

Univerzita Karlova

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Biologie



Barbora Matysová

**Dominance různých skupin živočichů v terestrických
ekosystémech**

Dominance of different groups of animals in terrestrial ecosystems

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí bakalářské práce: prof. David Storch, Ph.D.

Praha, 2018

Poděkování

Mé poděkování patří prof. Davidu Storchovi, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnoval.

Prohlášení

Prohlašuji,

že jsem tuto závěrečnou práci vypracovala zcela samostatně a veškerou použitou literaturu a další podkladové materiály, které jsem použila, uvádím v Seznamu literatury. Prohlašuji, že svázaná a elektronická podoba závěrečné práce jsou shodné.

V Praze dne:

Barbora Matysová

Abstrakt

V obecném povědomí přetrvávají určité domněnky a přesvědčení týkající se abundance a biomasy různých živočišných skupin. S tím zároveň souvisí představy široké veřejnosti o vlivu a významu daných živočichů pro určitý ekosystém. Cílem této práce je přesvědčit se, zda jsou tyto zažitě představy o dominujících entitách založeny na pravdě, nebo jsou – li jen mylnými fámami, tedy odpovědět si na následující otázky: zda je v tropech významnější biomasa velkých herbivorů či termitů, potažmo jaký je jejich vliv na rozklad rostlinné hmoty; převyšuje – li skutečně biomasa všech mravenců na světě biomasu všech lidí na světě; zda jsou abundance kořisti a predátorů stabilní napříč ekosystémy; je- li více herbivorů v tropických či chladných ekosystémech; nebo je- li v tropických ekosystémech převažující abundance mravenců či termitů. Odpovědi jsou získány prostřednictvím rozsáhlého sběru dat o abundanci a biomase živočichů z odborných článků a publikací. Aby byla ověřitelná i stabilita daných poměrů během let, byla použita data od nejstarších dohledatelných materiálů starých kolem osmdesáti let až po aktuální data z prací současných. Kromě hodnot biomasy a abundance je pozornost věnována i metodám, které vědci používají ke kompletování dat. Mnohdy jsou mezi skupinami velmi odlišné. To je způsobeno rozdílnými typy a životními styly srovnávaných skupin. Je uvážena účelnost, náročnost provedení a spolehlivost těchto metod. Hodnoty společně s metodami jsou shrnuty do kompletních výsledků, které jsou mezi sebou porovnány a kriticky zhodnoceny.

Klíčová slova

početnost, biomasa, dominance, ekosystém

Abstract

There are some beliefs about the abundance and biomass of different animal groups, which persist in general awareness. At the same time, the ideas of the general public relate to the influence and importance of the animals for an ecosystem. The aim of this paper is to make sure that these assumed concepts of dominating entities are based on truth or if they are only mistaken rumors, and to answer the following questions: whether the biomass of large herbivores or termites is significant in the tropics, what is their influence on decomposition of vegetation matter; if the biomass of all ants actually exceeds the biomass of all people in the world; whether the abundance of prey and predators is stable across ecosystems; if there are more herbivores in tropical or cold ecosystems; or when predominant abundance of ants or termites is present in tropical ecosystems. Responses are gained through the extensive collection of abundance and animal biomass data from expert articles and publications. In order to be verifiable as well as the stability of the given ratios over the years, there were used data from the oldest traceable materials about 80 years old to the current data from current works. In addition to biomass and abundance values, attention is also paid to the methods used by scientists to collate data. Often, they are very different between groups. This is due to the different types and lifestyles of the compared groups. Effectiveness, complexity and reliability of these methods are considered. Values, together with methods are summed up into complete results that are compared and critically evaluated.

Key words

abundance, biomass, dominance, ecosystem

Obsah

ÚVOD	7
1. SEZNÁMENÍ S PROBLEMATIKOU.....	8
2. VÝSLEDNÉ ANALÝZY.....	10
2.1. Srovnání biomasy termitů vůči velkým herbivorům.....	10
2.2. Srovnání abundance a biomasy termitů vůči mravencům.....	14
2.3. Srovnání abundance a biomasy tropických herbivorů- obratlovců vůči ostatním herbivorům- obratlovcům.....	18
2.4. Srovnání abundance kořisti vůči predátorům.....	21
2.5. Srovnání biomasy mravenců vůči biomase člověka.....	23
3. DISKUZE.....	27
ZÁVĚR.....	29
SEZNAM LITERATURY.....	30
SEZNAM GRAFŮ A TABULEK	36

Úvod

Naše planeta disponuje obrovskou diverzitou unikátních terestrických ekosystémů. Tuto pestrost podtrhuje obrovské množství živočichů, živočišných druhů a živočišných skupin, které tyto ekosystémy obývají. Některé skupiny jsou dominující, v určitých případech dokonce napříč mnohými ekosystémy. Zároveň existují různé funkční skupiny živočichů, mezi kterými se dají srovnávat odpovídající vlastnosti. Může jít o totožnou nebo podobnou potravní specializaci, obdobný životní styl, významné procento biomasy. Ve společnosti často figurují domněnky a přesvědčení týkající se abundance a biomasy těchto živočišných skupin. Například se uvádí, že hodnota biomasy megaherbivorů a kopytníků v afrických savanách odpovídá biomase termitů (Moe et al., 2009 a Levick et al., 2010); že termity dosahují v tropických krajích mezi bezobratlými nejvyšších hodnot biomasy i abundance (Wood et al., 1978; Martius, 1994; Bignell et al., 2000); že abundance predátorů následuje abundanci kořisti, ale přírůstek je závislý na produktivitě (Hatton et al., 2015) a další. S tím úzce souvisí povědomí široké veřejnosti o vlivu a významu daných živočichů pro určitý ekosystém.

Cílem této práce je přesvědčit se, zda jsou tyto zažitě představy o dominujících entitách založeny na pravdě, nebo jsou – li jen mylnými fámami, tedy odpovědět si na otázky typu mají – li termity a velcí herbivoři obdobnou biomasu, potažmo vliv na rozklad rostlinné hmoty; převyšuje – li skutečně biomasa všech mravenců na světě biomasu všech lidí na světě; zda existuje stabilní poměr v počtu jedinců kořisti na počet jedinců predátora napříč ekosystémy a jiné. Odpovědi jsou získány prostřednictvím rozsáhlého sběru dat o abundanci a biomase živočichů z odborných článků a publikací. Aby byla ověřitelná i stabilita daných poměrů během let, byla použita data od nejstarších dohledatelných materiálů starých kolem osmdesáti let až po aktuální data z prací současných.

Kromě hodnot biomasy a abundance je pozornost věnována i metodám, které vědci používají ke kompletování dat. Mnohdy jsou mezi skupinami velmi odlišné. To je způsobeno rozdílnými typy a životními styly srovnávaných skupin. Je uvážena účelnost, náročnost provedení a spolehlivost těchto metod. Hodnoty společně s metodami jsou shrnuty do kompletních výsledků, které jsou mezi sebou porovnány a kriticky zhodnoceny.

1. Seznámení s problematikou

Mezi základní charakteristiky organismu patří jeho velikost, potažmo hmotnost. Tyto vlastnosti jsou úzce spjaty s délkou života, metabolickou náročností, velikostí obývaného území a dalšími ekologickými aspekty, jako je například abundance. Vztah mezi abundancí a tělesnou velikostí (hmotností) organismu také může poukazovat na koncentraci zdrojů v ekosystémech. Pro ekology je vztah mezi abundancí a tělesnými proporcemi předmětem studia celá desetiletí, (White et al., 2007) a za předpokladu, že vyšší tělesná hmotnost koreluje s poměrně vyšší spotřebou dostupných zdrojů, jak je často uváděno, se zdá opodstatněné, že by měl být silný negativní vztah mezi tělesnými rozměry a abundancí, navíc limitovaný dostupností zdrojů (Cotgreave et al., 1992). S tímto názorem se ztotožňuje mnoho dalších autorů (například Damuth, 1987; Currie et al., 1993), avšak Cotgreave a Harvey ve své práci z roku 1992 uvádějí, že malé organismy jsou většinou početnější než velké, ale ani s nejlepšími úmysly není možné, aby byla abundance rozumně predikována z pouhé znalosti tělesné hmotnosti jedince, a že například u britských ptáků je znatelný spíše pozitivní vztah mezi abundancí a tělesnou velikostí jedinců než negativní. Výše uvedený názor, že malé organismy bývají početnější než velké, rozporují i Peters a Wassenberg (1983) a Harvey and Lawton (1986), kteří uvádějí, že populace, které sestávají z jedinců o velkých tělech, spotřebují poměrně méně energie než populace, které sestávají z jedinců o tělech menších rozměrů. Damuth ve studii z roku 1987 dochází k závěru, že je zajímavé porovnávat zvířata rozdílných velikostí, ale stejných trofických kategorií, jako například slony a fytofágní hmyz, jelikož vykazují poměrně stejné hodnoty využití energie. Právě z těchto důvodů se bude práce věnovat tématu srovnání biomasy mezi termity a velkými herbivory. Zároveň se tím pokusí ověřit tradovanou převahu malých nad velkými v hodnotách biomasy (autorka).

Další základní vlastností organismů je způsob regulace tělesné teploty, přičemž ektotermové a endotermové mají odlišné metabolické nároky. Ektotermové jsou metabolicky méně nároční (Gilloly, 2001). Efektivita, s jakou je energie převáděna na biomasu, závisí právě na metabolické charakteristice a potravě daných organismů (Currie et al., 1993). Z těchto závěrů se dá odvodit, že vzhledem k nižší energetické náročnosti jsou ektotermové zřejmě početnější než endotermové a tato práce se pokusí tvrzení ověřit.

Velmi odlišné kooperující skupiny druhů predátorů a kořisti vykazují podobný trend populačního růstu. Poměr biomasy karnivorů a herbivorů není neměnný. V případě velkých dominantních predátorů jako je lev, tygr, hyena či vlk připadá na 1 kg predátora v závislosti na produktivitě přibližně 111 kg kořisti, s tím že s narůstající hmotou kořisti je poměrně méně hmoty predátora (Hatton et al., 2015).

Mezi lidmi všeobecně panuje domněnka, že kompletní lidská populace váží méně nebo obdobně jako všichni mravenci na světě. Tento dojem vznikl patrně na základě výpočtů vědců Berta Hölldoblera a Edwarda O. Wilsona uveřejněných v knize Cesta k mravencům roku 1992. Pomocí údajů o kompletní hmotnosti na Zemi žijících lidí z článku Walpole et al. z roku 2012 se tato práce pokusí výše zmíněný zažitý trend ověřit.

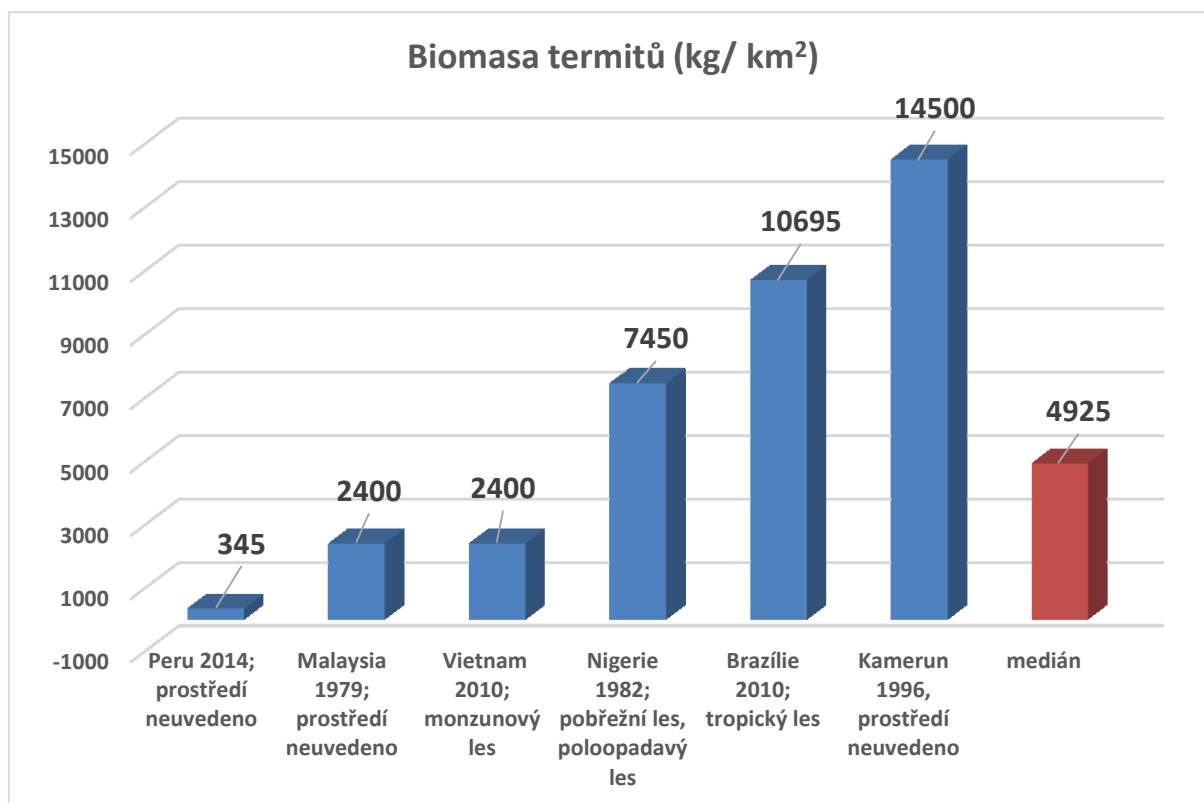
Z výše uvedených důvodů se následující kapitoly zabývají primárně srovnáním biomasy (případně abundance) různých živočišných skupin. Hodnoty uváděné v biomase dovolují srovnávat fyzicky zcela odlišné skupiny živočichů, které spojuje stejný typ stravy, chování, nebo je zajímavé je srovnávat z jiných důvodů. Je praktické, že živočišné skupiny je možno zvolit dle potřeby a tím předejít nepřesnostem (jako například při srovnání celého řádu termitů s jedním konkrétním druhem herbivora) (autorka).

2. Výsledné analýzy

Na následujících stranách jsou samotné výsledné analýzy včetně odkazů na autory dat, která jsou zpracována do grafů a jsou vyhodnocena, stejně jako metody ke sběru dat použité.

2.1. Srovnání biomasy termitů vůči velkým herbivorům

K nejvýznamnějším skupinám živočichů v tropických terrestrických ekosystémech patří termiti (Bignell, 2006). Rozšíření jsou v široké škále mikrohabitatů s nízkou nadmořskou výškou, kde tvoří nezanedbatelnou část půdního sloupce i povrchu- na některých místech mohou zastupovat až 95 % biomasy půdního hmyzu. Jde především o zeminu, odumřelé i živé kmeny a koruny stromů či spadané listí. Jako dominantní rozkladači odumřelé rostlinné hmoty jsou nepostradatelní. Vzhledem k četnosti prostředí a diverzitě životních stylů, které obsáhnou, je jejich kvantifikace poměrně obtížná (Collins, 1983; Wood et al. 1978; Eggleton et al., 1995, Watt et al., 1997). S přihlédnutím k velmi vysokým hodnotám termití abundance a s ní spojeného vlivu na rozklad rostlinné hmoty tato kapitola ověří, jaký je poměr v biomase termitů vůči býložravým obratlovcům (autorka). Hodnota biomasy megaherbivorů a kopytníků v afrických savanách odpovídá biomase termitů (Moe et al., 2009 a Levick et al., 2010). Toto tvrzení však zcela nekoresponduje s níže nasbíranými daty. Dle výsledků shrnutých v Grafu 1 dosahuje medián hodnot biomasy termitů $4\,925\text{ kg/ km}^2$, zatímco u velkých herbivorů medián odpovídá hodnotě $2\,039,45\text{ kg/ km}^2$ (Graf 2) (autorka).

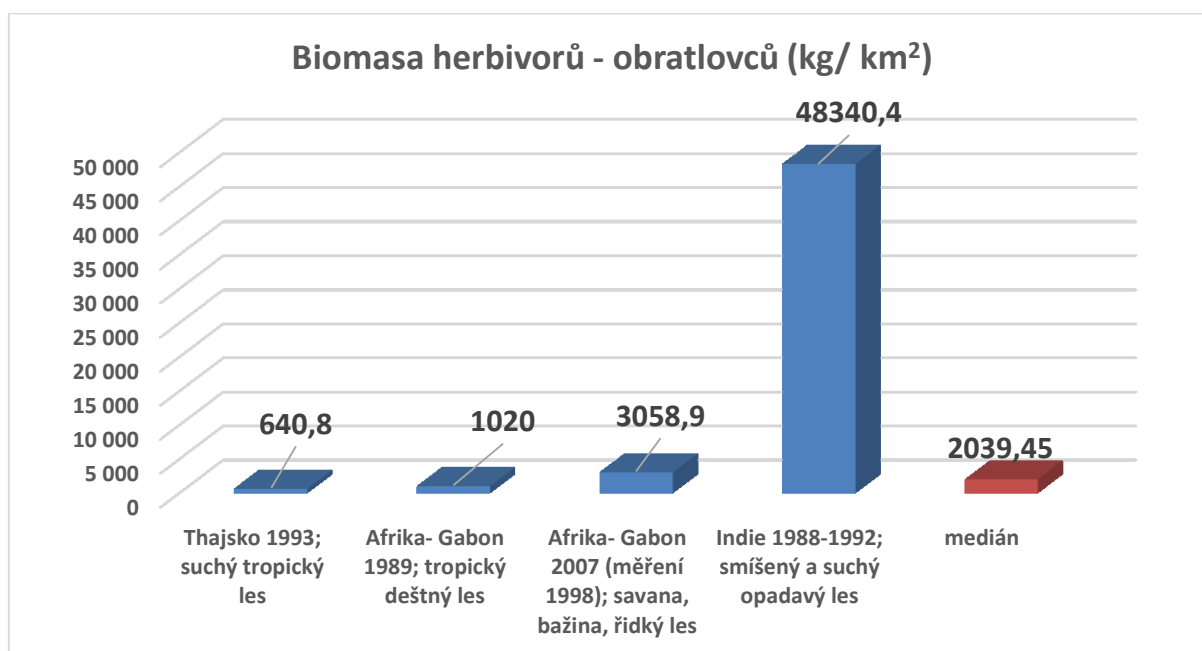


Graf 1.: Srovnání naměřené biomasy termitů (modře) z výzkumů od roku 1979 do roku 2014 z Afriky, Ameriky a Asie a jejich medián (oranžově); (Belyaeva et al., 2010; Abe et al.,1979; Vasconcellos, 2010; Dahlsjö et al., 2014; Wood et al., 1982; Eggleton et al., 1996), dle dat z výše citovaných článků sestavila autorka.

U všech výzkumů zabývajících se počítáním biomasy termitů byla použita až na detailní odlišnosti totožná metoda. Šlo o ruční sortování termitů z určitého úseku půdy, hnízda nebo tlejícího dřeva, jejich sušení, spočtení, vážení a následné násobení na velikost celého studovaného úseku. Ve výjimečných případech se metody nepodařilo dohledat, ale dá se usuzovat na značnou podobnost nebo shodu. Zahrneme - li i Tabulku 1., je zřejmé, že hodnoty jsou stabilní již od roku 1944, což poukazuje na spolehlivost metody (autorka). Je pravděpodobné, že drobné rozdíly v hodnotách biomasy v rámci kontinentů i mezi nimi jsou do určité míry způsobeny velikostí, potažmo váhou těla zde žijících druhů termitů (Dahlsjö et al., 2014). K uvážení je, do jaké míry může ono roznásobení výsledků na určitou plochu odpovídat realitě, tj. zda jsou termiti skutečně distribuováni tak homogenně, jak je předpokládáno (autorka).

Locality	Type of nest sampled	Numbers m ⁻²	Biomass g m ⁻²	Author
Riparian forest, Rabba, Nigeria	Subterranean, mound ^a	2646	6.9	Present study
Semi-deciduous forest, Ibadan, Nigeria	Subterranean	3163	8.0	Present study
Riparian forest, Yangambi, Zaire	Subterranean, mound ^b	1000	11.0	Maldague (1964)
Rain forest, Trinidad, West Indies	Subterranean	4450		Strickland (1944)
Rain forest, Pasoh, Malaya	Subterranean, mound, arboreal	3280	10.9	Abe (1975)
Sarawak:				
Lowland rain forest				
Mixed dipterocarp	Subterranean, mound	1125		Collins (in press b)
Alluvial	"	254		Collins (in press b)
Kerangas	"	1405		Collins (in press b)
Lower montane forest	"	38		Collins (1980)
Upper montane (1310-1860 m)	"	99-295		Collins (1980)
Upper montane (1970-2376 m)	"	0		Collins (1980)

Tabulka 1.: Hodnoty biomasy a abundance termitů na různých kontinentech z let 1944- 1980, (Wood et al., 1982).



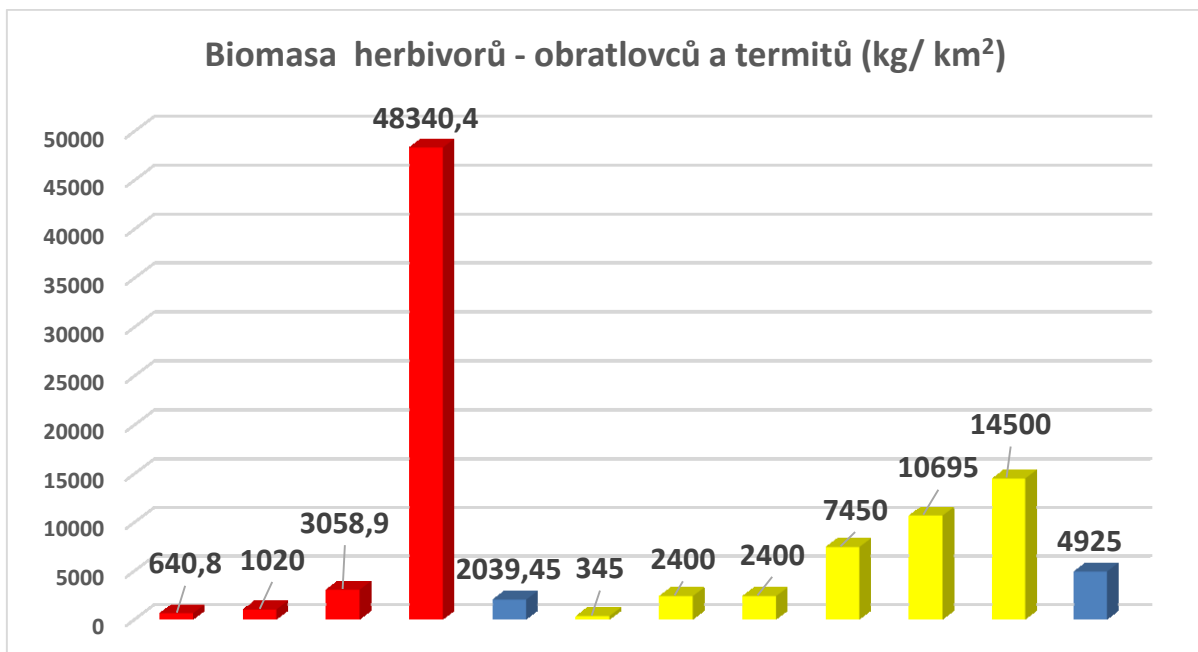
Graf 2.: Srovnání naměřené biomasy herbivorů- obratlovců (modře) z výzkumů od roku 1988 do roku 2015 z Afriky a Asie a jejich medián (oranžově); (Srikosamatar et al., 1993; Prins et al., 1989; Plumptre et al., 1995, Ndiweni et al., 2015; Okello et al., 2016; Morgan et al., 2007), dle dat z výše citovaných článků sestavila autorka.

Data týkající se biomasy herbivorů - obratlovců srovnávána v Grafu 2 jsou čerpána z článků publikovaných mezi roky 1989 a 2016 v různých světových biotopech za použití (kromě jediné výjimky) následujících 2 metod. Jde o počítání živočichů na základě pozorování a usuzování na počet živočichů z koncentrace nalezeného trusu. V případě dat z Thajska jde o využití kombinace obou těchto metod. U výzkumu, který proběhl v Indii mezi roky 1988 – 1992, se nepodařilo metodu dohledat. Nižší spolehlivost se dá očekávat od metody založené na

pozorování zvířat přímo v prostředí, neboť se mohou aktivně schovávat nebo prchat, zvláště je - li pozorování prováděno z jedoucího auta, jak tomu v některých případech bylo. Jako nejpropracovanější se dá vyhodnotit jediná vyjímající se kombinace metod použitá v případě výzkumu publikovaného roku 2016 probíhajícího na území Keni. K získání výsledků autoři využili kombinaci leteckých video - záběrů a fotografií, hlasových záznamů a záběrů z kamer umístěných v prostředí (autorka).

Z výsledků vyplývá, že během posledních osmnácti let pravděpodobně došlo k mírnému poklesu hodnot biomasy velkých herbivorů na afrických savanách. Tato srovnání ovšem nejsou natolik spolehlivá jako v případě termitů, neboť ve studiích není zcela shodné zastoupení druhů herbivorů, ti jsou navíc často kombinováni i s jinými trofickými kategoriemi, které musely být z výsledků odečteny. Z těchto důvodů mohou být data mírně zkreslena (autorka).

Před porovnáváním biomasy těchto dvou skupin živočichů bylo nutné převést naměřené hodnoty na odpovídající jednotky, byly zvoleny kilogramy na kilometr. Vzhledem ke značné nesourodosti nashromážděných výsledků byl jako nejvhodnější hodnota k porovnávání zvolen medián. Pro lepší přehlednost je Graf 1 a Graf 2 shrnut do Grafu 3, který ukazuje přesné srovnání jednotlivých naměřených hodnot biomasy herbivorů- obratlovců a termitů a jejich mediánů (autorka).

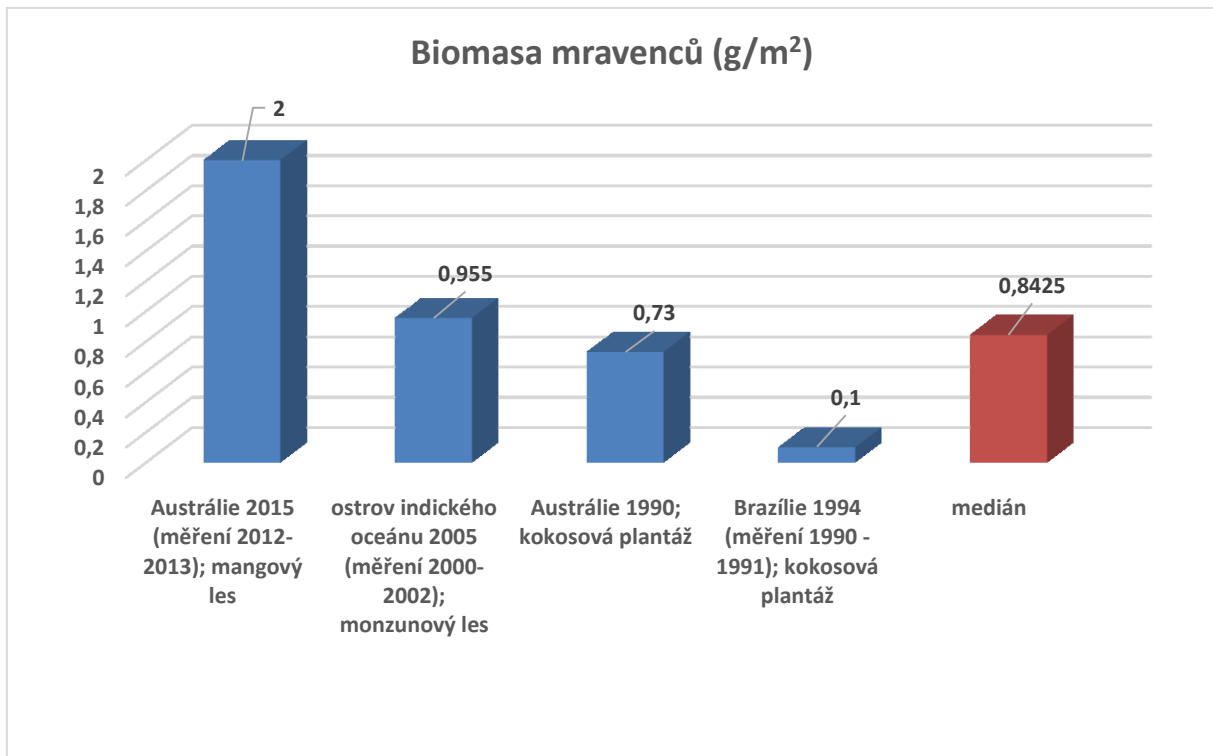


Graf 3.: Srovnání naměřené biomasy herbivorů - obratlovců a termitů, červenou barvou znázorněny hodnoty herbivorů - obratlovců, žlutou termitů, modrou jejich mediány. Dle dat z Grafu 1 a 2 sestavila autorka.

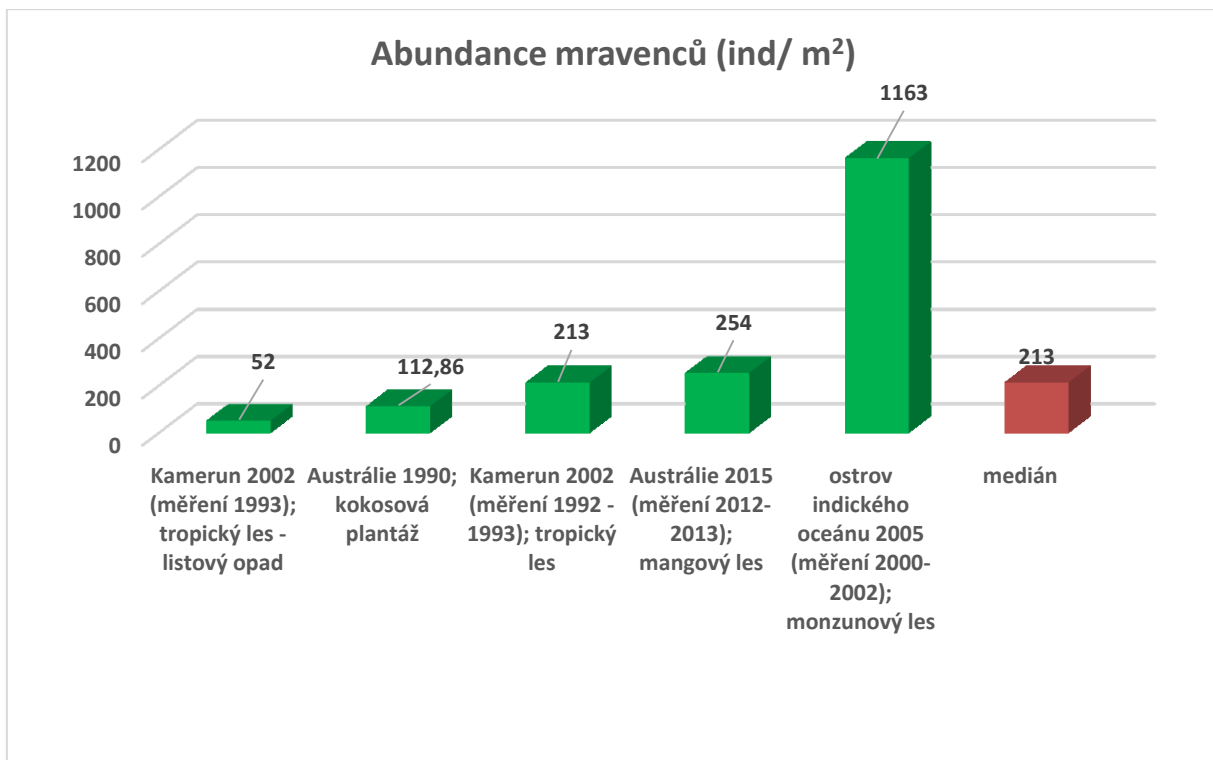
Zajímavé je, že v biotopu tropického lesa dosahuje biomasa termitů hodnot nejvyšších, zatímco u herbivorů- obratlovců hodnot nejnižších. Právě v tomto případě dosahuje hodnota naměřené biomasy velkých herbivorů pouze 6 % biomasy termitů. To může být způsobeno nižší koncentrací skutečně velkých zvířat, která se v takovém biotopu vyskytují v omezené míře, zatímco termitům je takové prostředí zcela přirozené. Možná i díky nižšímu zastoupení obratlovců – herbivorů a tedy snazšímu uplatnění zde dosahuje populační hustota termitů hodnot nejvyšších. Hodnota mediánu biomasy velkých herbivorů (2 039,45 kg/ km²) je 2,4 x nižší než hodnota mediánu biomasy termitů (4 925 kg/ km²). Vliv na rozklad rostlinné hmoty je tedy v případě obou skupin značný, tvrzení o jeho rovnosti uváděné ve výše citovaných pracích Moeho et al. a Levicka et al. z let 2009 a 2010 by nemuselo být pravdivé. Samozřejmě je k uvážení, zda velmi vysoké hodnoty biomasy velkých herbivorů naměřené v Indii během let 1988 – 1992 nejsou zachyceny náhodně. Právě kvůli nim nebyl k rozboru výsledků použit aritmetický průměr, nýbrž medián.

2.2. Srovnání abundance a biomasy termitů vůči mravencům

Co se týče abundance, jsou mravenci ve většině ekosystémů dominantními živočichy (Pinkalski et al., 2015). V současné době je popsáno asi 14 000 druhů, ve skutečnosti jich však bude mnohem více. Každá skupina má fascinující vlastnosti a ojedinelý způsob života a jejich význam jakožto přetvářečů krajiny, predátorů, šířitelů semen, herbivorů aj. je nedozírný (Stockan et al., 2016). Přestože sociální hmyz jako jsou mravenci, termiti, vosy a včely zastupují pouze kolem 2 % z 900 000 popsáných druhů hmyzu, jejich biomasa je vyšší než 50 % (Hölldobler et al., 1990; Gaston, 1991). V průběhu ověřování, zda je toto téma vhodné jako kapitola do bakalářské práce bylo nalezeno několik publikací vyjadřujících protichůdné názory na biomasu a abundanci podobně velikých a srovnatelnou životní strategii využívajících skupin živočichů (autorka). Termiti dosahují v tropických krajích mezi bezobratlými nejvyšších hodnot biomasy i abundance (Wood et al., 1978; Martius, 1994; Bignell et al., 2000). Avšak během měření abundance mravenců a termitů v Severní Africe za použití pastí, do kterých zvířata padala, bylo 92 % chycených druhů mravenci a pouhých 8 % termiti (Willis et al., 1992). Disponují tedy v tropech vyšší abundancí a biomasou mravenci nebo termiti? Na tuto otázku je níže hledána odpověď pomocí rozboru dat z dalších mnoha odborných publikací (autorka).



Graf 4.: Srovnání naměřené biomasy mravenců z výzkumů od roku 1990 do roku 2015 z Ameriky, Austrálie a Asie (modře) a jejich medián (oranžově); (Pinkalski et al., 2015; Abbott et al., 2005; Majer, 1990; Majer et al., 1994), dle dat z výše citovaných článků sestavila autorka.



Graf 5.: Srovnání naměřené abundance mravenců z výzkumů od roku 1990 do roku 2015 z Afriky, Ameriky, Austrálie a Asie (zeleně) a její medián (oranžově); (Pinkalski et al., 2015; Abbott, 2005; Majer, 1990; Majer et al., 1994; Watt et al., 2002), dle dat z výše citovaných článků sestavila autorka.

Data srovnávaná v Grafu 4 a 5 se týkají pouze mravenců a jsou čerpána z článků publikovaných mezi roky 1990 a 2015 v několika světových tropických biotopech za použití různých metod, převažující je zabíjení hmyzu v korunách stromů insekticidy, následné chytání mrtvých těl do plachet roztažených pod stromy a poté ruční sortování a počítání. Biomasa a abundance byly tedy počítány na rozlohu plachet, autorka je za účelem adekvátního srovnání přepočítala na metr.

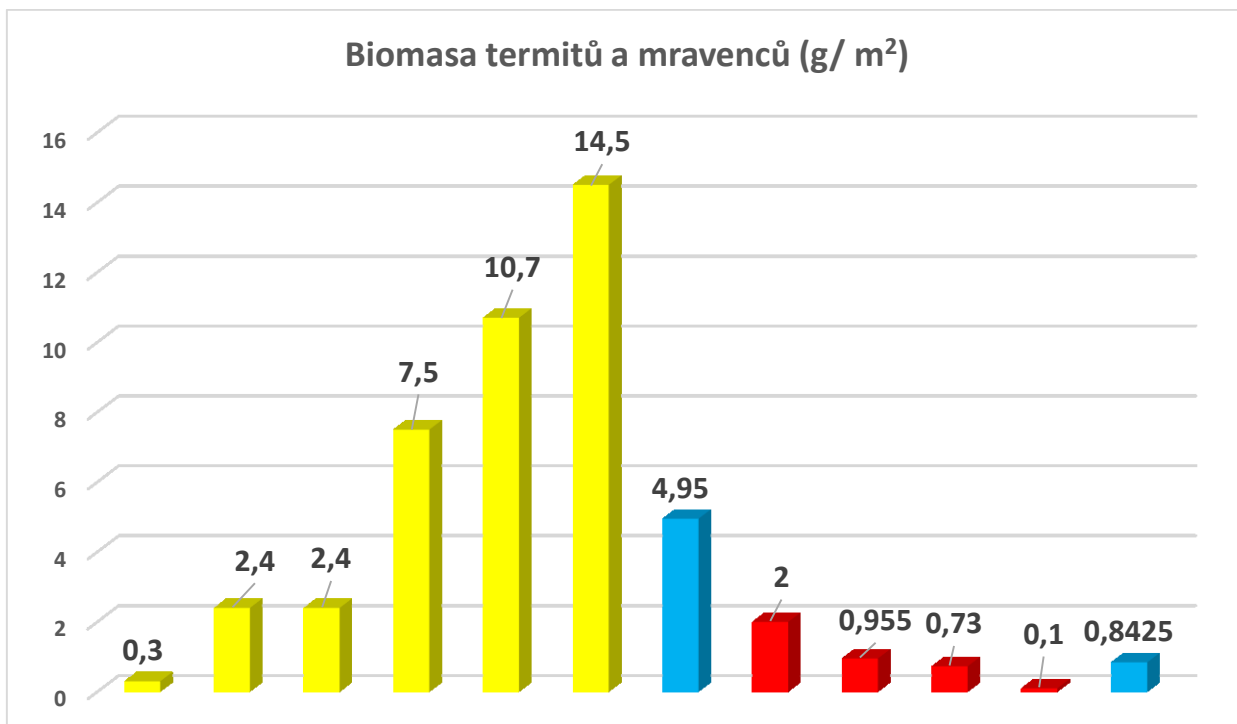
Další metody byly variabilnější, šlo převážně o různé lepicí pasti, padací pasti, sběr půdy a z ní sortování jedinců. Přes značnou variabilitu použitých metod se naměřené hodnoty výrazně neliší, z čehož lze soudit na jejich spolehlivost. Méně veselý je fakt, že použité metody jsou pro hmyz fatální. Zvláště v případě insekticidů aplikovaných do korun stromů je plošně vybit veškerý přítomný hmyz, nejen druhy, o které se zrovna vědecká skupina zajímá (autorka).

Nejvyšší hodnota biomasy byla naměřena mezi roky 2012 - 2013 na mangové plantáži v Austrálii, je přibližně o $\frac{1}{4}$ vyšší než o 12 let starší hodnota z australské kokosové plantáže, kde byla zároveň naměřena biomasa nejnižší.

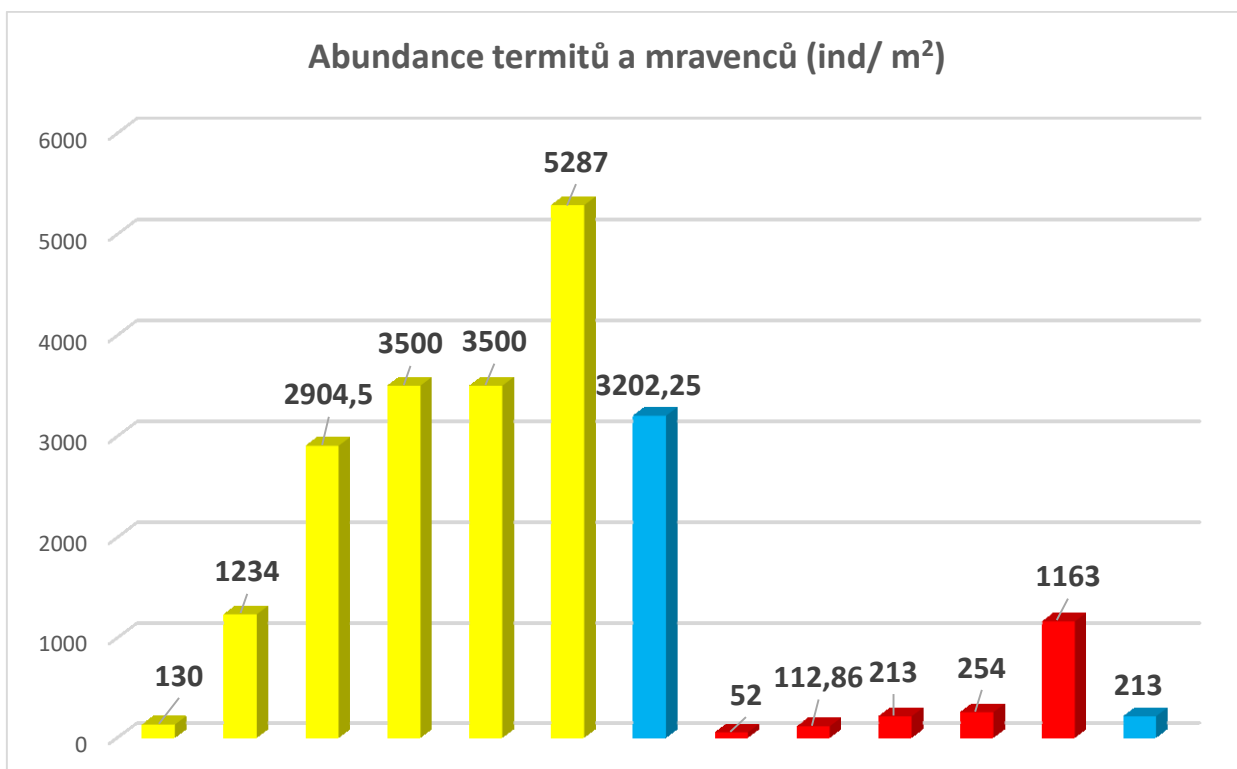
Nejvyšší hodnota abundance byla naměřena v monzunovém lese na ostrově v indickém oceánu mezi roky 2000 a 2002, je celkem 47,5 x vyšší než nejnižší hodnota z roku 1993 z Kamerunu, kde měření probíhalo v tropickém lese.

Vzhledem k obrovské variabilitě ve studiích uváděných druhů mravenců, jejich rozličným životním strategiím a absenci na stejném místě se v pravidelných intervalech opakujících studií nelze vyvodit žádné závěry o stálosti či měnnosti počtů mravenců.

Graf 6 pro lepší přehlednost souhrnně zobrazuje data biomasy nashromážděná pro mravence i termity vedle sebe, Graf 7 činí stejně pro hodnoty abundance.



Graf 6.: Srovnání naměřených hodnot biomasy termitů a mravenců, žlutou barvou znázorněny hodnoty termitů, červenou mravenců, modrou jejich mediány. Dle dat z Grafu 1 a 4 sestavila autorka.



Graf 7.: Srovnání naměřených hodnot abundance termitů a mravenců, žlutou barvou znázorněny hodnoty termitů, červenou mravenců, modrou jejich mediány. Dle dat z Grafu 4 a 5 sestavila autorka.

Metody počítání termitů a mravenců se v určitých případech liší, nicméně veškerými bylo dosaženo pro danou skupinu srovnatelných výsledků. Z toho důvodu není důvod jim nevěřit, naopak mohou být považovány za relativně spolehlivé. Rozbor metod využitých pro počítání termitů je uveden v kapitole 2.1. Naměřené hodnoty biomasy mezi mravenci a termity se liší jen relativně mírně, průměrně je biomasa termitů přibližně 7x vyšší než biomasa mravenců. Medián biomasy je 6x vyšší u termitů než u mravenců.

Podobně si stojí i abundance, u termitů je přibližně 8x vyšší než abundance mravenců. Pokud bychom uvážili medián, abundance termitů je 15x vyšší než abundance mravenců.

Z nashromážděných dat tedy vyplývá, že v tropických krajích dosahují vyšších hodnot abundance i biomasy termitů (autorka).

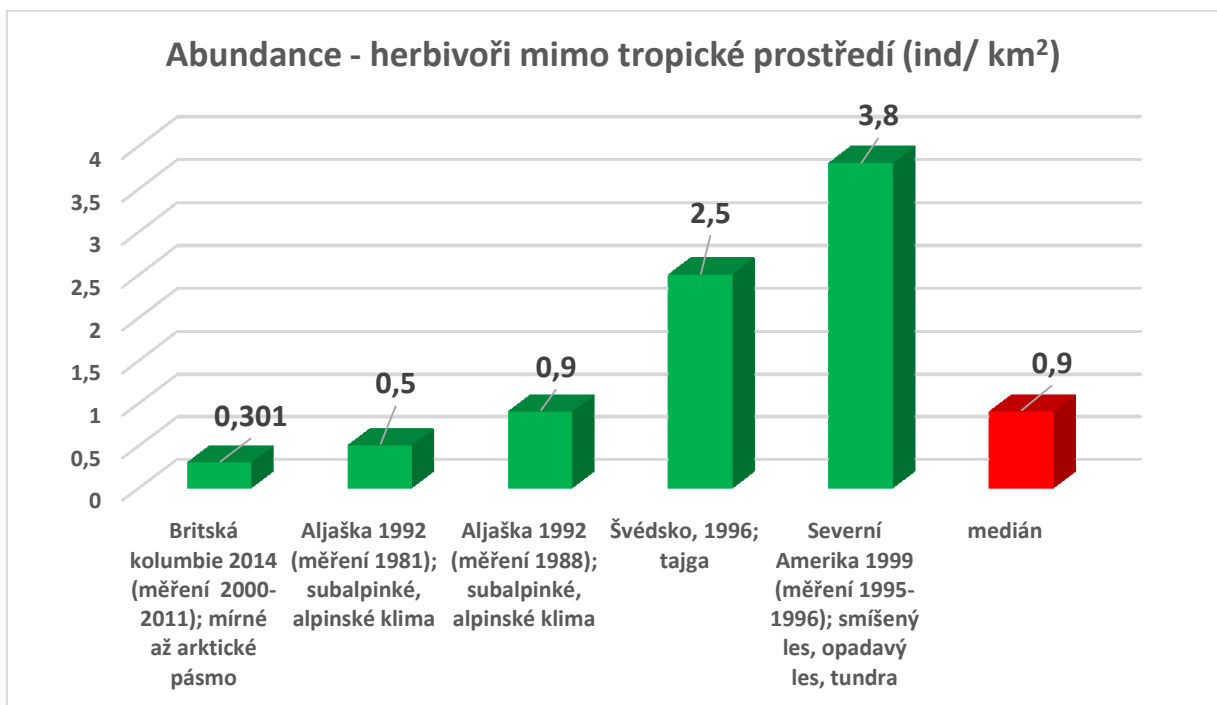
2.3. Srovnání abundance a biomasy tropických herbivorů- obratlovců vůči ostatním herbivorům- obratlovcům

Působení herbivorů - obratlovců má výrazný vliv na ekosystémy v mnoha různých podobách. Svoji činností nepřímo ovlivňují dopad slunečních paprsků na zemský povrch a tím pádem i jeho teplotu (Crawley, 1983), kořenový růst, respiraci a vstřebávání živin kořeny (Troughton, 1957; Ryle, 1970; Davidson, 1979). Jejich aktivita souvisí i s dalšími přírodními projevy, jako je například vznik požárů (Archer, 1989, 1991; Dublin et al. 1990; Ford et al., 1998). Všeobecně převládá názor, že v teplejších krajinách je díky delší vegetační době vyšší abundance i biomasa herbivorů a následující rozbor dat by měl tuto skutečnost potvrdit či vyvrátit (autorka).

Ve většině studií pojednávajících o herbivorech mimo tropické ekosystémy jsou udávány jen odhadované počty jedinců, ne přímo abundance nebo biomasa, nicméně je udávána i rozloha sledovaného území, početnosti jedinců si tedy v některých případech autorka počítala sama. V jiných případech jsou udávány abundance jednotlivých druhů živočichů obývajících totožné území, které byly sečteny do abundance celkové. Pokud jsou udány hodnoty abundance v průběhu několika let, byly zprůměrovány. Studie z tropických ekosystémů se zase většinou zabývají nejen herbivory, ale savci celkově. Všežraví a masožraví živočichové byli z dat odečtení. Tyto studie jsou, co se týče zastoupení jednotlivých druhů, mnohem obsáhlejší, než

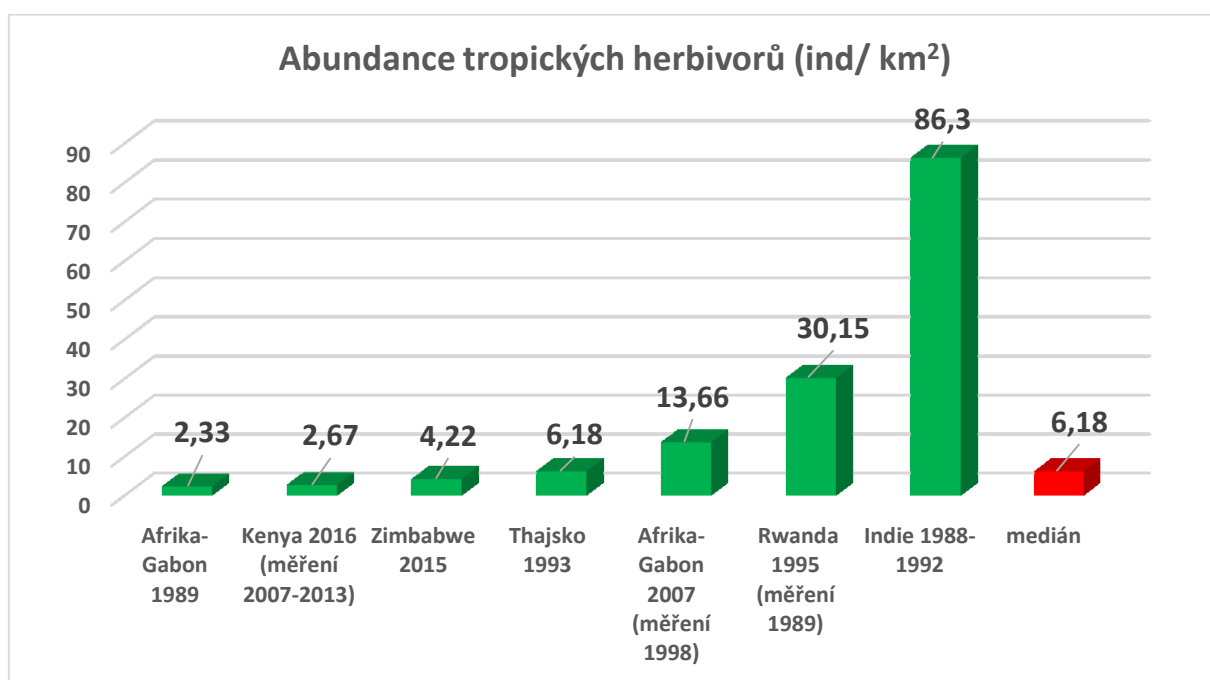
publikace pojednávající o herbivorech mimo tropické ekosystémy. Zahrnují herbivory od hmotnostní kategorie cca 3 kg (chocholátka) až po megaherbivory, jako je slon, zatímco práce počítající herbivory mimo tropické ekosystémy se týkají pouze různých druhů jelenů (jelenců), sobů, losů, ve výjimečných případech kamzíků, bizonů nebo rozličných druhů ovcí. Je zřejmé, že druhová diverzita není zdaleka tak vysoká jako v tropech, ani přes to ale data týkající se drobnějších herbivorů, jako jsou například zajáci nebo králíci nejsou v pracích zahrnuta. Pokud jsou dostupná, tak z jiných oblastí, kde se zase nevyskytují jiní herbivoři, proto je nelze jednoduše přičíst (autorka).

Abundance uváděná pro herbivory – obratlovce mimo tropická území dosahuje hodnoty mediánu 0,9 ind/ km². Hodnoty byly získány leteckým pozorováním stop ve sněhu, v některých případech v kombinaci s údaji získanými od lovců a správců národních parků. Většinou šlo o obrovská území, čímž se spolehlivost metod ještě snižuje. Dalším důvodem je, že z letadla lze jen těžko prohlédnout do lesů a počítat stopy tam. Je otázkou, do jaké míry se na takto získaná data dá spolehnout. Do budoucna by bylo pro srovnání velmi zajímavé, kdyby někdo provedl počítání komplexnější a propracovanější metodou. V Grafu 8 jsou shrnuta naměřená data abundance (autorka).



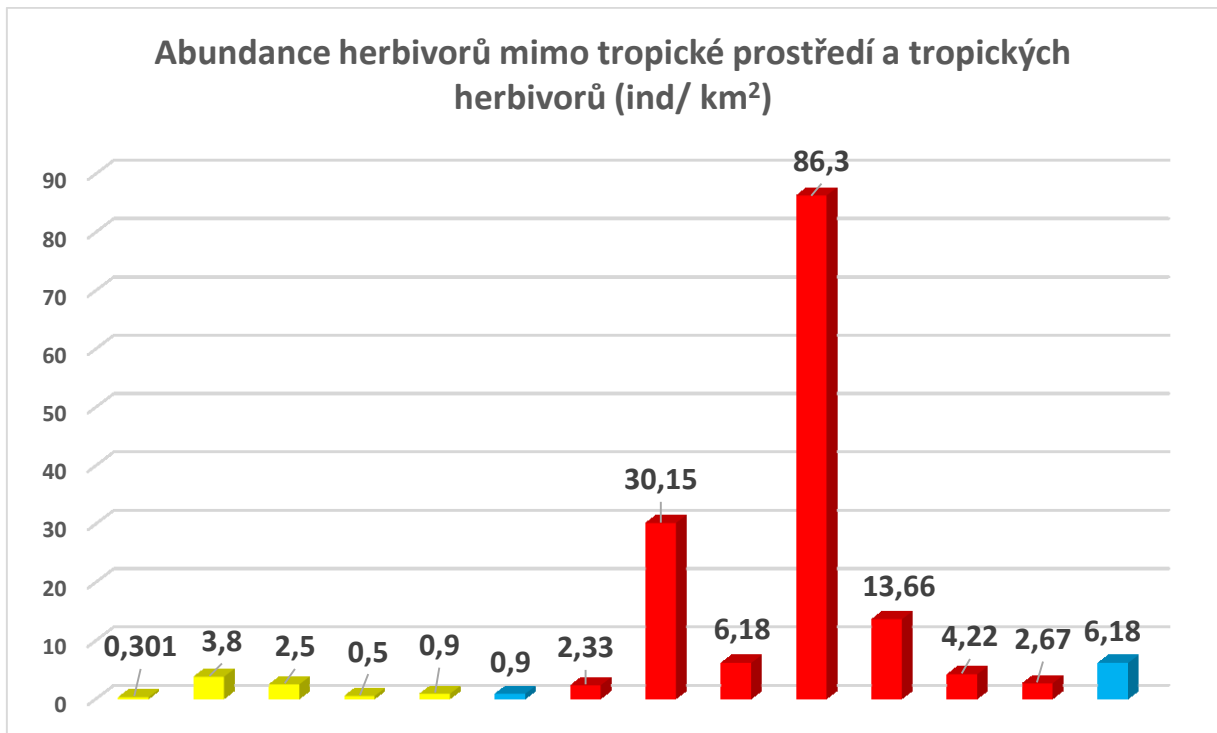
Graf 8.: Srovnání naměřených hodnot abundance herbivorů mimo tropické prostředí z výzkumů od roku 1992 do roku 2014 ze severní Ameriky a Evropy (zeleně) a jejich medián (červeně); (Kuzyk et al., 2014; Daigle et al., 1999; Sand, 1996; Gasaway et al., 1992), dle dat z výše citovaných článků sestavila autorka.

Naproti tomu je medián abundance v tropických ekosystémech 7 x vyšší, tedy 6,18 ind/ km². Metody kompletování těchto dat jsou úplně odlišné než v předchozím případě. Popsány jsou v kapitole 2.1. *Srovnání biomasy termitů vůči velkým herbivorům*. O tropické oblasti je dle četnosti článků větší zájem, metody jsou celkově propracovanější a opakováním lépe ověřené. Data abundance naměřená pro tropické herbivory jsou v Grafu 9 (autorka).



Graf 9.: Srovnání naměřených hodnot abundance tropických herbivorů z výzkumů od roku 1989 do roku 2016 z Afriky a Asie (zeleně) a jejich medián (červeně) (Srikosamatara et al., 1993; Prins et al., 1989; Plumptre et al., 1995; Ndiweni et al., 2015; Okello et al., 2016; Morgan, 2007), dle dat z výše citovaných článků sestavila autorka.

Pro snazší porovnání je shrnutí dat abundance herbivorů mimo tropické území i z tropických ekosystémů komplexně v Grafu 10 (autorka).



Graf 10.: Srovnání naměřených hodnot abundance herbivorů mimo tropické prostředí a tropických herbivorů, žlutou barvou herbivoři mimo tropické prostředí, červenou tropičtí herbivoři, modrou jejich mediány. Dle dat z Grafů 8 a 9 sestavila autorka.

Stejně jako abundance, nabývá evidentně i biomasa vyšších hodnot v tropických ekosystémech. Z ekosystémů severských však bylo nalezeno velmi málo prací uvádějících biomasu, pročež hodnoty nejsou dále hodnoceny podrobněji (autorka).

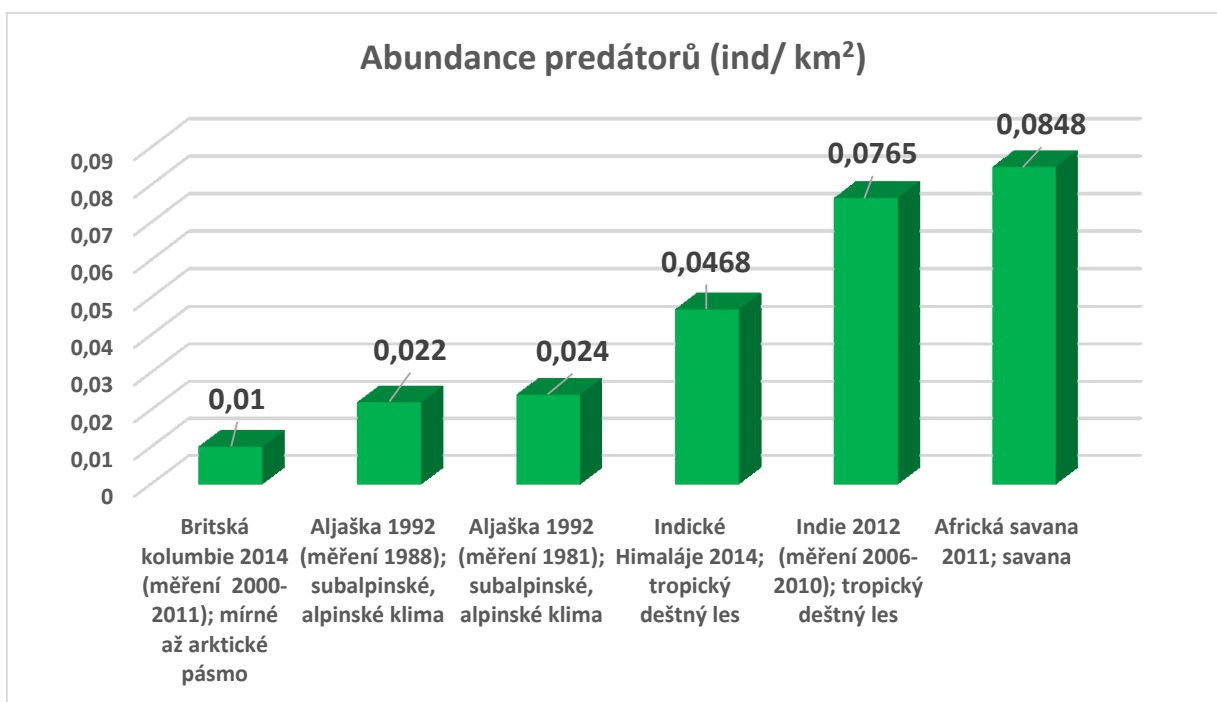
V tomto případě se potvrzuje domněnka o lepší úživnosti teplejších ekosystémů. V rámci abundance je herbivorů skutečně více v savanách a teplých lesích než v tajgách, tundrách, lesích mírného pásma a podhorských a horských ekosystémech. Konkrétně přibližně 7 x. Biomasa s nejvyšší pravděpodobností úměrně koreluje.

2.4. Srovnání abundance kořisti vůči predátorům

Karnivoři mají výrazný přímý vliv na dynamiku a strukturu populace herbivorů (Sih et al. 1985; Schoener 1993; Menge 1995, 1997), a tím pádem nepřímý vliv na regulaci flóry a abundance rostlinných druhů, potažmo na ekologické kaskády obecně (Schmitz et al., 2000). Ačkoli je předpokládáno, že poměr biomasy mezi rozličnými skupinami druhů predátorů a kořisti je

velmi podobný a stálý napříč všemi ekosystémy, ne vždy jsou poměry konstantní. V případě velkých dominantních predátorů jako je lev, tygr, hyena či vlk připadá na 1 kg predátora přibližně 111 kg kořisti. V případě zdvojnásobení hodnot kořisti ji hodnoty predátorů nenásledují stejným způsobem, ale přírůstek je závislý na produktivitě. (Hatton et al., 2015). Hodnoty biomasy jsou v tomto směru značně probádané, protože je tato kapitola dále zaměřena na srovnání abundance mezi predátory a kořistí (autorka).

Byly využity články shrnující data z různých ekosystémů, od alpínských horských stanovišť až po tropické lesy. U predátorů bylo ke sběru dat využíváno několik metod. Zásadně se lišily dle typu ekosystému. V severských oblastech šlo o letecké počítání stop ve sněhu a monitorování zvířat pomocí obojků s vysílačem, zatímco v savanách a tropických deštných lesích byli predátoři téměř bezvýhradně počítáni pomocí fotopastí, metodou capture – recapture. Výsledky jsou shrnuty v Grafu 11 (autorka).



Graf 11.: Srovnání naměřených hodnot abundance predátorů z výzkumů od roku 1992 do roku 2014 ze severní Ameriky, Indie a Afriky (Gasaway et al., 1992; Gerald et al., 2014; O'Brien et al., 2011; Selvan et al., 2014; Ramesh et al., 2014), dle dat z výše citovaných článků sestavila autorka.

V mírném až severském klimatu, tedy převážně u vlků a medvědů dosahuje průměrná abundance 0,02 jedinců na kilometr čtvereční. Stejnou hodnotu má i medián. V savanách a tropických deštných lesích je však průměrná abundance predátorů trojnásobná, tedy 0,06

jedinců na kilometr čtvereční, medián abundance je čtyřnásobný 0,08 jedinců na kilometr čtvereční. K těmto výsledkům je třeba se stavět kriticky, zejména vzhledem k metodám, které se ani v nejmenším neshodují. Bohužel se nezdařilo pro srovnání dohledat žádnou publikaci ze severských ekosystémů, která by využívala metodu počítání zvířat pomocí fotopastí (autorka).

V případě kořisti bylo využito dat z kapitoly 2.3. *Srovnání abundance a biomasy tropických herbivorů- obratlovců vůči ostatním herbivorům- obratlovcům*. Data jsou k vidění v Grafech 8, 9, 10 (autorka).

V tropických ekosystémech je medián abundance kořisti 6,18 jedinců na kilometr čtvereční, což je 7 x více než v místech s mírným až severským klimatem, kde medián abundance dosahuje 0,9 jedince na kilometr čtvereční. Metody zjišťování dat jsou diskutovány v kapitole 2.1. Tyto výsledky poukazují na významně nevyrovnaný poměr mezi predátorem a kořistí v „teplých“ a „chladných“ krajích. Zároveň korespondují se článkem Hattona et al. z roku 2015, který uvádí, že poměr biomasy mezi rozličnými skupinami druhů predátorů a kořisti není stálý napříč všemi ekosystémy. Kdyby tomu tak bylo, v severských oblastech by musela být kořist hmotnostně mnohem výraznější než v tropických ekosystémech, právě vzhledem k poměrům v abundanci. V případě tropických ekosystémů však byla nalezena data pro kořist od hmotnosti cca 3 kg (chocholotka) až po megaherbivory, jako jsou sloni, zatímco pro chladnější oblasti se autoři omezovali zejména na jeleny (jelence), soby a losy, výjimečně na kamzíky, bizony nebo různé druhy ovcí. Nezmiňovali už například zajíce, králíky a jinou drobnější potenciální kořist, z čehož pravděpodobně plyne jistá odchylka ve výsledcích (autorka).

2.5. Srovnání biomasy mravenců vůči biomase člověka

Každým dnem na naší planetě stoupá nejen počet lidí, ale i míra jejich obezity. Samotná nadváhou tvořená biomasa byla v roce 2005 tři a půl milionu tun, což odpovídá hmotnosti 56 milionů lidí průměrné váhy. Například Severní Amerika čítá 6 % světové populace, avšak 34 % světové biomasy způsobené nadváhou, zatímco v Asii je tento poměr 61 : 13. I zde se ale míra obezity postupně zvyšuje. Průměrná lidská hmotnost a potažmo energetická náročnost je tedy stále na vzestupu (Walpole et al., 2012). Vzhledem k tomuto trendu a dost možná mylnému všeobecnému mínění, tedy že kompletní lidská populace váží méně nebo obdobně jako všichni

mravenci na světě, je tato kapitola věnována srovnání celkové světové biomasy člověka vůči mravenci (autorka).

Mezi lidmi všeobecně panuje domněnka, že kompletní lidská populace váží méně nebo obdobně jako všichni mravenci na světě. Tento dojem vznikl patrně na základě výpočtů vědců Berta Hölldoblera a Edwarda O. Wilsona uveřejněných v knize *Cesta k mravencům* roku 1992. Uvádějí, že průměrný člověk dosahuje hmotnosti 62 kg, což má být milionkrát více než průměrný mravenec. Z toho tvrzení by vycházelo, že průměrný mravenec váží okolo 62 mg. Autoři však zároveň uvádí, že běžná hmotnost mravenců se pohybuje mezi jedním až pěti miligramy, a že jejich kompletní populace čítá 10^{16} jedinců. Vynásobíme – li 10^{16} autory udávanou průměrnou hmotností mravence, tj. 2,5 mg, vyjde 25×10^9 kilogramů jakožto kompletní hmotnost všech mravenců na světě.

Je všeobecně známo, že povrch zemské pevniny je $148\,939\,063,133 \text{ km}^2$. Vzhledem k tomu, že prakticky všude, kde žijí lidé, žijí také mravenci, je pro obě entity počítáno s celým tímto povrchem (autorka).

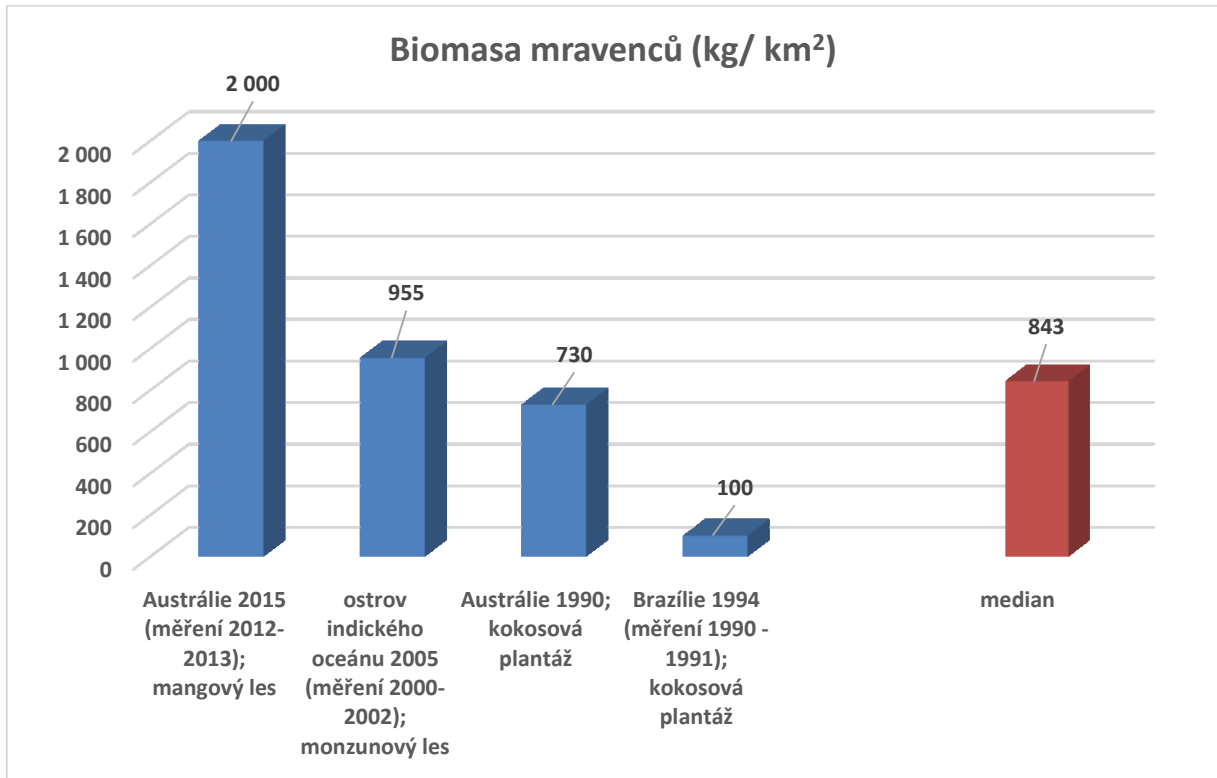
Abychom se dobrali biomasy všech na Zemi žijících mravenců, vydělíme jejich souhrnnou hmotnost počtem km^2 zemského povrchu. Výsledkem je 168 kg/ km^2 (autorka).

Roku 2012 Walpole et al. uveřejnili výsledky svého výzkumu, který se týká odhadu celkové hmotnosti všech lidí, s tím že průměrná hmotnost člověka je vyčíslena na 62 kg, tedy zcela odpovídá průměrné hmotnosti člověka uváděné i Hölldoblerem a Wilsonem, kteří odhadovali hmotnost všech mravenců. Údaje o počtech obyvatel jednotlivých států autoři získali z národních databází. Výsledná hmotnost lidské populace je $287 \times 10^9 \text{ kg}$, tj. biomasa odpovídá 1927 kg/ km^2 . Spočítat všechny lidi na planetě není zdaleka tak složité, jako je tomu u mravenců, uvedenou hodnotu biomasy lidí bych tedy považovala za odpovídající realitě.

Výsledky u mravenců a lidí se tedy řádově liší a je zřejmé, že mravenčí populace svou hmotností těžko převyší lidskou (pokud mají odhady počtu mravenců uváděné Hölldoblerem a Wilsonem blízko pravdě) (autorka).

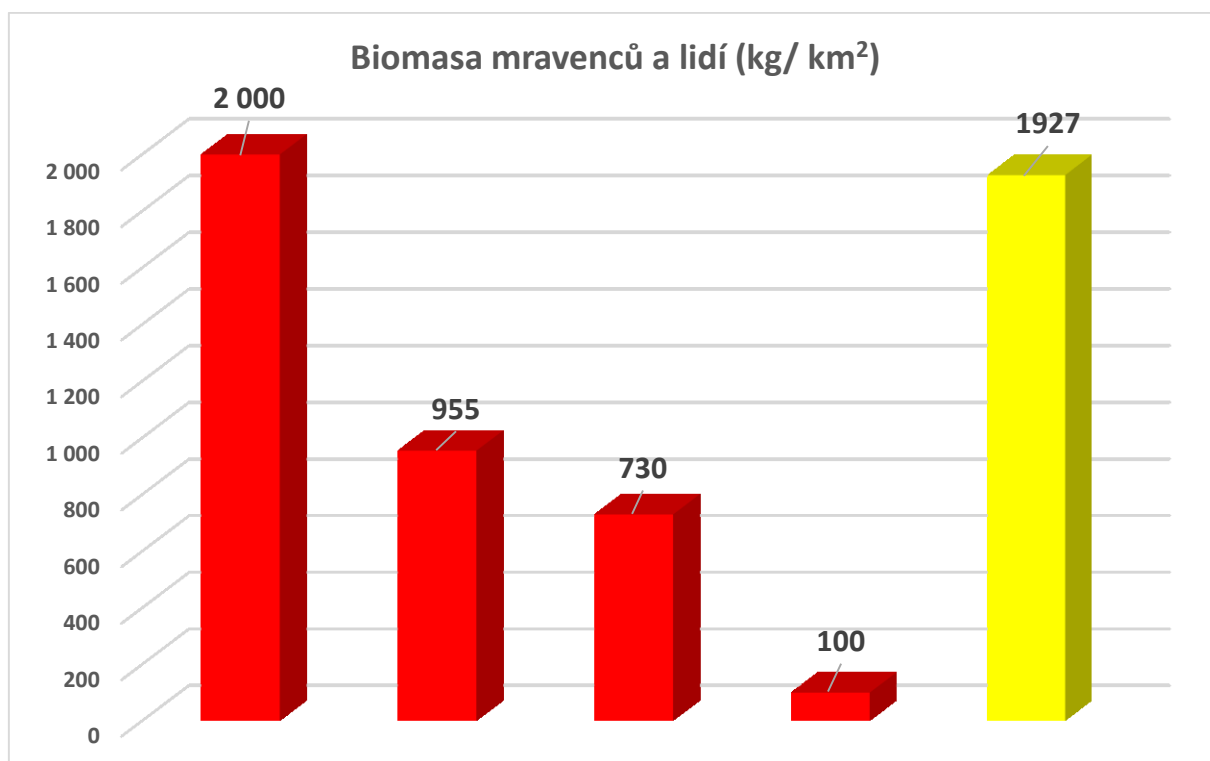
Hodnoty biomasy mravenců z různých publikací jsou uvedeny v Grafu 12. Odpovídají hodnotám z Grafu 4, který je uveden v kapitole 2.2. *Srovnání abundance a biomasy termitů vůči mravencům*, ale biomasa je pro lepší přehlednost upravena na kg/ km^2 . Nejvyšší naměřené hodnoty biomasy mravenců jsou zde téměř totožné s průměrnými hodnotami spočtenými pro lidi. Nejnižší naměřené hodnoty jsou však řádově úplně jinde a i kdybychom počítali

s průměrem, mravenci jsou stále hmotnostně hluboce pozadu. Tak je tomu i v případě mediánu, který je také zobrazen v Grafu 12 (autorka).



Graf 12: Srovnání naměřených hodnot biomasy mravenců z výzkumů od roku 1990 do roku 2015 z Ameriky, Austrálie a Asie (modře) a jejich medián (oranžově) (Pinkalski et al., 2015; Abbott et al., 2005; Majer, 1990; Majer et al., 1994), dle dat z výše citovaných článků sestavila autorka.

V Grafu 13 je pro srovnání vynesena biomasa lidí z celého světa proti různým naměřeným hodnotám mravenců (autorka).



Graf 13: Srovnání naměřené biomasy mravenců (červeně) z výzkumů od roku 1990 do roku 2015 z Ameriky, Austrálie a Asie **a lidí z celého světa** (žlutě) (Pinkalski et al., 2015; Abbott et al., 2005; Majer, 1990; Majer et al., 1994; Walpole et al., 2012), dle dat z výše citovaných článků sestavila autorka.

Na otázku, zda všichni mravenci na světě váží stejně nebo více než všichni lidé na světě si tak můžeme odpovědět, že pravděpodobně tomu tak není. Ačkoli odhadnout hmotnost veškerých mravenců je více než složité, z výše nasbíraných dat vychází, že biomasa lidí pravděpodobně nabývá přibližně 11,5 x vyšších hodnot než biomasa mravenců, pokud platí Wilsonův a Hölldoblerův odhad celkové populace mravenců (autorka).

3. Diskuze

Z výsledků této práce je evidentní, že ne všechna všeobecně přijímaná paradigmatata jsou založena na datech odpovídajících realitě.

Ačkoli se proslýchá, že biomasa termitů v tropických ekosystémech přibližně odpovídá biomase velkých herbivorů, podařilo se v případě kapitoly 2. 1. *Srovnání biomasy termitů vůči velkým herbivorům* nastínit, že to tak pravděpodobně není. Data se velmi různí, protože není snadné vyvodit nějaký závěr. Z velkého množství autorských publikací, zabývajících se jak herbivory z řady obratlovců, tak termity vyšlo najevo, že hodnota mediánu biomasy velkých herbivorů (2 039,45 kg/ km²) je 2,4 x nižší než hodnota mediánu biomasy termitů (4 925 kg/ km²). Do budoucna by bylo velmi zajímavé podívat se na tuto problematiku i z jiného úhlu. Tím je srovnání vlivu termitů a megaherbivorů z pohledu ekologického vlivu na krajinu. Šlo by o vyčíslení množství a konkrétních rostlinných druhů v hodnotě biomasy, které rozloží a spotřebují termity oproti svým „velkým“ potravním konkurentům. Tímto směrem by mohla být případně namířena navazující diplomová práce.

V případě kapitoly 2. 2. *Srovnání abundance a biomasy termitů vůči mravencům* bylo vzhledem k velkému počtu a snadné dostupnosti mnohých materiálů a prověřenosti použitých metod poměrně spolehlivě odvozeno, že termitů je v tropických ekosystémech asi 6 x (medián dat) až 7 x (aritmetický průměr dat) více, co se týče biomasy a 8 x (aritmetický průměr dat) až 15 x (medián dat) více v rámci abundance než mravenců.

Všeobecnou domněnku se podařilo potvrdit v kapitole 2. 3. *Srovnání abundance a biomasy tropických herbivorů- obratlovců vůči ostatním herbivorům- obratlovcům*. Savany a teplé lesy dle výzkumů (ač použité metody nebyly úplně přesvědčivé) hostí asi 7 x více jedinců, než ekosystémy mírného a chladnějšího podnebí, biomasa pravděpodobně úměrně koreluje.

Kapitola 2. 4. *Srovnání abundance kořisti vůči predátorům* má přinést odpověď na otázku, zda je skutečně mezi ekosystémy rozdílný poměr jedinců kořisti a predátorů, o čemž pojednává i práce Hattona et al. z roku 2015. Ten sice v úvodu článku uvádí, že poměr biomasy mezi různými skupinami druhů predátorů a kořisti je velmi podobný napříč ekosystémy, sám však toto tvrzení dále rozporuje, jak je v kapitole rozebíráno. Kompletací dat v této bakalářské práci bylo zjištěno, že se pravděpodobně liší abundance samotných predátorů. V severských ekosystémech dle studií žijí průměrně 2 predátoři na 100 kilometrů čtverečních (dle

aritmetického průměru i mediánu), zatímco v ekosystémech tropických by jich mělo být na stejně velké území dle aritmetického průměru 6, dle mediánu 8. Rozdíly ale dost možná nejsou tak markantní, jako vychází z průzkumu uvedeného v této kapitole, neboť jak je popsáno, použité metody a rozmanitost počítaných druhů si zcela neodpovídaly.

Závěrem kapitola 2. 5. ověřuje známou domněnku, zda biomasa všech lidí na světě odpovídá biomase všech mravenců na světě. Z dostupných zdrojů bylo odvozeno, že tomu tak pravděpodobně není. Biomasa člověka dosahuje přibližně 11,5 x vyšších hodnot, než biomasa mravenců.

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo kriticky zhodnotit pravdivost stereotypně zažitých dojmů o dominanci skupin živočichů v ekosystémech nebo napříč ekosystémy. Toho bylo dosaženo nalezením velkého množství autorských prací na daná témata, využitím dat z těchto prací a posouzením autory využívaných metod.

V jednotlivých kapitolách byly definovány myšlenky, které ve společnosti v současné době převažují. Je uvedeno, jak tyto dojmy pravděpodobně vznikly. Na základě velkého množství vědeckých publikací byly rozporovány a byl vyvozen závěr.

2 kapitoly této práce se zaměřují na srovnání biomasy hmotnostně diametrálně odlišných jedinců. V případě srovnání biomasy termitů s velkými herbivory a biomasy mravenců a lidí bylo prokázáno, že představy o hmotnostní převaze nebo rovnosti, jak ve svých publikacích někteří autoři uvádí, nemusí být platné. Samozřejmě se to nemusí týkat jen srovnání těchto dvou skupin, může to platit i pro mnoho dalších. V každém případě je zřejmé, že celková hmotnostní dominance malých zvířat nemusí být vždy platná.

Další kapitoly se naopak zabývají srovnáním abundance a biomasy různých skupin jedinců, kteří jsou si hmotnostně/ rozměrově blízcí. I v těchto případech jsou výsledky překvapivé, hlavně v případě velkých savanových herbivorů, kteří velmi výrazně dominují nad svými severskými protějšky jak abundancí, tak biomasou. Neméně zajímavé je zjištění o poměrně výrazné dominanci termitů nad mravenci jak v případě abundance, tak biomasy.

Dále se práce zabývala zjištěním, jaké jsou hodnoty abundance kořist/ predátor v tropických ekosystémech a v ekosystémech chladnějšího podnebí. Odpovědí na tuto otázku je, že v tropických ekosystémech je výrazně více jedinců kořisti, konkrétně 7 x. Predátorů je v tropických ekosystémech více 3 – 4 x. Jak je ale uvedeno přímo v kapitole 2.4. i v Diskuzi, vzhledem k vysoké odlišnosti použitých metod a špatné dostupnosti dat pro chladnější ekosystémy rozdíl nemusí být tak markantní.

Sepsáním této práce bylo potvrzeno, že ne všechny veřejností zažité domněnky týkající se kvantitativních údajů o živočišných skupinách jsou založeny na pravdě. Zároveň je zde poukázáno na některé metodologické nedostatky ve výzkumech a jsou nastíněny možnosti neprostudovaných témat pro budoucí výzkum.

Seznam literatury

Abbott, K. L. "Supercolonies of the invasive yellow crazy ant, *Anoplolepis gracilipes*, on an oceanic island: forager activity patterns, density and biomass." *Insectes Sociaux* 52.3 (2005): 266-273.

Abe, Takuya, and Tadao Matsumoto. "Studies on the distribution and ecological role of termites in a lowland rain forest of west Malaysia:(3) Distribution and abundance of termites in Pasoh Forest Reserve." *Japanese Journal of Ecology* 29.4 (1979): 337-351.

Archer, Steve. "Have southern Texas savannas been converted to woodlands in recent history?." *The American Naturalist* 134.4 (1989): 545-561.

Archer, Steve. "Development and stability of grass/woody mosaics in a subtropical savanna parkland, Texas, USA." *Journal of Biogeography* (1990): 453-462.

Belyaeva, N. V., and A. V. Tiunov. "Termites (Isoptera) in forest ecosystems of Cat Tien national park (Southern Vietnam)." *Biology bulletin* 37.4 (2010): 374-381.

Bignell, David E., and Paul Eggleton. "Termites in ecosystems." *Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology*. Springer, Dordrecht, 2000. 363-387.

Bignell, David E. "Termites as soil engineers and soil processors." *Intestinal microorganisms of termites and other invertebrates*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006. 183-220.

Collins, N. M. "Utilization of nitrogen resources by termites (Isoptera)." *Symposium of the British Ecological Society*. 1983.

Cotgreave, P., and P. H. Harvey. "Relationships between body size, abundance and phylogeny in bird communities." *Functional Ecology* (1992): 248-256.

Crawley, Michael J. *Herbivory. The dynamics of animal--plant interactions*. Blackwell Scientific Publications, 1983.

Crete, M., and C. Daigle. "Management of indigenous North American deer at the end of the 20th century in relation to large predators and primary production." *Acta Veterinaria Hungarica* 47.1 (1999): 1-16.

Currie, David J., and Joachim T. Fritz. "Global patterns of animal abundance and species energy use." *Oikos* (1993): 56-68.

Dahlsjö, Cecilia AL, et al. "First comparison of quantitative estimates of termite biomass and abundance reveals strong intercontinental differences." *Journal of Tropical Ecology* 30.2 (2014): 143-152.

Damuth, John. "Interspecific allometry of population density in mammals and other animals: the independence of body mass and population energy-use." *Biological Journal of the Linnean Society* 31.3 (1987): 193-246.

Davidson, R. L. "Effects of root feeding on foliage yield." *Proceedings of the 2nd Australasian conference on grassland invertebrate ecology*. Palmerston North, New Zealand 22-26 May 1978.. Government Printer., 1980.

Dublin, Holly T., Alan RE Sinclair, and J. McGlade. "Elephants and fire as causes of multiple stable states in the Serengeti-Mara woodlands." *The Journal of Animal Ecology* (1990): 1147-1164.

Eggleton, P. "Monitoring the response of tropical insects to changes in the environment: troubles with termites." *Insects in a changing environment* (1995).

Eggleton, P., et al. "The diversity, abundance and biomass of termites under differing levels of disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, southern Cameroon." *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 351.1335 (1996): 51-68.

Ford, Mark A., and James B. Grace. "The interactive effects of fire and herbivory on a coastal marsh in Louisiana." *Wetlands* 18.1 (1998): 1-8.

Gasaway, William C., et al. "The role of predation in limiting moose at low densities in Alaska and Yukon and implications for conservation." *Wildlife monographs* (1992): 3-59.

Gaston, Kevin J. "The magnitude of global insect species richness." *Conservation biology* 5.3 (1991): 283-296.

Gillooly, James F., et al. "Effects of size and temperature on metabolic rate." *science* 293.5538 (2001): 2248-2251.

Harvey, Paul H., and John H. Lawton. "Patterns in three dimensions." *Nature* 324.6094 (1986): 212-212.

Hatton, Ian A., et al. "The predator-prey power law: Biomass scaling across terrestrial and aquatic biomes." *Science* 349.6252 (2015): aac6284.

Hölldobler, B., Wilson, E. O. *The ants.* (1990)

Kuzyk, Gerald W., and Ian W. Hatter. "Using ungulate biomass to estimate abundance of wolves in British Columbia." *Wildlife Society Bulletin* 38.4 (2014): 878-883.

Levick, Shaun R., et al. "The spatial extent of termite influences on herbivore browsing in an African savanna." *Biological Conservation* 143.11 (2010): 2462-2467.

Majer, Jonathan D. "The abundance and diversity of arboreal ants in northern Australia." *Biotropica* (1990): 191-199.

Majer, Jonathan D., Jacques HC Delabie, and Martha RB Smith. "Arboreal ant community patterns in Brazilian cocoa farms." *Biotropica* (1994): 73-83.

Martius, C. "Diversity and ecology of termites in Amazonian forests." *Pedobiologia (Germany)* (1994).

Menge, Bruce A. "Indirect effects in marine rocky intertidal interaction webs: patterns and importance." *Ecological monographs* 65.1 (1995): 21-74.

Menge, Bruce A. "Detection of Direct Versus Indirect Effects: Were Experiments Long Enough?." *The American Naturalist* 149.5 (1997): 801-823.

Moe, Stein R., Ragnhild Mobæk, and Anne Kjersti Narmo. "Mound building termites contribute to savanna vegetation heterogeneity." *Plant Ecology* 202.1 (2009): 31.

Morgan, Bethan J. "Group size, density and biomass of large mammals in the Reserve de Faune du Petit Loango, Gabon." *African Journal of Ecology* 45.4 (2007): 508-518.

Ndiweni, Thabisile, et al. "Vigilance behavior and population density of common large herbivores in a southern African savanna." (2015).

O'Brien, Timothy G., and Margaret F. Kinnaird. "Density estimation of sympatric carnivores using spatially explicit capture–recapture methods and standard trapping grid." *Ecological Applications* 21.8 (2011): 2908-2916.

Okello, Moses Makonjio, et al. "Population density of elephants and other key large herbivores in the Amboseli ecosystem of Kenya in relation to droughts." *Journal of Arid Environments* 135 (2016): 64-74.

Peters, Robert Henry, and Karen Wassenberg. "The effect of body size on animal abundance." *Oecologia* 60.1 (1983): 89-96.

Pinkalski, Christian, et al. "Non-destructive biomass estimation of *Oecophylla smaragdina* colonies: a model species for the ecological impact of ants." *Insect Conservation and Diversity* 8.5 (2015): 464-473.

Plumptre, A. J., and S. Harris. "Estimating the biomass of large mammalian herbivores in a tropical montane forest: a method of faecal counting that avoids assuming a 'steady state' system." *Journal of Applied Ecology* (1995): 111-120.

Prins, H. H. T., and J. M. Reitsma. "Mammalian biomass in an African equatorial rain forest." *The journal of animal ecology* (1989): 851-861.

Ramesh, Tharmalingam, et al. "Status of large carnivores and their prey in tropical rainforests of South-western Ghats, India." *Tropical Ecology* 53.2 (2012): 137-148.

Ryle, G. J. A. "Partition of assimilates in an annual and a perennial grass." *Journal of Applied Ecology* (1970): 217-227.

Sand, Håkan. "Life history strategies in moose (*Alces alces*): geographical and temporal variation in body growth and reproduction." (1998): 0464-0464.

Selvan, K. Muthamizh, et al. "Population density and abundance of sympatric large carnivores in the lowland tropical evergreen forest of Indian Eastern Himalayas." *Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde* 79.4 (2014): 254-258.

Schmitz, Oswald J., Peter A. Hambäck, and Andrew P. Beckerman. "Trophic cascades in terrestrial systems: a review of the effects of carnivore removals on plants." *The American Naturalist* 155.2 (2000): 141-153.

Schoener, Thomas W. "On the relative importance of direct versus indirect effects in ecological communities." *Mutualism and community organization: behavioral, theoretical and food web approaches* (1993).

Sih, Andrew, et al. "Predation, competition, and prey communities: a review of field experiments." *Annual Review of Ecology and Systematics* 16.1 (1985): 269-311.

Srikosamatara, Sompoad. "Density and biomass of large herbivores and other mammals in a dry tropical forest, western Thailand." *Journal of Tropical Ecology* 9.1 (1993): 33-43.

Stockan, Jenni A., and Elva JH Robinson, eds. *Wood ant ecology and conservation*. Cambridge University Press, 2016.

Troughton, Arthur. "The underground organs of herbage grasses." *The underground organs of herbage grasses*. 44 (1957).

Vasconcellos, Alexandre. "Biomass and abundance of termites in three remnant areas of Atlantic Forest in northeastern Brazil." *Revista Brasileira de Entomologia* 54.3 (2010): 455-461.

Walpole, Sarah Catherine, et al. "The weight of nations: an estimation of adult human biomass." *BMC public health* 12.1 (2012): 439.

Watt, Allan D., et al. "Impact of forest loss and regeneration on insect abundance and diversity." *Forests and insects* (1997): 273-286.

Watt, Allan D., Nigel E. Stork, and Barry Bolton. "The diversity and abundance of ants in relation to forest disturbance and plantation establishment in southern Cameroon." *Journal of Applied Ecology* 39.1 (2002): 18-30.

White, Ethan P., et al. "Relationships between body size and abundance in ecology." *Trends in ecology & evolution* 22.6 (2007): 323-330.

Willis, C. K., J. D. Skinner, and H. G. Robertson. "Abundance of ants and termites in the False Karoo and their importance in the diet of the aardvark *Orycteropus afer*." *African Journal of Ecology* 30.4 (1992): 322-334.

Wood T.G., Sands W.A., "The role of termites in ecosystems". in: M.V. Brian (Ed.), *Production Ecology of Ants and Termites*. Cambridge University Press, Cambridge, 1978, pp. 245e292.

Wood, T. G., et al. "Abundance and distribution of termites (Isoptera) in a riparian forest in the southern Guinea savanna vegetation zone of Nigeria." *Biotropica* (1982): 25-39.

Seznam grafů a tabulek

Graf 1.: Srovnání naměřené biomasy termitů	12
Graf 2.: Srovnání naměřené biomasy herbivorů- obratlovců	13
Graf 3.: Srovnání naměřené biomasy herbivorů - obratlovců a termitů	14
Graf 4.: Srovnání naměřené biomasy mravenců ¹⁶	16
Graf 5.: Srovnání naměřené abundance mravenců	17
Graf 6.: Srovnání naměřených hodnot biomasy termitů a mravenců	18
Graf 7.: Srovnání naměřených hodnot abundance termitů a mravenců	19
Graf 8.: Srovnání naměřených hodnot abundance herbivorů mimo tropické prostředí	21
Graf 9.: Srovnání naměřených hodnot abundance tropických herbivorů	22
Graf 10.: Srovnání naměřených hodnot abundance herbivorů mimo tropické prostředí a tropických herbivorů	23
Graf 11.: Srovnání naměřených hodnot abundance predátorů	25
Graf 12.: Srovnání naměřených hodnot biomasy mravenců	28
Graf 13.: Srovnání naměřené biomasy mravenců a lidí z celého světa	29
Tabulka 1.: Hodnoty biomasy a abundance termitů na různých kontinentech	13