa stali populácie potkana hnedého v niektorých veľkých mestách. Najmä New York s vlhkým podnebím a bohatými inžinierskymi sieťami sa preslávil mestskou legendou o populácii potkanov päť krát vyššou ako je ľudská. Podľa odhadov z r. 2014 sú to už iba 2 milióny potkanov na 8,4 miliónové mesto.

Použité zdroje:

- Cesana D., Benedictow O.J. & Bianucci R. 2017. The origin and early spread of the Black Death in Italy: first evidence of plague victims from 14th-century Liguria (northern Italy). *Anthropological science* 125(1): 15-24.
- Dickman C.R. & Doncaster C.P. 1987. The ecology of small mammals in urban habitats. I. Populations in a patchy environment. *Journal of Animal Ecology* 56: 629-640.
- Frynta D., Vohralík V. & Řezníček J. 1994. Small mammals (Insectivora, Rodentia) in the city of Prague: distributional patterns. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae* 58: 157-176.
- Khlyap L., Kosoy M. & Glass G. 2012. Rodents in urban ecosystems of Russia and the USA. In: Triunverí A., Scalise D. (eds). *Rodents: Habitat, Pathology and Environmental Impact*. Nova Science Inc., pp. 1-22.
- Klimant P., Baláž I. & Krumpálová Z. 2015. Communities of small mammals (Soricomorpha, Rodentia) in urbanized environment. *Biologia* 70: 839-845.
- Martin L.J., Adams R.I., Bateman A., Bik H.M., Hawks J., Hird S.M., Hughes D., Kembel S.W., Kinney K., Kolokotronis S.O. & Levy G. 2015. Evolution of the indoor biome. *Trends in Ecology & Evolution* 30(4): 223-232.
- Tompkins D.M., Sainsbury A.W., Nettleton P., Buxton D. & Gurnell J. 2002. Parapoxvirus causes a deleterious disease in red squirrels associated with UK population declines. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 269(1490): 529-533.

Šelmy (Carnivora)

Ako sa budú formovať spoločenstvá mäsožravcov v mestských oblastiach je dané viacerými faktormi, hlavne rozostavením prírodných a antropogénnych prvkov v krajine, interakciami s ľuďmi a inými druhmi. Ustúpenie veľkých predátorov (prípadne ich vyhynutie), ako sú druhy medvedí (Ursus sp.), púm (*Puma concolor*), vlkov (*Canis rufus*, *Canis lupus*), uľahčilo rozšírenie stredne veľkých mäsožravcov do mestských oblastí v dôsledku zníženej konkurencie. Vďaka väčšej prispôsobivosti, menším domovským okrskom a zvýšenej potravnej ponuke sa niektorým druhom podarilo prispôbiť sa mestským oblastiam lepšie ako iným. Druhy ako medvedík čistotný (*Procyon lotor*) a kojoty (*Canis latrans*) sú známe ako mestskí vykorisťovatelia (napr. schopný dosiahnuť najväčšej hustoty v mestských oblastiach kvôli nedostatku prírodných predátorov a schopnosti využívať antropogénne odpady a štruktúry na prežitie). Adaptéry, ako napríklad líšky (*Vulpes vulpes*, *Urocyon cinereoargenteus*) a jazvec obyčajný (*Meles meles*), tiež hojne využívajú urbánne oblasti.

Kojoty preriové (*Canis latrans*) sa stali jedným z najviac študovaných mestských mäsožravcov v Chicagu, väčšej oblasti Los Angeles, New Yorku a Denveri. Mestské kojoty v Severnej Amerike obývajú veľké mestá a ich predmestia kvôli dostatku potravy a neprítomnosti predátorov. Na život v husto obývaných oblastiach sa prispôbili hlavne vyhýbaním sa ľuďom. Lovia v noci, živia sa hmyzom, hlodavcami a malými domácimi zvieratami. Žijú v parkoch aj v industriálnych oblastiach. Podľa

odhadov, v Chicagu žije populácia asi 2000 kojotov. V meste sa dožívajú vyššieho veku, žijú vo vyššej hustote a len zriedka napadnú ľudí.

Líška hrdzavá (*Vulpes vulpes*) je jeden z najviac rozšírených suchozemských Carnivora. V poslednom storočí bolo zaznamenané jej výrazné šírenie sa do mestských oblastí Európy, Austrálie, Severnej Ameriky a Japonska. Prvá zmienka o prítomnosti líšky v meste pochádza z Británie z 30. rokov 20. storočia. Prienik do miest bol silne závislý od zemepisnej šírky: výskyt líšok v Anglických mestách bol bežnejší v južných regiónoch. Hustota populácií líšky hrdzavej v mestách sa pohybuje priemerne od 2 do 12 dospelých na km². Ostro sledované boli populácie líšky najmä kvôli prenosom niektorých parazitov (*Sarcoptes scabiei*, *Echinococcus multilocularis*), využívaniu potravinových zvyškov a priamemu konfliktu s ľuďmi.

Medvedík čistotný (*Procyon lotor*) je všežravec, žije prevažne samotársky, avšak pri dostatku potravy môže vytvárať dočasné skupinky v okolí potravného zdroja, napríklad pri kontajneroch v mestách. Obýva rôzne prostredia od lesov, cez prémie až po mestá. Aktívny je cez deň aj v noci. Druh, pochádzajúci zo Severnej Ameriky, bol v 20. rokoch minulého storočia zavlečený do Nemecka ako kožušinové zviera, odkiaľ sa úspešne rozšíril do ďalších štátov Európy. Neskôr bol zavlečený aj do Japonska. Jeho hustota sa v mestách odhaduje na 41 – 333 jedincov na km², pričom ich hustota je v mestách vyššia než v ich prirodzenom habitate. Súčasne majú aj menšie domovské okrsky, z dôvodu dostatku potravy a ich vzájomná tolerancia je vyššia. Je to veľmi prispôsobivý živočích, potravný aj priestorový oportunista, vďaka čomu je v mestách hojne rozšírený, dokonca považovaný za škodcu. V mestách sa prakticky živí všetkým, čo je jedlé a vďaka citlivým predným končatinám je schopný si potravu vyberať aj z uzavretých nádob. Tým často spôsobuje neporiadok v okolí smetných košov. Ako miesto odpočinku si vyberajú zväčša veľké stromy, no keď nemajú inú možnosť, obývajú aj psie budy, komíny, pivnice, garáže, podkrovia, dokonca ventilačné šachty.

Kuna skalná (*Martes foina*) prirodzene obýva veľkú časť Európy a centrálnu Áziu. Je veľmi bežná aj v prímestských a mestských oblastiach, kde obýva podkrovia, stodoly, garáže alebo dokonca priestory motorových vozidiel. V strednej Európe je považovaná na synantropný druh, obýva malé dediny ale aj centrá veľkých miest. Živí sa drobnými cicavcami, ovocím či vtákmi, je považovaná za potravného oportunistu. Napáda domácu hydinu a odnáša si jej vajcia, poškodzuje motorové vozidlá či strešné priestory a spôsobuje hluk. Výsledky štúdie z Luxemburska hovoria, že prítomnosť jedincov v mestách nie je závislá od blízkej dostupnosti lesných alebo vidieckych biotopov, mestské oblasti obývajú celoročne. Oproti vidieckym populáciám sa veľkosť ich teritórií v mestách zmenšila, no naďalej sú solitérne. Jedince v mestách sa prispôbili prostrediu tým, že sa stali aktívnejšími cez noc (aby sa vyhli stretu s človekom, pôvodne sú krepuskulárne až nočné). Aj napriek tomu, že mestské prostredie im ponúka viac potravných zdrojov, antropogénnu potravu (odpadky, zvyšky jedál) využívajú len málokedy. Príčinou môže byť ich malá veľkosť a menšia zručnosť oproti iným mäsožravcom žijúcich v mestách. Ich hustota v urbánnych prostrediach Luxemburska bola odhadnutá na 4,7 – 5,8 dospelých jedincov na km².

Skunk pásavý (*Mephitis mephitis*) je habitatový generalista a široko rozšírený v celej Severnej Amerike. Darí sa mu vo vidieckom, mestskom a prímestskom prostredí. V meste môže dosahovať dokonca vyššiu populačnú hustotu ako na vidieku. Skunk prenáša besnotu, preto v mestských oblastiach predstavuje riziko pre ľudí a domáce zvieratá. Kvôli svojmu obrannému správaniu môžu byť stretnutia s nimi dramatické až traumatické pre ľudí a ich domácich miláčikov. Skunky predstavovali 51 % z celkovej mestskej problémovej fauny mesta v Kalifornii do roku 1990. V Toronte zaznamenali hustotu 2 – 7 ks/km².

Jazvec lesný (*Meles meles*) je všežravec, žijúci v pároch alebo rodinných skupinách, ktoré tvorí 5-8 dospelých jedincov. Obývajú spoločné teritórium, ktoré si strážia najmä v období párenia. Preferuje lesy a v kultúrnej krajine žije najmä v častiach, kde si môže vyhrabať nory. Hustota mestských populácií môže byť porovnateľná alebo aj vyššia ako v prirodzenom prostredí. Napr. v Bristole (UK) zaznamenali 4,4 – 7,5 jedinca na km². V mestských populáciách bola zaznamenaná nižšia teritorialita, najmä v absencia značkovania si hraníc teritória. Prekrývanie domovských okrskov bolo väčšie ako na vidieku a sociálna štruktúra bola narušená, vrátane výskytu samotárskych jedincov. Veľkosť domovských okrskov v urbánnom prostredí bola pritom silne závislá od podielu záhrad v nich. Čím menší podiel záhrad bol v domovskom okrsku, tým je väčšie teritórium v snahe jedincov o obsiahnutie dostatočného množstva potravných zdrojov.

Použité zdroje:

- Abramov A.V., Kranz A., Herrero J., Choudhury A. & Maran T. 2016. *Martes foina*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T29672A45202514.
- Adams C.E. 2009. Urban Wildlife Management. CRC Press. 432 pp.
- Bateman P.W. & Fleming P.A. 2012. Big city life: carnivores in urban environments. *Journal of Zoology* 287(1): 1-23.
- Cresswell W.J. & Harris S. 1988. Foraging behavior and home range utilization in a suburban badger (*Meles meles*) population. *Mammal Review* 18: 37-49.
- Davison J., Huck M., Delahay R.J. & Roper T.J. 2009. Restricted ranging behaviour in a high-density population of urban badgers. *Journal of Zoology* 277(1): 45-53.
- Herr J. 2008. Ecology and Behaviour of Urban Stone Martens (*Martes foina*) in Luxemburg. PhD Thesis, University of Sussex, Brighton, UK. 144 pp.
- Lombardi J.V., Comer C.E., Scognamiglio D.G. & Conway W.C. 2017. Coyote, fox, and bobcat response to anthropogenic and natural landscape features in a small urban area. *Urban Ecosystems* 20(6): 1239-1248.
- Rosatte R.C., Power M.J. & MacInnes C.D. 1992. Density, dispersion, movements and habitat of skunks (*Mephitis mephitis*) and raccoons (*Procyon lotor*) in metropolitan Toronto. In *Wildlife 2001: populations*. Springer, Dordrecht. 932-944 pp.
- Scott D.M., Berg M.J., Tolhurst B.A., Chauvenet A.L., Smith G.C., Neaves K., Lochhead J. & Baker P.J. 2014. Changes in the distribution of red foxes (*Vulpes vulpes*) in urban areas in Great Britain: findings and limitations of a media-driven nationwide survey. *PLoS One*, 9(6): p.e99059.
- Schneider A.L., Gilbert A.T., Walter W.D., Vandeberg G.S. & Boulanger J.R. 2019. Spatial ecology of urban striped skunks (*Mephitis mephitis*) in the Northern Great Plains: a framework for future oral rabies vaccination programs. *Urban ecosystems* 22(3): 539-552.

Eulipotyphla

Jež tmavý (*Erinaceus europaeus*) je v mestách bežný druh, dokonca v záhradách dosahuje najvyššie abundancie. Dobre sa adaptoval na mesto aj predmestie, kde vyhľadáva potravu vo forme menších bezstavovcov, zvyškov potravy aj potravy pre domáce zvieratá. Žiaľ, často sú často zamorené rôznymi druhmi kliešťov (napr. *Ixodes ricinus* a *Ixodes hexagonus*, *Rhipicephalus turanicus*), a blích (napr. *Archaeopsylla erinacei*), ktoré sú vektormi pre mnoho patogénov.

Použité zdroje:

- Young R.P., Davison J., Trewby I.D., Wilson G.J., Delahay R.J. & Doncaster C.P. 2006. Abundance of hedgehogs (*Erinaceus europaeus*) in relation to the density and distribution of badgers (*Meles meles*). *Journal of Zoology* 269: 349-356.

Netopiere (Chiroptera)

Odpoveď Chiroptera na rozširovanie urbánnych biotopov je silne druhovo špecifická. Niektoré druhy sú silne ovplyvnené stratou či fragmentáciou habitatov alebo znečistením, iné tolerujú alebo dokonca nachádzajú v urbánnom prostredí nové potravné a úkrytové možnosti. Využívajú ľudskú prítomnosť najmä na uľahčenie prístupu k potrave, keďže sú insektivorné a hmyz s pozitívnou fototaxiou sa združuje v okolí umelého osvetlenia (najmä modro-biele svetlo ortuťových výbojok). Netopiere tiež môžu využívať ľudské obydlia na úkryt, napr. na povalách starých domov.

Množstvo úkrytových miest, ktoré sa nachádzajú v stenách panelových domov, sa v poslednom čase znižuje ich zatepľovaním. Boli zaznamenané dokonca prípady, keď boli jedince polystyrénom uväznené v úkryte. Podľa najnovších trendov v ochrane sa po šetrnom zateplení poskytnú netopierom náhradné možnosti úkrytu v búdkach zapracovaných priamo do zateplenia. Ďalším nebezpečenstvom pre hibernujúce jedince sú mestské mačky.

V mnohých európskych mestách sú časté druhy: večernica hvízdavá (*Pipistrellus pipistrellus*), večernica pozdná (*Eptesicus serotinus*) a raniak hrdzavý (*Nyctalus noctula*) a predstavujú typických mestských vykorisťovateľov „foragers“. Netopiere v mestách je možné nájsť v zalesnených častiach aj pri vodných habitatoch, absentujú však v prázdnych priestoroch mestských centier bez vegetácie, ktoré sú osvetlené pouličnými lampami so žltým svetlom.

Zaznamenaný bol nález 157 uhynutých jedincov, prevažne samíc, raniaka hrdzavého (*Nyctalus noctula*) v zime 2014-2015 v budove starej betonárky v meste Charkov (Ukrajina). Dá sa predpokladať, že celkový počet úhynov bol v skutočnosti vyšší. V situácii, keď si jedince vyberajú neadekvátny biotop na pozmenených lokalitách na základne predtým spoľahlivých podnetov predstavuje ekologickú pascu (Vlaschenko et al. 2019).

Večernica hvízdavá (*Pipistrellus pipistrellus*), podobne aj večernica južná (*Pipistrellus kuhlii*), sa vyznačuje vyššou mierou synantropie ako napr. večernica parková (*Pipistrellus nathusii*), ktorá sa vyhýba mestským oblastiam. Do značnej miery to súvisí s výskytom prirodzených úkrytov, ktoré *P. nathusii* vyhľadáva v stromoch, zatiaľ čo *P. pipistrellus* a *P. kuhlii* vyhľadáávajú „skaly“. *P. pipistrellus* zimuje v ľudských stavbách a v mestách je výrazne početnejší v mestách centrálnej Európy ako večernica Leachova (*P. pygmaeus*).

Netopier veľký (*Myotis myotis*) v severnej časti Európy prebýva prevažne v ľudských príbytkoch, pričom hniezda si buduje najradšej v pivniciach, povalách a štôľňach, pričom počas leta vytvára veľké kolónie (až 1000 jedincov). V lete preferuje miesta, kde nie je prievan, v zime zas prezimuje osamote a vyhľadáva miesto, kde sa teplota drží nad nulou.

Použité zdroje:

- Bihari Z. 2004. The roost preference of *Nyctalus noctula* (Chiroptera, Vespertilionidae) in summer and the ecological background of their urbanization. *Mammalia* 68(4): 329-336.
- Gaisler J., Zukal J., Rehak Z. & Homolka M. 1998. Habitat preference and flight activity of bats in a city. *Journal of Zoology* 244(3): 439-445.
- Nusová G., Uhrin M. & Kaňuch P. 2019. Go to the city: urban invasions of four pipistrelle bat species in eastern Slovakia. *European Journal of Ecology* 5(1): 23-26.
- Russo D. & Ancillotto L. 2015. Sensitivity of bats to urbanization: a review. *Mammal Biology* 80(3): 205-212. doi:10.1016/j.mambio.2014.10.003
- Vlaschenko A., Kovalov V., Hukov V., Kravchenko K. & Rodenko O. 2019. An example of ecological traps for bats in the urban environment. *European Journal of Wildlife Research* 65(2): 20.

Primáty (Primates)

Pavián čakma (*Papio ursinus*) žije v južnej Afrike. S rozvojom turizmu a rastom miest sa dostal pod antropický tlak. Vplyvom lovu, nehôd a chytania do pascí stratili jeho skupiny sociálnu štruktúru a jeho počty v divočine, hlavne na Kapskom polostrove v dôsledku straty biotopov, sa zredukovali. Niektoré skupiny sa stali hrozbou na predmestí Kapského mesta, kde hľadajú potravu v odpadkoch. Správajú sa agresívne, čo vyvolalo nevôľu miestnych obyvateľov. Predpokladá sa, že do 10 rokov táto populácia paviánov vyhynie.

Dôkaz, že sa zástupcovia rodu **hulmanov (*Semnopithecus*)** veľmi dobre prispôsobili aj ľudskému osídleniu, či už v meste alebo na dedinách, je mesto Jodhpur v Indii. V meste Jodhpur žije cez jeden milión ľudí a veľkosť populácie opíc sa odhaduje tiež na približne jeden milión. V urbánnom prostredí získavajú opice nové možnosti potravy a istej ochrany voči niektorým vonkajším faktorom, ktoré by bežne ovplyvňovali dynamiku populácie. V roku 2000 úkaz El Niño zapríčinil v Indii extrémne suchu, ktoré svojím dlhým trvaním malo za následok úmrtie až 50 % divoko žijúcej populácie v národnom parku Kumbhalgarh Wildlife Sanctuary medzi rokmi 1999 až 2001. V tom istom období v neďalekom meste Jodhpur nedošlo k žiadnemu masovému úhynu opíc. Opice sú uznávané miestnym náboženstvom za sväté, preto sa vedci domnievajú, že okrem zvýhodnenia mestskej populácie existenciou pomerne stálych zdrojov potravy a vody v meste, došlo aj k aktívnej pomoci zo strany miestneho obyvateľstva.

Hulman posvätný (*Semnopithecus entellus*) žije v severnej časti Indie. Pravdepodobne bol zavlečený hinduistami cez rieku Jalangi aj do západného Bangladéšu. Obýva subtropické až tropické suché lesy a krovinaté biotopy. Je to diurnálny živočích, s terestrickým aj arboreálnym spôsobom života. V urbánnych častiach samice rodia počas celého roka, v lesoch rodia medzi decembrom a májom. Niektoré skupiny môžu byť tvorené viac ako 100 jedincami. Živí sa primárne ovocím a listami, ale aj semenkami, kvetmi alebo hmyzom. Stravu získavajú aj z nájazdov na obilniny na poliach alebo z chrámov, kde ich krmia mnísi. *Semnopithecus entellus* je hinduistami považovaný za posvätné zviera a niekedy ich hinduistickí kňazi držia v zajatí pre náboženské účely. Napriek adaptácii na urbánny spôsob života je tento druh ohrozený stratou prirodzeného prostredia, cestnou dopravou, útokmi psov, chorobami rozšírenými u domácich zvierat a farmármi, ktorí sa snažia chrániť svoje polia pred nájazdami opíc na úrodu.

Použité zdroje:

- Bennett E.L. & Davies A.G. 1994. "The ecology of Asian colobines". In: Davies, A.G., Oates, J.F. (eds.) Colobine monkeys: their ecology, behaviour and evolution. Cambridge University Press. 129–171 pp.
- IUCN 2023. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2. <https://www.iucnredlist.org>. [Citované 4.2.2023]
- Newton P. 1994. "Social stability and change among forest Hanuman langurs (*Presbytis entellus*)". Primates. 35 (4): 489–498. doi:10.1007/BF02381957.
- Waite T.A., Chhangani A.K., Campbell L.G., Rajpurohit L.S. & Mohnot S.M. 2007. Sanctuary in the city: urban monkeys buffered against catastrophic die-off during ENSO-related drought. EcoHealth 4: 278-286.

Ungulata

Nepárnokopytníky (Perisodactyla)

Kôň (*Equus ferus*) a somár africký (*Equus africanus*) hrajú v histórii ľudstva významnú úlohu, hlavne pri práci, športe, kultúre a transporte ľudí a tovaru a to aj meste. Ešte v 19. storočí zastávali kone dôležitú rolu v mestskom priemysle: presúvali tovar a ľudí po meste a poháňali stavbu a lodnú dopravu. Mestské kone boli cenné nielen pre svoju silu, ale aj pre svoj hnoj, ktorý sa predával ako hnojivo, a dokonca aj pre svoje mŕtve telá, ktoré sa spracovávali na srst, kožu, kosti, kopytá, mäso, tuk. Mestská ekonomika zahŕňala výrobcov tovaru pre kone, majiteľov stajní a rozsiahly priemysel služieb pre kone. Konské železnice zmenili využitie ulíc, roztriedili priestory do špecializovaných kategórií a umožnili prímestskú zástavbu.

Približne od r. 3000 pr. Kr. je **somár domáci** (*Equus asinus*) domestikovaným druhom. Hlavne v chudobnejších krajinách je stále využívaný ako ťažné zviera. Ušlé či vypustené somáre vytvorili zdivočené populácie po celom svete (Afrika, Severná Amerika, Austrália, Sardínia). Pôvodné divoké **somáre africké** (*Equus africanus*) sú v Afrike kriticky ohrozené.

Párnokopytníky (Artiodactyla)

Viacero druhov **čelade ťavovité** (Camelidae) bolo domestikovaných (Tab. 19). V Amerike lama huanako (*Lama glama*) a lama vikuňa (*Vicugna pacos*), v Ázii ťava dvojhrbá (*Camelus ferus*), na arabskom poloostrove a v južnej Ázii ťava jednohrbá (*Camelus dromedarius*).

Ťava jednohrbá (*Camelus dromedarius*) bola domestikovaná 1100 – 1800 r. pr. Kr. V priebehu času boli zdomácnené jedince niekoľkokrát prekrížené s divokými, ktorých populácia však neustále klesala. V súčasnosti je najväčšia populácia tiav jednohrbých v púštnych oblastiach Austrálie (odhad populácie z 2005 bol 1 milión jedincov), kde boli privezené v roku 1840. Ťavy v Austrálii môžu obmedziť regeneráciu a rast pôvodných drevín natoľko, že ohrozia zdravie ekosystému. Preto je potrebné udržiavať populáciu na hustote 0,25 tiav km² alebo menej na čo najväčšom území vnútrozemskej Austrálie.

Z čelade **diviakovité** (Suidae) bolo zdomácnené prasa z **diviaka lesného** (*Sus scrofa*). Pravdepodobne došlo k niekoľkým nezávislým domestikáciám, ktoré boli od seba vzdialené priestorom (*Sus scrofa* sa vyskytoval v Eurázii a severnej Afrike) a časom (najstaršia odhadovaná domestikácia prebehla cca pred 9000 rokmi). Súčasný čínske plemená pochádzajú z východnej Ázie, zatiaľ čo európske plemená majú svoj pôvod v juhozápadnej Ázii.

Viacero druhov čelade **jeleňovitých** (Cervidae) bolo introdukovaných do vzdialených krajín, najčastejšie ako poľovná alebo okrasná zver. **Jeleň sika** (*Cervus nippon*) pochádza z východnej Ázie a bol introdukovaný po celom svete. Pôvodné populácie **daniela škvrnitého** (*Dama dama*) žijú v dnešnom Turecku. Odtiaľ bol daniel počas stáročí introdukovaný do celej Európy, neskôr na ďalšie kontinenty a ostrovy (Madagaskar, Maurícius a pod.). **Jeleň wapity** (*Cervus (elaphus) canadensis*) bol introdukovaný do Argentíny začiatkom 20. storočia a v súčasnosti je v krajine považovaný za invázivný druh.

Tab. 19. zoznam svetovo najcennejších veľkých zdomácnených cicavcov. Komenzál – druh sám sa začal vyskytovať v blízkosti človeka, ktorý mu poskytoval nejakú výhodu (odpad) a vznikol obojstranne výhodný vzťah. Korisť - ľudia iniciovali domestikáciu na vytvorenie si miestnej zásoby koristi. Priamo – ľudia sa zámerne rozhodli domestikovať druh, začínali s odchytom voľne žijúcich zvierat so zámerom kontrolovať ich rozmnožovanie. Prevzaté z: Teletchea (2019).

Slovensky	Latinsky	Čiastočný zoznam potenciálnych divokých predkov (hlavný je tučným písmom)	Odhad domestikácie (r. pr. Kr.)	Počet plemien	Cesta k domestikácii
ovca	<i>Ovis aries</i>	O.orientalis , O.musimon	9000	850	korisť
koza	<i>Capra hircus</i>	C.aegagrus , C.falconeri	9000	320	korisť
krava, dobytok	<i>Bos taurus</i> , <i>B. indicus</i>	B.rpimagenius , B.namadicus	8000	815	korisť
prasa	<i>Sus domesticus</i>	S.scrofa , <i>S.celebensis</i> , <i>S.barbatus</i>	8000	350	komenzál
kôň	<i>Equus caballus</i>	E.ferus , <i>E.przewalski</i>	6000	350	priamo
ťava jednohrbá	<i>Camelus dromedarius</i>	C.dromedarius	4500	50	priamo
ťava dvojhrebá	<i>Camelus bactrianus</i>	C.ferus , <i>C.bactrianus</i>	4500	6	priamo
lama, alpaka	<i>Lama glama</i> , <i>L.pacos</i>	L.guanicoe , <i>V.vicugna</i>	6000	2+2	korisť
somár	<i>Equus asinus</i>	E.africanus	6000	70	priamo
sob arktický	<i>Rangifer tarandus</i>	R.tarandus			
byvol vodný	<i>Bubalus arnee</i> (<i>bubalis</i>)	B.bubalis	6000	70	korisť
yak domáci	<i>Bos mutus</i> (<i>grunniens</i>)	B.mutus	4500	?	korisť
tur banteng	<i>Bos javanicus</i>	B.javanicus	?	?	korisť (?)
tur gaur	<i>Bos frontalis</i> (<i>gaurus</i>)	B.frontalis	?	?	korisť (?)

Bovidae

Kravy sú v Indii považované za posvätné, za inkarnácie ich bohov a predkov. Preto sa veľké množstvo kráv môže voľne pohybovať po krajine, a to aj v mestách, kde veľké množstvo z nich hynie po skončení plastových vriec s odpadkami. Kravám sa v krajine nesmie ublížiť, čo vedie k problémom najmä v preľudnených mestách. Napríklad v Dillí sa 13 miliónov obyvateľov musí deliť o ulice so 40 000 kravami, čo často vedie k sťažnostiam, pretože rozhadzujú odpadky roztrhaním odpadkových vriec a ohrozujú premávku (Obr. 39).

Tab. 20. Ročná spotreba produktov živočíšnej výroby na obyvateľa v Pekingu v porovnaní s vidiekom. Prevzaté z: FAO (1998).

	1985		1995	
	Mesto	Vidiek	Mesto	Vidiek
Hovädzie	26	9,8	34,5	12,8
Hydina	3	0,3	7,8	1,6
Vajcia	14	5,6	16,6	5,8
Mliečne produkty	14	0	15,1	1,5



Obr. 39. Kravy konzumujúce odpad, India. (Foto: Ondrej Kameniar).

Použité zdroje:

- Agoramoorthy G. & Hsu M.J. 2012. The significance of cows in Indian society between sacredness and economy. *Anthropological Notebooks* 18(3).
- Almathen F. 2014. Genetic diversity and demographic history of the dromedary camel (*Camelus dromedarius*) (Doctoral dissertation, University of Nottingham).
- Box J.B., Nano C.E., McBurnie G., Waller D.M., McConnell K., Brock C., Paltridge R., McGilvray A., Bubb A. & Edwards G.P. 2016. The impact of feral camels (*Camelus dromedarius*) on woody vegetation in arid Australia. *The Rangeland Journal* 38(2): 181-190.
- FAO. 1998. Area-wide integration of crop and livestock: case study - Beijing, by K. Bingsheng. In Y.W. Ho & Y.K. Chan, eds of Cr. Proceedings of the Regional Workshop on Area-wide Integration op-Livestock Activities. 18-20 June 1998, Bangkok. RAP Publication 1998/19. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok. 86 pp.
- Galende G., Ramilo E. & Beati A. 2005. Diet of Huemul deer (*Hippocamelus bisulcus*) in Nahuel Huapi National Park, Argentina. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 40(1): 1-5.
- Kavar T. & Dovč P. 2008. Domestication of the horse: Genetic relationships between domestic and wild horses. *Livestock science* 116(1-3): 1-14.
- McShane C. & Tarr, J. 2007. The horse in the city: living machines in the nineteenth century. JHU Press.
- Rosenbom S., Costa V., Al-Araimi N., Kefena E., Abdel-Moneim A.S., Abdalla M.A., Bakhiet A. & Beja-Pereira A. 2015. Genetic diversity of donkey populations from the putative centers of domestication. *Animal Genetics*, 46(1): 30-36.
- Teletchea F. 2019. Animal domestication: A brief overview. *Animal domestication*.

Názvoslovie:

- Ferianc O. 1975. Slovenské mená hmyzu. Veda. 308 pp.
- Gajdoš P., Černecká Ľ., Franc V., Šestáková A. 2018. Pavúky Slovenska [Spiders of Slovakia]. VEDA, vydavateľstvo SAV, Bratislava, 172 pp.
- Lepage D. 2023. Avibase - Databáza Svetových vtákov. Verzia 2023.07.17. <https://avibase.bsc-eoc.org/>
- Lupták P. 2003. Slovenské mená cicavcov sveta. Zoologická záhrada Bojnice. 218 pp.
- Mihál I. & Astaloš B. 2011. Slovenské menoslovie koscov (Arachnida, Opiliones) zaznamenaných na Slovensku [Slovak vernacular names of harvestmen (Arachnida, Opiliones) registered in Slovakia]. Folia faunistica Slovaca.
- Országh I., Čejka T. & Országhová Z. 2012. Slovenské mená mäkkýšov (Mollusca). 208 pp.
- Országhová Z. & Schlarmannová J. 2010. Slovník zoologických termínov a taxónov. Univerzita Komenského Bratislava. 344 pp.
- Štátna Ochrana Prírody. 2015. <https://www.sopsr.sk/druhovníky/lkpzoospecies/25051/ListDetails>. [Citované 28.5.2023]
- Úrad vlády Slovenskej republiky. 1995. Vyhlásené znenie 252/1995 Z. z. https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/1995/252/vyhlasedne_znenie.html. [Citované 28.5.2023]

Register

A

Acarus siro, 123
Acipenser
 gueldenstaedtii, 153
 nudiventris, 153
 ruthenus, 153
 stellatus, 153
 sturio, 153
adaptácia, 13, 24, 30, 31, 65, 74, 89, 90, 102, 103, 131, 145, 152, 157, 172, 181
Aedes aegypti, 142
Aeronautes saxatalis, 85
aerosol, 36
Aglais io, 66
Aglais urticae, 66
agriofyt, 54
Agyneta rurestris, 79
Acherontia atropos, 98
Acheta domesticus, 133
Ailanthus altissima, 64
Aix galericulata, 169
albedo, 34
Alitta succinea, 120
Allajulus
 latestriatus, 130
 londinensis, 130
 occultus, 130
Alligator mississippiensis, 163
Amaurobius
 fenestralis, 127
 ferox, 66, 127
 similis, 127
Amazona viridigenalis, 174
Amblyrhynchus cristatus, 160
Ambrosia artemisiifolia, 64
Ambystoma mexicanum, 157
analýza obsahu fragmentov, 112
Anas platyrhynchos, 168, 169
Anguilla marmorata, 153
Anolis
 cristatellus, 159, 160
 sagrei, 159, 160
Anser anser, 168
Anthonomus grandis, 139
antibiotiká, 51, 142
antropofilný, 24
antropotolerantný, 26
antrozem, 43
Apis
 cerana, 124
 mellifera, 124
Apodemus sylvaticus, 60
Appendiseta robiniae, 150
Apus
 apus, 67, 68, 85
Araneus diadematus, 127
areál, 18, 93, 94, 95, 98, 126, 144, 145, 150
archeofyt, 17, 54
Archilochus alexandri, 39

Arion

circumscriptus, 122
 distinctus, 122
 rufus, 122

Armadillidium

nasatum, 131
 vulgare, 131

Asio otus

Athene cunicularia, 90, 172

Aythya

ferina, 68
 fuligula, 68

B

Balaustium murorum, 124

Barbronia weberi, 121

bariéra, 23, 90, 95, 96, 97, 101, 153, 156

Betula pendula, 100

bioindikátor, 52, 122

biotop, 24, 29, 37, 38, 45, 62, 66, 82, 83, 86, 93, 95, 97, 98, 103, 108, 110, 112, 113, 114, 136, 141, 153, 157, 159, 162, 181
 hniezdny, 172
 jadrový, 113
 lesný, 141
 lineárny, 110
 mestský, 13, 30, 82, 131, 172, 180
 narušený, 162
 nový, 111
 okrajový, 113
 ostrovný, 79, 80, 87, 142
 otvorený, 137
 polo-prirodzený, 126
 pozmenený, 162
 pôvodný, 14, 26, 77, 78, 172
 prímestský, 130
 prirodzený, 124, 159
 produktívny, 111
 skalný, 164
 vhodný, 112
 vidiecky, 13, 131, 178
 vnútorný, 113

Blatta

orientalis, 144, 145

Blattella

germanica, 144, 145

Boettgerilla pallens, 122

Boiga irregularis, 161, 162

Bombycilla garrulus, 94

Boorman-Levitt, 101

bottleneck, 90, 91, 172

Bovidae, 183

bríza vidiecko-mestská, 35

brownfields, 47

Brueelia cyclothorax, 148

Bryum capillare, 64

Buddelundiella cataractae, 131

budova, 7, 19, 24, 34, 35, 40, 61, 65, 66, 67, 71, 79, 108, 127, 128, 130, 133, 134, 136, 137, 145, 146, 147, 157, 162, 164, 169, 170, 173, 176

Bufo

bufo, 157

marinus, 157
viridis, 157

C

Camelus
 dromedarius, 182
Canis
 latrans, 177
 lupus, 135, 177
 rufus, 177
Capreolus capreolus, 60
Cardellina canadensis, 71
Carlia ailanpalai, 160
Carpodacus erythrinus, 94
Carpoglyphus lactis, 123
Cepea hortensis, 122
Ceroplastes japonicus, 150
Cervus
 (*elaphus*) *canadensis*, 182
 elaphus, 60
 nippon, 60, 182
cesty, 7, 9, 10, 18, 21, 23, 34, 37, 39, 41, 45, 46, 49, 50,
 51, 54, 56, 61, 62, 63, 64, 72, 73, 74, 79, 80, 97, 98,
 122, 181
Ciconia ciconia, 170
Cimex
 hemipterus, 151
 lectularius, 151
cintorín, 10, 25, 43, 45, 61, 125, 176
cirkadiánný rytmus, 41, 56
Clarias batrachus, 155
Clark & Evans, 79
Clethrionomys glareolus, 60
Columba
 livia, 24, 57, 67, 169
 palumbus, 60, 170
Columbicola columbae, 148
Conocephalus discolor, 134
Conopeum seurati, 69
Coprinus bisporus, 62
Coptotermes
 formosanus, 147
 havilandi, 147
 testaceus, 147
Corophium insidiosum, 69
Corvus
 corax, 94
 corone cornix, 167
 frugilegus, 14, 60, 148
Coturnix coturnix, 38
Craspedacusta sowerbyi, 94
Crataegus laevigata, 61
Crocodylus acutus, 163
Cryptopygus bipunctatus, 132
Cryptotermes brevis, 147
Ctenocephalides
 canis, 143
 felis, 143
Culex pipiens, 142
Cyanistes caeruleus, 75, 165
Cygnus
 atratus, 75

olor, 94
Cylisticus convexus, 131
Cymatia rogenhoferi, 151
Cyprinus carpio, 154

Č

čistička vôd, 119

D

Dacrymyces deliquescens, 62
Dama dama, 60, 182
Delichon urbicum, 27, 67, 166
Deltocephalus pulicaris, 149
Dendrobaena hortensis, 120
Dendrocopos
 major, 164
 syriacus, 94
Dermatonyssus gallinae, 124
Dermatophagoides
 farinae, 123
 pteronyssinus, 123
Deroceras
 invades, 122
 reticulatum, 122
Diadophis punctatus, 162
Didelphis virginiana, 175
Dichogaster
 bolau, 120
 saliens, 120
Dinocheirus panzeri, 125
Dipotalonema reconditum, 135
disperzia, 29, 31, 65, 78, 79, 89, 98, 103, 106, 109, 110,
 128, 136, 165
disturbancia, 97, 108, 130
diverzita, 18, 23, 26, 29, 31, 46, 47, 52, 57, 63, 82, 83, 84,
 86, 87, 93, 95, 97, 124, 129, 137, 141, 151, 152, 157,
 159, 170, 176
 alfa, 83
 beta, 83, 122
 gama, 83
domáce zvieratá, 13, 14, 26, 27, 29, 57, 71, 118, 123,
 130, 139, 148, 162, 175, 177, 178, 179, 181
domestikácia, 7, 26, 64, 168, 169, 182, 183
doprava, 8, 9, 34, 36, 37, 38, 40, 46, 54, 56, 62, 63, 64,
 71, 72, 73, 74, 75, 79, 93, 95, 121, 122, 145, 159, 181
Dorypteryx domestica, 148
Dreissena
 bugensis, 121
 polymorpha, 94, 121
drenáž, 50, 63, 84
drift, 89, 90, 91, 103
Drosophila flavohirta, 142
dynamika
 asynchrónna, 101, 106
 druhová, 86
 fragmentov, 102, 105, 108
 metapopulácie, 79, 105, 109, 112
 ostrovná, 86
 populácie, 94, 101, 106, 110, 181

E

Edwardsiana rosae, 148
 efekt
 Alleeho, 107
 bariérový, 23, 62
 Lombardov, 38
 okrajový, 10, 21, 23, 83, 84, 113, 114
 vysávača, 40
 zakladateľa, 31, 91
 efektívna veľkosť populácie, 80, 89, 107
 efemérny, 26, 103
 efemerofyt, 54
Echinococcus multilocularis, 118
 echolokácia, 38
Eisenia
 foetida, 120
 japonica, 120
 veneta, 120
 ekológia
 ostrovv, 29, 33, 77, 78
 ekológia mesta. Pozri urbánna ekológia
 ekologická pasca, 110, 112
 ekotón, 10, 21, 25, 113
Eleutherodactylus coqui, 157
Emberiza schoeniclus, 39
Emys orbicularis, 159
Encarsia formosa, 137
 epikofyt, 54
Epilohmannia cylindrica, 124
Eptesicus serotinus, 180
Equus
 africanus, 182
 asinus, 182
 ferus, 182
Eratigena atrica, 66
Erigone
 atra, 79, 127
 dentipalpis, 79, 127
Erinaceus
 europaeus, 120, 179
Erithacus rubecula, 38
 erózia, 47, 66
 pôdy, 45, 64
Eubalaena glacialis, 38
Euroglyphus maynei, 123
Euscorpius
 carpathicus, 128
 flavicaudis, 128
 italicus, 128
 eutrofizácia, 49, 51, 97, 157
 evolúcia, 24, 31, 89, 92
 expanzia, 94, 95, 97, 98

F

Falco
 columbarius, 67, 173
 peregrinus, 67, 164, 169, 173
 tinnunculus, 67, 164
 FAO, 55
Felicola subrostratus, 148
Felis catus, 13

fenológia, 29, 91
 fenotyp, 30, 89
 fenotypová plasticita, 30, 91
Fieberiella flori, 148
Forficula auricularia, 134
 fragment, 11, 18, 21, 22, 26, 29, 33, 59, 77, 78, 79, 82, 83, 86, 87, 89, 91, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 110, 131, 133, 137, 139, 175
 environmentálny, 113
 introdukovaný, 112
 regenerovaný, 80, 112
 zvýškový, 80, 112
 fragmentácia, 16, 23, 33, 39, 45, 51, 62, 82, 89, 97, 103, 105, 110, 129, 159, 162, 180
Frankliniella occidentalis, 136

G

Gallus gallus, 168
Gambusia affinis, 155
Garrulus glandarius, 60
Geothlypis formosa, 71
 gradient, 8, 11, 15, 16, 17, 18, 19, 33, 52, 131, 156, 165
 mestsko-vidiecky, 16, 17, 25, 129
 straty habitatov, 18
 zmien diverzity, 18

H

Haemodipsus ventricosus, 135
Haemorrhous mexicanus, 39
 haldy, 61
Halyomorpha halys, 151
Haplophilus subterraneus, 128
Hediste diversicolor, 120
Helix pomatia, 122
Helmitheros vermivorum, 71
Helobdella europaea, 121
 hemerodifórny, 24, 25
 hemerofilný, 21, 24
 hemerofóbný, 24, 25
 hemerochór, 14, 26, 54, 60
Hemorrhous mexicanus, 90
Heterodoxus spiniger, 135
 heterogenita, 23, 43, 59, 82, 89, 105, 108, 109, 165
Hirudo
 medicinalis, 120
 orientalis, 120
 verbana, 120
Hirundo
 atrocaerulea, 75
 rustica, 27, 67, 68, 166
 hluk, 29, 37, 38, 39, 60, 62, 75, 91, 164, 178
Hohorstiella lata, 148
 homogenizácia druhovej skladby, 85, 137
Hoplopleura
 acanthopus, 135
 captiosa, 135
 hortizem, 43
 hrádza, 43, 51, 68, 69
Huso huso, 153
 hybridizácia, 90, 91
Hydropotes inermis, 60

Hylocichla mustelina, 71
Hyloniscus riparius, 131
Hypania invalida, 120
Hyphantria cunea, 94
Hypogastrura assimilis, 66
hypotéza strednej narušenosti, 85

C

Chaetura pelagic, 85
Chamaenerion angustigolium, 64
Cheiridium museorum, 125
Chelifer cancroides, 125
Chelodina longicollis, 160
Chionaspis salicis, 149
chodník, 19, 45, 64, 130
Chorthippus
biguttulus, 133
brunneus, 133
mollis, 133
montanus, 133
Chrysopidae, 134
Chthonius ischnocheles, 125

I

ihrisko, 19, 61, 108, 149, 163
inbríding, 78, 89
index
disperzie, 79
fixačný, 90
hustoty siete fragmentov, 115
izolácie, 78
konektivity alfa, 116
konektivity gama, 116
odrazu, 34
prirodzenosti fragmentu, 114
rozmanitosti, 21
synantropizácie, 27
indukcia preferencií natálnych biotopov, 111
Intellagama lesueurii, 90
inundačná zóna, 50, 98
invázia, 93, 94, 97, 98
invazivita, 96
invazívny, 26, 52, 93, 98, 122, 129, 136, 159, 160, 182
Ips duplicatus, 94
Isoodon macrurus, 175
Isotoma
notabilis, 132
Isotomiella minor, 132
izolácia, 78, 87, 89, 101, 106, 112
reprodukčná, 90

J

Junco hyemalis, 90, 166

K

kadáver, 56, 64, 164
kanalizácia, 49, 50, 51, 53, 55, 60, 68, 119, 120, 121, 122, 145, 160
klíma mesta, 14, 16, 24, 33, 34, 59, 134, 159

kolízia s oknami, 71
kompetícia, 95, 103
kompetitor, 96, 103, 176
konektivita, 116
kontext fragmentu, 114
koridor, 23, 78, 80, 81, 97, 98, 110, 112, 115, 116
kosenie, 71, 100, 151
kozmpolitný, 8, 84, 131, 144
kultizem, 43

L

Lamprochernes nodosus, 125
Larus
fuscus, 168
richardsoni, 168
Lecanora
conizaeoides, 64
dispersa, 64
Lemmus lemmus, 94
Lepidocyrtis
cyaneus, 132
languinosus, 132
lignorum, 132
Lepidoglyphus destructor, 123
Lepidosaphes ulmi, 149
Lepisma saccharina, 14, 92, 144
Lepthyphantes leprosus, 66
Leptinotarsa decemlineata, 94, 139
Leptophyes punctatissima, 134
Leptyphantes
leprosus, 127
nebulosus, 127
lesopark, 43, 60
Levins, 101
Limacus flavus, 66, 122
Limax maximus, 66, 122
Limosa limosa, 39
Linognathus setosus, 135
Liposcelis
bostrychophila, 148
corrodens, 147
divinatorius, 147
entomophila, 148
paetus, 147
pubescens, 147
Lithobius
forficatus, 128
melanops, 128
microps, 128
Lithoglyphus naticoides, 122
Locusta migratoria, 94
Lophognathus temporalis, 159
lovci a zberači, 7
Loxia curvirostra, 94
Loxosceles laeta, 26
Lucilia sericata, 142
lúčny, 63, 105, 151

M

MacArthur & Wilson, 79, 86, 101, 110
Macrosteles laevis, 149

Mahonia aquifolium, 61
 maladaptívny, 111
Marenzelleria neglecta, 120
Martes
 foina, 60, 178
 martes, 25
Meconema
 meridionale, 134
 tharassinum, 134
 megacity, 9
Megalephyphantes nebulosus, 66
Meioneta rurestris, 127
 melatonín, 41
Meleagris gallopavo, 168
Meles meles, 60, 61, 177, 179
Mephitis mephitis, 178
Meta
 menardi, 66, 127
 merianae, 66
 metapopulácia, 89, 101, 103, 105, 106, 107, 110
 metaspoločenstvo, 103
Metellina merianae, 127
Micropia minus, 124
Microtus arvalis, 25
 migrácia, 21, 27, 31, 40, 62, 68, 79, 86, 89, 90, 91, 95, 98,
 101, 103, 106, 153, 173
Molothrus ater, 21
Monomorium pharaonis, 8, 137
Morelia spilota, 162
 mortalita, 40, 63, 71, 74, 97, 101, 106, 109, 151, 159
Motacilla alba, 164
 mozaika, 11, 57, 59, 78, 101, 105, 108
Muntiacus reevesi, 60
 múr, 124, 128, 130
Mus musculus, 14, 24, 66, 135, 163, 176
Musca domestica, 142
Muscicapa striata, 164
 mutácia, 90
Myiopsitta monachus, 174
Myotis
 daubentonii, 38
 myotis, 180

N

nárazníková zóna, 80, 113, 114
Nasutitermes corniger, 147
 natalita, 101, 109
Neandra brunnea, 8
 nekrofág, 56, 64, 139
Nemapogon granella, 141
 neofyt, 17, 26, 54
Neogobius melanostomus, 155, 162
Nerodia sipedon, 162
 nerovnováha, 40
Nesticus cellulanus, 66, 127
Nigma walckenaeri, 127
Nostoc, 62
Nyctalus noctula, 180

O

očakávaný počet druhov, 87

odhad
 počtu imigrantov, 79
 veľkosti populácie, 107
 ochrana, 14, 21, 78, 80, 107, 108, 113, 164, 180, 181
 okraj
 cesty, 63, 64
 lesa, 22, 25
 mesta, 8, 10, 16, 17, 19, 23, 60, 84, 85, 162, 165, 176
 okrajová zóna, 21, 23
Oncorhynchus kisutch, 154
Oncorhynchus mykiss, 154
Ondatra zibethica, 94
Onchocerca volvulus, 142
Oniscus asellus, 66, 131
Oonops domesticus, 127
Opsius stactogalus, 54, 148
Oribatula tiibalis, 124
 orientácia, 37, 40, 71, 75
Ornithonyssus sylvarum, 124
Oryctolagus cuniculus, 175
Oscillatoria, 62
 ostrov, 21, 65, 71, 77, 78, 79, 80, 82, 86, 87, 89, 113, 160,
 165, 169, 175, 182
 ekologický, 77
 mestský, 21, 33, 34, 78, 82, 83
 teplotný, 34, 35, 45, 49, 160
 ostrovné ekosystémy, 33
 osvetlenie umelé, 40, 66, 75, 133, 173
Otis tarda, 74
Otus scops, 172
Ovis musimon, 60
Oxychilus cellarius, 66

P

Palaemon varians, 69
 panmixia, 31, 79, 101
Panstrongylus megistus, 151
Papio
 cynocephalus, 55
 ursinus, 181
Paracorixa concinna, 151
Paratriatoma hirsuta, 151
 park, 10, 16, 19, 25, 45, 60, 83, 87, 90, 98, 118, 120, 122,
 130, 131, 132, 142, 147, 149, 150, 162, 165, 168, 170,
 176, 177, 180, 181
Parthenolecanium corni, 149
Parus major, 38, 165
Passer domesticus, 24, 148, 166, 173
Passerina ciris, 71
Pastor roseus, 94
 patogén, 46, 51, 136, 142, 151, 159, 164, 176, 177, 179
Pediculus humanus, 135
Perdix perdix, 168
Periplaneta
 americana, 8, 26, 144, 145, 146
 australasiae, 144
 fuliginosa, 144
 pesticidy, 21, 51, 65
Petrochelidon pyrrhonota, 74
 pH, 10, 46, 129, 176
Phenacoccus madeirensis, 150
Philoscia muscorum, 131

Phoenicurus ochruros, 67, 164
Pholcus phalangoides, 66, 127
Phyllonorycter platani, 54
Pica pica, 167
Pipistrellus pipistrellus, 180
 pivnica, 19, 26, 66, 122, 128, 130, 132, 141, 142, 144, 145, 146, 178, 180
Placocephalus kewensis, 118
Platanus orientalis, 54
Plecotus auritus, 66
 pobrežná vegetácia, 50
 podhodnotené zdroje, 111
 podkrovie, 66, 71, 178
 podzemná voda, 45, 50
 podzemné tunely, 176
Poecile bambeli, 165
 polutant, 36, 39, 43, 46, 52, 60, 95
Polydesmus inconstans, 130
Polyplax
 serrata, 135
 spinulosa, 135
Porcellio
 dilatatus, 130
 scaber, 66, 131
 spinicornis, 130
Porcellionides
 pruinus, 130, 131
Potamopyrgus antipodarum, 122
 potrava, 6, 7, 14, 24, 25, 28, 38, 40, 52, 54, 55, 59, 61, 66, 67, 71, 73, 75, 84, 87, 95, 98, 120, 123, 130, 135, 137, 139, 141, 144, 145, 155, 160, 162, 165, 166, 167, 169, 172, 173, 176, 178, 179, 180, 181
 antropogénna, 54, 178
 prirodzená, 56
 potravinový
 odpad, 55, 56, 57, 62, 169, 178
 potraviny, 7, 8, 26, 38, 55, 95, 133, 137, 145, 147, 176
 potravná
 nika, 6, 14, 123
 ponuka, 7, 14, 33, 57, 59, 66, 83, 128, 129, 177
 sieť, 54, 57
 potravný
 generalista, 56, 157, 176
 oportunist, 168, 178
 reťazec, 14, 57, 64, 67, 71, 120, 141
 zdroj, 25, 26, 45, 56, 61, 68, 120, 137, 141, 142, 150, 155, 157, 160, 162, 165, 167, 168, 169, 178, 179
 pôda, 10, 16, 19, 26, 29, 30, 33, 34, 42, 43, 45, 46, 47, 50, 59, 60, 61, 62, 71, 98, 105, 118, 119, 120, 124, 129, 130, 131, 137, 139, 147, 151, 152, 159, 172, 176
 pôda zaplavenie, 68
 pôdotvorba, 42, 129
Prasiola crispa, 64
 priehrada, 68, 156
 prístav, 16, 26, 69
Procyon lotor, 55, 60, 177, 178
Protoribates capucinus, 124
Protracheoniscus asiaticus, 66
Pseudaulacaspis pentagona, 149
Pseudohermes fraxini, 149
Pseudonaja affinis, 163
Pseudosinella immaculata, 132
Psittacula krameri, 173

Pthirus pubis, 135
Pycnoscelus surinamensis, 145
Python molurus, 162

R

Rana catesbeiana, 157
Rattus
 norvegicus, 24, 66, 135, 143, 176
 rattus, 66, 143, 176
Reesa vespulae, 8
 rekolonizácia, 79, 101, 109
 relik, 26
Reticulitermes flavipes, 8, 147
Rhacocleis annulate, 133
Rhynchodesmus bilineatus, 118
Rhyarobia maderae, 145
Robinia pseudoacacia, 100, 150
 rovnováha, 46, 77, 86, 101, 105, 106, 109, 110
 dynamická, 86
 rumovisko, 61
 rurál, 29, 30, 31, 130, 131, 137, 139, 141, 174
 rybník, 67, 71, 110

S

Salticus scenicus, 67, 127
Salvelinus fontinalis, 154
Sarcoptes scabiei, 124
 Scarabaeidae, 139
Sceloporus occidentalis, 159
Sciurus
 carolinensis, 55, 60
 vulgaris, 60
Scolopax rusticola, 25
Scutigera coleoptrata, 128
Scytodes thoracica, 14, 127
Semnopithecus entellus, 181
Schistocerca gregaria, 133
Sigara lateralis, 151
 sink-source, 101, 110
Sitophilus granarius, 8, 65, 139
 skleník, 26, 79, 95, 118, 120, 122, 125, 128, 130, 131, 133, 136, 137, 145, 147, 149
 smetisko, 16, 61, 62
 smog, 35
 soil sealing, 45
Sorbus aucuparia, 61
 speciácia, 77, 89, 90, 91
Spermophilus citellus, 25
Spermophora senoculata, 14
 stavba, 7, 8, 9, 10, 14, 16, 18, 26, 33, 34, 43, 45, 51, 59, 64, 65, 71, 77, 79, 84, 87, 92, 108, 124, 137, 147, 153, 159, 170, 180
Steatoda
 bipunctata, 127
 triangulosa, 127
 stena, 19, 64, 66, 67, 110, 156, 161
 stepping stone, 113
Stictocephala bisonia, 94
 stochastická, 89, 106
 strecha, 14, 66, 79, 127, 178
Streptopelia decaocto, 94, 169

stres, 13, 38, 46, 60, 64, 75, 90, 128, 132, 144, 150, 160, 165
Strix aluco, 60
 strom, 16, 17, 19, 24, 25, 26, 54, 60, 64, 98, 100, 105, 125, 127, 138, 147, 150, 151, 167, 174, 178, 180
 suburbánny, 8, 19, 23, 25, 29, 32, 71, 131, 156, 160, 163, 167, 172
 sukcesia, 16, 29, 30, 33, 61, 66, 98, 100, 105, 108, 122, 124
Supella
 longipalpa, 8
 supellectilium, 144
Sus scrofa, 182
 synantrop, 14, 18, 26, 28, 66, 122, 123, 125, 126, 128, 129, 130, 131, 142, 144, 162, 169, 176, 178, 180
 synantropia, 14, 27, 126
 synantropia - typy, 27
 synantropizácia index, 27
 synantropné podmienky, 54
Syntermes
 dirus, 147
 wheeleri, 147
 synúzia, 29, 30
Syrrhaptes paradoxus, 94

Š

škodca, 7, 8, 57, 61, 65, 95, 124, 128, 129, 133, 134, 136, 137, 139, 141, 142, 146, 147, 148, 150, 151, 175, 178

T

Tachycines asynamorus, 8, 133
Tachymarptis
 melba, 67
Talpa europaea, 25
Tamarix tetrendra, 54
Tapinesthis inermis, 127
 Tardigrada, 152
 ťažké kovy, 10, 36, 46, 51, 132
 technozem, 43
Temnothorax curvispinosus, 90, 137
Tenebrio molitor, 139
 teória
 ekologická, 6
 evolučná, 91
 grafov, 116
 informácií, 38
 metapopulačná, 33, 110
 ostrovná, 29, 33
 ostrovov, 87, 89, 142
 rovnovážneho stavu, 77, 86, 101, 110
Tettigonia viridissima, 134
Textrix denticulata, 127
Theridion familiare, 127
Thermobia domestica, 92, 144
Thrips
 palmi, 136
 simplex, 136
 tabaci, 136
Tineola bisselliella, 8, 26, 141
Tityus serrulatus, 128
 tok génov, 31, 89, 90, 91, 103, 110

Toxocara cati, 47
Toxoplasma gondii, 177
Trachemys scripta, 159
 trávnik, 16, 19, 61, 71, 147, 149, 151
Trialeurodes vaporariorum, 137
Trichodectes canis, 148
Trichorhina tomentosa, 131
Trogoderma angustum, 8
Trypanosoma cruzi, 151
Tubifex tubifex, 120
Turdus
 merula, 24, 91, 120, 148, 164, 165
 migratorius, 25
 pilaris, 94
 rufiventris, 165
Tyrolichus casei, 123
Tyto alba, 67

U

Unio crassus, 121
 urbanizácia, 8, 13, 14, 29, 30, 31, 37, 39, 42, 46, 49, 50, 83, 85, 87, 121, 122, 128, 130, 137, 139, 140, 157, 159, 162, 165
 urbánna ekológia, 10, 11, 77
Urocyon cinereoargenteus, 60, 177

V

Varanus salvator, 160
Varroa destructor, 124
 vedenie vysokého napätia, 74
 vegetačná štruktúra, 113
Vermivora chrysoptera, 71
Vespa crabro, 137
Vespula vulgaris, 137
Vireo olivaceus, 111
 vlhkosť, 7, 14, 15, 34, 45, 49, 63, 64, 66, 75, 92, 95, 124, 126, 130, 139, 144, 145, 149
 vnútorný bióm, 64, 65
Vulpes vulpes, 60, 118, 177, 178
 vyhynutie, 24, 71, 79, 80, 83, 84, 86, 87, 89, 101, 105, 106, 109, 110, 113, 142, 153, 157, 160, 177, 181

W

WHO, 37, 119

X

Xenopsylla cheops, 143

Y

Yersinella rymondii, 133

Z

záhrada, 14, 16, 19, 43, 45, 61, 71, 108, 118, 122, 125, 127, 128, 130, 133, 141, 147, 150, 168, 170, 176, 179
 zavlečenie, 8, 26, 46, 54, 69, 79, 84, 86, 91, 93, 94, 95, 96, 120, 121, 122, 130, 134, 144, 145, 147, 148, 151, 155, 162, 178, 181

zhutnenie pôdy, 46, 47, 64

znečistenie, 10, 16, 19, 24, 29, 36, 46, 47, 64, 75, 121,
122, 132, 150, 156

biologické, 119

hlukom, 37, 60

chemické, 51

pôdy, 42, 46

svetlom, 40, 64

svetom, 75

vody, 52, 157

vzduchu, 16, 60, 75

zrážky, 16, 29, 34, 37, 47, 49, 50, 60, 64, 143, 157

Zygiella

atrica, 127

x-notata, 127

Ž

železnica, 64, 74, 97, 162

Živočíchy a človek

Veronika Hrabovcová Sládkovičová
Zuzana Feketeová
Peter Miklós
Dávid Žiak

Vydala Univerzita Komenského v Bratislave, 2023
Korigovali autori

Rozsah 194 strán, 17,47 AH, prvé vydanie,
vyšlo ako elektronická publikácia

ISBN 978-80-223-5725-8 (online)

Živočichy a člověk

ISBN 978-80-223-5725-8