

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: BIOLOGIE

Studijní obor: EKOLOGICKÁ A EVOLUČNÍ BIOLOGIE



Jana Dobešová

Interakce mezi živočichy a rostlinami v městských lesích

Interactions between animals and plants in urban forests

Bakalářská práce

Školitel: Mgr. Jaroslav Vojta, Ph.D.

Praha, 2015

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 15. 5. 2015

Podpis

Poděkování:

Velmi děkuji svému školiteli Jaroslavu Vojtovi za trpělivost a vstřícnost a Pavlovi Pipkovi za ochotu a množství připomínek. Dále děkuji všem spolubydlícím, rodinným příslušníkům a přátelům, kteří mne při práci podpořili povzbuzením a příjemným zázemím.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá vlivem velkých savců (především jelenovitých, divokých prasat, jezevců, lišek) na bylinné patro městských lesů. Plocha měst se neustále rozšiřuje a zabírá těmto živočichům původní stanoviště. Tito živočichové se proto šíří do městských lesů. V práci jsou rozebrána specifika městského prostředí a jejich vliv na vlastnosti a distribuci živočichů a rostlin. Z vlivů živočichů na bylinné patro je rozebrána především herbivorie, která má dopad na jedince a populace rostlin i na složení celého společenstva. Dalšími zkoumanými vlivy jsou sešlap, změna cyklu živin urinací a defekací a budování nor. V závěru je shrnut význam savců a porovnání s lidskými vlivy.

Klíčová slova: Městské lesy, herbivorie, bylinné patro, disturbance, živiny, velcí savci

ABSTRACT

This Bachelor thesis focuses on the influence of big mammals (especially Cervidae, wild boars, badgers and foxes) on herb understory in urban forests. Cities are continuously expanding and thus occupy natural habitats of the animals. Therefore, these animals are habituating in urban forests. The specific conditions of both urban and forest habitats and their influences on animal and plant distribution are mentioned. From the possible influences of animals on herb understory, special emphasis is put on herbivory, which can affect individuals, populations and even whole plant assembly. The influence of trampling, urination and burrowing are also investigated. Finally there is a summary of big mammals' influence in relation to human influences.

Key words: Urban forests, herbivory, herb layer, disturbance, nutrients, big mammals

OBSAH

1 ÚVOD.....	1
2 PROSTŘEDÍ.....	1
2.1 LESNÍ.....	1
2.2 MĚSTSKÉ.....	1
3 ROSTLINY A PROSTŘEDÍ.....	2
3.1 ROSTLINY V MĚSTSKÉM PROSTŘEDÍ.....	2
3.2 ROSTLINY V LESNÍM PROSTŘEDÍ.....	2
3.2.1 ADAPTACE ROSTLIN NA LESNÍ PROSTŘEDÍ.....	3
3.2.2 ŠÍŘENÍ LESNÍCH DRUHŮ ROSTLIN.....	3
3.3 VLIV FRAGMENTACE LESA.....	3
3.3.1 VELIKOST LESA.....	3
3.3.2 OKRAJOVÝ EFEKT.....	4
3.3.3 IZOLACE LESA.....	4
4 ZVÍŘATA VE MĚSTECH.....	4
4.1 VÝSKYT ZVÍŘAT VE MĚSTECH.....	4
4.2 SPECIFIKA MĚSTSKÝCH ŽIVOČICHŮ.....	5
4.2.1 POTRAVA.....	5
4.2.2 ROZMNOŽOVÁNÍ.....	6
4.2.3 VELIKOST A HUSTOTA POPULACÍ.....	6
4.2.4 TERITORIÁLNÍ CHOVÁNÍ.....	6
4.2.5 ADAPTACE NA LIDI.....	6
4.2.6 VYBRANÍ ZÁSTUPCI.....	6
5 VLIV ZVÍŘAT NA LESNÍ BYLINNÉ PATRO.....	8
5.1 HERBIVORIE.....	9
5.1.1 VLIV HERBIVORIE NA JEDINCE A POPULACE ROSTLIN.....	9
5.1.2 VLIV HERBIVORIE NA ROSTLINNÉ SPOLEČENSTVO.....	10
5.2 NEPŘÍMÉ VLIVY.....	12
5.2.1 SEŠLAP.....	12
5.2.2 VLIV NA MYKORHIZU.....	13
5.2.3 VLIV NA CYKLUS DUSÍKU.....	14
5.2.4 BUDOVÁNÍ NOR.....	15
6 ZÁVĚR.....	15
REFERENCE.....	17

1 ÚVOD

Lesní porosty se nevyskytují jen ve volné krajině, ale i v urbanizovaných částech. Například na území Prahy, které se chystám studovat v rámci své diplomové práce, pokrývají 10 % území. Bylinné patro představuje značnou část druhové diverzity lesů a působí na něj mnoho faktorů – mimo jiné abiotické podmínky prostředí nebo přítomnost jiných organismů. Tato práce se snaží popsat vliv, který mají na bylinné patro živočichové. Lesní živočichové se ovšem navzájem velmi liší ať už způsobem života nebo potravními návyky, a proto jsem se zaměřila pouze na velké savce. Považuji je za důležitou skupinu, protože bylinné patro silně ovlivňují jak pastvou, tak sešlapem, urinací, defekací, budováním nor i dalšími nepřímými vlivy, a jsou ve městech relativně hojní.

Příroda ve městech se v posledních desetiletích dostává do popředí zájmu přírodovědců.

Urbanizovaná plocha se stále rozšiřuje a živočichové i rostliny se přizpůsobují životu v blízkosti člověka. Studium těchto organismů je možné osvětlit, jaký má na ně činnost člověka vliv.

V této práci uvádím kontext prostředí města a lesa, dále charakterizuji specifika vegetace lesa a měst a reakci vegetace a živočichů na prostředí města a lesů. Pokračuji rozebráním vlivu živočichů na rostliny a nakonec diskutuji, čím je pro interakci mezi živočichy a bylinným patrem specifické městské prostředí a jaký mají na bylinné patro živočichové relativní vliv v porovnání s dalšími faktory.

Tato bakalářská práce předchází práci diplomové, která bude zaměřena na migraci bylinných druhů z historicky starých do nově vzniklých lesů Prahy.

2 PROSTŘEDÍ

2.1 LESNÍ

Pro lesní prostředí je typický zápoj stromového patra. Stromové patro vytváří zástín a limituje dosažitelnost slunečního záření pro další druhy. Kromě stromů je samozřejmě součástí lesního ekosystému i mnoho dalších složek (např. bylinný podrost, půdní mikroorganismy a velcí savci), které na sebe vzájemně působí a ovlivňují cyklus živin.

2.2 MĚSTSKÉ

Lidská populace čítá přes 7 miliard lidí a stále roste. Z toho zhruba polovina lidí žije ve městech a do roku 2030 bude obyvatel měst téměř 5 miliard (UNFPA). Tomu odpovídá i množství zastavěné plochy a rozrůstání měst. Je proto dobré věnovat městskému prostředí pozornost.

Městské prostředí je typické koncentrací budov, cest, polutantů, vozidel a lidí. (Forman 2014) Hustá zástavba omezuje podíl přirozených stanovišť, zároveň je s urbanizovaným prostředím spojen proces homogenizace, tedy omezování diverzity prostředí i organismů. I přes to ale v městském prostředí můžeme najít druhů organismů poměrně velké množství.

Město můžeme považovat za ekosystém, ve kterém proudí živiny i energie. Oproti přirozeným ekosystémům má některá specifika (Adams et al. 1997):

- velká míra importu energie a organického materiálu
- snížená recyklace hmoty přirozenými procesy
- vyšší teplota, omezená schopnost zadržení vody
- fragmentace přírodních ploch
- časté uchycování nepůvodních druhů organismů

Městské prostředí můžeme rozlišit na městské jádro a předměstí. Městské jádro je hustě zastavěné, má vysokou hustotu obyvatel a nejintenzivněji se tu projevuje fragmentace a další procesy typické pro městské prostředí. Předměstí je oproti tomu rozvolněnější, s větším podílem přírodních ploch (a díky tomu i s větší diverzitou organismů) (DeStefano & DeGraaf 2008).

3 ROSTLINY A PROSTŘEDÍ

V této kapitole rozebereme specifika rostlin přizpůsobených životu v městském a lesním prostředí. Také se zaměříme na reakci populací lesních druhů rostlin na fragmentaci, která je pro lesy ve městech typická.

3.1 ROSTLINY V MĚSTSKÉM PROSTŘEDÍ

Druhy, které jsou přizpůsobeny životu v blízkosti člověka, tedy i v městském prostředí, nazýváme synantropní. Jsou to často druhy raných sukcesních stadií (Gilbert 1989), které jsou adaptovány na hojně disturbance a mají dobrou kompetiční schopnost. Zároveň jsou ve městech hojné druhy na živiny bohatých stanovišť. Městské prostředí je také bohaté na nepůvodní druhy rostlin, které se sem šíří především s pomocí člověka. Často například zplaňují ze zahrádek a parků.

3.2 ROSTLINY V LESNÍM PROSTŘEDÍ

Lesní rostliny jsou oproti typicky městským rostlinám méně konkurenčně schopné. Pomalu se šíří a uchycují na nových stanovištích a jsou proto náchylné k vytlačení konkurenčně silnějšími druhy.

3.2.1 ADAPTACE ROSTLIN NA LESNÍ PROSTŘEDÍ

Lesní druhy rostlin jsou podmínkám lesa přizpůsobené, především limitaci světlem. Jsou to tedy druhy stínomilné. Lesní druhy rostlin jsou obvykle vytrvalé a rozmnožují se především klonálně. Velkou část biomasy mají v podzemních orgánech, kořenech, oddencích a hlízách. Jednoletky se objevují vzácně a bývají to druhy světlin a lesních lemů. (Bierzychudek 1982)

Pohlavní rozmnožování má menší roli než u druhů otevřených ploch, přesto je ale důležité. Pravidelně kvete a plodí většina lesních druhů rostlin a díky šíření semen dokáží založit populace na vzdálenějších stanovištích. Lesní druhy jsou typické velmi pomalou schopností šíření (Van der Veken 2007), zakládání nových populací má proto pro ně velký význam. Jejich semena bývají relativně velká a obvykle netvoří semennou banku. Často jsou bez speciálních mechanismů pro šíření (Bierzychudek 1982), což omezuje možnost využití zoochorie, tedy šíření semen pomocí živočichů.

3.2.2 ŠÍŘENÍ LESNÍCH DRUHŮ ROSTLIN

Přežívání lesních druhů rostlin je závislé na schopnosti osidlování nových stanovišť. Ovšem lesní druhy rostlin se šíří velmi pomalu a zakládání nových populací je u nich omezené. (Van der Veken 2007) Šíření rostlin může být limitováno počtem vhodných stanovišť, schopností rozšířit na tato stanoviště svá semena a schopností se na těchto stanovištích uchytit.

Uchycení rostliny na daném stanovišti závisí na abiotických podmínkách (světlo, klima, vlastnosti půdy), na míře disturbance (Kolb a Diekmann 2004), na konkurenci i na přítomnosti herbivorů (Gustafsson a Ehrlen 2002). Některé druhy jsou také vázané na historicky staré lesy a v nových lesech se uchycují obtížně. (Hermy et al. 1999) Kontinuita lesa může být tedy také důležitým faktorem.

3.3 VLIV FRAGMENTACE LESA

Městské lesy podléhají procesu fragmentace, který je spojen s urbanizovaným prostředím. Směrem do centra města se zmenšuje podíl plochy, kterou les v poměru k zastavěné ploše zabírá. Zároveň se zmenšuje plocha jednotlivých lesů a zvyšuje se jejich vzájemná izolace. Na okraje lesa působí okolní prostředí, je tu zvýšená intenzita lidského vlivu (jako je sešlap a obohacování prostředí dusíkem z psích exkrementů). To vše ovlivňuje distribuci rostlinných druhů.

3.3.1 VELIKOST LESA

Podle teorie ostrovní biogeografie se s velikostí plochy počet druhů zvyšuje (MacArthur & Wilson, 1967). Tato teorie bývá zpochybňována (např. Mendenhall et al. 2014), můžeme ale předpokládat, že velikost lesní plochy má vliv na to, kolik druhů se do ní vejde. Vliv velikosti lesa na počet druhů

prokázal např. Hobbs (1988). Na větší ploše má také relativně menší roli okrajový efekt. Některé druhy (především druhy původních lesů), jsou na větší plochy lesa vázané.

3.3.2 OKRAJOVÝ EFEKT

Odlišnost podmínek na okraji lesa od podmínek v jeho středu nazýváme okrajovým efektem. Na okraji lesa bývá vyšší teplota a intenzita světelného záření. Okraj lesa sousedící s městem je zároveň vystaven vlivu polutantů a výskytu lidí, kteří tu působí sešlap a obohacují prostředí o dusík. Tyto podmínky ovlivňují distribuci rostlin. Na okrajích lesa se oproti jeho středu vyskytuje větší podíl světlomilných a ruderálních druhů (Godefroid 2003).

3.3.3 IZOLACE LESA

Izolace lesa znamená vzdálenost od jiné lesní plochy respektive podíl lesních ploch v jeho okolí. Pro lesní populace rostlin je míra izolace lesa důležitá, protože souvisí s jejich vzdáleností od stanoviště příhodného pro šíření. Možnost zakládání nových populací se tak s mírou izolace lesa snižuje.

4 ZVÍŘATA VE MĚSTECH

Pro živočichy není město původním prostředím. Druhy, kterým se daří ve městech uchytit, mají specifické vlastnosti a dokáží se přizpůsobovat svými návyky. Pro to, abychom porozuměli možným vlivům savců na lesní vegetaci v městském prostředí, rozebereme, jaká zvířata a za jakých podmínek se ve městech vyskytují a čím se liší od populací, žijících ve volné krajině.

4.1 VÝSKYT ZVÍŘAT VE MĚSTECH

Města se stále rozšiřují a ubírají tak živočichům plochu jejich přirozených stanovišť. Zároveň jim nabízejí množství různorodých prostředí a zdroje potravy. Není proto divu, že se mnoho živočichů na život v městském prostředí adaptovalo a můžeme tu najít poměrně velké množství druhů. Např. v Rize bylo pozorováno 27 druhů savců, což je 42 % z celkového počtu savců Lotyšska. (Zorenko & Leontyeva 2003)

Ve městě můžeme najít množství živočichů, obratlovců i bezobratlých, s různými potravními strategiemi i s různou velikostí. Co se týče velikosti, bývají běžnější menší zvířata (do 10 kg), která se mohou snadněji ukrýt a spokojí se s menšími roztroušenými plochami zeleně. Souvisí to i s relativně nízkým zastoupením velkých predátorů ve městech, kteří tak stavy menších zvířat pouze omezeně regulují. (Forman 2014)

Živočichové se liší ve schopnosti přizpůsobit se životu ve městě. Městské prostředí je vystavuje jiným selekčním tlakům, než jsou ty, kterým se během evoluce přizpůsobili v prostředí přirozeném (Ibáñez-Álamo 2010). Snadněji se přizpůsobují tzv. generalisté, kteří nemají specifické nároky na potravní zdroje a podmínky stanoviště.

Mezi typické druhy, které tvoří ve městech početné populace, patří např. jelenec, prase divoké, kojot, mýval, kuna nebo veverka (Forman 2014). To jsou živočichové, kteří se natolik přizpůsobili životu ve městě, že se tu odehrává celý jejich životní cyklus včetně množení. Jiní se tu vyskytují jen příležitostně a opět se vrací zpět za město. Např. DeStefano & DeGraaf (2008) uvádějí, že mladí losi se do měst takto příležitostně vydávají a hledají tu potravu a samice. Příležitostně města navštěvují také například vlci, medvědi nebo bobři.

Přítomnost zvířat ve městech může záviset také na období. Např. počet divokých prasat ve městech roste především v obdobích, kdy mají ve svém přirozeném prostředí nedostatek potravy.

V Barceloně, která leží v mediteránní oblasti, je největší výskyt divokých prasat uvnitř města v letních měsících, kdy je půda příliš tvrdá na rytí kořínků a zároveň není dostatek žaludů a bukvic. V mírném pásu je podobně nepříznivým obdobím zima, kdy je půda zmrzlá. (Cahill et al. 2012)

Výskyt živočichů se liší také mezi různými částmi měst a mezi městy samotnými. Počet druhů obvykle roste směrem od centra města k jeho okrajům. Luniak (2008) pozoroval tento jev téměř u všech zkoumaných taxonomických skupin ve Varšavě. Uchycení populací také podporuje pozvolný přechod přirozených stanovišť do městských částí, jak je vidět na příkladu početných populací divokých prasat v Berlíně nebo v japonském Kobe (Cahill et al. 2012).

4.2 SPECIFIKA MĚSTSKÝCH ŽIVOČICHŮ

Živočichové, kteří se dokázali přizpůsobit životu ve městě, se obvykle liší od svých divoce žijících příbuzných. Tyto odlišnosti můžeme pozorovat v potravních návycích, rozmnožování, chování i sociálním životě.

4.2.1 POTRAVA

Živočichové žijící ve městech obvykle využívají zdroje potravy, které jim vědomě i nevědomě poskytují lidé. Může jít o krmení pro domácí zvířata, odpadky, zbytky na kompostu nebo zeleninu na zahrádce. Tím vším mohou obohatit zvířata svůj přirozený jídelníček.

Potrava je ve městech dostupná po celý rok, a patrně v hojném množství. Zvířata bývají průměrně těžší než jedinci z volně žijících populací. Např. Davison et al. (2009) zaznamenali tento rozdíl mezi populací jezevců žijící uvnitř města Brighton (jižní Anglie) a populací žijící za hranicí města. Cahill et al. (2012) tento jev pozorovali na populaci divokých prasat žijících v Barceloně.

4.2.2 ROZMNOŽOVÁNÍ

To jsou důležité poznatky, protože dostatek potravy je důležitý předpoklad pro úspěšné rozmnožování, jakožto zdroj energie pro kojící samice. Patrně je to jeden z důvodů, proč mívají městští živočichové delší období rozmnožování a také nižší úmrtnost mláďat. (Forman 2014)

4.2.3 VELIKOST A HUSTOTA POPULACÍ

Vhodné podmínky pro rozmnožování pak souvisejí s velikostí populací. Vysoký populační růst je částečně vyrovnáván vysokou úmrtností, která je dána střety s lidmi, typicky srážkou s vozidly. Bender et al. (2004) uvádí, že veškerá úmrtnost (6 z 19 kusů) jelenců sledovaných v letech 1999–2001 ve Vancouveru, byla způsobena přímým následkem lidského faktoru. Dále uvádí, že úmrtnost jelenců v městském prostředí Vancouveru způsobená antropogenními vlivy je srovnatelná nebo dokonce vyšší než úmrtnost jelenců zapříčiněná lovem a predací v přirozených stanovištích v okolí Vancouveru.

Vysoký populační růst není jediným faktorem, který je zodpovědný za velké populační hustoty ve městech. Důvodem může být také výše zmíněná úživnost prostředí, kdy jedincům nebo skupinám živočichů stačí pro získání potravy relativně malé teritorium. To podporuje studie Davisona et al. (2009), který na městské populaci jezevců popsal, že čím vyšší je poměr zahrad (na potravu bohatých stanovišť) v teritoriu jezevce, tím je teritorium menší.

4.2.4 TERITORIÁLNÍ CHOVÁNÍ

Zajímavé také je, že se zvířata ve městech chovají méně teritoriálně, například výše zmínění jezevci (Davison et al. 2009) málo značkují hranice svých teritorií. Menší teritorialita ve městech je obecnějším jevem, jedním z vysvětlení je fragmentace území, kdy jednotlivá území na sebe přímo nenavazují a zvířata necítí takovou potřebu je vymezovat.

4.2.5 ADAPTACE NA LIDI

Zvířata žijící v městském prostředí se přizpůsobují i dalšími aspekty chování. Oproti svým volně žijícím protějškům jsou přivyklí na přítomnost lidí, nechávají je přiblížit se k sobě na bližší vzdálenost, někdy se od nich dokonce nechávají krmit. Hledají ale i cesty, jak se lidem vyhnout, bývají např. aktivnější v noci (Forman 2014) a preferují stanoviště s hustší vegetací.

Dá se také říci, že se ve městě daří zvířatům, která jsou ochotná podstupovat rizikové situace, a která se dokáží adaptovat na časté disturbance.

4.2.6 VYBRANÍ ZÁSTUPCI

V této části přiblížíme vybrané savce vyskytující se v městských lesích.

JELENOVITÍ

Jelenovití jsou velcí savci, které řadíme mezi sudokopytníky. Živí se rostlinnou stravou, především spásáním travin a bylin. Patří mezi ně množství zástupců, velká část z nich se adaptovala na život ve městech.

Výskyt:

Jelen lesní

Obývá většinu Evropy a část Asie, člověkem byl zavlečen např. do Austrálie a na Nový Zéland.

Jelenec

Několik jeho druhů je rozšířeno především v Severní Americe, introdukován i jinde. V ČR se vyskytuje na Dobříšsku.

Srnec obecný

Obývá téměř celou Evropu, v ČR je nejhojnějším sudokopytníkem.

Jelen sika

Původem z Japonska. V ČR chovaný, rozšířil se, především v západních Čechách, kde se kříží s jelenem evropským.

Vliv na lesní vegetaci:

Na lesní vegetaci jelenovití působí jako herbivoři přímo, jejím spásáním. Dále pak sešlapem a následným zhutněním půdy, regulací vrstvy opadu a pozměněním cyklu dusíku.

PRASE DIVOKÉ

Je to kopytník, všežravec, díky čemuž se dobře adaptuje na různá prostředí, městské nevyjímaje. Jako potravu preferuje žaludy a bukvice, převážně se vyskytuje v lese. Potravu hledá rytím půdy. Jeho populace ve městech rostou díky dostatku potravy, absenci přirozených predátorů a problémům se snižováním jeho počtů. Odstřel v městské zóně je totiž problematický a část obyvatel divoká prasata hájí.

Výskyt:

Má ustálené populace ve městech po celém světě, např. na Floridě, v Texasu, Japonsku, Singapuru, Indii nebo na Novém Zélandu. V Evropě je rozšířen v Berlíně (Kotulski & Koenig 2008), Barceloně (Cahill et al. 2012) nebo v několika městech v Polsku (Bobek, 2011) i v Čechách.

Vliv na lesní vegetaci:

Především disturbuje lesní půdu rytím. Také působí sešlap, žere semena a kořínky a pozměňuje cyklus dusíku.

LIŠKA OBECNÁ

Liška je velmi přizpůsobivá. Živí se jak živočichy, tak rostlinnou stravou, odpadky či mršinami.

Výskyt:

Je rozšířená v Evropě, Asii, Severní Americe, Severní Africe a introdukovaná v Austrálii. V městském prostředí byla pozorována nejprve ve Velké Británii, následně i v dalších městech Evropy, např. v Curychu její populace čítá cca 500 jedinců

Vliv na lesní vegetaci:

Buduje si přechodná doupata, čímž ovlivňuje vlastnosti půdy a tedy podmínky pro lesní vegetaci.

JEZEVEC LESNÍ

Jezevec lesní je lasicovitá šelma, aktivní především v noci. Stravu má pestrou, živí se hmyzem, žížalami, semeny, kořínky, houbami, vejci, drobnými hlodavci, zdechlinami i odpadky. Buduje nory o hloubce i několika metrů. Jezevec je velmi čistotný a záchod mívá na několika málo určených místech (což souvisí s jeho dopadem na cyklus dusíku).

Výskyt:

Je rozšířen téměř v celé Evropě a na Blízkém Východě.

Vliv na lesní vegetaci:

Lesní vegetaci ovlivňuje především budováním nor, podobně jako liška. Dopad jeho činnosti je ale větší, protože buduje nory hlubší a prostornější.

DOMÁCÍ ZVÍŘATA

Ve městech žijí samozřejmě také zvířata, která přímo chová člověk, především psi. Ty lidé vodí do lesa venčit, čímž přinášejí do lesního ekosystému dusík. Také působí sešlap.

5 VLIV ZVÍŘAT NA LESNÍ BYLINNÉ PATRO

Výše uvedená zvířata se vyskytují v městských lesích hojně a můžeme tak předpokládat, že lesní vegetaci ovlivňují. Tyto vlivy si v následující kapitole rozebereme. Některá zvířata (především jelenovití) jsou býložravci a ovlivňují tak vegetaci přímou konzumací rostlin. Jiní rostliny nekonzumují nebo jen v malé míře, ale přesto mají na lesní vegetaci tzv. *nepřímý vliv*. Tomu věnujeme druhou podkapitolu.

5.1 HERBIVORIE

Herbivorie (býložravost) je vztah mezi rostlinou a živočichem, který konzumuje její pletiva. Onoho živočicha pak označujeme jako herbivora (býložravce).

Herbivorů je pochopitelně mnoho a všeličím se navzájem liší. Větší herbivoři, kteří nás v této práci zajímají (především jelenovití) jsou tzv. generalisty. Oproti hmyzu, který typicky řadíme mezi specialisty, a který se zaměřuje na jeden nebo několik málo druhů rostlin, či část rostliny, generalisté mají širší rejstřík potravy co do druhů i částí rostlin. I generalističtí herbivoři se ale navzájem liší. Můžeme je rozdělit na ty, kteří spásají přízemní vegetaci, především traviny (grazers) a na ty, kteří okusují výhonky keřů nebo stromů (browsers). Někteří se také živí semeny, kořínky, kůrou stromů, nebo dalšími rostlinnými částmi. Nejen tím se liší jejich vliv na konzumované rostliny.

Rostliny většinou vlivem herbivorie přímo nehynou, snižuje se ale jejich fitness. Konzumací ztrácí část svého těla, které jim slouží k fotosyntéze, k rozmnožování, k opoře nebo jsou úložištěm zásobních látek. Obnova je stojí energii, stavební látky a čas, což pro ně může znamenat konkurenční nevýhodu nebo ztrátu možnosti se v danou sezonu rozmnožit (pokud herbivor zkonsumuje kvetoucí část rostliny nebo zamezí jejímu vytvoření). Mimo to, při konzumaci rostlin vznikají otevřené rány, kterými se do rostliny mohou dostat patogeny, které pak rostlinu ohrožují.

Herbivorie může ovšem na danou rostlinu mít i pozitivní dopady, především co se týče konkurence druhů na úrovni společenstev, to rozebereme níže. Nemění to ale nic na tom, že se rostliny snaží herbivorii vyhnout (strategie avoidance) nebo alespoň snížit její negativní následky (strategie tolerance). Rostliny dokázaly vyvinout rozličné způsoby obrany. Tvoří mechanické struktury, jako jsou trny a trichomy, produkují špatně požitelné látky (např. fenoly, taniny, alkaloidy) nebo uzpůsobují svoji životní strategii (odkládání kvetení).

Vliv herbivorie na rostliny můžeme pozorovat na měřítku jedince, populace i celého rostlinného společenstva (Huntly 1991).

5.1.1 VLIV HERBIVORIE NA JEDINCE A POPULACE ROSTLIN

Míra dopadu herbivorie na rostlinu, popř. její populaci, může záviset na vlastnostech rostliny, vlastnostech herbivora, podmínkách prostředí nebo dalších okolnostech.

Rostliny, které méně investují do obrany, se stávají potravou herbivorů častěji a herbivorie má na ně tedy větší následky. Na druhou stranu, tyto rostliny ušetří oproti lépe chráněným rostlinám energii, kterou by jinak vložily do tvorby ochranných mechanismů. Tu pak mohou využít ke své obnově a rozmnožování. Za určitých okolností může tedy herbivorie podpořit méně chráněné, zato rychle rostoucí druhy.

Porovnáme-li různé životní strategie rostlin, lépe se s dopady herbivorie vyrovnávají rostliny dlouhověké. Ty mívají k dispozici (uložené na nedostupných místech, v podzemních částech, př. kořenech a hlízách) zásobní látky, díky kterým mohou obnovit své ztracené části. Oproti tomu, efemerní rostliny bývají k herbivorii náchylnější. Pro svůj krátký životní cyklus jsou závislé na rozšíření semen, a pokud jim zásah herbivora zamezí v daném cyklu vykvést, může to snadno ohrozit jejich populaci. (Louda et al. 1990) Dobře přizpůsobené jsou k herbivorii traviny, které mají růstové meristémy u země a spásáním vrchních částí tedy nejsou tolik zasaženy. Existují i výjimky jako metlička trsnatá (*Avenella flexuosa*), kterou jeleni vytrhávají i s jejími mělkými kořeny. K životnosti populací také výrazně přispívá semenná banka. Populace se díky ní dokáže obnovit i po několika letech intenzivní herbivorie. (Maron & Crone 2006) Jak ale bylo uvedeno výše, u lesních druhů je semenná banka spíše vzácností.

Herbivorie může ovlivnit rostlinu ve všech fázích jejího životního cyklu. Poškození v určitých fázích je pak významnější než v jiných. Ehrlén (1995) studoval u hrachoru vliv herbivorie na pravděpodobnost přechodu rostliny do dalšího stadia jejího životního cyklu, a jak změna této pravděpodobnosti ovlivňuje rychlost růstu populace rostliny. Tvrdí, že pro přežívání populace je kritický přechod vyvinutého jedince do dalšího stadia a jeho setrvání v tomto stadiu. Oproti tomu, snížení produkce semen nebylo tak významné.

Rozdíl v síle dopadu herbivorie na různé fáze cyklu může být dán vztahem rostliny – jelenci například spásají rostliny až od určité výšky. Na životní stadium semenáčku tak mají zanedbatelný vliv, ale na kvetení stejného druhu mohou mít vliv značný. Tento vliv jelence na rostlinu *Agrimonia rostellata* potvrzuje studie Dávalos et al. (2014).

Dalším faktorem, který ovlivňuje životnost populace rostlin pod vlivem herbivorie, může mít také počáteční hustota této populace. Populace s větší počáteční hustotou mají obvykle nižší úbytek. Důležitá je i velikost populace herbivora. Pokud má herbivor vysokou hustotu a jeho vliv je tedy intenzivní, populace rostliny spíše vymírají nebo se snižují jejich početnosti. A to i přes vysokou počáteční hustotu rostliny.

5.1.2 VLIV HERBIVORIE NA ROSTLINNÉ SPOLEČENSTVO

Herbivoři ovlivňují složení celého společenstva. Jednak přímo, tím, že jsou v pastvě vybíraví a mění tak konkurenční prostředí rostlin a jednak nepřímo, sešlapem, urinací, defekací, atd., což rozebereme v další kapitole.

I generalističtí herbivoři jsou v pastvě do jisté míry vybíraví. Snaží se získat co nejlepší skladbu stravy ve smyslu vhodného složení živin, vysokého obsahu energie a zároveň co nejmenšího úsilí, které do získávání potravy vloží. Vybírají si tedy druhy a části rostlin, které jsou výživné a dobře dosažitelné a

stravitelné. Bývá to potrava s malým podílem stavebních látek (lignin, celulóza) a sekundárních metabolitů (fenoly) (Augustine & Mcnaughton 1998), zato bohatá na dusík. Můžeme tak rozlišit chutné (*palatable*) a nechutné (*unpalatable*) druhy rostlin. Rozlišení ale neplatí plošně, preference herbivorů se liší napříč druhy i sezonně.

Dá se očekávat, že v lese se silnou pastvou se sníží početnosti populací chutných druhů oproti nechutným druhům a destabilizují se jejich populace. Tím, že herbivoři některý druh rostliny konzumují, oslabují ho totiž v konkurenci s nechutnými druhy (Augustine & Mcnaughton 1998). Je tak známo, že silná pastva podporuje v lesní vegetaci výskyt kapradorostů, ostřic a sítin (např. Rooney & Waller 2003).

Není to ale tak jednoduché. Kromě konkurenční výhody pro herbivorem nepreferovanou rostlinu má herbivorie i další, nepřímé vlivy, povětšinou negativní, které mohou mít dopad na veškeré rostliny ve společenstvu. To, že není rostlina herbivorem preferována, jí tak nedává samozřejmou výhodu. Heckel et al. (2010) studoval vliv jelence na nechutnou rostlinu *Arisaema triphyllum* a prokázal jeho negativní vliv.

Obecně, velká intenzita herbivorie může mít pro populace rostlin i pro celé společenstvo fatální následky. Extrémní případ můžeme pozorovat v Sharon Woods Metro Park v Columbusu (Ohio), kde zmizelo následkem nekontrolovanému počtu jelenců (cca 350) přes 150 druhů cévnatých rostlin (Peck a Stahl 1997). Podle Hobbse (1996) mírná pastva losa společenstvo rostlin stabilizuje a silná destabilizuje.

Odpověď rostlinného společenstva závisí také na typu stanoviště, např. na míře disturbance, na jeho produktivitě nebo na tom, zda a jak dlouho na něj pastva působila. Podle Maron a Crone (2006) má herbivorie větší vliv na prostředí s vyšší mírou disturbance. Podle Bakker et al. (2006), který studoval herbivorii trávníků s různou mírou produktivity a srážek, velcí herbivoři v neproduktivním prostředí s malým množstvím srážek snižují rostlinnou diverzitu, v produktivním prostředí bohatším na srážky pak naopak. Les se od společenstva trávníků liší, můžeme ale předpokládat, že i v lesním prostředí bude mít produktivita a vlhkost na diverzitu rostlin vliv.

Důležité také je, jak dlouho dané společenstvo zakoušelo pastvu. Milchunas *et al.* (1993) porovnávali reakci na herbivorii u společenstev s různými vlhkostními podmínkami a s různě dlouhou historií pastvy. U společenstev s dlouhou pastevní historií se s rostoucí intenzitou herbivorie více měnilo složení rostlinných druhů než u společenstev, která s pastvou měla kratší/méně intenzivní zkušenost.

Podle Vavry et al. (2007) také silná herbivorie může podpořit invazi nepůvodních druhů rostlin. Má pro to tři základní předpoklady. Mnoho nepůvodních druhů rostlin je adaptovaných na disturbance

půdy, jako jsou ty způsobené chůzí a pastvou herbivorů. Také mnoho z nich dokáže dobře využít herbivory pro endozoochorii a ektozoochorii (rozšiřování semen uvnitř a vně těla živočichů). A navíc bývají pro přirozené herbivory často nechutné a jsou tak zvýhodněny oproti chutným původním druhům rostlin. Vavra et al. 2007 to pokládá za silnou hrozbu pro biodiverzitu, uvažuje ale o oblasti Severní Ameriky.

5.2 NEPŘÍMÉ VLIVY

Jak už bylo řečeno, živočichové neovlivňují vegetaci pouze přímo, spásáním rostlinné biomasy, ale mění také podmínky pro lesní podrost sešlapem a zhutněním půdy, urinací a defekací. Svou činností proměňují druhové složení stromového i rostlinného patra, vlastnosti půdy a výskyt arbuskulárně mykorhizních hub i množství a složení opadu.

5.2.1 SEŠLAP

Sešlap (*trampling*) je důsledkem chůze zvířat. Má přímý negativní vliv na sešlapávané rostliny a na uchycování semenáčků, mění vlastnosti půdy a rozšiřuje obnažené plochy země na úkor pokrývnosti vegetace. Intenzita jeho dopadů se liší s podmínkami stanoviště (např. s vlhkostí) i sezonně (změnou aktivity zvířete během roku (Persson et al. 2000)). Persson et al. (2000) odhaduje, že plocha, kterou los podupe kopyty za den, je v zimě 17,3 m², v létě pak 34,5 m², a že švédská populace losů takto za jednu sezonu ovlivní 3255 km². Z námi zkoumaných zvířat mají vliv hlavně velcí kopytníci, tedy jelenovití a divoká prasata.

5.2.1.1 OBNAŽENÍ PŮDY

Sešlapem nebo také rytím divokých prasat se v lese tvoří či rozšiřují plochy obnažené půdy. Obnažení půdy snižuje její kvalitu – podporuje vymývání živin a erozi. Obnažená půda také není zpevněná kořeny rostlin a může tak docházet k jejímu pohybu. Především v jarních měsících, kdy je půda nasycena vodou, která střídavě taje a mrzne, mohou se celé kusy půdy pohybovat po svažitě ploše (tzv. soliflukce) a působit disturbanci. Obnažená půda je také prostorem pro kolonizaci rostlinných druhů.

5.2.1.2 ZHUTNĚNÍ PŮDY

Chůze zvířat způsobuje tlak, který zhutňuje půdu. Významný vliv mají především velcí kopytníci. Dopad jejich chůze na zhutnění půdy může být podobný vlivu těžké lesní techniky (Greenwood a McKenzie 2001).

Zhutnění půdy zvyšuje její hustotu, tedy zvyšuje podíl hmoty na jednotku objemu. Působením tlaku se velké póry, obsahující vzduch, rozpadají na větší množství menších pórů. Zhutnění tak snižuje provzdušněnost půdy a mění množství zadržované vody a její dostupnost pro rostlinu.

Reakce rostlin na zhutnění půdy se liší v závislosti na konkrétním druhu, na míře zhutnění (Alameda 2009) a dalších okolnostech, např. na vlhkosti prostředí. Obecně se ale dá říci, že zhutnění zpomaluje růst rostlin a uchycování semenáčků (Bassett et al. 2005), redukuje množství kořenového vlášení rostlin (Sharrow 2007) a kolonizaci kořenů rostlin arbuskulárně mykorhizními houbami. Má tedy na vegetaci spíše negativní vliv, ale není to pravidlem.

Zhutnění půdy může a nemusí mít dlouhotrvající následky. Podle pozorování Bassett et al. (2005) byly vlastnosti půdy na bývalé pastvině pozměněny i po 15 letech od konce pastvy natolik, že bránily uchycení novozélandské endemické rostliny *Cordyline australis*. Oproti tomu, Shelton et al. (2014) ohradili plochy, které byly pod silným vlivem sešlapu jelenců běloocasých a výrazně menší zhutnění půdy pozorovali už po 2 letech. Tuto rychlou proměnu vysvětlují bujným porostem, který na plochách s vyloučeným výskytem herbivorů začal růst, a který kypřil půdu svou podzemní biomasou. Zkypření půdy podporuje také působení žížal (což ale není případ této studie, protože v ohrazených plochách se vyskytoval menší počet žížal než před ohrazením).

5.2.2 VLIV NA MYKORHIZU

Arbuskulárně mykorhizní (AM) houby nebo také Glomeromyceta, jsou organismy, které váže mutualistický (tedy oboustranně prospěšný) vztah ke kořenům cévnatých rostlin. Cévnaté rostliny poskytují houbám uhlíkaté látky a houby podporují vstřebávání důležitých látek kořeny rostlin, především dusíku a fosforu. Tato vazba je důležitá pro většinu lesních druhů rostlin (Brundrett a Abbott, 2002).

Velcí živočichové mohou výskyt arbuskulárně mykorhizních hub omezit zhutněním půdy, spásáním zelených částí rostlin nebo přímou disturbancí. Zhutnění půdy AM houby špatně snášejí. Jejich početnost se snižuje, pokud mají póry v půdě průměr menší než 3 mikrometry (Nadian 1997). Pokud herbivor spase zelené části rostliny, omezí tak tvorbu uhlíkatých látek a jejich přesun do podzemní části rostliny. AM houby tak k nim mají omezený přístup. Mimo to, sešlap velkých zvířat může působit disturbance hyf hub a vláskových kořenů rostlin. (Rossow et al. 1997)

Negativní vliv velkých zvířat na výskyt AM hub ukázala např. Bressette (2012), která pozorovala větší výskyt *inokul* AM hub na plochách, ze kterých byl na 18 let vyloučen výskyt jelence oproti plochám, kde byl přítomen.

Výskyt AM hub může mít zvlášť v prostředí chudém na živiny zásadní vliv na fungování rostlinného společenstva.

5.2.3 VLIV NA CYKLUS DUSÍKU

Dusík je důležitý pro růst rostlin. Jeho výskyt ovlivňuje primární produkci vegetačního pokryvu i složení rostlinného společenstva. Existují rostliny, které se s jeho nedostatkem umí dobře vypořádat (např. vřes) a na druhé straně rostliny nitrofilní, které jsou vázané na místa, kde je dusíku dostatek (např. kopřiva). Na stanovištích bohatých na dusík pak mají nitrofilní druhy konkurenční převahu a mohou jiné druhy vytlačit.

V přirozeném lesním prostředí je většina dusíku recyklována, oproti dusíku dodanému zvenčí ekosystému. Změna v tomto cyklu může tak být pro lesní prostředí velmi důležitá (Hobbs 1996).

Živočichové mají na cyklus dusíku vliv:

- dodávají do vrchních vrstev půdy skrz moč a exkrementy dusík, který je rychle dostupný pro rostliny a mikroby
- výběrovou pastvou mohou měnit složení rostlinného společenstva a následně poměr C:N opadu
- disturbují půdu, což může vést k větší míře mineralizace dusíku (Vitousek 1982)

Lesy městského prostředí jsou ale o dusík zevně ekosystému obohacovány běžně. Může docházet spíše k jeho přebytku a úbytku druhů vázaných na chudá stanoviště.

5.2.3.1 URINACE A DEFEKACE

Zvířata přijímají dusík v potravě, ať v rostlinné nebo živočišné, část ho využijí, ale část zase vyloučí do prostředí exkrementy a močí. Herbivoři takto urychlují cyklus dusíku, protože přeměna dusíku z rostlinného materiálu do podoby znova využitelné pro rostliny a mikroby je rychlejší než přeměna rostlinného materiálu procesem tlení. Poměr dusíku, který herbivor vyloučí do prostředí, závisí na jeho velikosti a na složení jeho stravy, především na obsahu dusíku a taninů. (Hobbs 1996)

Živočichové také mění rozmístění dusíku. Nevylučují totiž ve svém areálu rovnoměrně, ale koncentrují dusík do blízkosti cest, míst odpočinku nebo pastvy. Stává se tak, že o dusík obohacují populace rostlin, na kterých se krmí, a podporují tak jejich další produkci.

5.2.3.2 VLIV NA OPAD

Herbivoři mění kvalitu i kvantitu lesního opadu. Svou konzumací redukují jeho množství (Bressette 2012) a výběrovou pastvou mění jeho složení (Olofsson & Oksanen 2002). Tím, že preferují chutné druhy semenáčků stromů oproti nechutným druhům semenáčků, získávají nechutné druhy konkurenční výhodu a zvyšuje se jejich zastoupení v zápoji. Tím, že nechutné druhy mají obvykle vyšší

poměr C:N (často jsou to jehličnany), je tento poměr vyšší i u opadu. Tento opad se hůře rozkládá a zpomaluje se tak koloběh dusíku. (Melillo a Aber 1982)

5.2.4 BUDOVÁNÍ NOR

Zvláštní vliv na podmínky pro lesní bylinné patro mohou mít tvorové, kteří si budují nory. Ze zvířat s častým výskytem ve městě jsou to jezevci a lišky.

Lesní půdy se vyznačují tím, že se jejich pH od povrchu do hloubky zvyšuje. Zároveň půda na povrchu obsahuje více organického materiálu a v hloubce obsahuje více K, Ca, Mg a fosforu, pro rostliny důležitých živin. Tím, že jezevci a lišky hrabou své nory, půdu promíchávají a dostávají zásaditější, živinami bohatší půdu na povrch a kyselejší dolů. Tím mění rostlinám životní podmínky. V okolí nor se složení rostlinných druhů obohacuje o vápnomilnější druhy a o ruderalní druhy (jako např. *Urtica dioica*, *Chelidonium majus*, *Geum urbanum*), které jsou přizpůsobené životu na disturbovaných stanovištích (Kurek et al. 2014).

Jezevčí nory jsou oproti liščím rozsáhlejší a hlubší a mají na proměnu životních podmínek rostlin a tedy na složení lesních rostlinných společenstev větší vliv.

6 ZÁVĚR

Prostředí městských lesů je lecčím specifické. Kromě limitace světlem, která je typická pro všechny lesy, se na nich projevuje vliv urbanizace. Působí v nich intenzivně lidské vlivy, jako je znečištění, zavlékání nepůvodních druhů nebo sešlap. Důležitý je u městských lesů proces fragmentace. Směrem k centru města se snižuje jejich zastoupení v poměru k zastavěné části, zmenšuje se plocha jednotlivých lesů a stoupá vliv okrajového efektu. To vše má vliv jak na distribuci a vlastnosti rostlinných druhů, tak na distribuci a chování živočichů.

Velkým savcům nabízí prostředí městských lesů alternativu k jejich mizejícím přirozeným stanovištím a vyskytují se to poměrně hojně. Intenzita jejich vlivu i způsob, jakým bylinné patro ovlivňují, závisí na hustotě jejich populace. Vliv na životnost rostlinné populace může být jak pozitivní, zmírněním konkurence jiného, dominantního druhu okusem nebo obohacením o dusík, tak negativní, příliš intenzivní pastvou, zhoršením podmínek pro klíčení skrz zhutnění půdy sešlapem nebo redukcí výskytu AM hub důsledkem téhož. Reakce rostlin na působení živočichů, především herbivorii a disturbance, se samozřejmě liší v závislosti na druhu a jeho vlastnostech (typicky lesní vytrvalá stínomilná rostlina vs ruderalní světlomilná jednoletka) a na jejich počátečních populacích.

Bylinné patro na úrovni společenstva mohou velcí savci ovlivnit zvýšenou heterogenitou prostředí (Hobbs 1996), změnou konkurenčních vztahů mezi jednotlivými druhy a následně proměnou druhového složení bylin i stromů nebo zavlékáním invazních druhů prostřednictvím zoochorie.

Na bylinné patro městských lesů působí kromě velkých savců také další vlivy, abiotické podmínky, další druhy živočichů (například slimáci a hmyz) a také přítomnost lidí. Lidé působí na městské lesy přímo, sešlapem (Hamberg et al. 2008) a obohacováním půdy o dusík při venčení psů, i nepřímo, změnou podmínek prostředí znečištěním a fragmentací. Lidský vliv se zmírňuje směrem od hustě zastavěného centra města k jeho okrajům. Zvířata se naopak více zdržují v okrajových částech města, která navazují na jejich stanoviště ve volné přírodě.

Studium městského prostředí je zajímavé jednak proto, že města pokrývají stále větší plochu a jednak proto, že tu můžeme pozorovat, jak se příroda vyrovnává s lidským vlivem. Městské lesy jsou důležitými ostrovy relativně přirozeného prostředí ve městech. Jejich bylinné patro tvoří podstatnou část jejich druhové diverzity. Zdá se, že velcí savci mohou mít značný nepřímý vliv na abiotické prostředí i přímý vliv na rostliny a jejich populace a je tedy zajímavé jejich vliv prozkoumat. Studie zabývající se tímto tématem ale chybějí.

REFERENCE

- Adams, L.W., Vandruff, L.W. & Luniak, M., 1997. Managing Urban Habitats and Wildlife. , pp.714–739.
- Alameda, D., & Villar, R., 2009. Moderate soil compaction: implications on growth and architecture in seedlings of 17 woody plant species. *Soil and Tillage Research*, 103(2), 325-331.
- Augustine, D.J. & Mcnaughton, S.J., 1998. Ungulate effects on the functional species herbivore of plant communities: composition and plant tolerance. *The Journal of Wildlife Management*, 62(4), pp.1165–1183.
- Bakker, E.S. et al., 2006. Herbivore impact on grassland plant diversity depends on habitat productivity and herbivore size. *Ecology Letters*, 9(7), pp.780–788.
- Bassett, I.E., Simcock, R.C. & Mitchell, N.D., 2005. Consequences of soil compaction for seedling establishment : Implications for natural regeneration and restoration. , pp.827–833.
- Bender, L.C., Anderson, D.P. & Lewis, J.C., 2004. Annual and seasonal habitat use of Columbian black-tailed deer in urban Vancouver, Washington. *Urban Ecosystems*, 7(1), pp.41–53. Available at:
- Bierzzychudek, P., 1982. Life Histories and Demography of Shade-Tolerant Temperate Forest Herbs: A Review. *New Phytologist*, 90(4), pp.757–776.
- Bobek, B., Frąckowiak, W., Furtek, J., Merta, D., & Orłowska, L. (2011). Wild boar population at the Vistula Spit–management of the species in forested and urban areas. *Julius-Kühn-Archiv*, (432), 226-227.
- Bressette, J. W., Beck, H., & Beauchamp, V. B. (2012). Beyond the browse line: complex cascade effects mediated by white-tailed deer. *Oikos*, 121(11), 1749-1760.
- Brundrett, M. C., & Abbott, L. K., 2002. Arbuscular mycorrhizas in plant communities. In *Microorganisms in plant conservation and biodiversity* (pp. 151-193). Springer Netherlands.
- Cahill, S. et al., 2012. Characteristics of wild boar (*Sus scrofa*) habituation to urban areas in the collserola natural park (Barcelona) and comparison with other locations. *Características De La Habitación De Jabalías (Sus Scrofa) a Las Áreas Urbanas En El Parque Natural De La Sierra De Collserola Y Comparación Con Otros Lugares*, 35(2), pp.221–233.
- Dávalos, A., Nuzzo, V. & Blossey, B., 2014. Demographic responses of rare forest plants to multiple stressors: The role of deer, invasive species and nutrients. *Journal of Ecology*, 102(5), pp.1222–1233.
- Davison, J. et al., 2009. Restricted ranging behaviour in a high-density population of urban badgers. *Journal of Zoology*, 277(1), pp.45–53.
- DeStefano, S. & DeGraaf, R.M., 2008. Exploring the ecology of suburban wildlife. , 1(2), pp.95–101.
- Ehrlen, J., 1995. Demography of the perennial herb *Lathyrus Vernus*. *Journal of Ecology*, 83(2), pp.287–295.
- Forman, R. T., 2014. *Urban ecology: science of cities*. Cambridge University Press.
- Gilbert, O. L., 1989. The ecology of urban habitats.
- Godefroid, S., & Koedam, N., 2003. Distribution pattern of the flora in a peri-urban forest: an effect of the city–forest ecotone. *Landscape and Urban Planning*, 65(4), 169-185.

- Greenwood, K. L., & McKenzie, B. M., 2001. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. *Animal Production Science*, 41(8), 1231-1250.
- Gustafsson, C., Ehrlén, J., & Eriksson, O, 2002. Recruitment in *Dentaria bulbifera*; the roles of dispersal, habitat quality and mollusc herbivory. *Journal of Vegetation Science*, 13(5), 719-724.
- Hamberg, L., Lehvävirta, S., Minna, M. L., Rita, H., & Kotze, D. J., 2008. The effects of habitat edges and trampling on understorey vegetation in urban forests in Helsinki, Finland. *Applied Vegetation Science*, 11(1), 83-98.
- Heckel, C.D. et al., 2010. Nonconsumptive effects of a generalist ungulate herbivore drive decline of unpalatable forest herbs. *Ecology*, 91(2), pp.319–326.
- Hermý, M., Honnay, O., Firbank, L., Grashof-Bokdam, C., & Lawesson, J. E., 1999. An ecological comparison between ancient and other forest plant species of Europe, and the implications for forest conservation. *Biological conservation*, 91(1), 9-22.
- Hobbs, N. T., 1996. Modification of ecosystems by ungulates. *The Journal of Wildlife Management*, 695-713.
- Huntly, N., 1991. Herbivores and the Dynamics of Communities and Ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 22(1), pp.477–503.
- Ibáñez-Álamo, J. D., & Soler, M., 2010. Does urbanization affect selective pressures and life-history strategies in the common blackbird (*Turdus merula* L.)?. *Biological journal of the Linnean Society*, 101(4), 759-766.
- Kolb, A., & Diekmann, M., 2004. Effects of environment, habitat configuration and forest continuity on the distribution of forest plant species. *Journal of Vegetation Science*, 15(2), 199-208
- Kotulski, Y. & Koenig, A., 2008. Conflicts, Crises and Challenges: Wild Boar in the Berlin City - a Social Empirical and Statistical Survey. *Natura Croatica*, 17(4), pp.233–246.
- Kurek, P., Kapusta, P. & Holeksa, J., 2014. Burrowing by badgers (*Meles meles*) and foxes (*Vulpes vulpes*) changes soil conditions and vegetation in a European temperate forest. *Ecological Research*, 29(1), pp.1–11.
- Louda, S., Potvin, M. & Collinge, S., 1990. Predispersal seed predation, postdispersal seed predation and competition in the recruitment of seedlings of a native thistle in sandhills prairie. *American Midland Naturalist*, 124(1), pp.105–113.
- Luniak, M., 2008. Fauna of the Big City—Estimating Species Richness and Abundance in Warsaw Poland. In *Urban Ecology* (pp. 349-354). Springer US.
- MacArthur, R. H. E. O. Wilson. 1967. The theory of island biogeography. *Monographs in Population Biology*, 1.
- Maron, J.L. & Crone, E., 2006. Herbivory: effects on plant abundance, distribution and population growth. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society*, 273(1601), pp.2575–2584.
- Mendenhall, C. D., Karp, D. S., Meyer, C. F., Hadly, E. A., & Daily, G. C. (2014). Predicting biodiversity change and averting collapse in agricultural landscapes. *Nature*, 509(7499), 213-217.
- Melillo, Jerry M., John D. Aber, and John F. Muratore. 1982. "Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics." *Ecology* 63.3, 621-626.
- Milchunas, D. G., & Lauenroth, W. K., 1993. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological monographs*, 63(4), 327-366.

- Nadian, H., Smith, S. E., Alston, A. M., & Murray, R. S., 1997. Effects of soil compaction on plant growth phosphorus uptake and morphological characteristics of vesicular—arbuscular mycorrhizal colonization of *Trifolium subterraneum*. *New phytologist*, 135(2), 303-311.
- Olofsson, J. & Oksanen, L., 2002. Role of litter decomposition for the increased primary production in areas heavily grazed by reindeer: a litterbag experiment. *Oikos*, 96(3), pp.507–515.
- Peck, L. J., & Stahl, J. E., 1997. Deer management techniques employed by the Columbus and Franklin County Park District, Ohio. *Wildlife Society Bulletin*, 440-442.
- Persson, I., Danell, K. & Bergstrom, R., 2000. Disturbance by large herbivores in boreal forests with special reference to moose. *Annales Zoologici Fennici*, 37(December), pp.251–263. Available at:
- Rooney, T.P. & Waller, D.M., 2003. Direct and indirect effects of white-tailed deer in forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 181(1-2), pp.165–176.
- Rossow, L. J., Bryant, J. P., & Kielland, K., 1997. Effects of above-ground browsing by mammals on mycorrhizal infection in an early successional taiga ecosystem. *Oecologia*, 110(1), 94-98.
- Sharrow, S.H., 2007. Soil compaction by grazing livestock in silvopastures as evidenced by changes in soil physical properties. *Agroforestry Systems*, 71(3), pp.215–223.
- Shelton, A.L. et al., 2014. Effects of abundant white-tailed deer on vegetation, animals, mycorrhizal fungi, and soils. *Forest Ecology and Management*, 320, pp.39–49.
- UNFPA.,2007. State of World Population 2007: Unleashing the Potential of Urban Growth.
- Van der Veken, S., Rogister, J., Verheyen, K., Hermy, M., & Nathan, R. A. N., 2007. Over the (range) edge: a 45-year transplant experiment with the perennial forest herb *Hyacinthoides non-scripta*. *Journal of Ecology*, 95(2), 343-351.
- Vavra, M., Parks, C.G. & Wisdom, M.J., 2007. Biodiversity, exotic plant species, and herbivory: The good, the bad, and the ungulate. *Forest Ecology and Management*, 246(1 SPEC. ISS.), pp.66–72.
- Vitousek, P. M., Gosz, J. R., Grier, C. C., Melillo, J. M., & Reiners, W. A., 1982. A comparative analysis of potential nitrification and nitrate mobility in forest ecosystems. *Ecological Monographs*, 52(2), 155-177.
- Zorenko, T. & Leontyeva, T., 2003. Species diversity and distribution of mammals in Riga. *Acta Zoologica Lituanica*, 13(1), pp.78–86.