

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie

Studijní obor: NEKO



Bc. Marek Dubský

Druhá diverzita ptáků podél výškového gradientu Kamerunských hor

Diversity of bird species along elevational gradient on Cameroon mountains

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Školitel: RNDr. Ondřej Sedláček, Ph.D.

Praha, 2021

Prohlášení:

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

V Praze, 4. 8. 2021

Podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval svému školiteli Ondřeji Sedláčkovi za trpělivost, cenné rady a pomoc při zpracování této práce a Mišovi Ferencovi hlavně za pomoc s programem QGIS. Dále bych rád poděkoval Jirkovi Hasmanovi za velkou pomoc se statistikou a Monice Neufussově za pomoc se stylistickou formou práce a také za morální podporu.

Abstrakt

Cílem této práce je popsat změny druhové diverzity ptačích společenstev podél elevačního gradientu na šesti kamerunských horách a na blízkém ostrově Bioko. Výsledky analýzy většinou potvrzují stanovené hypotézy, zejména ukazují, že druhová diverzita klesá s nadmořskou výškou a je závislá na rozloze lesa. Absolutně nejvyšší diverzita ptačích druhů byla zaznamenána na hoře Kupé a na Kamerunské hoře, ale ve výškách nad 2100 m n. m. jsou druhově nejpestřejší hory Oku a Manenguba. Další analýzy ukázaly, že největší změny beta diverzity v ptačích společenstvech se odehrávají v nejnižších nadmořských výškách v přechodu degradovaného habitatu na souvislý les. Další větší změny ve společenstvech se odehrávají kolem 1200 m n.m., kde se mění nížinná společenstva na společenstva horská. Analýza afinity ptačích druhů k lesnímu biotopu ukázala, že nejvíce vázaná společenstva na les jsou společenstva ptáků na horách Rata a Kupé. Naopak společenstva ptáků nejméně vázaná na les se vyskytují na horách Manenguba a Oku. Analýza habitatových generalistů a specialistů neukázala jasné výsledky a je ještě nutné vylepšit design této analýzy. Výsledky této práce přispívají k utvoření jasnější představy o faktorech ovlivňujících druhovou diverzitu, nicméně obsáhlejší data a rozšíření dat o ptačí abundance by práci obohatily a umožnily podrobnější zkoumání druhové diverzity a vlastností ptačích společenstev.

Klíčová slova

Druhová diverzita, Kamerun, ptačí společenstva, elevační gradient

Abstract

The aim of this thesis is to describe the changes of bird species diversity along elevation gradient on six mounts in Cameroon and nearby Bioko island. The results of the analyses confirm most of the defined hypotheses, especially they show that species diversity declines with altitude and rises with area. The absolutely highest diversity was detected on mount Kupé and mount Cameroon, but above 2100 m above sea level mounts Oku and Manenguba are the most diverse. Other analysis showed that the biggest changes in beta diversity of bird assemblages along altitudinal gradients are on the lowest elevational belts which are on the edges of a degraded habitats and continuous undisturbed forests. Other important changes in bird assemblages happen around altitude 1200 m, where the assemblages of lowland rainforest change to assemblages of mountain forest. Analyses of affinity of bird species to forest habitat showed that the most affined assemblages to the forest are those found on mounts Kupé and Rata. On the other hand bird assemblages on mounts Manenguba and Oku are the one of least affined to the forest biotope. Analysis of habitat generalism and specialism did not show the expected outcome and for clearer results the design of analysis needs to be improved. The results of this thesis contribute to a clearer notion about factors influencing species diversity; however, more thorough data and data extension for e.g. bird abundance would enrich the study and it would enable us to perform more detailed diversity analysis.

Keywords

Species diversity, Cameroon, bird assemblages, elevational gradient

Obsah

1. Úvod.....	3
1.1. Altitudinální gradient diverzity.....	4
1.1.1. Teorie vysvětlující altitudinální gradient diverzity.....	4
1.1.2. Altitudinální gradient u ptáků.....	7
1.2. Charakteristika studované oblasti.....	9
1.2.1. Klima a popis studovaných hor.....	11
1.3. Cíle práce.....	16
2. Metodika.....	18
2.1. Kompilace dat.....	18
2.1.1. Zdroje dat pro ptačí společenstva.....	19
2.1.2. Omezení dat.....	22
2.2. Úprava dat a analytické metody.....	24
3. Výsledky.....	28
3.1. Druhová diverzita Kamerunských hor.....	28
3.1.1. Průběh druhového bohatství v závislosti na nadmořské výšce.....	28
3.1.2. Vztah počtu druhů a rozlohy lesa.....	31
3.1.3. Endemismus Kamerunských hor.....	32
3.2. Rozloha tropického deštného lesa v okolí kamerunských hor.....	33
3.3. Druhový obrat ptačích společenstev podél nadmořské výšky.....	35
3.4. Index generalismu.....	43
3.5. Index afinity druhů k lesnímu biotopu.....	47
4. Diskuze.....	54
4.1. Ptačí společenstva Kamerunských hor.....	54
4.1.1. Druhová diverzita Kamerunských hor.....	55
4.1.2. Index generalismu.....	58
4.1.3. Index afinitu ptačích druhů a společenstev k lesnímu biotopu.....	59
4.2. Průběh diverzity na jednotlivých horách.....	60
4.2.1. Kamerunská hora.....	60
4.2.2. Hora Kupé.....	62
4.2.3. Hora Oku.....	63
4.2.4. Ostrov Bioko.....	64
4.3. Doplnění dat.....	64

5. Závěr.....	67
Použitá literatura.....	69
Přílohy.....	74

1. Úvod

Jedním z hlavních cílů ekologie posledních desetiletí je zkoumat zákonitosti rozložení druhové diverzity na planetě a co možná nejlépe popsat faktory, jež se na ní podílí. Výsledky tohoto výzkumu mohou přispět k určení zajímavých oblastí z hlediska budoucího zoologického či botanického výzkumu, a zejména mohou poskytnout informace pro budoucí ochranné projekty soustředěné na zachování druhové diverzity.

Jedním ze základních schémat rozložení druhové diverzity na Zemi ve velkých škálách je latitudinální gradient, který je popisován jako negativní závislost počtu druhů na zeměpisné šířce. Jak uvádím ve své předchozí práci (Dubský 2015), na menších škálách ve většině případů rozhoduje zejména heterogenita prostředí. Poněkud speciálním faktorem ovlivňujícím diverzitu na relativně malých škálách je altitudinální gradient diverzity. Altitudinální gradient diverzity v hrubých rysech kopíruje latitudinální, ale na rozdíl od něj se uplatňuje na malých plochách a vychází z nadmořské výšky, nikoliv zeměpisné šířky.

Cílem této diplomové práce je analyzovat distribuci druhové diverzity na 6 kamerunských horách¹ a ostrově Bioko² podél výškového gradientu, porovnat složení společenstev mezi sebou a zjistit jejich podobnosti a odlišnosti. V rámci jednotlivých hor se pak zaměřuji na podrobnější popis společenstev ptáků podél výškového gradientu s ohledem na biotopové nároky jednotlivých druhů a jejich vazbu na les. Vzhledem k tomu, že oblast kamerunských hor je významným centrem ptačího endemismu na kontinentu (Berg et al. 2006, Bibby 1992, Stattersfield et al. 1998, Klerk et al. 2001, Graham et al. 2005), je snaha určit i nejdůležitější oblasti (hory) pro budoucí možnou ochranu a výzkum.

1 Kamerunská hora, hory Kupé, Nlonako, Manenguba a Oku a Rumpi Hills s horou Rata

2 ostrov Bioko patří pod Rovníkovanou Guineu, leží na něm i hlavní město Malabo

1.1. Altitudinální gradient diverzity

Altitudinální gradient diverzity vyjadřuje negativní závislost počtu druhů na nadmořské výšce. Je popsán z mnoha oblastí světa a různých klimatických pásů, dotýká se, jak živočichů, tak rostlin, to vše naznačuje, že se jedná o obecně platný jev ve všech hornatých oblastech světa (Stevens 1992, Rahbek 1995, Rahbek 1997, Heaney 2001, Brown 2001, Sanders 2002, Wiens et al. 2007, McCain 2007, McCain 2009, Romdal and Rahbek 2009). V této podkapitole se věnuji teoriím vysvětlujícím příčinu altitudinálního gradientu diverzity a dále jeho průběh u ptačích společenstev.

1.1.1. Teorie vysvětlující altitudinální gradient diverzity

Úbytek druhové diverzity se zvyšující se nadmořskou výškou je obecně platné schéma akceptované ve vědeckých kruzích (Rahbek 1995). Přesné příčiny tohoto úbytku jsou ovšem dosud nedostatečně prozkoumány. Existuje několik teorií, jež vysvětlují úbytek druhové diverzity se zvyšující se nadmořskou výškou. Pravděpodobně nejzásadnější vliv na elevační gradient diverzity mají klimatické teorie. Obecně se soudí, že nejdůležitějším faktorem ovlivňujícím snižování biodiverzity podél elevačního gradientu jsou klesající teplota a s ní spojená nižší produktivita, popřípadě další klimatické faktory zahrnující množství srážek, vlhkost apod. (Rahbek 1995, Heaney 2001, Graham et al. 2005, McCain 2007, Ruggiero and Hawkins 2008, McCain 2009).

Teorie Ostrovní biogeografie je další z možných teorií vysvětlujících úbytek biodiverzity podél elevačního gradientu. Tato teorie uvádí, že biodiverzita na ostrovech je určena jejich rozlohou a vzdáleností od pevniny (složitější modely zahrnují i míru speciace a extinkce). Podle teorie Ostrovní biogeografie se biodiverzita směrem k vrcholu snižuje z důvodu zvyšující se vzájemné izolovanosti ploch (další podobný habitat ve 2000 m n. m. se

nachází mnohem dál než další podobný habitat ve 200 m n. m.) a zároveň snižující se rozlohy ploch směrem k vrcholu (Stevens 1992, MacArthur 1972).

Další možné vysvětlení poskytuje elevační Rapoportovo pravidlo, jedná se o rozšíření Rapoportova pravidla, které je definováno jako pozitivní korelace mezi velikostí areálu rozšíření a zeměpisnou šířkou (Rapoport 1982). Jeho rozšíření tvrdí, že s rostoucí nadmořskou výškou se organismus musí vypořádat s širším spektrem klimatických proměnných (vlhkost, množství srážek, evapotranspirace, teplota), takže každý individuální jedinec musí být fyziologicky a behaviorálně schopný zvládnout všechny stavy těchto proměnných. Naopak v nižších nadmořských výškách je užší spektrum klimatických proměnných, kterým se jedinec musí přizpůsobit. Druhovú diverzita je zde vyšší díky přílivu druhů z blízkých nížinných oblastí. Tyto druhy jsou schopné zde přežít právě díky blízkosti svých původních areálů a s tím spojenou možností migrace, která zabraňuje jejich extinkcím. Nižší nadmořské výšky jsou díky této vlastnosti sink habitatem pro mnohem více druhů než střední a vyšší nadmořské výšky (Brown and Kodric-Brown 1977, Rahbek 1997, Sanders 2002), projevuje se zde Rapoportův rescue efekt (podle Stevens 1992).

Další možná vysvětlení altitudinálního gradientu druhové diverzity jsou z kategorie prostorových. Species area relationship je vztah mezi počtem druhů a celkovou plochou zkoumané oblasti a zjednodušeně říká, že na větších plochách se nachází větší množství druhů (Connor and McCoy 1979). U většiny hor se celková plocha jednotlivých nadmořských pásů postupně snižuje od úpatí k vrcholu, což ale neplatí vždy, například McCain (2007) při zkoumání 34 horských profilů zjistila, že 8 z nich má největší plochu ve středních nadmořských výškách. Ovšem vzhledem k tomu, že většinou se plocha opravdu snižuje, dávalo by to vysvětlení altitudinálního gradientu (Rahbek 1997, McCain 2007). Některé studie ale ukazují, že species-area relationship nevysvětluje veškerou variabilitu

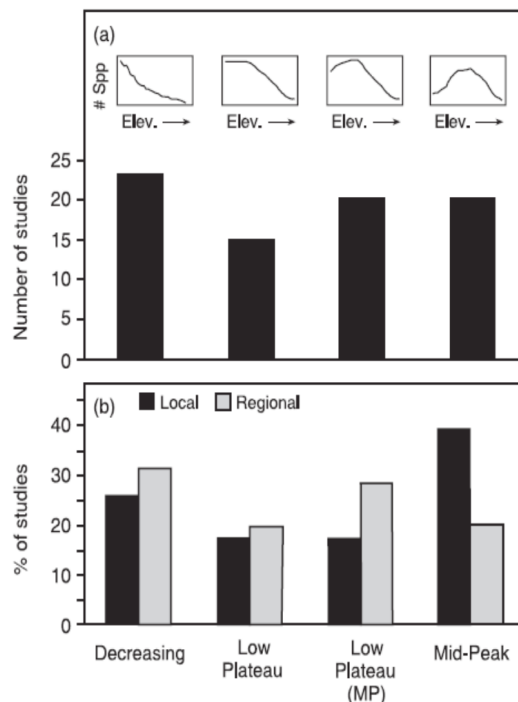
altitudinálního gradientu, dokonce v některých případech výsledky ukazují i negativní korelaci mezi počtem druhů a plochou (Rahbek 1995, McCain 2007, McCain 2009).

Jinou prostorovou hypotézou vysvětlující výškový gradient diverzity je Mid-domain efekt. Podle této hypotézy je nejvyšší diverzita druhů uprostřed geografických regionů. Základní premisou je, že u okrajů regionu je menší pravděpodobnost výskytu druhů s malými a středními areály rozšíření, kdežto uprostřed regionu se vyskytují všechny druhy s velkými areály rozšíření a je zde i vyšší pravděpodobnost výskytu druhů se středními a malými areály. Toto uspořádání způsobí, že uprostřed regionů je druhová diverzita vyšší než na jejich okrajích. V případě výškového gradientu jsou tedy okraji regionu úpatí a vrchol hory a nejvyšší diverzita se předpokládá ve středních nadmořských výškách (Rahbek 1997, Colwell et al. 2004, McCain 2007). Provedené studie ovšem nepotvrdily, že by Mid-domain efekt byl globálním faktorem ovlivňujícím diverzitu podél elevačního gradientu. Procenta vysvětlené variability byla poměrně nízká (McCain 2007, McCain 2009). Lepších výsledků se docílilo kombinací Mid-domain efektu a Species-area relationship (Rahbek 1997, McCain 2007). Ale podle McCain (2007) je diverzita druhů více závislá na klimatických faktorech než pouze na vysvětlení skrz prostorové hypotézy.

V této kapitole uvádím nejrelevantnější, popřípadě nejlépe testovatelné teorie vysvětlující působení altitudinálního gradientu. Existují i další teorie, které ale vzhledem k zaměření této práce, přesahují její rámec. Jsou to například teorie ohledně rozdílného úsilí při sběru dat (Colwell and Coddington 1994), teorie zaměřující se na evoluční historii lokací a rozdílné míry speciace a extinkce (Brown 2001, Heaney 2001, Wiens et al. 2007), nebo teorie zaměřující se na biologické faktory – míru kompetice, efekt ekotonů, heterogenitu a komplexitu prostředí apod. (Heaney 2001). Tyto teorie jsou obecně velmi těžko testovatelné pro obecnou obtížnost definování základních charakteristik a také pro obtížnost měření všech charakteristik podél celého gradientu (McCain 2009).

1.1.2. Altitudinální gradient u ptáků

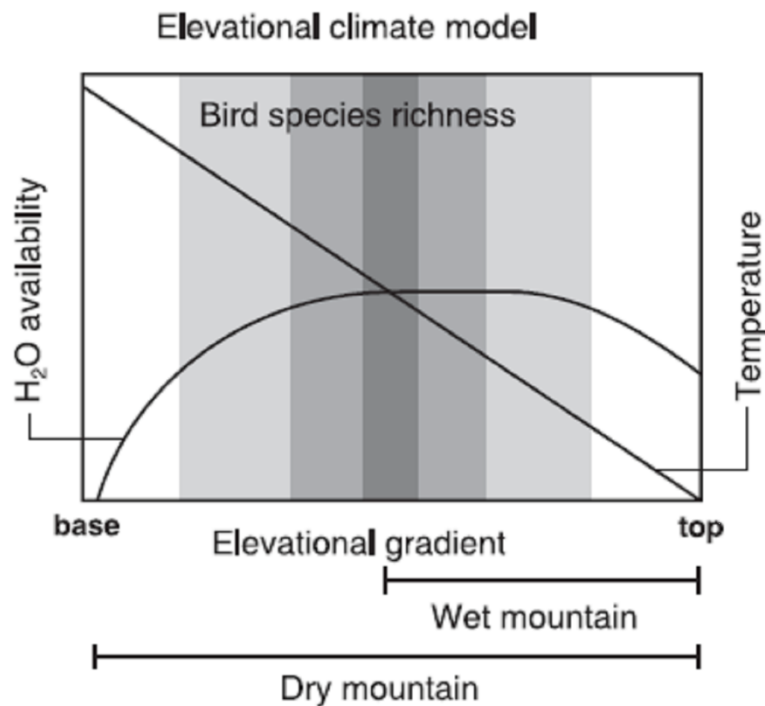
McCain (2009) v souhrnné rešerši 190 elevačních gradientů ze všech klimatických pásem, z ostrovů i z pevniny ukázala čtyři možné průběhy diverzity u ptačích společenství: klesající diverzitu podél elevačního gradientu, plató v nižších nadmořských výškách následované poklesem, plató v nižších nadmořských výškách s vrcholem ve středních nadmořských výškách a vrchol diverzity ve středních nadmořských výškách, viz Obrázek 1.



Obr. 1. a) ukazuje počet studií ukazujících 4 možné průběhy ptačí diverzity podél elevačního gradientu, podle pořadí: lineárně klesající diverzita, plató v nižších nadmořských výškách, plató v nižších nadmořských výškách s vrcholem ve středních nadmořských výškách a vrchol diverzity ve středních nadmořských výškách
b) porovnání procent studií každého elevačního gradientu na lokální a regionální úrovni
(zdroj: McCain 2009)

Obecně platí, že v horách teplota lineárně klesá zhruba o $0,6^{\circ}\text{C}$ na 100 metrech výšky, ovšem srážky a dostupnost vody se mezi horami velice různí a značně záleží na lokálním klimatu, ale i expozici hory vůči větru (návětrná strana hora má vždy více srážek). U hor v suchém klimatu se nejvíce srážek objevuje ve středních nadmořských výškách a nejsušší jsou úpatí hory. Naopak v horách s vlhkým klimatem se nejvíce srážek objevuje právě u úpatí hory

a směrem k vrcholu klesá. Se zahrnutím těchto informací vytvořila McCain (2009) klimatický model pro druhovou diverzitu ptáků podél elevačního gradientu, viz Obrázek 2.



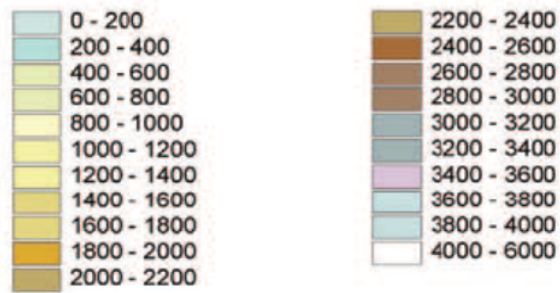
Obr. 2. Popis průběhu ptačí diverzity podél elevačního gradientu na suchých (Dry mountain) a vlhkých (Wet mountain) horách. Vlevo na grafu je úpatí hory, vpravo je vrchol. Křivka H₂O availability značí množství dostupné vody, křivka Temperature značí teplotu a zabarvené šedé sloupce značí druhovou bohatost s tím, že čím tmavší barva, tím více druhů se tam vyskytuje. (zdroj: McCain 2009)

Ve své analýze vycházím z modelu McCain (2009). Vzhledem k tomu, že se kamerunské hory, studovaná oblast mojí práce, nachází v tropech a jsou jednou z nejvlhčích v Africe, předpokládám průběhy gradientů diverzity v podobě vrcholu v nižších nadmořských výškách s postupným klesáním, popřípadě plató v nižších nadmořských výškách s dále klesající diverzitou. Možnou výjimkou by mohla být hora Oku, která již zasahuje do pásma savan a je tedy výrazně sušší než ostatní.

1.2. Charakteristika studované oblasti

Oblastí západního Kamerunu a východní Nigérie se táhne několik pohoří a osamělých hor sopečného původu. Toto pásmo se nazývá Kamerunská linie a táhne se až do Guinejského zálivu, kde tvoří ostrovy Bioko, Princův ostrov, Svatý Tomáš a Annobón (Peréz del Val et al. 1996, Graham et al. 2005, Taylor et al. 2015). Jedná se o nejvyšší území v západní Africe s nejvyšší horou regionu Kamerunskou horou měřící 4095 m n. m., která je stále činnou sopkou (Fishpool and Evans 2001, Oates et al. 2004).

Tato oblast je označována, jako hotspot diverzity na kontinentální úrovni (Stattersfield et al. 1998, Fishpool and Evans 2001, de Klerk et al. 2002a, Oates et al. 2004, Graham et al. 2005, Bergl et al. 2006). Vyskytuje se zde celkem 28 endemických druhů ptáků vázaných na horský les (z toho 1 druh na Bioku) a 6 nížinných endemických druhů (Peréz del Val et al. 1994, Fishpool and Evans 2001, Bergl et al. 2006). V Pleistocénu byla oblast mnohem sušší, zhruba o 2-4°C studenější a klimatické podmínky byly celkově příznivější pro růst horského lesa, který se rozkládal na mnohem větší ploše než dnes, někde se vyskytoval i o 1000 metrů níže než dnes (Graham et al. 2005). Dříve tak měly druhy vázané na horské lesy pravděpodobně mnohem větší areály rozšíření a horská společenstva ptáků byla nejspíš mnohem méně izolovaná než dnes. Podle Graham et al. (2005) je vysoká míra endemismu této oblasti pravděpodobně způsobena izolovaností hor, jejich stálým klimatem a vysokou produktivitou prostředí. Ostrov Bioko dnes hostí 1 endemický druh a 46 druhů klasifikovaných jako druhy s omezeným (restricted) areálem rozšíření nebo endemických poddruhů a nehostí mnohem větší míru endemismu pravděpodobně kvůli tomu, že byl minimálně 30 000 let během glaciace spojen s pevninou (současná vzdálenost je 37 km od kamerunské pevniny). Jakkoli je klasifikace poddruhu v biologii obtížná, tento jev ukazuje na potenciál pro budoucí speciace na ostrově (Peréz del Val et al. 1994).



Obr. 3. Mapa části Kamerunu a Nigérie s naznačenými elevacemi (v metrech nad mořem) odlišenými barevně, vyznačeny všechny studované lokality a hora Tchabal Mbabo (upraveno dle Oates et al. 2004)



Obr. 4. Mapa ukazující krajinný pokryv ve studované oblasti. Tmavě zelená - horský mlžný les, zelená - nížinný tropický les, světle zelená - degradovaný les, olivová - bezleší s občasnými stromy, šedá - mangrovový les, modrá - vodní plochy, žlutá - bezleší (upraveno dle Oates et al. 2004)

1.2.1. Klima a popis studovaných hor

V této části popisují jednotlivé hory zkoumané v rámci studie (Kamerunskou horu, hory Kupé, Nlonako, Manenguba a Oku, hornatou oblast Rumpi Hills s horou Rata a ostrov Bioko), jejich stručnou geografii a klima. Pokud není uvedeno jinak čerpám veškeré reálie z této sekce z Fishpool and Evans (2001) a Stuart (1986).

Kamerunská hora je nejvyšší hora západní Afriky, vyrůstá od hladiny Guinejského zálivu až do výšky 4095 m n. m. Je stále činnou sopkou a poslední erupce byla zaznamenána v roce 2000. Jedná se o izolovanou horu, od další oblasti s výškou nad 1000 m je vzdálená zhruba 80 km. Celková plocha hory je přibližně 1300 km², je nejdeštivějším místem celého Kamerunu, její jihozápadní svah je vystaven průměrným ročním srážkám kolem 10000 mm. Na východní straně hory leží město Buea ve srážkovém stínu, zde jsou průměrné roční srážky přibližně 2000 mm. Prší zde po celý rok, nicméně výraznější období dešťů trvá od dubna do listopadu. Dříve se na svazích rozkládal souvislý porost tropického lesa od hladiny moře až do výšky 2300 m n. m., zhruba od nadmořské výšky 1500 m n. m. přechází nížinný les v horský mlžný les, ve vyšších polohách nahrazen horskými loukami. Vlivem rozrůstání zemědělské půdy, těžby dřeva a vypalování lesů je dnes hranice lesa posunuta o několik stovek metrů výše, na jihovýchodním svahu hory až do 1000 m n. m.. Nachází se zde velmi rozmanitá avifauna, bylo zde nalezeno zhruba 370 ptačích druhů v čele s 2 endemity nacházejícími se pouze na Kamerunské hoře: frankolín kamerunský (*Francolinus camerunensis*) a kruhoočko kamerunské (*Speirops melanocephalus*). Jediným místem výskytu v Kamerunu je Kamerunská hora také pro vlaštovku kamerunskou (*Psalidoprocne fuliginosa*), která se ještě vyskytuje na ostrově Bioko, který patří Rovníkové Guineji. Za zmínku ještě stojí 2 endemické druhy rejsků, 1 endemický zástupce myšovitých a až 49 endemických druhů rostlin, z ohrožených velkých savců se zde vyskytují dril černolící (*Mandrillus leucophaeus*), kočkodan preussův (*Cercopithecus preussi*) a slon africký (*Loxodonta africana*).

Hora Kupé leží zhruba 90 km severovýchodně od Kamerunské hory. Tyčí se do výšky 2064 m n. m., základnu má ve výšce 700 m n. m.. V blízkosti hory Kupé se severně a severovýchodně ve vzdálenosti do 30 km nachází další 2 hory, které jsou součástí této studie, hory Manenguba a Nlonako. Západně od hory Kupé se nalézá pohoří Bakossi mountains, čili zde existuje propojení, jak s nížinným, tak s horským mlžným lesem v okolí. Hora Kupé se

nachází ve srážkovém stínu Kamerunské hory, srážky se zde pohybují mezi 3500-4100 mm za rok, ale na východní straně je to méně, protože je ve srážkovém stínu. Od listopadu do března zde trvá období sucha, kdy spadne minimum srážek. Průměrná teplota se po celý rok pohybuje kolem 24,5°C, ale v období sucha jsou mnohem větší rozdíly mezi denní a noční teplotou. Většina lesů pod 1000 m n. m. je přeměněna na zemědělskou krajinu, nad touto hranicí se zde nachází ještě zhruba 30 km² primárního sub-montánního a montánního lesa (Bowden et al. 2001). Bylo zde zaznamenáno 335 druhů ptáků, včetně oblastního endemita ťuhýkovce kamerunského (*Malaconotus kupeensis*). Dále za zmínku stojí přítomnost drila černolícího (*Mandrillus leucophaeus*), žijí zde velká společenstva čeledi outloňovitých, např. poto zlatý (*Arctocebus aureus*).

Hora Nlonako má geograficky podobnou polohu jako hora Kupé, je od ní vzdálená asi 28 km a je vysoká 1825 m. Pod vrcholem se rozkládá malý sopečný kráter. Klima je zde o něco sušší než na hoře Kupé, průměrné srážky se pohybují okolo 2800 mm za rok (Herrmann et al. 2005). Severní a západní svahy hory jsou značně narušené zemědělstvím a zbývající les je sekundární. Situace je zcela odlišná na jižním a východním svahu hory, kde je nad 1150 m n. m. nedotčený primární les, ovšem malé vesničky a sídla kolem 1000 m n. m. téměř úplně odřízly montánní a sub-montánní les od nížinného, který se rozprostírá na východ od hory. Bylo zde zaznamenáno 267 druhů ptáků, vyskytují se zde také sloni afričtí (*Loxodonta africana*), ovšem v posledních letech jejich počty klesají. Také zde nalezneme menší počet drilů černolících (*Mandrillus leucophaeus*), šimpanzů učenlivých (*Pan troglodytes*) a byla zde objevena populace kriticky ohrožené guerézy kamerunské (*Procolobus preussi*).

Hora Manenguba sousední s horami Kupé a Nlonako. Její základna je ve výšce 1100 m n. m. a vrchol ve výšce 2411 m n. m.. Ve výšce 1950 m n. m. se rozkládá sopečný kráter o průměru 3 km pokrytý loukami, močály a 2 kráterovými jezery. Klima je hodně podobné jako na hoře Nlonako, průměrné roční srážky jsou zde 2740 mm (Tefogoum et al. 2014). Největší

plocha lesa se nachází na jižním a jihovýchodním svahu hory, který je deštivější. Téměř neporušený les se rozprostírá od vrcholu až do 1500 m n. m., v jihovýchodní části až k základně hory ve výšce 1100 m n. m.. Severní svahy jsou využívány ke kultivaci plodin. V minulosti zde byl téměř jistě souvislý les až k hoře Kupé, která je vzdálena asi 30 km na jihozápad. Dnes je většina tohoto lesa přeměněna na zemědělskou půdu, ale stále zde zůstává několik zalesněných ploch. Bylo zde zaznamenáno 270 druhů ptáků. Na hoře Manenguba žijí 3 druhy kamerunských endemitských hlodavců (*Crocidura manengubae*, *Myosorex okuensis*, *Dendromus oreas*) a 2 druhy endemických žab.

Rumpi Hills s horou Rata jsou hornatá oblast nacházející se zhruba 80 km severně od Kamerunské hory a 50 km západně od hory Kupé a Bakossi mountains. Rumpi Hills jsou oblastí s mnoha vrcholy vyššími než 1000 m n. m., nejvyšší z nich je hora Rata s výškou 1768 m n. m.. Průměrné roční srážky se pohybují mezi 4000 - 6300 mm. Část této oblasti je pokryta sub-montánním lesem z velké části degradovaného kácením a přeměnou na zemědělskou krajinu. Hora Rata má zachovalejší les než okolní krajina. Žije zde 198 druhů ptáků, z dalších obratlovců stojí za zmínku výskyt drila černolícího (*Mandrillus leucophaeus*), kočkodana preussova (*Cercopithecus preussi*) a guerézy kamerunské (*Procolobus preussi*).

Hora Oku, jinak známá jako Kilum-Ijim, leží zhruba 150 km severně od hory Manenguba. S výškou 3011 m n. m. je druhou nejvyšší horou Kamerunu a západní Afriky, její základna začíná ve výšce 1600 m n. m.. Okolní lesní rezervace má rozlohou 200 km², z čehož polovina je tropický montánní les. Jedná se o nejrozsáhlejší plochu lesa v celé oblasti Bamenda highlands, což je pohoří rozprostírající se kolem 6° severní šířky, které je součástí Kamerunské linie. Hora Oku již leží v savanovém pásu a tak jsou její klima i vegetace odlišné od ostatních hor v této studii. Průměrný roční úhrn srážek se pohybuje kolem 2000 mm a průměrná teplota je kolem 21°C. Okolní lesy mimo rezervaci jsou z převážné většiny přeměněny na zemědělskou půdu. Mezi lety 1988 a 2000 tato oblast zažívala masivní

deforestaci, což se naštěstí povedlo zvrátit zřízením Kilum-Ijim community forest rezervací. Jinak hrozila ztráta tohoto velmi cenného centra endemismu a hot spotu biodiverzity na kontinentu (Mbue and Ge 2010). V rezervaci bylo napočítáno 170 druhů ptáků. Žijí zde poslední větší populace turaka bannermanova (*Tauraco bannermani*) a leskňáčka horského (*Platysteira laticincta*). Prvně jmenovaný je běžný do výšky 2950 m n. m. a jeho populace čítá kolem 2000 párů, leskňáček je běžný do výšky 2600 m n. m. a jeho populace čítá až 1500 párů. Několik dalších endemitů Kamerunsko-Nigerijské oblasti se zde vyskytuje ve větších počtech, jsou to např.: bulbul kamerunský (*Andropadus montanus*), cetie nigerijská (*Bradypterus bangwaensis*) a snovač kamerunský (*Ploceus bannermani*). Hora Oku je velice důležitou lokalitou pro malé savce, žije zde endemický rod hlodavce *Lamottemys okuensis*, a dalších nejméně 7 druhů hlodavců je endemických pro Kamerun. Většina větších savců zde byla vyhubena, přežívá zde poslední menší populace kočkodana preussova (*Cercopithecus preussi*). Žije zde několik endemických druhů obojživelníků a bezobratlých, dokonce zde byly objeveny 3 nové druhy stromů a další druhy rostlin.

Ostrov Bioko leží 37 km jihozápadně od pobřeží Kamerunu, leží na něm hlavní město Rovníkové Guineji Malabo. Celková plocha ostrova je 2017 km², nejvyšší horou je Pico Basilé s výškou 3011 m n. m. nacházející se v severní části ostrova. V jižní části ostrova je nejvyšší horou Caldera de Luba s výškou 2261 m n. m.. Klima na ostrově je velmi odlišné v gradientu od jihu na sever. Na jihu ostrova je průměrný roční úhrn srážek 10000 mm, na druhou stranu na severním pobřeží v hlavním městě je pouze 1932 mm za rok. Na vrcholu Pico Basilé spadne průměrně 3000 mm ročně, nejvyšší srážky spadnou kolem cca 1600 m n. m. a to zhruba 4000 mm (Pérez del Val 1996). Většina nížinného lesa do výšky 800 m n. m. byla přeměněna na kakaové nebo kávové plantáže, s výjimkou nejjižnějšího cípu ostrova, který není, vzhledem k vysokým srážkám, vhodný pro kultivaci plodin. V severní části ostrova se nad výškou 800 m n. m. nachází národní park. Vegetace je zde méně degradovaná,

i když se tu stále objevují plantáže, a na vrchol Pico Basilé vede silnice k meteorologické a rádiové stanici. Nížinný a sub-montánní les ve výšce zhruba 1800 m n. m. přechází v les montánní, který ve výšce 2500 m n. m. přechází v horské louky. Horský les, který se rozprostírá mezi 1800 - 2500 m n. m. zabírá plochu zhruba 76 km², což je přibližně 3,8% rozlohy ostrova (Pérez del Val 1996). Na Bioku bylo zaznamenáno 198 druhů ptáků, z toho 1 druh je endemický: kruhoočko fernandské (*Speirops brunneus*), a je zde klasifikováno dalších 46 endemických poddruhů (Pérez del Val et al. 1996). Někteří autoři (např. Fishpool and Evans 2001, Pérez del val et al. 1994) ještě uvádí leskňáčka ostrovního (*Batis poensis*) jako endemický druh, ale většina odborné veřejnosti jej bere jako poddruh leskňáčka sieraleonského (*Batis occulta*). Vyskytuje se zde 5 chráněných druhů primátů: kočkodan preussův a červenonosý (*Cercopithecus preussi* a *C. erythrotis*), gueréza černá a červená (*Colobus satanas* a *Procolobus badius*) a na jihu ostrova největší zbývající populace drila černolícího (*Mandrillus leucophaeus*). Na ostrově se dále vyskytují 3 endemické druhy ještěrek a 1 endemický druh ryby. Pláže na jihu ostrova jsou významnými hnízdišti pro 4 druhy mořských želv: kožatku obrovskou (*Dermochelys coriacea*), karetu zelenavou (*Lepidochelys olivacea*) a pro kriticky ohrožené karetu pravou a obrovskou (*Eretmochelys imbricata* a *Chelonia mydas*).

1.3. Cíle práce

1. Shromáždit data o druhovém složení ptačích společenstev na výškových gradientech jednotlivých kopců v rámci Kamerunských hor. Charakterizovat jednotlivé druhy z hlediska habitatové specializace a afinity k lesu.
2. Kvantifikovat množství zbývajícího pralesa v jednotlivých nadmořských pásech v okolí jednotlivých hor. Kvantifikovat vztah velikosti plochy a

druhového bohatství pro jednotlivé hory a porovnat tyto průběhy mezi sebou. Předpokládám shodu s klasickým průběhem species-area relationship.

3. Charakterizovat průběh druhové diverzity podél výškových gradientů a porovnat tento průběh na jednotlivých kopcích. Porovnat jednotlivé hory z hlediska podobnosti druhového složení ptačích společenstev. Předpokládám, že bližší hory budou mít podobnější ptačí společenstva, ostrov Bioko bude odskakovat od ostatních. Mt. Oku bude obsahovat více druhů ptáků savanové zóny.
4. Sledovat druhový obrat společenstev podél výškového gradientu na jednotlivých horách a pokusit se identifikovat nadmořské výšky, kde dochází k rychlým změnám v druhovém složení společenstev. Tyto rychlé změny v betadiverzitě očekávám na hranici nížinného a horského lesa a na hranici horského lesa a horských grasslandů. Přičemž předpokládám, že tyto hranice se mohou na jednotlivých horách lišit vzhledem k jejich poloze i klimatickým podmínkám.
5. Charakterizovat ptačí společenstva v jednotlivých výškových pásech z hlediska habitatové specializace a afinity druhů k (pra)lesu. Předpokládám, že specializovanější společenstva a také společenstva nejvíce vázaná na lesní biotop budou uprostřed gradientů, kde se nachází kontinuální pralesy.

2. Metodika

2.1. Kompilace dat

Pro účely této práce jsem vytvořil dataset elevačních rozšíření ptáků na 6 horách v Kamerunu a na ostrově Bioko, pro které byla k dispozici data o druhovém složení ptačích společenstev. Data jsem kompiloval z různých publikovaných i nepublikovaných studií. Základem pro má data byla kniha Stuarda (1986): Conservation of Cameroon montane forests. Jedná se o data z výzkumné expedice v letech 1983-1984. Expedice se věnovala především průzkumu složení společenstev a elevačnímu rozpětí horských druhů ptáků na několika horách v Kamerunu. Tato studie ale rovněž obsahuje údaje o elevačním výskytu nížinných druhů ptáků, menších savců (zejména netopýrů) a plazů. Hlavními zdroji pro rozšiřování datasetu byly zejména výpravy Ch. G. R. Bowdena na horu Kupé (Bowden and Andrews 1994, Bowden 2001), J. Peréze del Val na ostrov Bioko (Peréz del val et al. 1994, Peréz del val 1996) a dále byla použita data týmu z Katedry ekologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy a jejich spolupracovníků v Kamerunu. Další použité zdroje jsou méně významné, byly použity pro doplnění datasetů pro některé ze studovaných hor (Dowsett and Dowsett-Lemaire 1999, Dowsett-Lemaire and Dowsett 2001, Languy et al. 2005, Hendriks 2016, Fotso 2000, Grimes 1971, Fishpool and Evans 2001). Obecně lze říct, že množství informací extrahovaných z jednotlivých studií se liší, některé přispěly daty pouze pro několik druhů ptáků, v některých jsou údaje o celém společenstvu na dané hoře.

Ze všech dostupných studií jsem vypsal údaje o druhovém složení ptačích společenstev a výškové rozpětí výskytu všech druhů ptáků na jednotlivých horách. Cílem tak bylo popsat složení a druhovou bohatost společenstev pro jednotlivé pásy nadmořských výšek v rozpětí, které bylo na jednotlivých kopcích studováno (viz Tabulka 1).

2.1.1. Zdroje dat pro ptačí společenstva

V následující kapitole uvádím nejpodstatnější zdroje dat pro tuto diplomovou práci. Popisuji cíle výprav a jejich metody sběru dat, zejména se soustředím na přesné období a oblast výzkumu.

S. N. Stuart (1986) - Conservation of Cameroon montane forests

- jedná se o terénní výzkum několika anglických vědců od listopadu 1983 do dubna 1984 s cílem zjistit rozšíření, relativní početnost a ekologii horských druhů ptáků v Kamerunu, jako vedlejší cíl se podařilo určit podobná data i pro další druhy ptáků, savců, plazů a obojživelníků. Dále bylo cílem zjistit současné hrozby pro horské ptáky Kamerunu a navrhnout řešení jejich ochrany. Sčítání ptačích druhů probíhalo podrobnou inventarizací všech biotopů (pomalé procházení), doplněné o odchyt do nárazových sítí.

- oblastí studie bylo 7 hor nebo horských oblastí Kamerunu. Výzkum probíhal v období sucha, na Kamerunské hoře trval od prosince 1983 do ledna 1984, prozkoumány byly jižní a jihovýchodní svahy hory od hladiny moře do 2300 m n. m.. Výzkum na hoře Kupé probíhal 2 týdny v únoru 1984. Hora Manenguba byla prozkoumána v průběhu týdne na konci února 1984. Hora Nlonako byla navštívena jen krátce, po dobu 3 dnů. V březnu 1984 probíhal výzkum 1 týden v oblasti Rumpi Hills blízko hory Rata a další týden na hoře Oku. Dále byly podniknuty další 1-2 denní výpravy do oblasti Bamenda highlands a zdejších lesních rezervací Bafut-Ngemba a Bali-Ngemba a také do oblasti Bamboutous mountains.

Ch. G. R. Bowden and S. M. Andrews (1994) - Mount Kupé and its birds

- popis elevačních rozpětí některých vzácnějších druhů ptáků na hoře Kupé. Obsahuje poznámky o tom, kde na hoře pozorovat ptáky, ale žádné údaje o tom, jak dlouho jejich

výzkum probíhal. Jedná se pravděpodobně o pouhou inventarizaci výskytu druhů pomocí prostého, nestandardizovaného pozorování ptáků.

Ch. G. R. Bowden (2001) - The birds of Mount Kupé, southwest Cameroon

- checklist druhů ptáků, vyskytujících se na hoře Kupé, celkem 335 druhů. Obsahuje i data ze starších pozorování (od Serle i Eisentraut) a hlavní část je z vlastního výzkumu mezi lety 1991-1994

- byly použity 2 metody sběru dat, a to bodové sčítání (point counts) a odchyt do nárazových sítí. Ten probíhal minimálně po dobu celých 2 dnů na všech 3 stanovištích pro to vytipovaných (900 m, 1200 m a 1550 m n. m.). Bylo nachytáno přes 2000 jedinců ptáků

P. G. Rodewals et al. (1994) - The birds of Korup national park and Korup project area, southwest province, Cameroon

- Korup project area zasahuje až do oblasti Rumpi Hills, kde byl proveden 3týdenní výzkum a sběr dat.

- celá studie trvala 3 roky a potvrdila výskyt 390 druhů ptáků, k počítání ptáku se využívalo zejména bodové počítání (point counts) a odchyt do nárazových sítí, jsou zde zaznamenána i náhodná pozorování při práci v terénu

J. Pérez del val et al. (1994) - Species richness and endemism of birds in Bioko

- téměř 4-letý výzkum zaměřený na druhy ptáků vyskytující se na ostrově Bioko, celkem popsali výskyt 143 druhů ptáků, jejich ekologii, elevační rozpětí a i obecné informace o jejich abundancích

- během studie bylo nastraženo celkem 9 km sítí za celkových 100 dnů pozorování, sítě byly rozvěšeny po 400 metrech nadmořské výšky, mnoho ptáků bylo zaznamenáno také pouhým pozorováním

J. Pérez del Val (1996) - Las aves de Bioko, Guinea Ecuatorial, Guía de campo

- průvodce všemi ptáky vyskytujícími se na ostrově Bioko, jejich ekologie, elevační rozšíření, způsoby rozmnožování apod. Dále obsahuje popis geografie ostrova, jeho klima a vegetační pokryv.

- kniha zahrnuje data z předchozích expedic, které se na ostrově konaly, např. R. J. Dowsett and A. D. Forbes-Watson (1993) - Checklist of birds of the Afrotropical and Malagasy regions. Celkem jsou zde data o 196 druzích ptáků, z toho je 139 druhů rezidentů na ostrově, 14 druhů migrantů a 43 druhů občasných návštěvníků.

W. Serle (1950, 1954, 1965) - The British Cameroons

- studie britského přírodovědce zabývající se avifaunou Britského Kamerunu, autor zde popisuje pozorované druhy ptáků během svého pobytu v Kamerunu ve 40. a 50. letech. Práce obsahuje i údaje o nadmořských výškách a abundancích ptačích druhů.

Birds of Africa (1986 - 2004)

- osmidílný svazek knih pojednávající o ekologii, potravní specializaci, rozšíření a vhodném habitatu většiny ptáků Afriky.

- záznamy zejména ze sekundárních zdrojů. Čerpal jsem zejména informace o potravních specializacích a habitatu, ve kterém se ptáci vyskytují.

O. Sedláček et al. - nepublikované údaje

- výzkum ekologů z Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy a jejich spolupracovníků z Kamerunu zaměřený na studium funkční diverzity ptáků podél elevačního gradientu na Kamerunských horách.

- sběr dat na Kamerunské hoře proběhl mezi lety 2010 - 2014 mezi prosincem a březnem na šesti lokalitách (v nadmořských výškách 350 m, 650 m, 1100 m, 1550 m, 1850 m, 2250 m n. m.). Standardizovaný průzkum ptačích společenstev založený na point counts, mist-netting a kontinuálním pozorování a záznamu všech ptačích druhů.

Údaje o rozloze tropického deštného lesa jsem získal z map ze serveru globalforestwatch.org a poté extrahoval v programu QGIS 2.18.2.. Plocha deštného lesa byla analyzována ve vzdálenosti do 10 km od vrcholu a do 40 km od vrcholu. Dále jsme deštný les rozdělili na 2 kategorie a to nížinný a horský. Přejít těchto kategorií jsme určili ve 1200 m n.m., protože v této výšce se na většině hor výrazně mění složení ptačích společenstev (viz. kapitola Výsledky).

2.1.2. Omezení dat

Některé oblasti mé studie jsou nedostatečně zmapovány (zejména hora Nlonako), což se týká elevačního rozšíření ptáků, a pro lepší průkaznost analýz by bylo potřeba doplnit chybějící informace. V Tabulce 1 popisují, v jakém rozsahu byly výzkumy na jednotlivých horách podniknuty a o kolika druzích ptáků jsou informace v datasetu. Ze svých analýz jsem vyloučil vodní a mořské druhy ptáků, protože nás zajímají zejména druhy vázané na přítomnost či nepřítomnost lesa. Druhy vázané na vodu nás v tomto případě nezajímají. Dále

nám u některých druhů ptáků chybí informace o jejich elevačních rozšíření, takže jsme se nemohly zahrnout do analýz.

Tabulka 1 Druhová bohatost jednotlivých hor, počet druhů použitých v mém datasetu a intenzita průzkumu lokalit.

Lokalita	Počet ptačích druhů nalezených na lokalitě	Počet druhů ptáků v datasetu	Doba výzkumu na lokalitě
Kamerunská hora	370	307	2 roky
Hora Kupé	335	323	3-4 roky
Hora Manenguba	270	112	1 týden
Hora Nlonako	267	85	3 dny
Rumpi Hills	198	192	4 týdny
Hora Oku	170	124	1 týden
Ostrov Bioko	198	131	4 roky

Kamerunská hora, hora Kupé, oblast Rumpi Hills s horou Rata a ostrov Bioko jsou poměrně dobře prozkoumané oblasti. Pro většinu ptáků vyskytujících se na těchto lokalitách jsou v datasetu údaje o elevačním rozšíření. Většina z chybějících druhů jsou druhy vodních ptáků, kteří nebyli do analýz vůbec zařazeni. Kamerunská hora leží přímo u moře, takže do celkového počtu druhů ptáků vyskytujících se na hoře byly započítány i některé druhy mořských ptáků, které byly taktéž vyloučeny. To samé platí pro ostrov Bioko. Vyložené chybějící údaje jsou maximálně v jednotkách druhů. Výzkum u většiny případů neprobíhal kontinuálně po celý rok, takže chybějící druhy mohou být například někteří palearktictí migranti, kteří nemuseli být v době výzkumu přítomni na lokalitě.

Data z dalších 3 hor v datasetu jsou nedostatečná a potřebovala by rozšířit. Hora Manenguba byla zkoumána jen 1 týden a to povětšinou kolem kráteru nacházejícího se v nadmořské výšce 1900 m. Další průzkum v nižších nadmořských výškách a také na svazích

nad kráterem by značně obohatil naše znalosti. Průzkum na hoře Oku probíhal od 2200 m n. m. a pro doplnění dat je další průzkum v nižších nadmořských výškách žádoucí. Hora Nlonako je nejhůře zmapovaná hora v mém datasetu. V literatuře jsem našel zmínky, že složení avifauny je velmi podobné avifauně na hoře Kupé (Fishpool and Evans 2001), po důkladnějším prozkoumání hory by analýzy měly ukazovat, že společenstva ptáků těchto hor jsou si nejpodobnější, což ale výsledky této práce nepotvrzují. Bohužel se mi nepodařilo získat 2 nepublikované zprávy pro WWF o mapování avifauny na hoře Oku a v oblasti hor Manenguba, Nlonako a Kupé: Dowsett-Lemaire, F. and Dowsett, R. J. (1998) Surveys of Oku Mt and other IBAs in NW Province (Cameroon) a Dowsett-Lemaire, F. and Dowsett, R. J. (1999) Survey of birds and amphibians on Mt Manenguba, Mt Nlonako, north Bakossi and around Kupe in 1998–99. Data z těchto výzkumů by doplnila chybějící místa v mém datasetu a obohatila analýzu.

2.2. Úprava dat a analytické metody

Data o elevačním rozšíření ptačích druhů na jednotlivých horách jsem doplnil informacemi o jejich vhodný druhu habitatu, ve kterém se vyskytují, z knih *Birds of Africa* (Fry et al. 1982 - 2004). Jelikož se v práci soustředím na druhy vázané na tropický deštný les, případně vysokohorské bezlesí, vodní druhy nebyly do datasetu zahrnuty.

Pro ilustraci orientační závislosti počtu druhů na nadmořské výšce používám korelační graf, vycházející z dat o elevačním rozšíření druhů. Dále pro zjištění závislosti počítám parciální Pearsonův korelační koeficient, který umožňuje oproti klasickému koeficientu kontrolovat potenciální vliv třetí proměnné, zde rozlohy jednotlivých pásů. Rozlohu nadmořských pásů všech hor jsem počítal pomocí programu QGIS 2.18.2. Na Kamerunské hoře jsem použil všechny nadmořské pásy do vzdálenosti 30 km od vrcholu hory, vzhledem k rozlehlosti a izolovanosti hory. Na horách Rata a Oku jsem použil všechny pásy do

vzdálenosti 20 km od vrcholu a na horách Kupé, Manenguba a Nlonako, které jsou blízko sebe, jsem použil všechny pásy pouze do vzdálenosti 10 km, aby se vzájemně nepřekrývaly rozlohy jejich nadmořských pásů. Na ostrově Bioko jsem použil rozlohy všech nadmořských pásů na ostrově.

Předmětem dalších statistických analýz je vyzkoumat, jakou mají ptačí druhy afinitu k lesu a jestli jsou spíše biotopoví generalisté nebo specialisté. Pro zkoumání těchto vlastností jsem vytvořil dva nové indexy zkoumaných ptačích druhů. Afinita k lesu vyjadřuje sílu vazby ptačích druhů na tento typ prostředí a pro zkoumání této vlastnosti jsem vytvořil proměnnou index lesa. Naopak proměnná index generalismu vyjadřuje schopnost ptáků žít ve více typech prostředí. Informace o preferovaných typech habitatů všech ptačích druhů jsem získal ze souboru knih *Birds of Africa* (1982 – 2004), z kapitoly „Habitat“ u jednotlivých druhů. Použil jsem následující typy habitatů³: primary forest, secondary forest, forest clearings, forest edges, gallery forest, opened canopy forest, plantations and farms, old cultivation, gardens, bushes and thickets, scattered trees and bushes, woodlands, marshes and rivers, forest-grassland mosaic, grasslands. Pro účely další analýzy jsem habitaty sloučil do 10 kategorií. K tomu jsem použil PCA analýzu všech habitatů podle druhů ptáků, kteří v nich žijí, a poté sloučil ty sobě nejpodobnější. Sloučil jsem tak kategorie „forest clearings“ a „forest edges“, „old cultivations“ a „gardens“ a „bushes“, a dále „grasslands“ s „forest-grassland mosaic“ a „scattered trees and bushes“. Index lesa jsem vytvořil pomocí PCA analýzy 10 použitých habitatů. Ta roztrídila habitaty podle jejich lesnatosti. Použil jsem hodnoty skóre z PCA analýzy na sestavení škály indexu lesa od 0,002 do 1,0, přičemž maximální hodnota 1,0 bodu reprezentuje primární deštný les, 0,89 bodu sekundární deštný les, 0,04 bodu mosaiku lesa a grasslandů a 0,002 bodu woodlandy. Jednotlivým ptákům byla vypočítána hodnota indexu

3 Pro lepší srozumitelnost se držím anglických termínů

lesa sečtením indexů lesa všech habitatů, ve kterých se vyskytují, a vydělením počtem habitatů, ve kterých se vyskytují.

Index generalismu jsem definoval jako počet habitatů, ve kterých se pták vyskytuje. Hodnoty indexu generalismu se pohybují na škále 1 - 10 bodů, přičemž druh s hodnotou 1 bod je největší specialista (žije pouze v jednom druhu habitatu) a druh s hodnotou 10 bodů je největší generalista (žije ve všech typech habitatů).

Analýza indexu generalismu oproti očekávání neukázala signifikantní rozdíly mezi jednotlivými horami ani mezi jednotlivými nadmořskými pásy. Toto může být způsobeno nedokonalým designem indexu a poskytuje to prostor pro jeho vylepšení a podrobnější zkoumání. Prostý průměr tohoto indexu nepotvrzuje očekávání, že se ptačí společenstva podél elevačního gradientu hor výrazně mění v poměru specialistů na lesní prostředí. Proto jsem se na nadmořské pásy podíval důkladněji a určil pásy, ve kterých se nalézá nejvíce generalistů, a ve kterých nejvíce specialistů. Tato analýza poskytuje o něco detailnější vhled do problematiky. Jako specialisty jsem definoval ty ptačí druhy, kteří se vyskytují v maximálně 3 typech prostředí. Pak jsem pomocí programu excel graficky znázornil podíl specialistů ve všech nadmořských pásích, všechny hory v jednom sloupcovém grafu. Jako generalisty jsem definoval ty ptačí druhy, kteří se vyskytují v minimálně 8 typech prostředí. Grafické znázornění jsem zvolil analogické jako u specialistů.

Pro analýzu podobností ptačích společenstev jednotlivých nadmořských pásů jsem použil PCA analýzu ve statistickém programu R. Nejprve jsem sloučil jednotlivé nadmořské pásy po 200 m a poté na každé hoře zvlášť provedl analýzu všech nadmořských pásů. Následně jsem provedl analýzu všech nadmořských pásů ze všech hor dohromady. PCA analýzu jsem použil i ke srovnání celých hor mezi sebou, což zahrnovalo porovnání všech druhů, které se na jednotlivých horách vyskytují.

Pro zjištění průběhu beta diverzity podél elevačního gradientu jsem použil Jaccardův index betadiverzity. Nejprve jsem sloučil nadmořské pásy po 200 metrech a poté provedl analýzu v programu R, za pomoci balíčků permute, lattice a vegan. Příkazem vegdist jsem spočítal matici závislostí a poté v programu excel vše znázornil graficky. Jedinou výjimku jsem udělal u hory Rata, kde nebyly dostatečně dobře patrné změny ve společenstvech ptáků po 200 metrových nadmořských pásech. Zde jsem použil společenstva ptáků po 100 nadmořských metrech.

3. Výsledky

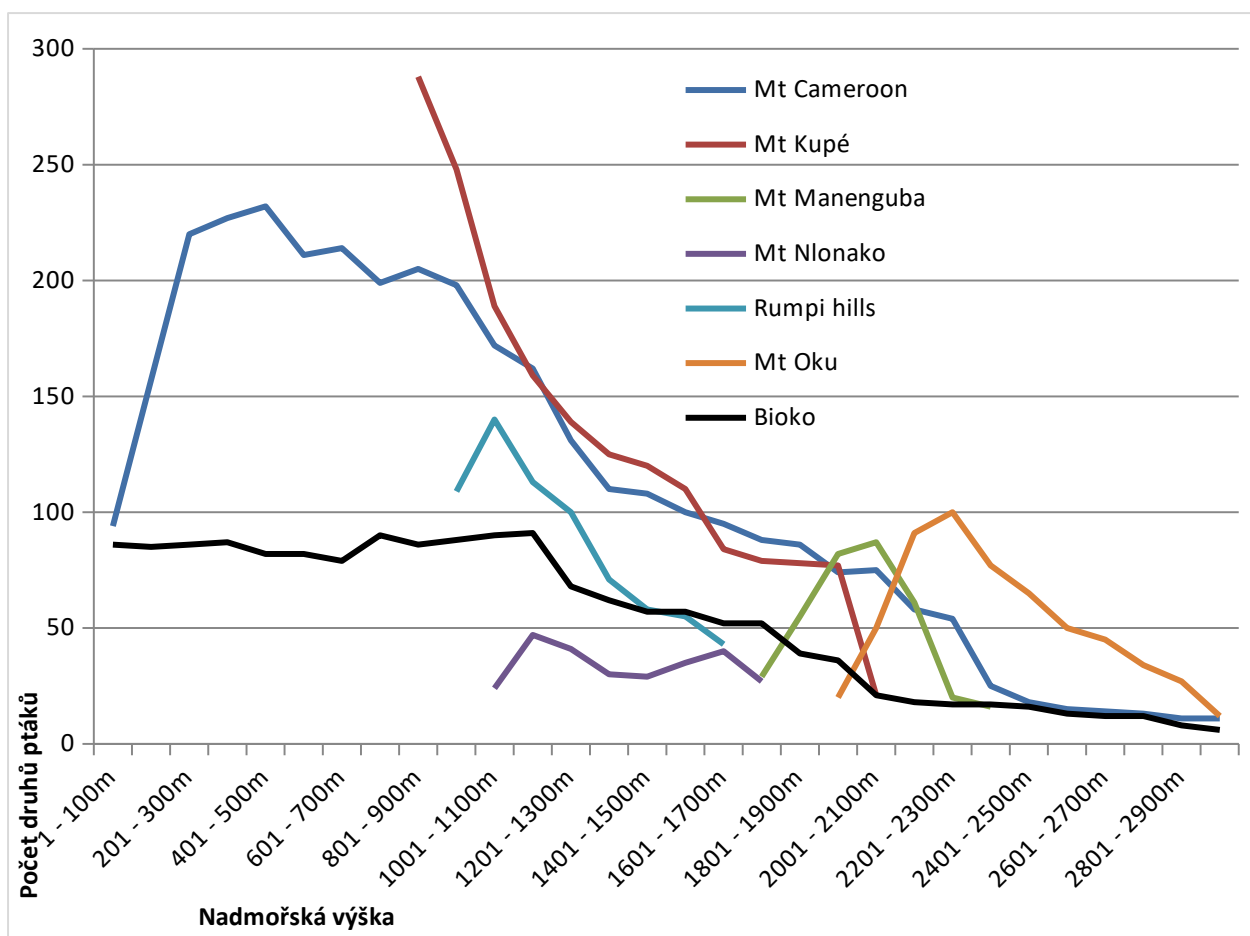
3.1. Druhová diverzita Kamerunských hor

V následující kapitole shrnuji celkovou ptačí biodiverzitu studované oblasti a porovnání diverzity mezi jednotlivými horami. Dále se zde věnuji potvrzení negativní závislosti počtu druhů na nadmořské výšce, jak graficky, tak i pomocí parciálního Pearsonova korelačního koeficientu. Zároveň také graficky znázorňuji závislost počtu druhů na rozloze (species-area relationship).

3.1.1. Průběh druhového bohatství v závislosti na nadmořské výšce

Pro oblast vysokých hor západního Kamerunu a ostrova Bioko jsem nashromáždil údaje o celkem 409 druzích ptáků, včetně jejich elevačního rozšíření na jednotlivých horách, preferovaném habitatu i habitatové specializaci. Druhově nejbohatší v jednotlivých pásech nadmořské výšky byla hora Kupé, následovaná Kamerunskou horou a horou Rata v Rumpi Hills. Naopak druhově nejchudší byly hora Nlonako, Mamanguba a ostrov Bioko. Na Kamerunské hoře diverzita druhů v nejnižších nadmořských výškách nejprve stoupá a svého maxima dosáhne kolem 500 m n. m., vytváří plató až do výšky 1000 m n. m., poté začíná téměř lineárně klesat až do výšky hranice lesa (zhruba 2300 m n. m.), dále následuje rapidní úbytek druhů ptáků (Obr. 5). Hora Kupé je druhově nejbohatší horou, celkem se zde našlo 323 druhů ptáků. Absolutně nejvyšší druhová diverzita se vyskytuje hned na úpatí hory mezi výškami 800–900 m, kde bylo napočítáno 288 druhů ptáků. Druhová diverzita poměrně lineárně klesá podél celého gradientu hory, jediný výraznější propad je až na nejvyšším pásu hory, kde žije pouze 21 druhů ptáků. Hora Manenguba byla zkoumána až od nadmořské výšky 1900 m, takže v nižších polohách ukazuje nízkou druhovou diverzitu. Naopak v nadmořských výškách mezi 1900–2200 m je zde vyšší druhová diverzita než na Kamerunské

hoře a hoře Kupé. Hora Nlonako je bohužel málo zmapovaná ohledně elevačního rozšíření tavních ptáků, ale podle dostupné literatury by měla být velice podobná hoře Kupé. Na hoře Rata v Rumpi Hills je průběh druhové diverzity, po prvotním stoupání, ve formě lineárního klesání bez zásadních výkyvů. Nejvyšší druhová diverzita v polohách nad 2100 m n. m. se nachází na hoře Oku. I zde druhová diverzita v nižších nadmořských výškách stoupá a vrcholu dosáhne mezi 2200-2300 m n. m, poté lineárně klesá až k vrcholu. V těchto nadmořských výškách je dokonce výrazně bohatší než srovnatelné výškové pásy na Kamerunské hoře. Druhová diverzita ptáků na ostrově Bioko má průběh plató v nižších nadmořských výškách až do 1200 m n. m., poté pozvolna lineárně klesá. Celkově je druhová diverzita na ostrově nižší než na pevninských horách (kromě hory Nlonako).



Obr. 5. Průběh druhového bohatství ptáků podél elevačního gradientu na jednotlivých Kamerunských horách a ostrově Bioko.

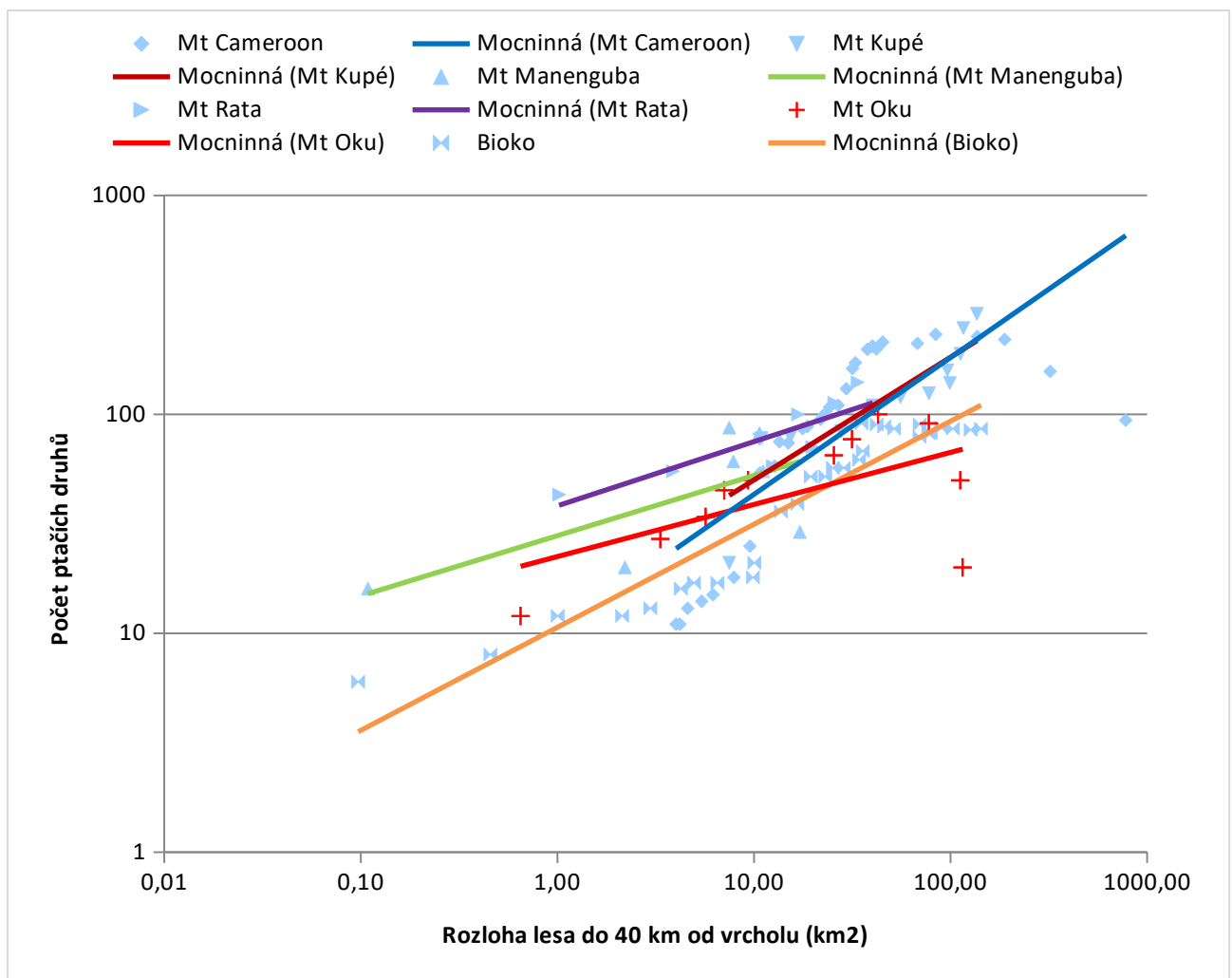
Téměř na všech horách je z grafického vyjádření evidentní negativní závislost počtu druhů na nadmořské výšce (Obr. 5). Výjimku představuje hora Nlonako, u které je forma závislosti z grafického vyjádření nejasná. Negativní závislost počtu ptačích druhů na nadmořské výšce na této hoře ukázal až parciální Pearsonův korelační koeficient, se silou vztahu $r = -0,439$, ovšem vzhledem k signifikanci $p = 0,325$ je výsledek neprůkazný. Výsledek značně ovlivňuje nedostatek dat z hory Nlonako, další průzkum je zde žádoucí.

U kombinace všech hor ukázal parciální Pearsonův korelační koeficient negativní korelaci počtu druhů na nadmořské výšce se silou vztahu $r = -0,607$ a signifikancí $p = 0,001$.

Při analýze jednotlivých hor zvláště výsledky analýzy ukazují signifikantní negativní závislost pro Kamerunskou horu, hory Kupé a Oku a ostrov Bioko. Analýza pro horu Rata v Rumpi hills ukázala signifikantní negativní vztah pouze, když jsem nepoužil kontrolu pro rozlohu. V tomto případě je pozitivní vztah mezi počtem druhů a rozlohou silnější než negativní vztah mezi počtem druhů a nadmořskou výškou. Hora Manenguba také ukázala silnější pozitivní vztah mezi počtem druhů a rozlohou. Negativní vztah mezi počtem druhů a nadmořskou výškou nebyl signifikantní. Obecně lze říct, že statisticky nesignifikantní výsledky byly zjištěny u hor s kratšími gradienty (jen 7, 8 a 9 nadmořských pásů po 100 m), což mohlo ovlivnit výsledek testu. Dalším důvodem může být nelinearita vztahu (např. Mt. Manenguba). Na závěr dodávám, že jsem pro analytické zpracování dat ze statistiky vyřadil 4 nadmořské pásy, jelikož se v nich nacházely pouze jednotky druhů ptáků a zkruslovaly by testy i grafy (1601-1700 m na hoře Manenguba, 901-1000 m na hoře Nlonako a 1701-1900 m na hoře Oku).

3.1.2. Vztah počtu druhů a rozlohy lesa

Na Grafu 3 je znázorněn vztah mezi počtem druhů a rozlohou lesa. U všech hor, kromě hory Nlonako, kterou jsem, z důvodu absence dat, z této analýzy nakonec vyloučil, ukazuje korelační analýza signifikantně pozitivní vztah mezi počtem druhů a rozlohou lesa. Nejsilnější vztah mezi počtem druhů a plochou lesa se projevuje na hoře Oku, sklony ostatních přímků znázorňujících tuto závislost jsou si navzájem velmi podobné, což značí, že vztah mezi počtem druhů a rozlohou je na zbylých horách podobný. Výjimku tvoří pouze hora Rata, kde je sklon přímky méně strmý než u ostatních hor, ale vztah mezi počtem druhů a plochou lesa je zde stále signifikantně pozitivní.



Obr. 6. Závislost počtu druhů na ploše lesa

3.1.3. Endemismus Kamerunských hor

Z celkem 409 ptačích druhů v mém datasetu se 90 druhů objevuje pouze na jedné hoře. Nejvyšší ptačí druhová diverzita byla nalezena na hoře Kupé, celkem to bylo 323 druhů ptáků. Z tohoto počtu bylo 29 druhů ptáků nalezeno pouze na hoře Kupé, včetně místního endemita ťuhýkovce kamerunského (*Malaconotus kupeensis*), který se na hoře Kupé vyskytuje mezi nadmořskými výškami 900–1500 m. Druhou druhově nejbohatší horou je Kamerunská hora, kde bylo nalezeno 307 druhů ptáků. Z tohoto počtu druhů bylo 27 druhů nalezeno pouze na této hoře, včetně 2 zdejších endemitů, frankolína kamerunského (*Francolinus camerunensis*), který se na Kamerunské hoře vyskytuje mezi 800–2200 m n.m., a kruhoočka kamerunského (*Speirops melanocephalus*), které se na Kamerunské hoře vyskytuje mezi 1800–3000 m n.m..

Na hoře Rata bylo nalezeno 192 ptačích druhů, z toho byly 3 druhy ptáků nalezeny pouze na této hoře, ale žádný z nich není místním endemitem. Na ostrově Bioko bylo nalezeno 131 ptačích druhů, z toho se pouze 1 druh vyskytuje jen na tomto ostrově a je také místním endemitem. Jedná se o kruhoočko fernandské (*Speirops brunneus*), které se na ostrově Bioko vyskytuje mezi 1900–3000 m n.m.. Na hoře Oku bylo nalezeno 124 druhů ptáků, z toho 16 druhů bylo nalezeno pouze na téhle hoře. Z těchto 16 druhů stojí za zmínku turako Bannermanův (*Tauraco bannermani*), který se na hoře Oku vyskytuje mezi 2000–3000 m n.m. a v okolí hory se nachází jeho poslední velká populace. Ve stejné situaci je také leskňáček horský (*Platysteira laticincta*), který se na hoře Oku vyskytuje mezi 2100–2600 m n.m. a jedná se taktéž o jeho poslední větší populaci. Na hoře Manenguba bylo nalezeno 112 ptačích druhů, z toho 14 pouze na této hoře, ale nejedná se o žádné endemické druhy.

3.2. Rozloha tropického deštného lesa v okolí kamerunských hor

V této kapitole popisují rozlohy tropického deštného lesa v okolí zkoumaných hor ve vzdálenostech do 10 km a do 40 km od konkrétní hory (včetně konkrétní hory). Výsledky jsou shrnuty v tabulkách 2 a 3.

Ve vzdálenosti 10 km od vrcholu Kamerunské hory se zachovalo jen zhruba 50% potenciální rozlohy nížinného deštného lesa, konkrétně zhruba 22 km². Je to dáno zejména degradací porostu kolem lidské zástavby v okolí města Buea na jihu a západě hory. Horský deštný les je zde poměrně zachovaný, v okruhu do 10 km od vrcholu hory se nachází zhruba 151 km² horského lesa. Hora je poměrně izolovaná, takže v jejím okolí do 40 km od vrcholu se nachází mnohem více nížinného lesa (cca 1806 km²) a už jen málo dalšího horského lesa, celkem se v okolí Kamerunské hory do 40 km od vrcholu nachází 268 km² horského lesa.

Ostrov Bioko je také izolovaný, podobně jako Kamerunská hora. Z jeho celkové rozlohy 2017 km² zaujímá 1171 km² tropický deštný les, z toho je zhruba 239 km² horského deštného lesa (Tabulka 3). Většina nížinného deštného lesa na ostrově je přeměněna v kakaové nebo kávové plantáže.

Tabulka 2 Plocha nížinného (do 1200 m n.m.) a horského (nad 1200 m n.m.) tropického deštného lesa v okruhu 10 km od Kamerunských hor (v km²)

	Kamerunská hora	Hora Kupé	Hora Manenguba	Hora Oku	Hora Rata	Bioko
nížinný les	21,72	179,06	25,66	0	206,85	92,37
horský les	150,69	17,76	167,46	138,68	53,96	132,54
celkem	172,41	196,82	193,12	138,68	260,81	224,91

Hory Kupé, Manenguba a Nlonako leží blízko sebe, všechny jsou navzájem vzdáleny zhruba 30 km. V oblasti do 40 km od těchto hor je velká plocha nížinného deštného lesa, v okolí hory Kupé se nachází zhruba 3050 km² nížinného lesa a 355 km² horského lesa. Kolem hory Manenguba se rozprostírá ještě mnohem více horského lesa, a to zhruba 542 km². Když se podíváme jen na okruh 10 km okolo hory, tak se na hoře Kupé nachází vůbec nejmenší plocha horského deštného lesa, 18 km², ale kolem hory je poměrně velká plocha nížinného deštného lesa. Naopak v okolí hory Manenguba do 10 km se rozprostírá největší plocha horského deštného lesa ze zkoumaných hor, 167 km².

Pro horu Rata máme data jen v okruhu do 10 km od hory. Hora se nachází v přírodní rezervaci Rumpi hills a v jejím okolí je poměrně velká plocha nížinného lesa, 207 km². Okolní kopce v rezervaci nemají vysokou nadmořskou výšku, proto se v okolí hory Rata nachází jen 54 km² horského deštného lesa. V bezprostředním okolí hory Oku se rozprostírá 139 km² horského deštného lesa, ale je poměrně fragmentovaný, vzhledem k vysokým nadmořským výškám v okolí se zde nenachází žádný nížinný les. V okruhu do 40 km kolem hory se nachází 1193 km² horského lesa, což je nejvíce ze studovaných hor, většina tohoto lesa se nachází zejména v oblasti Bamenda highlands.

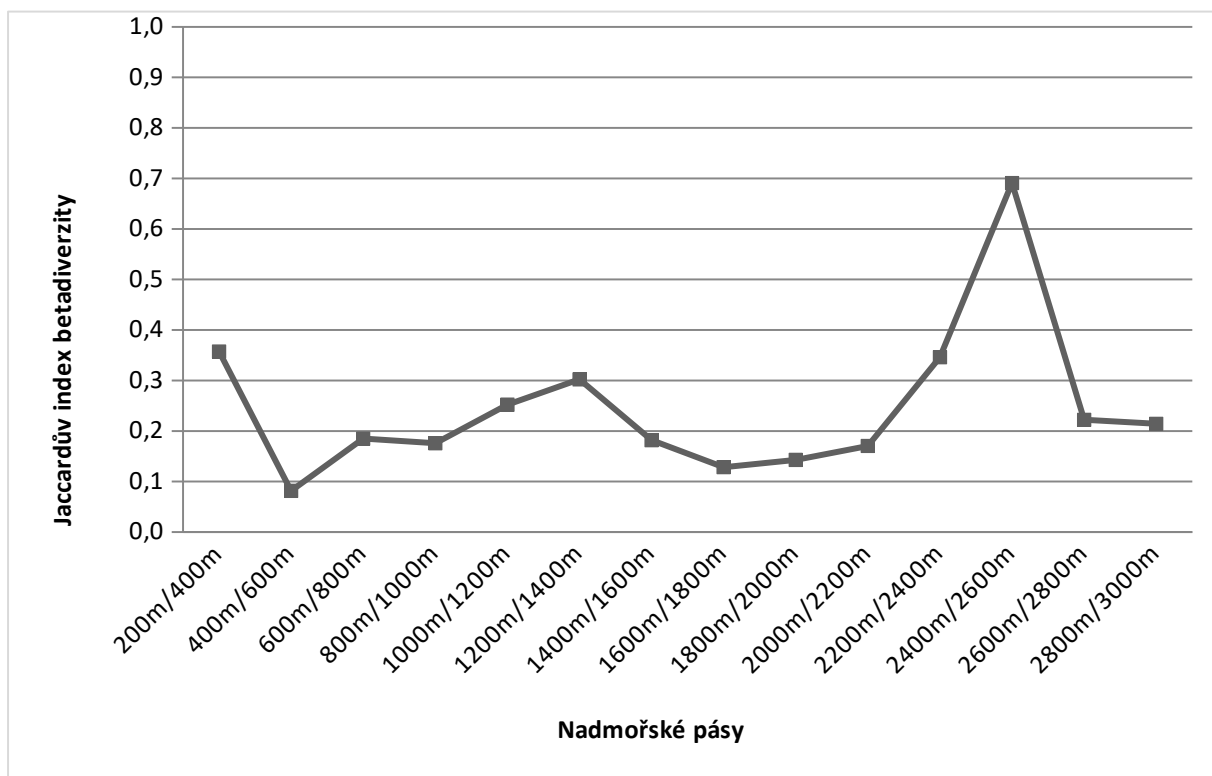
Tabulka 3 Plocha nížinného (do 1200 m n.m.) a horského (nad 1200 m n.m.) tropického deštného lesa v okruhu 40 km od Kamerunských hor (v km²)

	Kamerunská hora	Hora Kupé	Hora Manenguba	Hora Oku	Hora Rata	Bioko
nížinný les	1806	3050	3093	446	NA	932
horský les	268	355	542	1193	NA	239
celkem	2074	3405	3635	1639	NA	1171

3.3. Druhový obrat ptačích společenstev podél nadmořské výšky

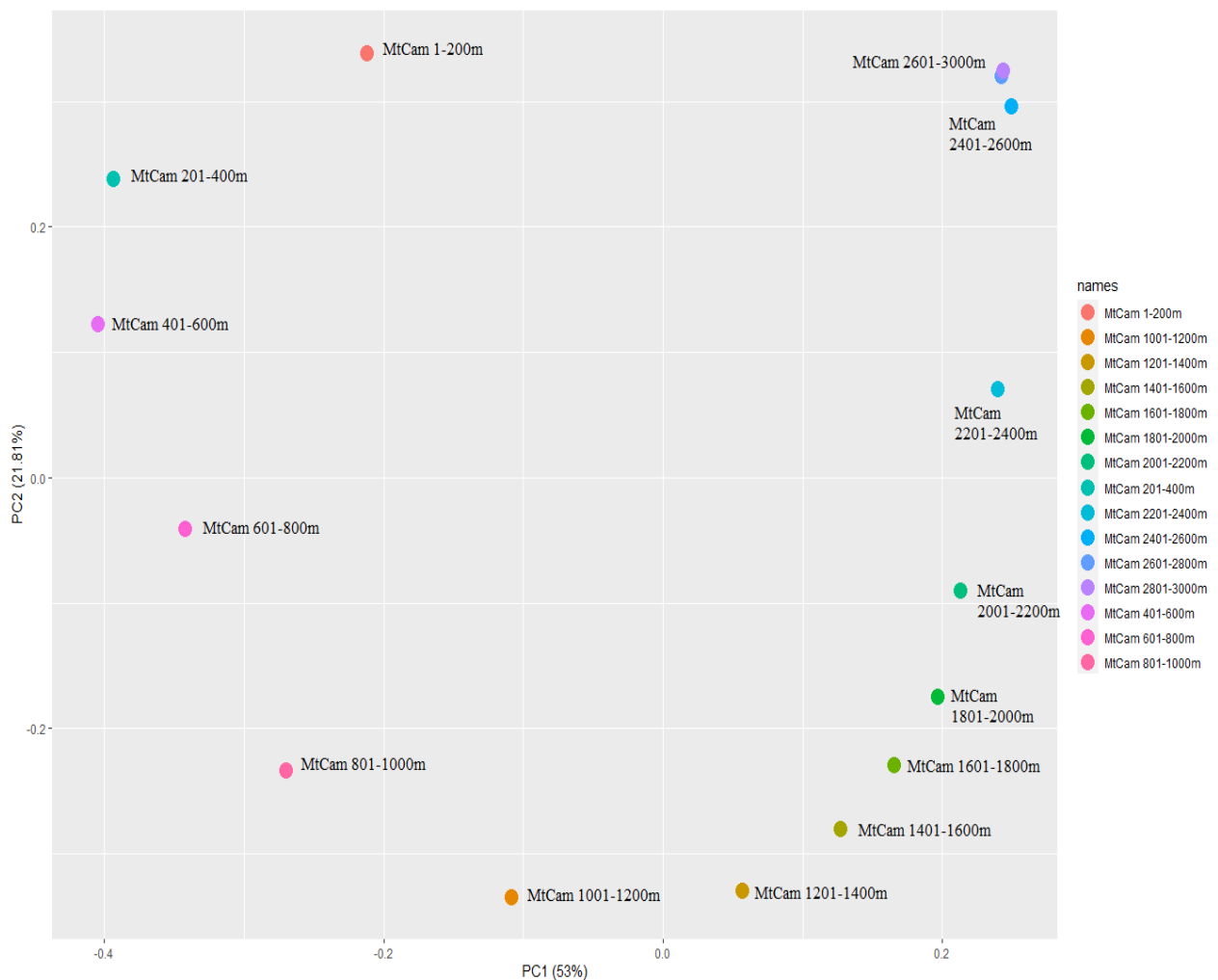
V této kapitole jsem pomocí Jaccardova indexu a analýzy hlavních komponent (PCA) analyzoval, jak se mění druhová skladba společenstev podél elevačního gradientu jednotlivých hor a identifikoval nadmořské pásy, kde dochází k rychlému druhovému obratu ptačích společenstev.

Na Kamerunské hoře ukázal Jaccardův index 3 místa s rychlejším obratem druhů (Obr. 7). Nejprve v nízkých nadmořských výškách, kde je deštný les hodně degradovaný, ptačí společenstva degradovaného lesa se liší od společenstev primárního lesa, který začíná zhruba v nadmořské výšce 300 m. Další větší změna beta diverzity se odehrává kolem výšky 1200 m n.m., kde přechází společenstvo nížinného lesa na les horský. Další větší změna se odehrává nad hranicí lesa 2200 m n.m., kde se mění společenstvo horského lesa na společenstvo vysokohorských luk.



Obr. 7. Průběh beta-diverzity podél elevačního gradientu na Kamerunské hoře

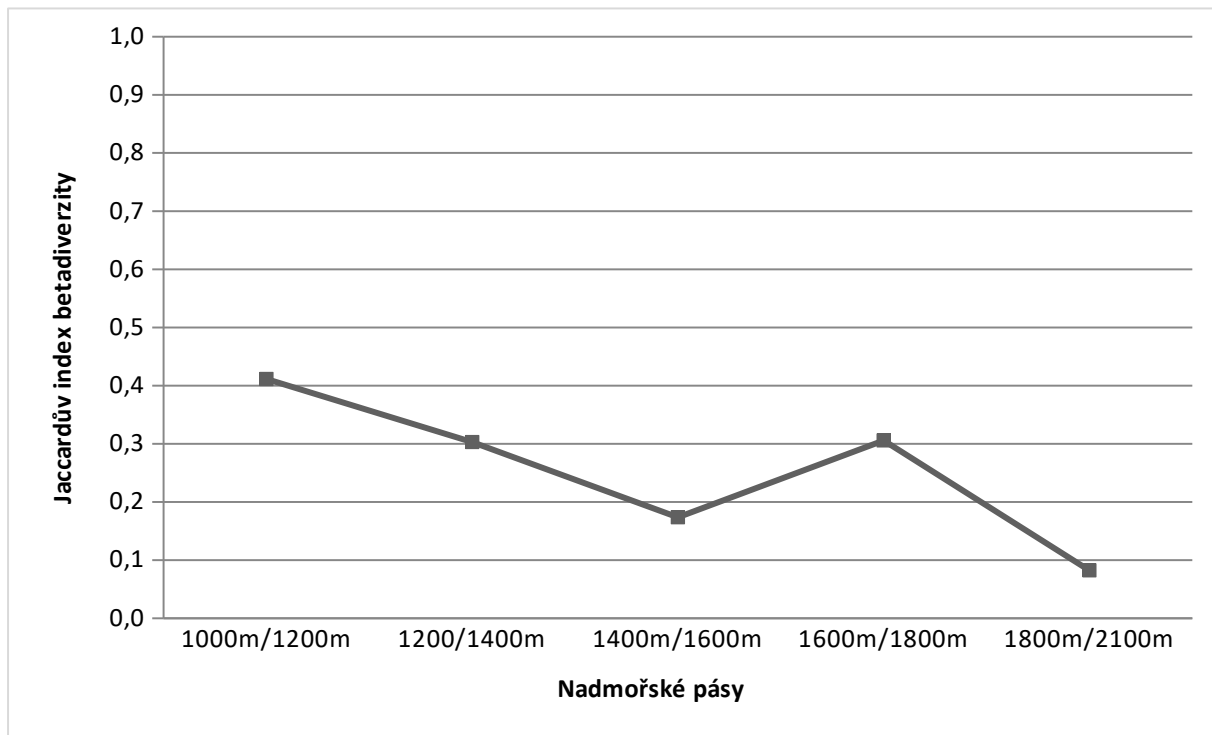
Podobné výsledky ukazuje analýza hlavních komponent (PCA). Z Obr. 8 je patrné rozdělení nížinného a horského lesa podél první osy. Druhá PCA osa pak ukazuje relativní rozdíl mezi jednotlivými po sobě jdoucími pásy. Nejnižší nadmořský pás (1-200 m n.m.) se na Kamerunské hoře dosti liší v druhovém složení ptáků. V nížinném lese pak dochází k poměrně plynulému druhovému obratu až do nadmořské výšky 1200 m n.m., poté na první ose odskakuje horský deštný les (nad 1200 m n.m.) Jednotlivé pásy horského deštného lesa se z hlediska druhového složení ptáků příliš neliší, odskakují až pásy v nadmořských výškách výšce 2201-2400 a 2401-2600 m n.m. Odlišné jsou ještě vyšší nadmořské výšky, kde již téměř absentují stromy. Ty se až do 3000 m n.m. už příliš neliší.



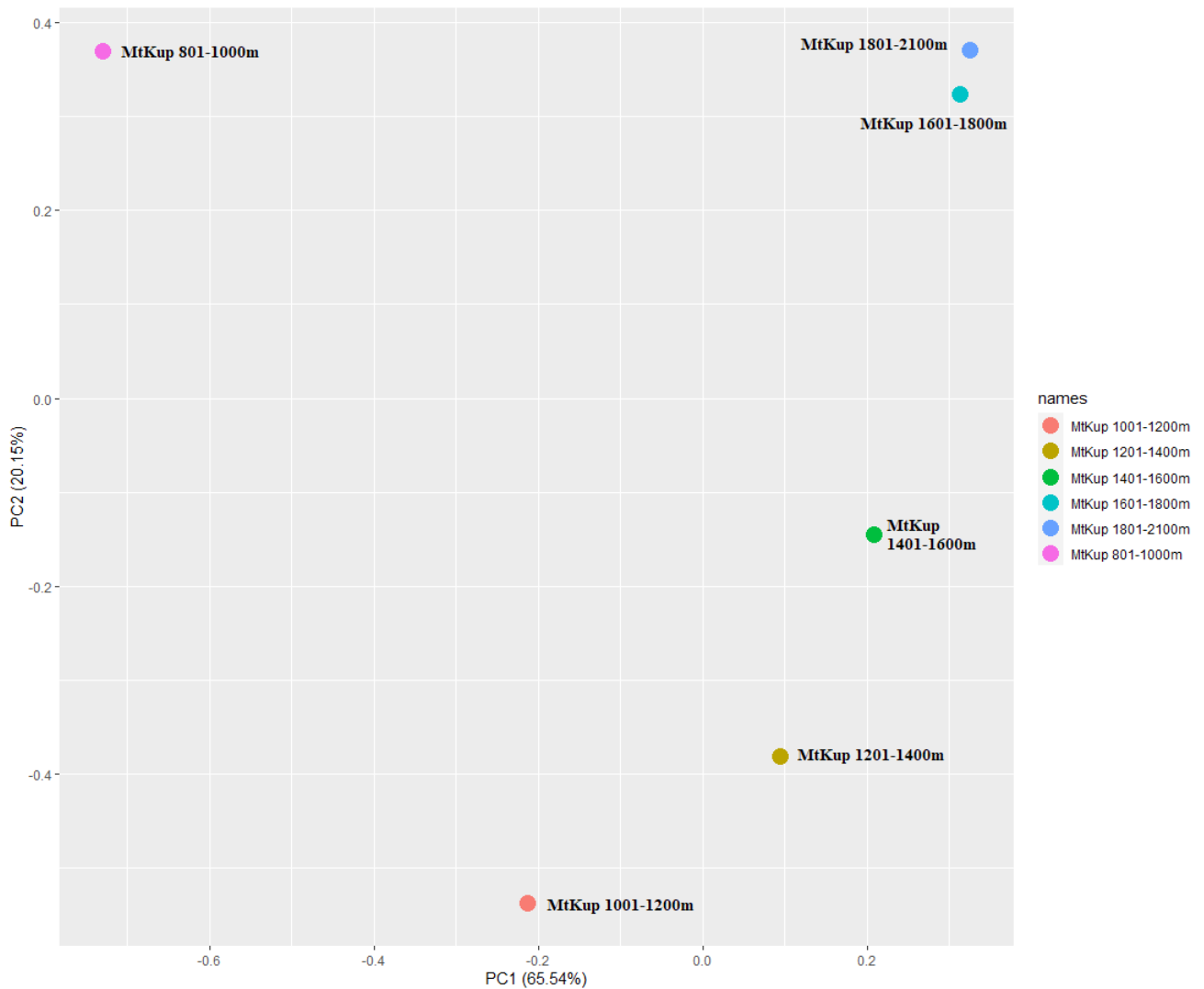
Obr. 8. Podobnost ptačích společenstev jednotlivých 200 m výškových pásů podél nadmořské výšky na Kamerunské hoře.

Analýza hlavních komponent (PCA), 1. osa vysvětluje 53 % a 2. osa 21,8 % variability.

Na hoře Kupé se výraznější změna v biodiverzitě objevuje v nižších nadmořských výškách mezi 800-1400 m, kde je deštný les fragmentován hlavně zemědělskou činností (Obr. 9). K další mírné fluktuaci ptačích druhů dochází ve výšce kolem 1600 m n.m.. To také potvrdila analýza hlavních komponent. Na první PCA ose je patrný velký rozdíl mezi ptačími společenstvy v nejnižších 2 nadmořských pásích (801-1000 m a 1001 a 1200 m) a také změna nížinného společenstva na horské kolem 1200 m n.m.. Druhá osa ukazuje postupně se zmenšující rozdíly mezi po sobě jdoucími ptačími společenstvy, kde 2 společenstva v nejnižších nadmořských pásích jsou si nejméně podobné a ve vyšších nadmořských výškách nad 1600 m jsou si nejpodobnější (Obr. 10).

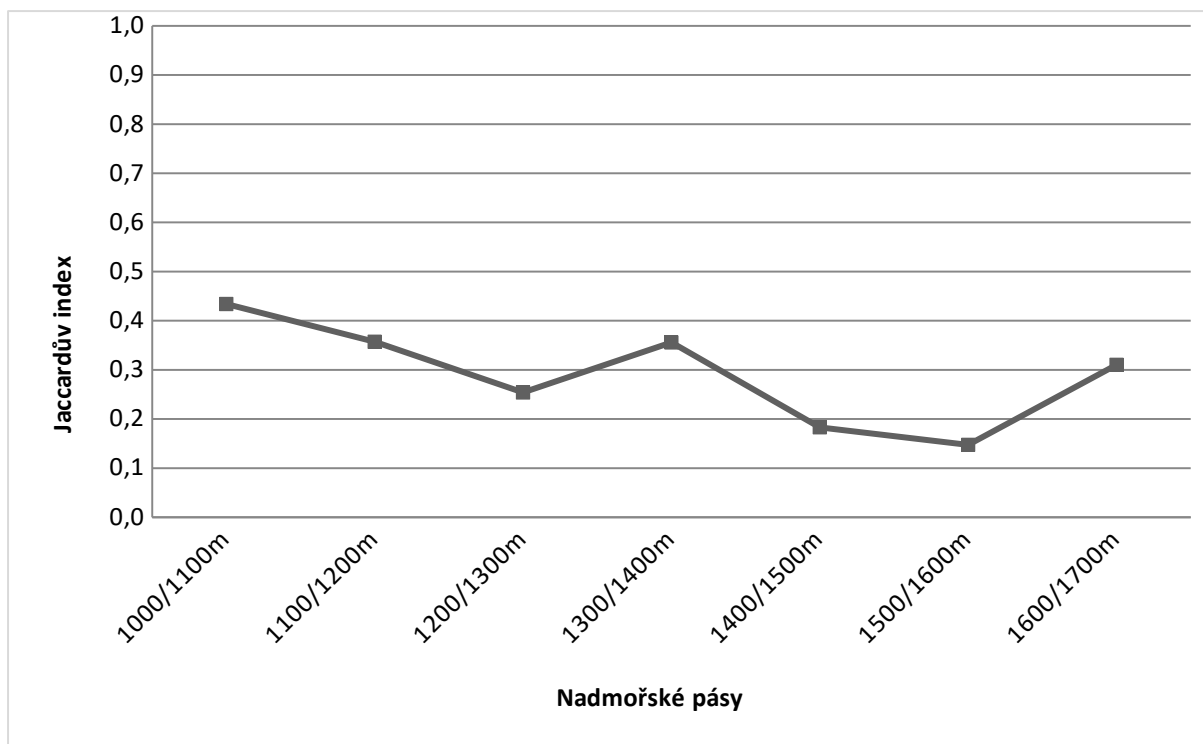


Obr. 9. Průběh beta-diverzity podél elevačního gradientu na hoře Kupé

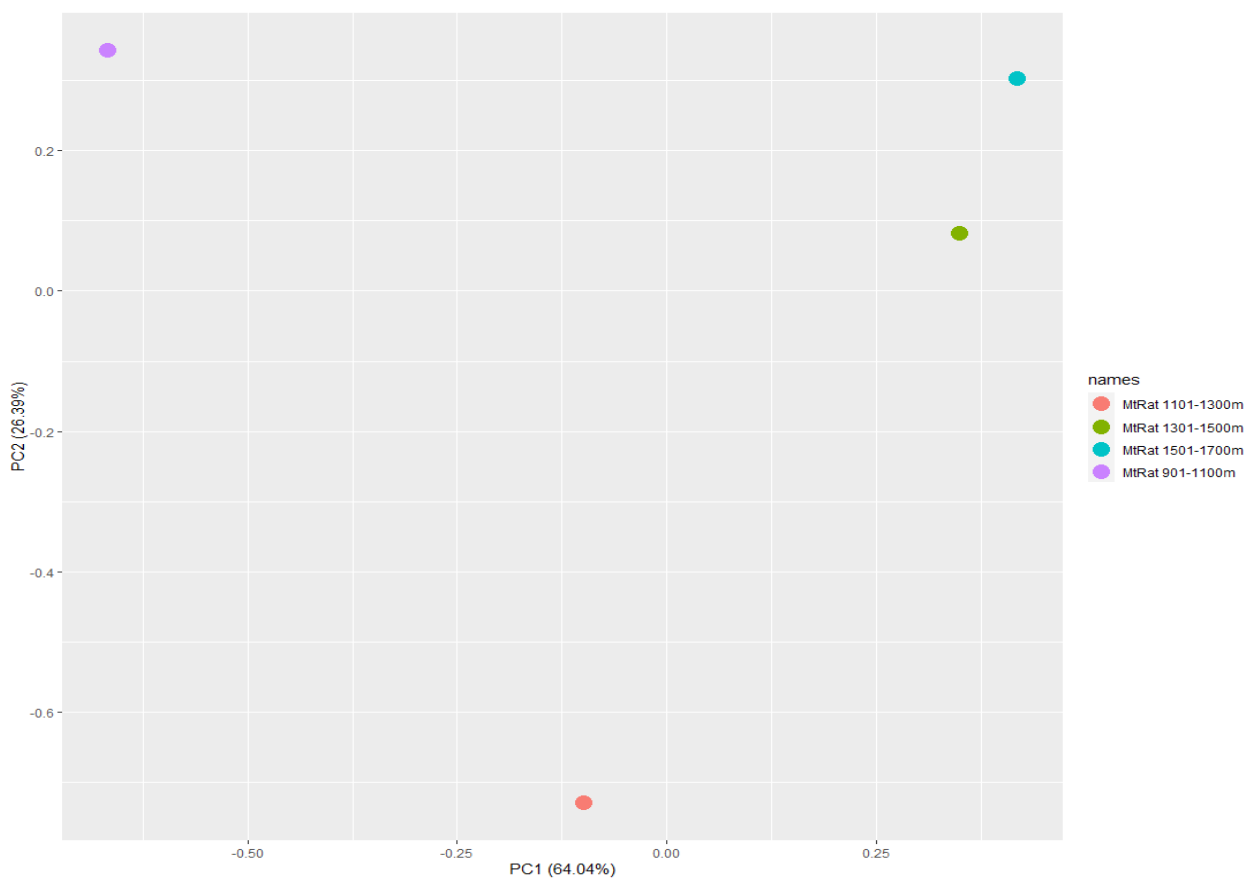


Obr. 10. Podobnost ptačích společenstev jednotlivých 200 m výškových pásů podél nadmořské výšky na hoře Kupé. Analýza hlavních komponent (PCA), 1. osa vysvětluje 65,54 % a 2. osa 20,15 % variability.

Na hoře Rata je Jaccardův index v nejnižších nadmořských výškách zpočátku vyšší, posléze klesá mezi 1200-1300 m n.m.. Dále je zde dobře vidět přechod ptačích společenstev mezi nadmořskými výškami 1300-1400 m. V dalším průběhu gradientu klesá a zvyšuje se až na úplném vrcholu hory (Obr. 11). Analýza hlavních komponent potvrdila větší odlišnosti ve společenstvech v nejnižších nadmořských pásích. Dále je v ní patrná změna nížinného společenstva na horské kolem nadmořské výšky 1300 m (Obr. 12). V nejvyšších nadmořských pásích jsou si společenstva ptáků už poměrně podobná.

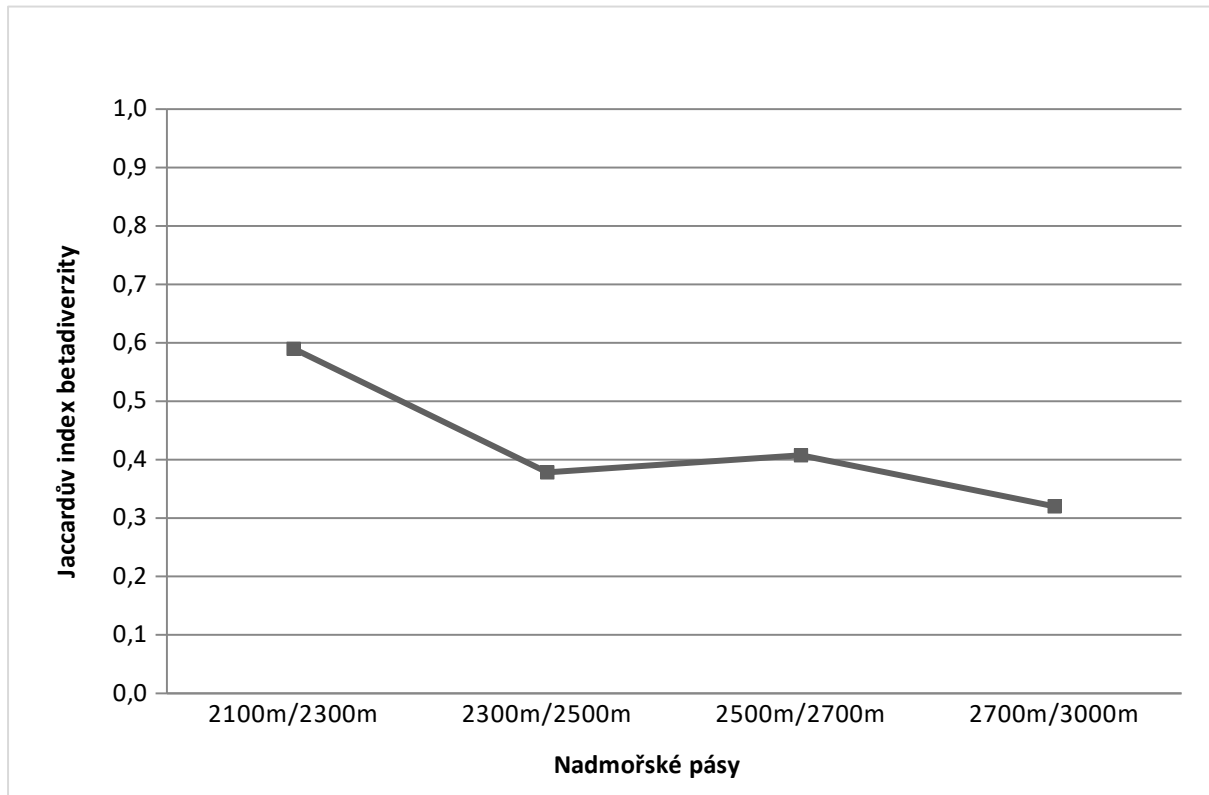


Obr. 11. Průběh beta-diverzity podél elevačního gradientu na hoře Rata

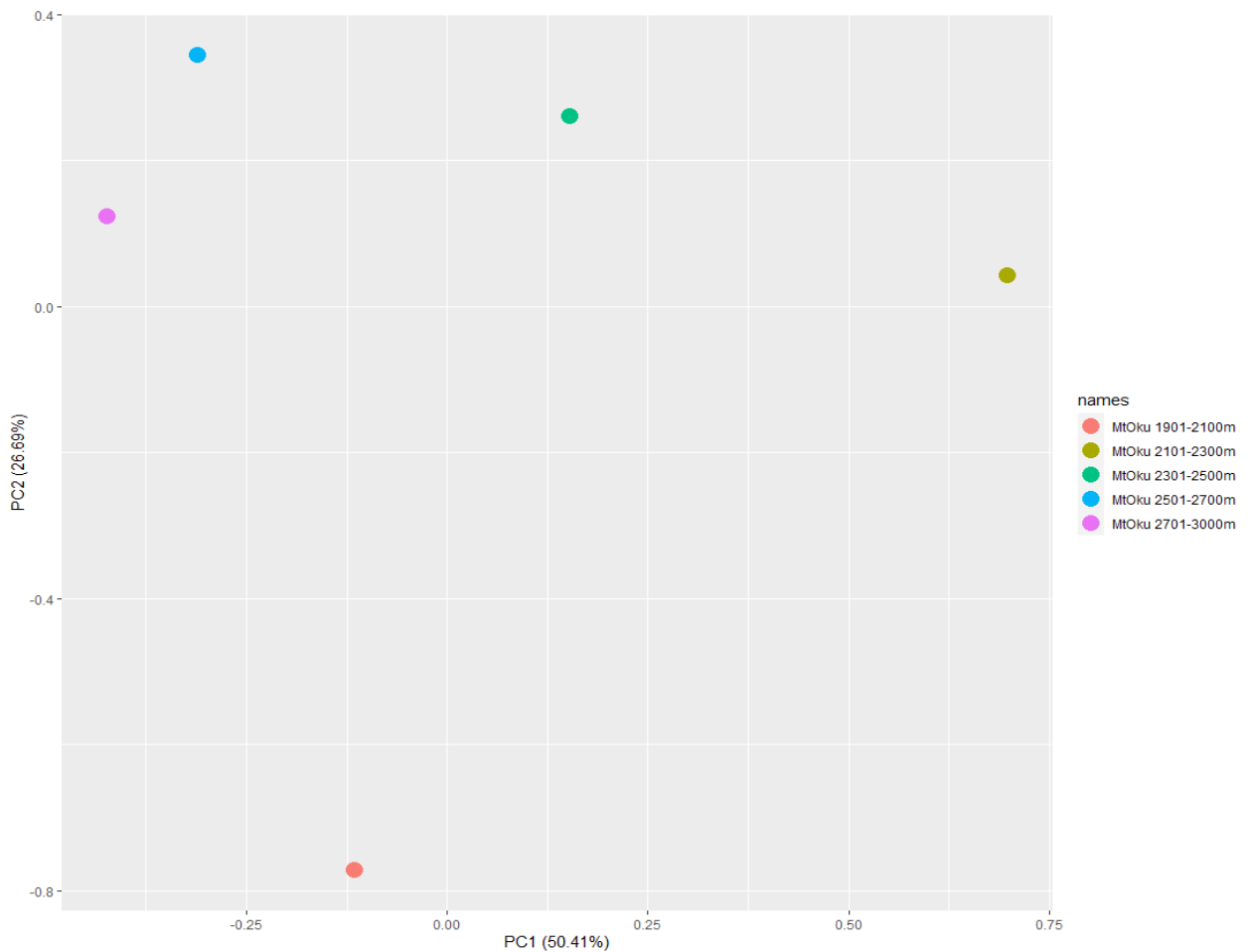


Obr. 12. Podobnost ptačích společenstev jednotlivých 200 m výškových pásů podél nadmožské výšky na hoře Rata. Analýza hlavních komponent (PCA), 1. osa vysvětluje 64,04 % a 2. osa 26,39 % variability.

Na hoře Oku je beta diverzita vysoká podél celého gradientu v porovnání s ostatními horami, chybí tu ale výraznější hranice mezi společenstvy (Obr. 13). To samé potvrdila i PCA analýza, kde je patrný větší rozdíl mezi ptačím společenstvem ve výšce 1901-2100 m a ostatními, zejména podél druhé PCA osy (Obr. 14).

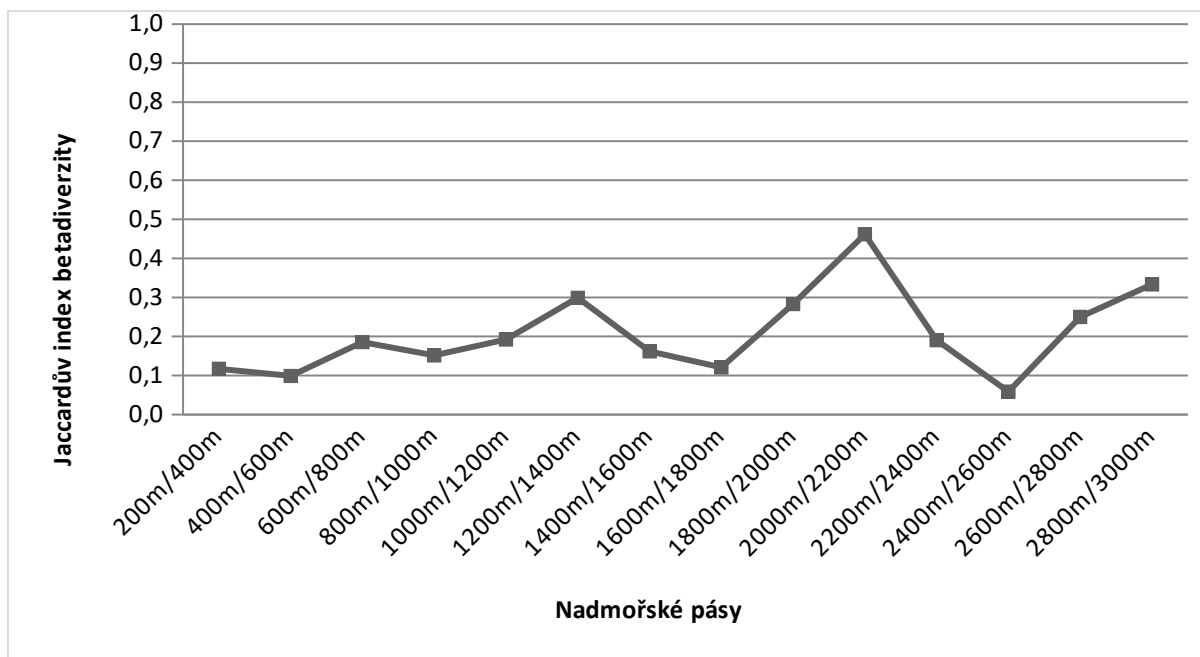


Obr. 13. Průběh beta-diverzity podél elevačního gradientu na hoře Oku

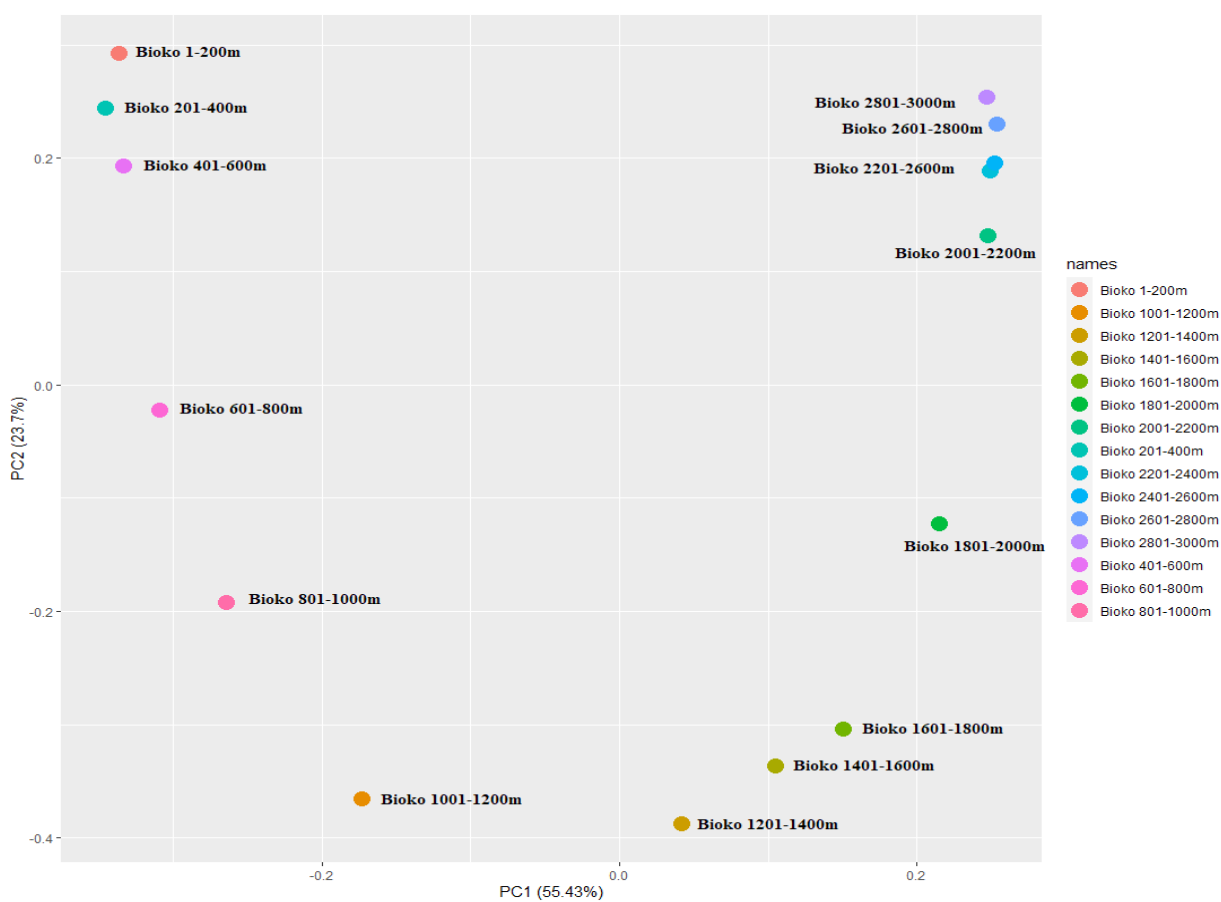


Obr. 14. Podobnost ptačích společenstev jednotlivých 200 m výškových pásů podél nadmořské výšky na hoře Oku. Analýza hlavních komponent (PCA), 1. osa vysvětluje 50,41 % a 2. osa 26,69 % variability.

Na ostrově Bioko se výraznější změna v biodiverzitě objevuje kolem 1200 m n.m., další poté mezi 1800-2200 m n.m. a také u samotného vrcholu ostrova (Obr. 15). Podobně dopadly výsledky analýzy hlavních komponent. První PCA osa rozdělila společenstva na nížinná a horská ve výšce 1200 m n.m.. Druhá PCA osa poté ukazuje rozdíly mezi jednotlivými po sobě jdoucími pásy. Společenstva do nadmořské výšky 600 m jsou si hodně podobná. Poté jsou na PCA analýze vidět větší rozdíly mezi společenstvy až do nadmořské výšky 1400 m. Další významná změna ve společenstvech je dále patrná mezi nadmořskými výškami 1800-2200 m. Dále jsou si společenstva až k vrcholu velmi podobná (Obr. 16). Index ani PCA analýza pro horu Manenguba se nedaly použít kvůli chybějícím datům v nižších nadmořských výškách, což zapříčinilo, že gradient byl příliš krátký pro tyto analýzy.



Obr. 15. Průběh beta-diverzity podél elevačního gradientu na ostrově Bioko



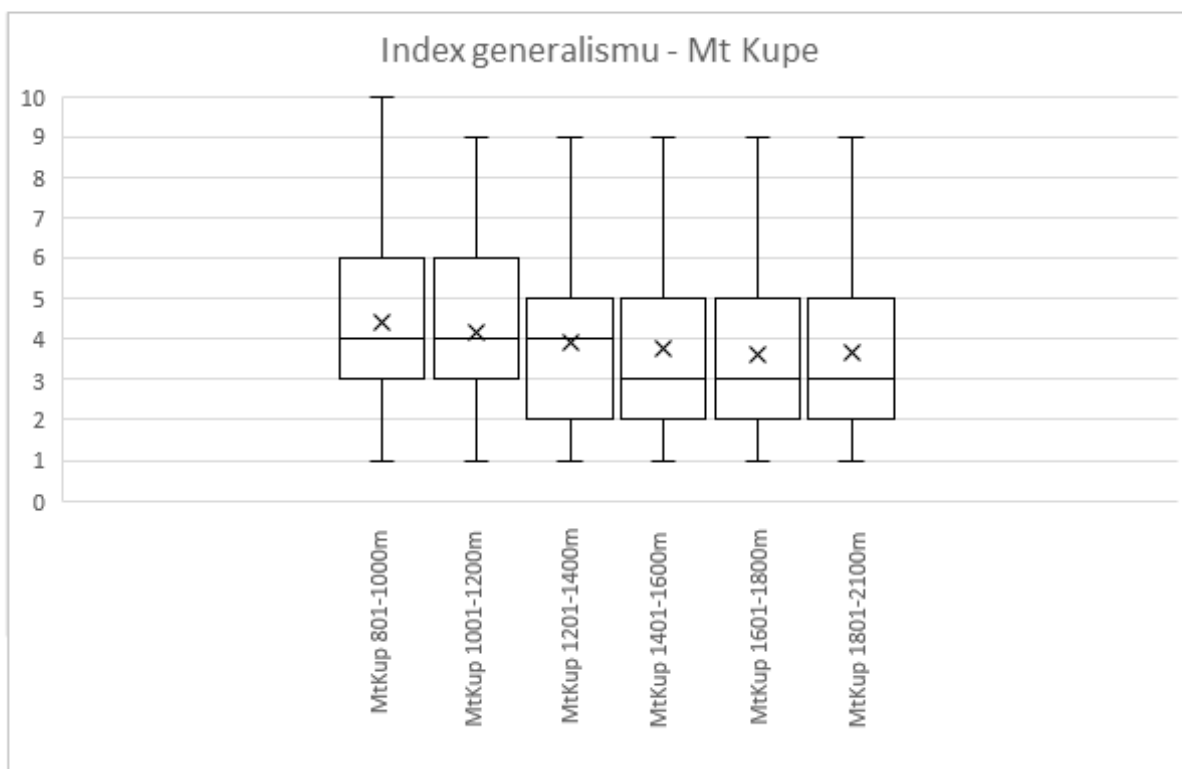
Obr. 16. Podobnost ptačích společenstev jednotlivých 200 m výškových pásů podél nadmořské výšky na ostrově Bioko.

Analýza hlavních komponent (PCA), 1. osa vysvětluje 55,43 % a 2. osa 23,7 % variability.

3.4. Index generalismu

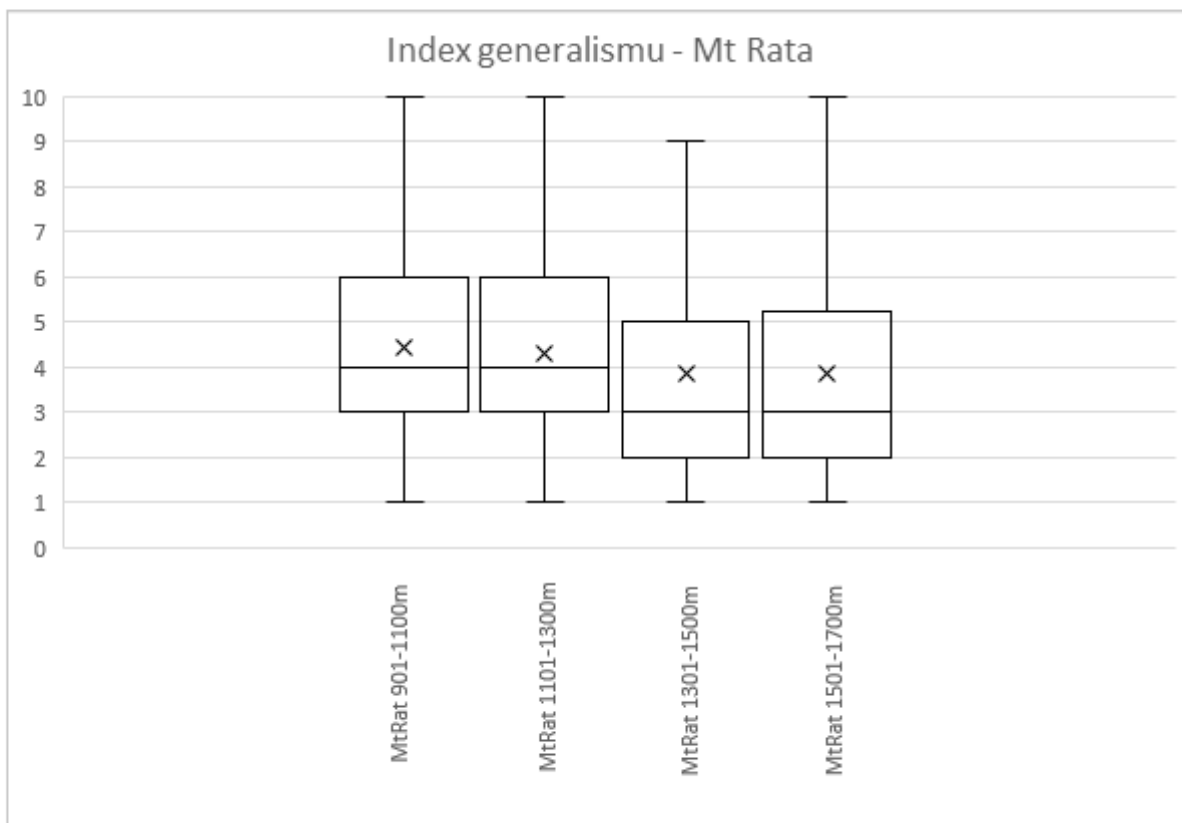
V následující kapitole popisují výsledky analýzy indexu generalismu. Výsledky tohoto indexu byly poměrně složité na interpretaci, jeho průměrná hodnota se téměř nemění ani podél gradientu jednotlivých hor, ani mezi horami navzájem (viz Grafy indexu generalismu v Příloze). Z tohoto důvodu jsem použil ještě jiný typ analýzy, kde jsem analyzoval nadmořské pásy podle počtu specialistů a generalistů, nikoliv podle průměrného indexu generalismu. V textu uvádím pouze ty grafy průměrného indexu generalismu, na kterých je patrný měnící se trend, ostatní grafy jsem vložil do přílohy práce.

Na Kamerunské hoře průměrný index generalismu ptačích společenstev neukázal žádné větší výkyvy, po celou délku gradientu se pohybuje mezi hodnotami 4,1 – 4,7 bodu. Nejvyšší hodnoty jsou u nadmořské výšky do 600 m n.m., poté se objevuje ještě jeden vrchol hodnot ve výšce 2200 m n.m.. Graf průběhu indexu generalismu na Kamerunské hoře vkládám do přílohy práce. Na hoře Kupé se index podél výškového gradientu hory postupně snižuje z počáteční hodnoty 4,4 bodu a ve výškách kolem 1200 m n.m. klesá pod hodnotu 4,0 bodu a pak nadále klesá až na hodnotu 3,6 bodu (Obr. 17). Poněkud specializovanější jsou tedy společenstva ve vyšších nadmořských výškách. Trend je výraznější, pokud se podíváme na medián hodnot a nikoliv jen na průměr.



Obr. 17. Průběh indexu generalismu podél elevačního gradientu na hoře Kupé; křížek = průměr, tučná linka = medián

Na hoře Rata má index generalismu podobný průběh, jako na hoře Kupé. V nejnižších nadmořských výškách má nejvyšší hodnoty 4,4 bodu a postupně podél gradientu tato hodnota klesá, kolem výšky 1300 m n.m. se hodnota indexu dostane pod hranici 4,0 bodu a na nejvyšším nadmořském pásu hory má hodnotu 3,8 bodu (Obr. 18). Trend je opět zřetelnější, když se díváme na hodnoty mediánu. Naopak na ostrově Bioko je průběh indexu generalismu téměř monotónní. Začíná na nejvyšších hodnotách 4,8 bodu a s občasnými výkyvy se snižuje k hodnotám 4,6 bodu. V nejvyšších nadmořských výškách od 2600 m n.m. má nejnižší hodnotu 4,1 bodu. Graf k ostrovu Bioko je vložen do přílohy práce.

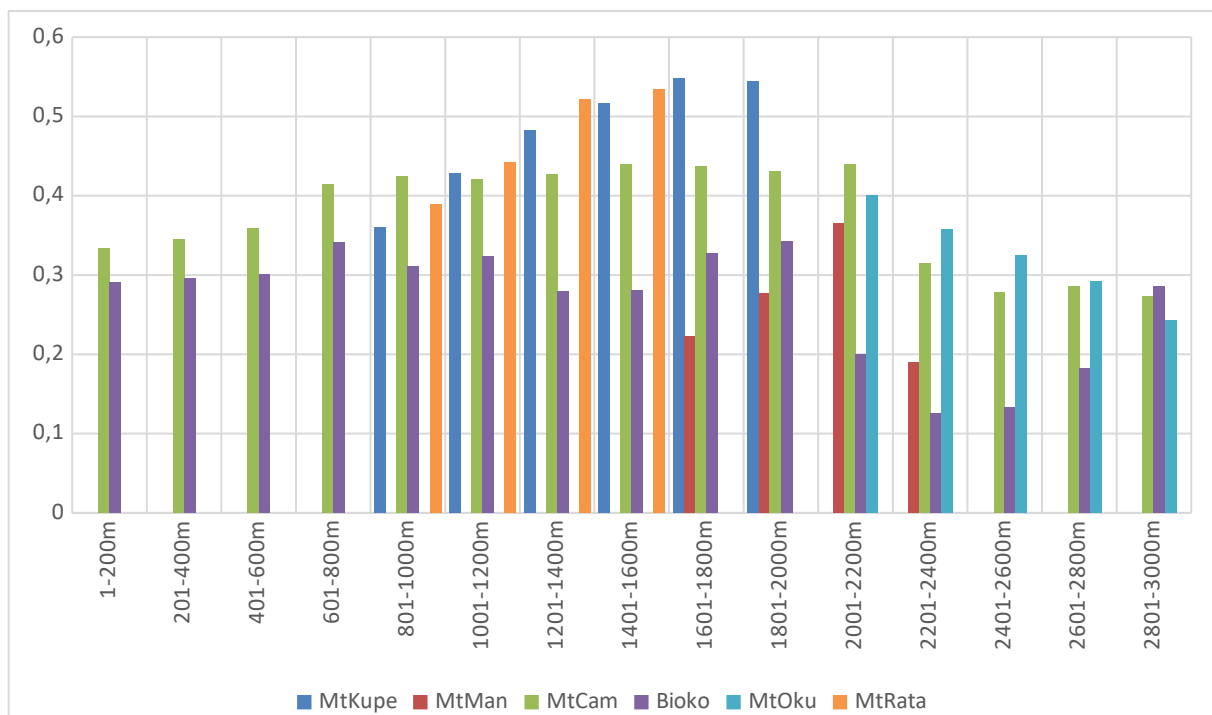


Obr. 18. Průběh indexu generalismu podél elevačního gradientu na hoře Rata; křížek = průměr, tučná linka = medián

Na hoře Manenguba je hodnota indexu generalismu konzistentní kolem hodnoty 4,6 bodu, kromě nadmořského pásu 2000–2200 m n.m., kde je nižší, 4,1 bodu. Na hoře Oku index stoupá podél celého gradientu, začíná na hodnotě 4,1 bodu v nejnižším nadmořském pásu a nejvyšší hodnotu 4,6 bodu má v nejvyšším nadmořském pásu hory, 2700–3000 m n.m.. Grafy k těmto horám jsou vloženy v příloze práce.

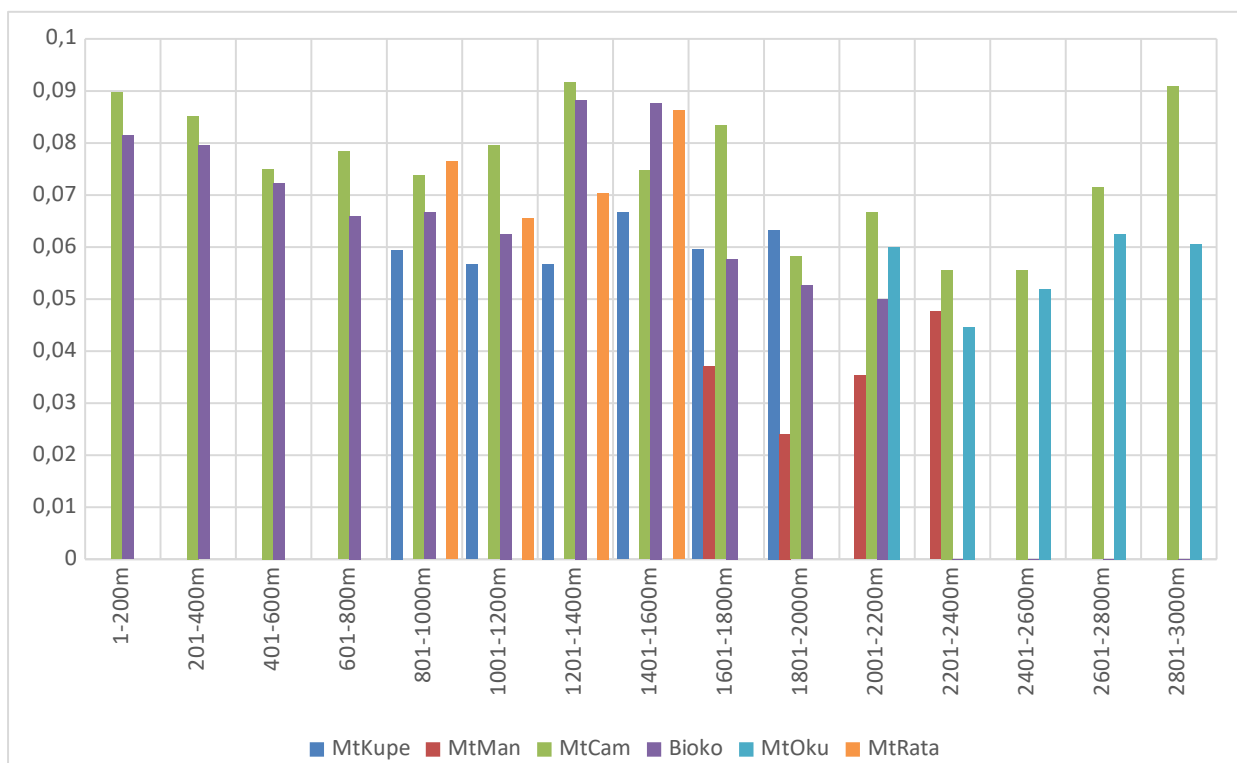
Jako doplnění k indexu generalismu jsem ještě zkoumal konkrétní počet habitatových specialistů a generalistů v jednotlivých nadmořských pásích. Dále jsem zkoumal jejich podíl na celkovém počtu druhů v ptačích společenstvech. Výsledky jsou graficky zpracované v Grafech 11 (specialisté) a 12 (generalisté). Obecně se nejvýraznější podíl specialistů v ptačích společenstvech na všech horách objevuje mezi 800–2200 m n.m. ., tedy v přechodu nížinných a horských lesů a v samotných horských lesích (Obr. 19). Největší podíl habitatových specialistů se vyskytuje na horách Kupé a Rata, následovaných Kamerunskou

horou. Na hoře Kupé se podíl specialistů v ptačím společenstvu pohybuje nad 50 % hranicí mezi nadmořskými výškami 1400–2000 m. U hory Rata se podíl specialistů ve společenstvu objevuje v rozmezí 1300–1700 m n.m.. Na dalších horách podíl specialistů ve společenstvu nepřesáhne nikde hranici 50 %. Na Kamerunské hoře je nejvyšší podíl specialistů v ptačích společenstvech mezi nadmořskými výškami 600–2200 m, ale nikde nepřesáhne přes 44 %. Nad hranicí lesa specialistů významně ubývá. Na ostrově Bioko je poměr specialistů o něco nižší než na předchozích horách. Nejvyšší podíl specialistů ve společenstvech je mezi 600–1200 m n.m. a mezi 1600–2000 m n.m., ale nejvyšší hodnota je pouze 34 %. Hory Manenguba a Oku také vykazují menší poměr specialistů ve společenstvech ptáků než Kamerunská hora, hory Kupé a Rata. Nejvyšší podíl specialistů na hoře Manenguba se vyskytuje mezi 2000–2200 m n.m., a to 36 %. Nejvyšší podíl specialistů v ptačích společenstvech na hoře Oku je 40 % v nadmořské výšce 2000–2200 m n.m., směrem k vrcholu tento podíl dál klesá až k hranici 24 % na vrcholu hory.



Obr. 19. Podíl habitatových specialistů ve společenstvech ptáků na Kamerunských horách

Podíly habitatových generalistů ve společenstvech ptáků byly mnohem nižší než podíly specialistů (Obr. 20). Největší podíl habitatových generalistů se vyskytuje na Kamerunské hoře ve 3 nadmořských výškách 1–200 m, 1200–1400 m a 2800–3000 m a to 9 %. Další místa s vyšším podílem generalistů jsou ostrov Bioko a hora Rata. Na ostrově Bioko je podíl generalistů ve společenstvu mezi 1–400 m n.m. a 1200–1600 m n.m. kolem 8 %. Na hoře Rata je podíl 8 % pouze v rozmezí 1400–1600 m n.m.. Na dalších horách je podíl generalistů ve společenstvu maximálně okolo 6 %, nejnižší podíl se vyskytuje na hoře Manenguba ve výšce 1800–2000 m n.m. a to 2,4 %.



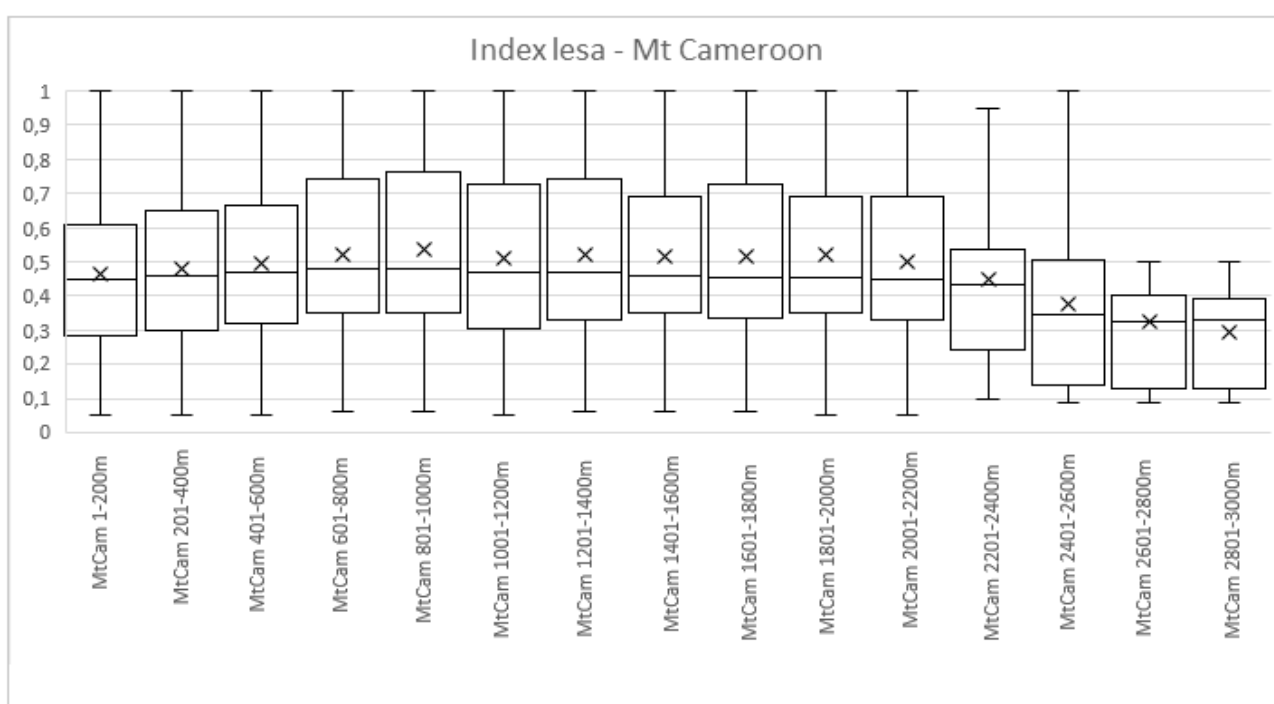
Obr. 20. Podíl habitatových generalistů ve společenstvech ptáků na Kamerunských horách

3.5. Index afinity druhů k lesnímu biotopu

V následující kapitole jsem za pomoci vytvořeného parametru analyzoval afinitu k lesu jednotlivých druhů i celých společenstev ptáků. Společenstva ptáků jsem si rozdělil po

200 nadmořských metrech a porovnal mezi sebou v rámci hory. Dále jsem porovnal hory vzájemně mezi sebou.

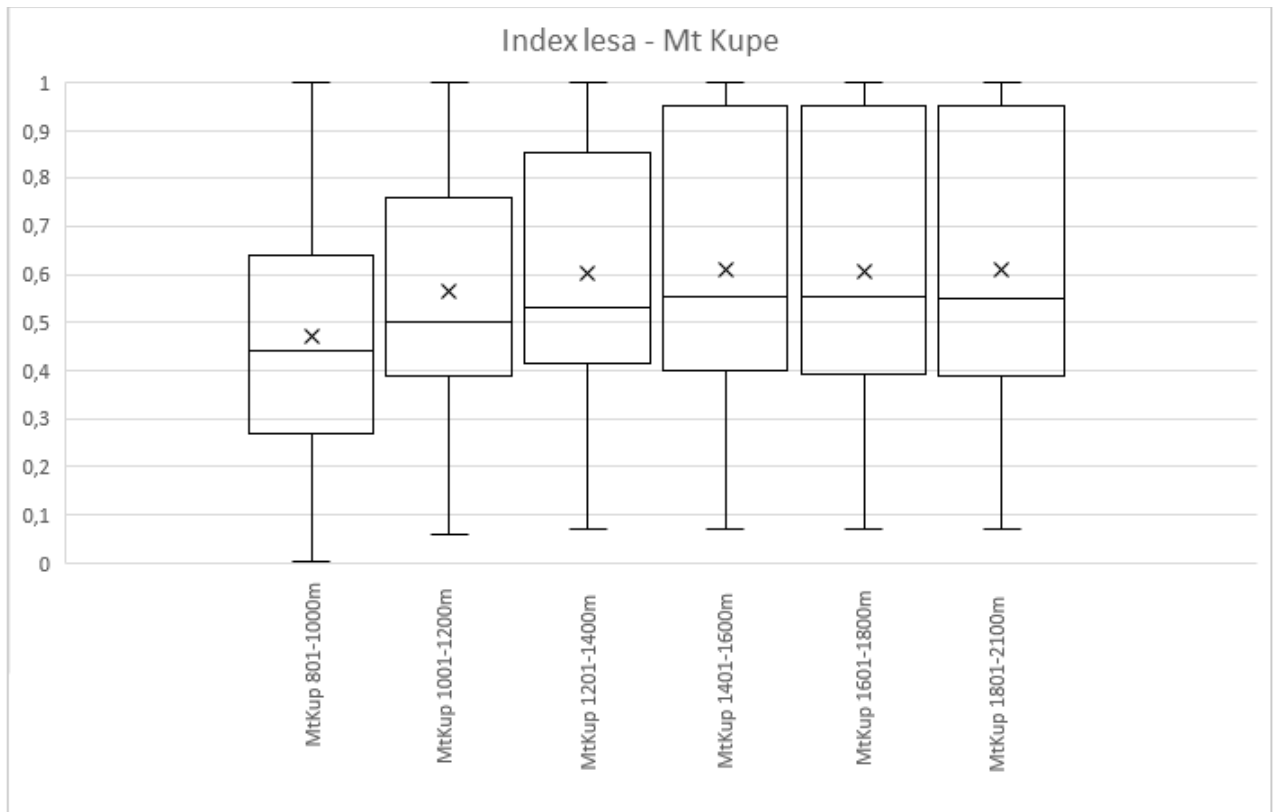
Na Kamerunské hoře se průměrný index lesa ptačích společenstev v nízkých nadmořských výškách pohybuje těsně pod hranicí 0,5 bodu. V nadmořské výšce 600 m n.m. se průměrný index lesa zvyšuje nad hranici 0,5 bodu, což jsme určili za hranici výhradně lesního společenstva. Dále se index drží nad hranicí 0,5 bodu až k hranici lesa ve 2200 m n.m., nad touto hranicí začíná průměrný index dále klesat (Obr. 21).



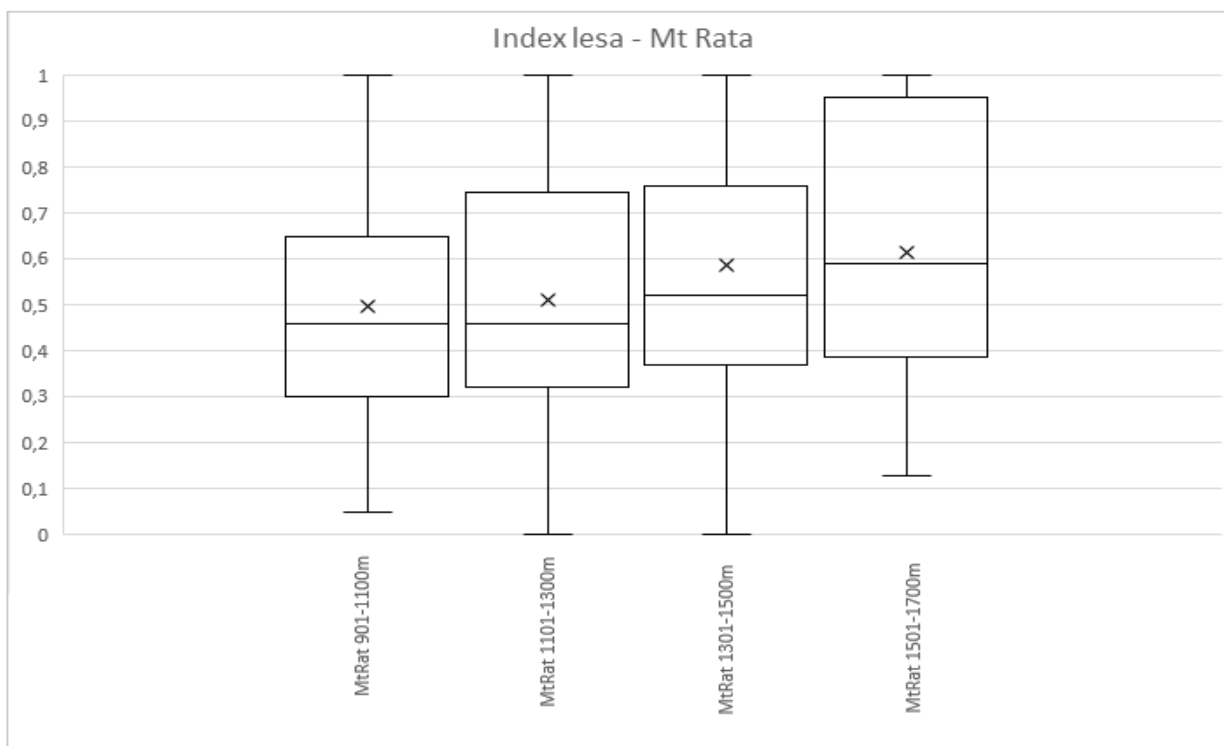
Obr. 21. Průběh indexu lesa podél elevačního gradientu na Kamerunské hoře; křížek znázorňuje průměr, tučná linka znázorňuje medián

Na hoře Kupé mají společenstva ptáků vyšší afinitu k lesu než na Kamerunské hoře (Obr. 22). V nejnižších nadmořských výškách je index ještě těsně pod hranicí 0,5 bodu, ale kolem 1000 m n.m. se index zvyšuje nad tuto hranici. Nadále stále stoupá a od 1200 m n.m. až k vrcholu hory se index pohybuje nad 0,6 bodu. Na hoře Rata se stejně jako na hoře Kupé nachází společenstvo ptáků s vysokou afinitou na lesní biotop (Obr. 23). V nižších nadmořských výškách se index pohybuje kolem 0,5 bodu a od výšky 1300 m n.m. se index

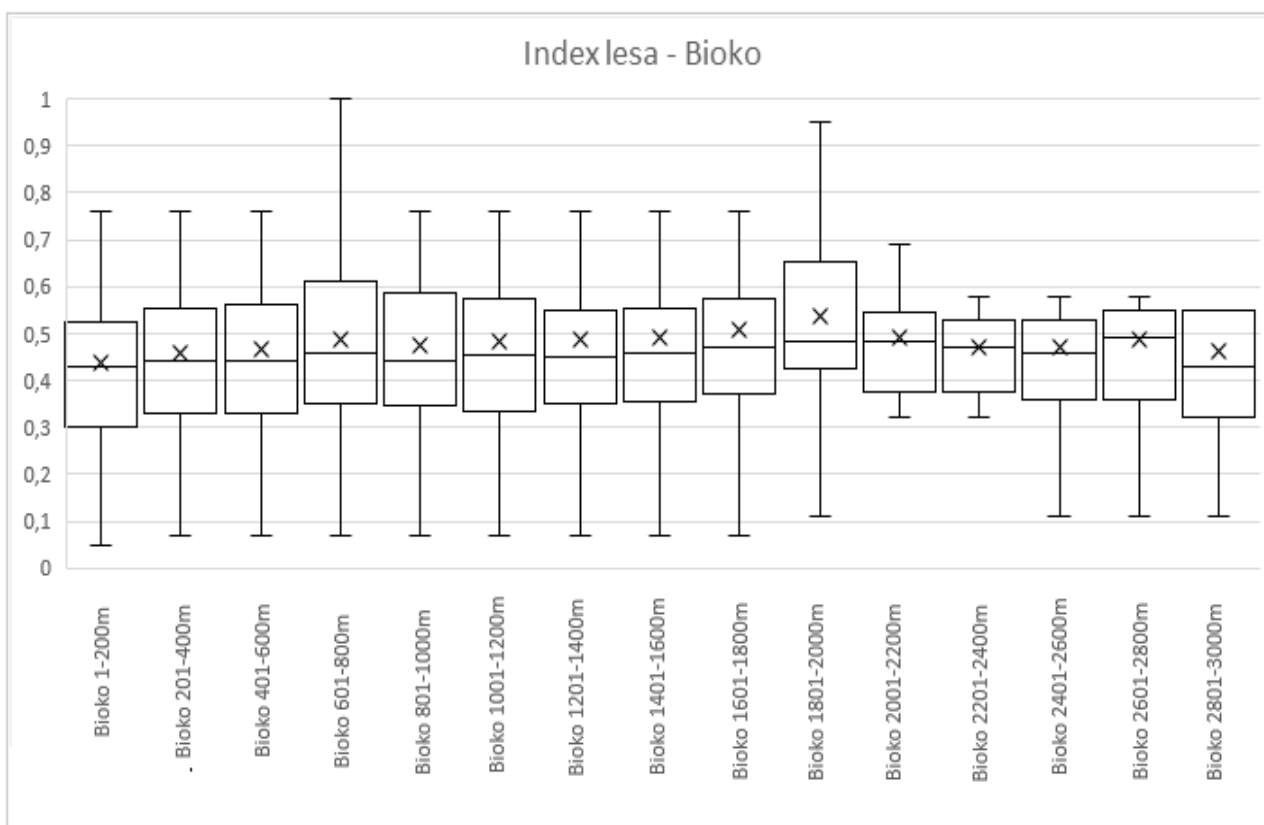
zvyšuje až k hodnotě 0,6 bodu. Společenstva ptáků na ostrově Bioko vykazují menší závislost na lesním biotopu než společenstva na předešlých horách (Obr. 24). Po celé délce gradientu se hodnoty indexu lesa pohybují mezi 0,4 a 0,5 body, pouze v nadmořských výškách 1600 – 2000 m n.m. se index pohybuje nad hranicí 0,5 bodu. Nejnižší hodnoty nabývá index lesa, podobně jako u předešlých hor, v nejnižších nadmořských výškách do 400 m n.m..



Obr. 22. Průběh indexu lesa podél elevačního gradientu na hoře Kupé; křížek = průměr, tučná linka = medián

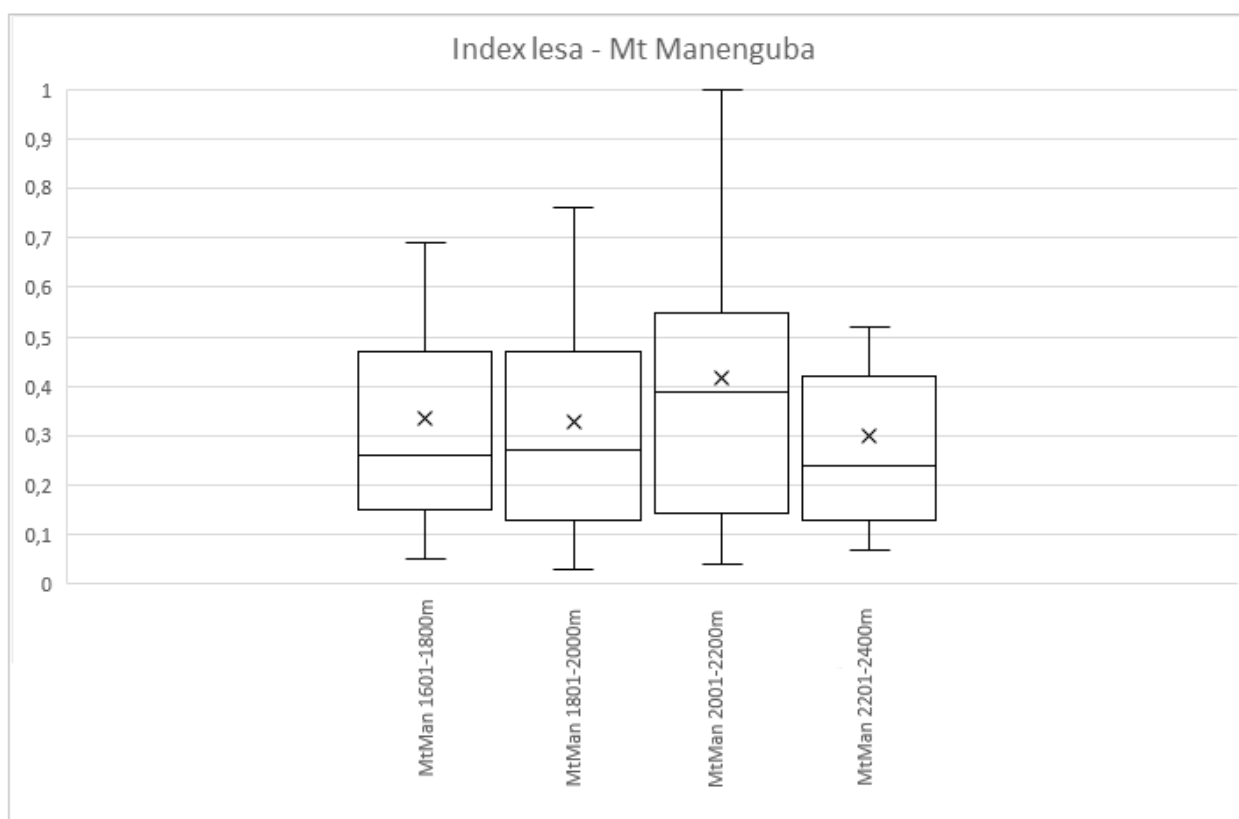


Obr. 23. Průběh indexu lesa podél elevačního gradientu na hoře Rata; křížek = průměr, tučná linka = medián

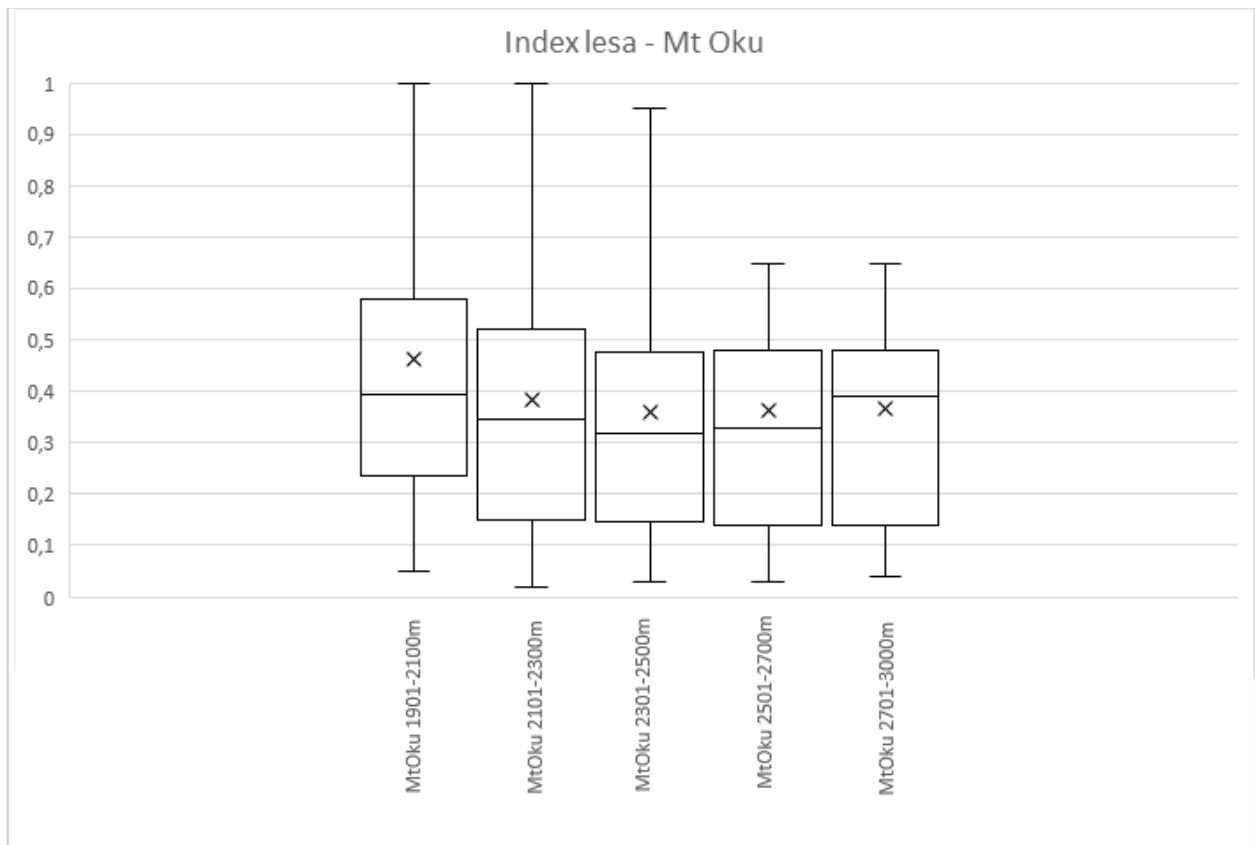


Obr. 24. Průběh indexu lesa podél elevačního gradientu na ostrově Bioko; křížek = průměr, tučná linka = medián

Na hoře Manenguba se vyskytují ptačí společenstva, kterou jsou mnohem méně vázaná na přítomnost lesa než u předchozích hor (Obr. 25). Ve většině nadmořských pásů se index lesa pohyboval kolem 0,3 bodu. Vyšší byl pouze v nadmořské výšce mezi 2000 – 2200 m n.m., kde vystoupal nad hodnotu 0,4 bodu. Na hoře Oku měl index lesa podobný průběh, jako na hoře Manenguba. Většinou se pohyboval mezi 0,3 a 0,4 body, jedinou výjimku tvořil nejnižší nadmořský pás mezi 1900 – 2100 m n.m., kde se index lesa vyšplhal na hodnotu 0,46 bodu (Obr. 26).

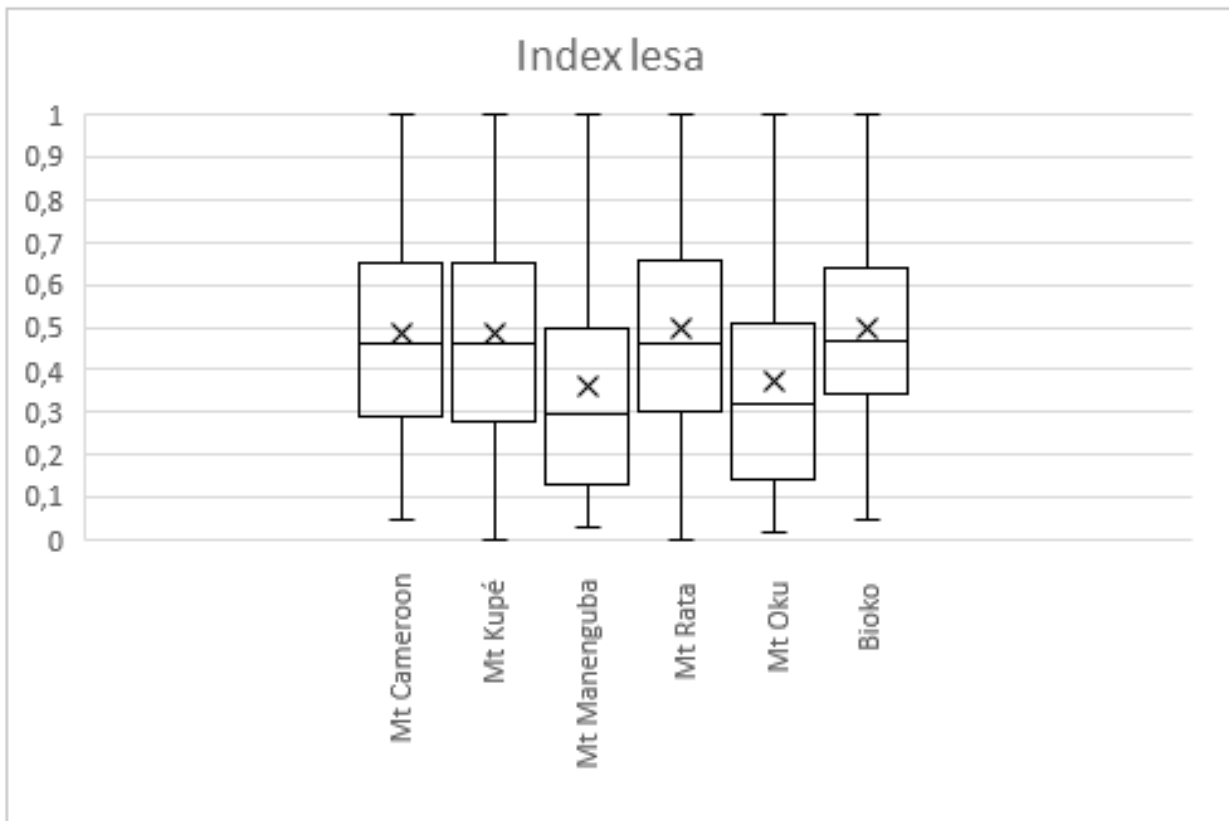


Obr. 25. Průběh indexu lesa podél elevačního gradientu na hoře Manenguba; křížek = průměr, tučná linka = medián



Obr. 26. Průběh indexu lesa podél elevačního gradientu na hoře Oku; křížek = průměr, tučná linka = medián

Pokud porovnáme mezi sebou celá ptačí společenstva vyskytující se na jednotlivých horách zjistíme, že ptačí společenstva na Kamerunské hoře, ostrově Bioko a horách Kupé a Rata mají velmi podobnou afinitu k lesu a hodnoty průměrného indexu lesa se pohybují jen těsně pod hranicí 0,5 bodu (Obr. 27). V průměru nejvyšší afinitu k lesu 4,96 bodu má společenstvo na ostrově Bioko a na hoře Rata 4,94 bodu, jen o trochu nižší afinitu k lesu mají ptačí společenstva na Kamerunské hoře a hoře Kupé, 4,86 bodu. Poměrně vysokou afinitu k lesu těchto společenstev potvrzují i hodnoty mediánů. Ptačí společenstva na horách Manenguba a Oku jsou tvořena méně lesními druhy a objevuje se zde více spíše savanových druhů ptáků, průměrný index lesa pro horu Manenguba ukázal 0,363 bodu a pro horu Oku 0,372 bodu.



Obr. 27. Průměrný index lesa ptačích společenstev na Kamerunských horách; křížek = průměr, tučná linka = medián

4. Diskuze

V této části shrnuji výsledky práce a diskutuji je v širším kontextu. Nejprve stručně uvádím zjištěný vývoj druhové diverzity podél elevačního gradientu a diskutuji, čím je způsoben její pokles s rostoucí nadmořskou výškou, a rozdíly mezi jednotlivými horami. Dále zasazuji své výsledky do kontextu dostupné literatury. V poslední kapitole upozorňuji na nedostatky použitého datasetu, zvláště na nedostatečnou zmapovanost některých hor. Navrhuji také možné rozšíření a vylepšení datasetu.

4.1. Ptačí společenstva Kamerunských hor

Většina studií zabývajících se elevačním gradientem druhů na tropických horách je z oblastí And v Jižní Americe (např. Rahbek 1997, Ruggiero and Hawkins 2008, Forero-Medina et al. 2011, Ocampo-Peñuela and Pimm 2015) a z oblasti jihovýchodní Asie (např. Brown 2001, Heaney 2001, Peh 2007, Marki et al. 2016, Sam et al. 2019). Výzkumy na Africkém kontinentu se provádí spíše v oblasti Eastern Arc Mountains v Tanzánii, na náhorní plošině v Etiopii nebo v pohoří Virunga v Ugandě a Rwandě (např. Burgess et al. 2006 and 2007, Romdal and Rahbek 2009, Abebe et al. 2019). Poměrně dobře prostudovanou horou je pak Kilimandžáro v Tanzánii (např. Ferger et al. 2017, Hanz et al. 2019). Studie zaměřující se na ptáky oblasti Kamerunských hor většinou dokumentují přítomné druhy ptáků v kontextu jejich ochrany, jen velice málo prací je zaměřeno přímo na diverzitu podél elevačního gradientu. Výjimkou je Kamerunská hora, kde probíhá intenzivní výzkum českých vědců od r. 2011 (např. Ferenc et al. 2016, Hořák et al. 2019).

V souhrnné studii 190 elevačních gradientů McCain (2009) určila 4 možné průběhy biodiverzity podél nadmořské výšky. Hlavními faktory, které formovaly toto rozdělení, byly

dostupnost vody a teplota. Vzhledem k tomu, že oblast Kamerunských hor patří mezi místa s nejvyšším úhrnem srážek na Africkém kontinentu, tak by zde podle předpokladů McCain (2009) měl být průběh diverzity buď ve formě lineárního klesání s maximem u úpatí hory, nebo plató v nižších nadmořských výškách následované lineárním poklesem diverzity. Hory s největší diverzitou ve středních nadmořských výškách (mid-elevation peak) jsou spíše hory aridnějších oblastí, kde maximum srážek nepadá u úpatí hory, ale spíše kolem středních nadmořských výšek. V mém datasetu by takovou horou mohla být hora Oku, která se již nachází v pásu savan. Ovšem vzhledem k tomu, že většina lesů v nižších nadmořských výškách na hoře Oku je zničena a také neznáme přesné rozložení množství srážek podél elevačního gradientu, je to pouze domněnka.

4.1.1 Druhov^á diverzita Kamerunských hor

Ve své diplomové práci jsem se zaměřil na zmapování druhové diverzity ptáků 6 kamerunských hor a ostrova Bioko, její průběh podél elevačního gradientu kontinuálního deštného lesa a analýzu vztahů mezi ptačími společenstvy vyskytujícími se na těchto horách. Z korelační analýzy dat o elevačním rozšíření ptáků je patrné, že počet ptačích druhů lineárně klesá se zvyšující se nadmořskou výškou. I když korelační analýza na některých jednotlivých horách nebyla statisticky signifikantní, při analýze všech hor byly výsledky statisticky signifikantní a ukázaly silný negativní vztah mezi počtem druhů a nadmořskou výškou. Analýza také ukázala silný pozitivní vztah mezi počtem druhů a rozlohou lesa na vlastní hoře a v jejím okolí, což souhlasí s teorií závislosti počtu druhů na ploše (Species-area relationship) (Connor and McCoy 1979). U jednotlivých hor, na kterých analýza neprokázala signifikantní negativní závislost počtu druhů na nadmořské výšce, výsledky ukazují pozitivní vztah mezi počtem druhů a rozlohou. Výjimkou byla hora Nlonako, kde kvůli nedostatečnému množství dat nevyšla signifikantně žádná korelace.

Celková biodiverzita studované oblasti je 409 druhů ptáků, v tomto čísle nejsou zahrnuty žádné vodní ani mořské druhy ptáků. Jedná se především o ptáky nížinného a horského deštného lesa, doplněné o druhy savanové, druhy přeměněné zemědělské krajiny a druhy vyskytující se na horských loukách nad hranicí lesa. Absolutně nejvíc druhů ptáků se vyskytuje na Kamerunské hoře a na hoře Kupé, což souhlasí s klimatickými teoriemi o druhové diverzitě, protože obě hory mají nejvyšší roční úhrn srážek (Fishpool and Evans 2004). Na ostrově Bioko není tak vysoká diverzita druhů, ikdyž se také jedná o oblast s vysokým ročním úhнем srážek (Peréz del Val 1996). Jedná se o izolovaný ostrov a jeho diverzita je více ovlivněna Teorií Ostrovní biogeografie (MacArthur and Wilson 1967).

Na Kamerunské hoře je zajímavé plató hodnot druhové diverzity v nadmořských výškách mezi 500 - 1000 m. To se totiž shoduje s další nejdeštivější lokalitou v oblasti studie, ostrovem Bioko. Na ostrově Bioko je průběh druhové diverzity v nižších nadmořských výškách právě v podobě plató až do výšky 1200 m n. m., kde poté začíná lineární pokles. Na ostrově Bioko se úhrn srážek ve výškách 800 - 1800 m pohybuje mezi 3000 - 4000 mm za rok. Podle mapy rozložení srážek to vypadá, že 4000 mm srážek za rok spadne zhruba kolem výšky 1000 - 1200 m (Peréz del val 1996), dále následovaný poklesem. Nemám k dispozici přesné rozložení srážek na Kamerunské hoře, ale vzhledem k podobnosti a blízkosti obou hor se dá předpokládat, že kolem nadmořské výšky 1000 m spadne, podobně jako na Bioku, zhruba 4000 mm za rok. Na hoře Kupé, která je ve studované oblasti horou s nejvyšší druhovou diverzitou, se srážky na úpatí také pohybují kolem 4000 mm ročně. Bohužel nemám k dispozici konkrétní údaje o teplotě. Data ukazují, že druhová diverzita ptáků je závislá na množství srážek, jak tvrdí většina studií (Rahbek 1995, Heaney 2001, Graham et al. 2005, McCain 2007, Ruggiero and Hawkins 2008, McCain 2009), v kombinaci s teplotou, ale pro tu nemám spolehlivé údaje. Podle dat, která mám k dispozici to vypadá, jako by druhová diverzita nestoupala neustále se zvyšujícím se množstvím srážek, ale dosahovala maxima kolem

4000 mm za rok a dál víc nestoupala. To by znamenalo, že všechny gradienty diverzity humidních teplých hor by měly mít podobu lineárního klesání s nejvyšší diverzitou na úpatí hory. Ty, které mají v nižších nadmořských výškách plató diverzity, mají roční úhrn srážek vyšší než 4000 mm u úpatí. Toto je ovšem pouze omezený náhled na vztah biodiverzity s úhrnem srážek. Problematika je mnohem komplexnější, zasahují do ní i další faktory, jako celkové klima oblasti, produktivita prostředí, heterogenita krajiny nebo historické faktory (Denys et al. 2009).

Porovnání průběhu beta diverzity na jednotlivých horách komplikuje fakt, že pro každou horu mám k dispozici jiný elevační výsek. Obecně se ale dají vysledovat následující patrnosti. Na horách, pro které máme data od nízkých nadmořských výšek lze poměrně dobře odlišit společenstva ptáků nížinného lesa, horského lesa a případně horských grasslandů. Přechod společenstev nížinného lesa v horská se děje poměrně univerzálně v nadmořských výškách okolo 1200 m n.m. To je v souladu s pozorováním na Kamerunské hoře (Hořák et al. 2019). Přechod ptačích společenstev v horské bezlesí se pak na jednotlivých horách liší a je dáno jak klimatickými podmínkami, tak např. vulkanickou aktivitou Kamerunské hory (Proctor et al. 2007). Tam se odehrává přechod v horské grasslandy již v nadmořské výšce okolo 2200-2400 m n.m., což se odráží i v druhové obměně ptačích společenstev. Podobně je tomu na ostrově Bioko. Naopak více ve vnitrozemí les sahá mnohem výše a buď sahá až na vrchol (Mt. Kupé) nebo vystupuje mnohem výše (Mt. Oku). V nejnižších studovaných nadmořských výškách jsou ptačí společenstva často rozdílná od zbytku hory. Je to dáno zejména degradací habitatů v nejnižších nadmořských výškách, kde do lesa vnikají i savanové druhy a dokonce druhy zemědělské krajiny. To se týká např. Kamerunské hory nebo hory Oku nebo Rata. Překvapivě to příliš neukazují data z hory Kupé, kde jsme očekávali stejný průběh, viz kapitola o hoře Kupé.

4.1.2. Index generalismu

Další analýzy se týkaly zjištění, jak moc se v ptačích společenstvech na Kamerunských horách objevují habitatových generalisté a v jakých společenstvech mají největší zastoupení. Podle naší teorie se nejvíce generalistů mělo vyskytovat v degradovaném prostředí na okraji studovaných gradientů lesa a poté v bezlesí. Tady lze předpokládat výskyt druhů široce rozšířených v oblasti savan a grasslandů (Reif et al. 2007). Nejvíce degradované prostředí je obecně na horách v této studii v nejnižších nadmořských pásech, které jsou přeměněny v plantáže nebo zemědělskou krajinu popřípadě jsou pod velkým tlakem z okolních lidských sídel na sběr potravy či palivového dřeva. Naopak jsme očekávali, že v neporušeném deštném lese budou převládat lesní druhy ptáků a že poměr generalistů ve společenstvu bude nižší. Index generalismu tak, jak jsem ho nadefinoval, bohužel neukázal předpokládané větší rozdíly mezi jednotlivými společenstvy ptáků ani mezi jednotlivými horami a pro jeho další vylepšení by bylo potřeba sehnat více dat, zejména o abundancích jednotlivých druhů. Jistý náznak vyššího zastoupení specializovaných lesních druhů uprostřed studovaných gradientů (a tedy lesa) vysledovat lze.

Celou problematiku jsem tedy analyzoval ještě pomocí jiného přístupu. Zkoumal jsem, jaký podíl ve společenstvu mají nejprve vyložení habitatoví specialisté a poté i generalisté. Poměr specialistů ve společenstvu vyšel podle očekávání, nejvyšší podíl specialistů (i přes 50%) se objevuje obecně v prostředních částech elevačních gradientů, zejména tam, kde se stále nachází neporušený deštný les. V momentě, kdy se dostaneme nad hranici lesa, tak se podíl specialistů ve společenstvu snižuje. Výjimku tvoří hora Oku, kde je tropický deštný les hodně fragmentovaný po celé délce gradientu a nejvyšší podíl specialistů se zde objevuje v nejnižších nadmořských výškách, kde se zřejmě nachází větší fragmenty lesa. Přechod plantáží v opravdu neporušený les je zde na dolní hranici mnou sledovaného lesa (blíže viz

Nana et al. 2014). Další výjimkou je ostrov Bioko, který je v podstatě do výšky 800 m n.m. přetvořen na zemědělské plantáže a obecně se v jeho ptačích společenstvech nalézají menší podíl specialistů. Pokud se podíváme na podíl generalistů ve společenstvu, tak byl obecně nejvyšší v nadmořských výškách 800 – 1800 m. Což nepotvrzuje naši původní hypotézu, že se větší podíl generalistů bude nacházet v degradovaném prostředí nebo v otevřených typech habitatů. Důvodem může být jistá degradace lesa i v těchto nadmořských výškách, protože například na hoře Kupé, kde se nachází neporušený les je podíl generalistů nižší než na ostatních horách. Dále se můžeme zamyslet, jestli lze brát definici generalisty, jako druhu ptáka, který se vyskytuje v 8 a více typech prostředí, jako dostačující. Možné zahrnutí abundancí druhů, které ovšem nejsou na většině hor k dispozici, by analýzu jistě vylepšilo. Závěrem dodám, že při přísnější definici generalisty vychází graf mnohem více podle našich původních předpokladů. A to, že největší podíl generalistů je v nízkých nadmořských výškách a potom v nadmořských výškách nad hranicí lesa (nad 2300 m n.m.). Tento graf je k nahlédnutí v příloze práce.

4.1.3. Index afinitu ptačích druhů a společenstev k lesnímu biotopu

Dále jsem zkoumal, jak moc jsou ptačí společenstva v Kamerunských horách vázaná na les, tedy jakou mají jejich jednotlivé druhy afinitu k lesu svými biotopovými preferencemi. Největší afinitu k lesu mají dle méj analyzy druhy vázané na primární deštný les, nejmenší pak druhy vyskytující se i v otevřené krajině. Pro účely kvalifikace jsem vytvořil nový parametr a nazval ho index lesa. Tato analýza vyšla podle očekávání, nejvyšší hodnoty indexu lesa jsem v rámci jedné hory v místech, kde se nalézají z větší části neporušený deštný les. V porovnání všech hor dohromady se na Kamerunské hoře, ostrově Bioko a na horách Rata a Kupé vyskytují společenstva ptáků s větší afinitou k lesu než u ostatních dvou hor. Nejvyšší hodnoty tohoto indexu se objevují na horách Kupé a Rata. V okolí hory Kupé se nachází

vůbec nejrozlehlejší neporušený deštný les v mém datasetu a i na samotné hoře je neporušený primární les. Hora Rata leží v přírodní rezervaci Rumpi Hills Wildlife reserve a v jejím okolí se nachází také větší plocha neporušeného deštného lesa. Proto se na těchto horách, podle mého názoru, vyskytuje větší počet ptačích druhů vázaných na lesní biotop než na horách ostatních. V okolí hory Manenguba, která leží v blízkosti hory Kupé, se také nachází velká plocha neporušeného deštného lesa, ale index lesa ptačích společenství na této hoře je výrazně nižší než u hory Kupé. Je to pravděpodobně dáno tím, že průzkum diverzity na hoře Manenguba byl prováděn zejména uvnitř kráteru sopky, který není zcela zalesněn a vyskytují se tam tedy i nelesní druhy ptáků. Průzkum nebyl vykonáván na špatně přístupných jižních a jihovýchodních svazích hory, kde se stále nalézá neporušený deštný les. Nižší index afinity lesa u hory Oku je zjevně dán tím, že tato hora již leží v pásu přechodových savan a svým rozšířením už zde zasahuje celá řada druhů vázaných spíše na woodlandy a otevřenější savanové biotopy (Nana et al. 2014).

4.2. Průběh diverzity na jednotlivých horách

V následujících podkapitolách se podrobněji zabývám průběhem diverzity ptačích společenstev na nejlépe prozkoumaných horách v rámci celého masivu Kamerunských hor.

4.2.1. Kamerunská hora

I přesto, že Kamerunská hora je národním parkem, je nížinný deštný les na jejích východních svazích značně degradován. To je hlavní důvod počátečního zvyšování druhové diverzity s maximem okolo nadmořské výšky 500 m (Hořák et al. 2019). Většina výprav na horu vychází z města Buea na jejím východním svahu, což je město s přibližně 300 000 obyvateli, kteří využívají deštný les pro palivové dřevo, sběr potravy, lov divokých zvířat

(bush meat) a přeměnu lesa na zemědělskou krajinu. To vše vytváří velký tlak na ekosystém lesa, který je na východních svazích značně degradovaný až do výšky 1000 m (Stuart 1986). Navíc východní svahy hory leží ve srážkovém stínu, takže je zde mnohem nižší roční úhrn srážek než na západním svahu hory. I když tato lokalita je mnohem hůře přístupná a je také vystavena daleko vyššímu množství srážek (kolem 10 m za rok, někdy i více), je zde méně narušený kontinuální gradient lesa bez lidských sídel a zemědělských usedlostí. Kontinuální prales zde začíná okolo 350 m n. m. a stal se modelovým systémem pro studium altitudinálního gradientu v západní Africe (např. Nana et al. 2015, Ferenc et al. 2018, Vokurková et al. 2018, Hořák et al. 2019).

Mezi nadmořskými výškami 500–1000 m se počet ptačích druhů na Kamerunské hoře příliš nemění, vzniká tzv. plató hodnot. Poté biodiverzita lineárně klesá, až do nadmořské výšky 2300 m, kde se nachází hranice lesa na této hoře. Dále klesá už velmi strmě a nad hranicí 2400 m n.m. se nachází pouze několik ptačích druhů, včetně endemita Kamerunské hory kruhoočka kamerunského (*Speirops melanocephalus*). Tento průběh diverzity se shoduje s teorií McCain (2009) o průběhu diverzity podél elevačního gradientu na humidních horách.

Průběh beta diverzity na Kamerunské hoře v nejnižších nadmořských výškách do 400 m odpovídá popisu degradovaného lesa hojně využívaného místními lidmi, jako zdroj obživy a palivového dřeva (Stuart 1986, Fishpool and Evans 2001, Oates 2004). Složení ptačích společenstev se velmi mění právě až do nadmořské výšky 400 m. Další větší změny ve složení ptačích společenstev se dějí mezi nadmořskými výškami 1000-1600 m. Právě v těchto výškách přechází společenstva nížinného deštného lesa na společenstva horského lesa (Fishpool and Evans 2001). Další větší změny se pak dějí až u hranice lesa, která leží v nadmořské výšce okolo 2300 m, tam přechází lesní společenstva na společenstva vysokohorských grasslandů (Stuart 1986, Oates 2004). Tohle rozložení společenstev ptáků potvrzuje i moje analýza indexu lesa, která ukazuje největší afinitu k lesu společenstvům

ptáků mezi nadmořskými výškami 600–2200 m. Nejnížší afinitu k lesu mají společenstva ptáků nad hranicí lesa kolem nadmořské výšky 2400–3000 m.

4.2.2. Hora Kupé

Hora Kupé je druhově nejbohatší horou v oblasti studie, zaznamenáno zde bylo 323 druhů ptáků. Druhová diverzita na hoře lineárně klesá s nadmořskou výškou, nejvíce druhů bylo pozorováno na spodní hranici kontinuálního lesa. Největším ohrožením pro deštný les na hoře je přeměna v zemědělskou krajinu. Hora Kupé je pouze ekologickou rezervací spravovanou místní komunitou, změna na národní park by nejspíš pomohla lépe chránit unikátní faunu vyskytující se na hoře. Nicméně prozatím se na hoře Kupé nachází dobře zachovalý primární deštný les bez větších náznaků většího kácení (Denys et al. 2004).

Malá plocha horského deštného lesa v okolí do 10 km od vrcholu hory Kupé není způsobena vykácením lesa, ale samým tvarem hory (Denys et al. 2004). Z potencionální rozlohy 21,54 km² plochy terénu nacházející se nad 1200 m n.m. do 10 km od vrcholu hory, je 17,76 km² skutečně porostlých horským lesem, což je 82 %.

Změny ve složení ve společenstvech ptáků, zjištěné v mojí práci, neodpovídají očekávané struktuře vegetace, kterou autoři rozdělují tropický les na hoře Kupé do 3 výškových kategorií. Nižší submontánní les nacházející se ve výškách 800–1400 m n.m., vyšší submontánní les nacházející se ve výškách 1400–1900 m n.m. a nad hranicí 1900 m n.m. se nachází horký mlžný les (Cheek et al. 2004). Z mých výsledků plyne, že společenstva ptáků se výrazně mění mezi nadmořskými výškami 1000–1400 m a poté ještě mezi nadmořskými výškami 1600–1800 m. Což by naznačovalo změnu submontánního společenstva ptáků na to horské okolo hranice 1800 m n.m.. Důvody výraznější fluktuace druhů v nižších nadmořských výškách nám může poskytnout analýza indexu lesa. Zde je

vidět, že tyto ptačí společenstva mají nižší průměrný index lesa a v jejich složení se tedy vyskytují i savanové druhy a druhy zemědělské krajiny. To je důvod vyšší fluktuace druhů mezi nadmořskými výškami 800–1400 m. Moje výsledky naznačují, že společenstva ptáků nemusí nutně přesně kopírovat strukturální i druhové charakteristiky pralesa, jak jej vnímají botanici (Cheek et al. 2004) a altitudinální rozšíření druhů mohou určovat i jiné, např. fyziologické vlastnosti a omezení (Dubay and Witt 2014) nebo výskyt parazitů (Rooyen et al. 2013, Ishtiaq and Barve 2018).

4.2.3. Hora Oku

Ve výškách nad 2100 m n. m. je hora Oku druhově nejbohatší horou. Je to díky tomu, že leží již v savanovém pásu, takže v horských loukách nad hranicí lesa se vyskytují savanové druhy ptáků, kteří sem mohou migrovat z okolních stanovišť (Nana et al. 2014). Naopak společenstva ptáků nad hranicí lesa Kamerunské hory a ostrova Bioko jsou izolované od ostatních podobných biotopů a jejich druhová diverzita je tudíž nižší. Většina lesa pod nadmořskou výškou 2000 m byla na hoře Oku zničena, takže některé druhy ptáků preferující nižší nadmořské výšky jsou pravděpodobně nuceny rozšířit se do vyšších nadmořských výšek než je u nich obvyklé. Další možné vysvětlení, proč je hora Oku druhově nejbohatší ve vyšších nadmořských výškách, je jistou kombinací předešlých, vrcholy Kamerunské hory a Pico Basilé (ostrov Bioko) jsou od ostatního podobného habitatu izolované pásem deštného lesa, který je pro nelesní druhy ptáků naprosto neprostupný, proto nezvládnou migrovat na horské louky nad hranicí lesa. Naopak lesy na hoře Oku jsou poměrně degradované a fragmentované, takže ptáci otevřené krajiny zvládnou migrovat přes zemědělské usedlosti a pole až nad hranicí lesa, kde obohacují biodiverzitu (Nana et al. 2014).

4.2.4. Ostrov Bioko

Druhová diverzita ptáků na ostrově Bioko má průběh plató v nižších nadmořských výškách až do 1200 m n. m., poté pozvolna lineárně klesá, což souhlasí s teorií o průběhu altitudinálního gradientu biodiverzity na humidních horách (McCain 2009). Celkově je druhová diverzita na ostrově nižší než na pevninských horách (kromě hory Nlonako), což souhlasí s Teorií Ostrovní biogeografie (MacArthur and Wilson 1967).

4.3. Doplnění dat

Ostrov Bioko, Kamerunská hora, hora Kupé a hora Rata jsou relativně dobře zmapované oblasti, ačkoliv i zde by bylo vhodné některé informace doplnit a zpřesnit tak výsledky analýz a zlepšit obecné poznání o biodiverzitě oblasti. Je zde mnoho druhů ptáků (na hoře Kupé např. 45 druhů, na hoře Rata dokonce třetina druhů v datasetu), u kterých je k elevačnímu rozšíření informace pouze o jedné nadmořské výšce. Např. výskyt výrečka skořicového (*Otus icterorhynchus*) na hoře Kupé je pouze v 1550 m n. m. Je velmi nepravděpodobné, že by se výreček vyskytoval pouze v této jediné nadmořské výšce. Doplněním přesného elevačního rozšíření i u vzácnějších a hůře pozorovatelných druhů by pomohlo udělat si lepší představu o druhové bohatosti ve všech nadmořských výškách a tím pádem by umožnilo sestavení kvalitnějších hypotéz o průběhu a příčinách elevačního gradientu diverzity.

Zbylé 3 hory v mém datasetu jsou zmapované nedostatečně. Pro hory Manenguba a Oku jsou v datasetu elevační informace jen zhruba o polovině druhů ptáků, kteří se na horách vyskytují. Tyto informace je pro další výzkum nutné doplnit. Hora Manenguba leží v těsné blízkosti hory Kupé a jejich druhové složení ptáků je velmi podobné (Fishpool and Evans 2001). Navíc je to nejvyšší hora v okolí asi 100 km a dosavadní výzkum ukazuje, že je

druhově bohatá zejména ve vyšších nadmořských výškách. V okolí hory Oku se nachází největší plocha lesa v okolí minimálně 80 km, z větší části se jedná o horský les a nachází se zde poslední větší populace některých kamerunských endemitských druhů (Fishpool and Evans 2001). Jedná se o druhově nejbohatší horu v nadmořských výškách nad 2100 m a tudíž má velký význam pro další konkrétní výzkum zaměřený na elevační rozšíření ptáků. Hora Nlonako leží stejně jako hora Manenguba v blízkosti hory Kupé, její druhové složení je velmi podobné tomu na hoře Kupé (Fishpool and Evans 2001). Směrem na východ od ní se rozprostírá neporušený nížinný deštný les, kde ještě přežívají sloni afričtí (*Loxodonta africana*) a šimpanzi učenlivý (*Pan Troglodytes*). Takže je zde předpoklad výskytu některých vzácnějších nížinných druhů ptáků. Hora Nlonako je nejhůře zmapovanou horou v datasetu a aby mohla poskytovat relevantní informace do analýz o elevačních gradientech je nezbytné tyto data doplnit.

Pro získání lepšího přehledu o druhové diverzitě a elevačním rozšíření ptáků v oblasti Kamerunu a okolí je možné rozšířit dataset této práce o další gradienty lokálních hor. Jedním z kandidátů je hora Tchabal Mbabo, ležící zhruba 220 km severně od hory Oku (vyznačena na Obrázku 3). Hora Tchabal Mbabo je vysoká 2456 m a nachází se zde nejseverněji položené tropické horské lesy v Kamerunu. V jejím okolí nejsou žádná velká lidská sídla, les je poměrně nepřístupný a je téměř neporušený. Není zde vyvíjen tlak ze strany lovu ani sběru palivového dřeva. Na jižním svahu hory se nachází savana, spásaná zvířaty místních vesničanů, s galeriovými lesy táhnoucími se podél vodních toků. Horský deštný les se nachází na severním velmi strmém svahu hory, který je špatně přístupný a místní vesničané ho, narozdíl od savany na vrcholu hory, nijak nevyužívají. Předěšlé výpravy zde našly přibližně 84 druhů ptáků, z toho 24 horských druhů (Smith and McNiven 1993, Larison et al. 2000). Tato hora je určitě dalším zajímavým cílem pro bližší zkoumání. Další vhodnou horou pro bližší zkoumání elevačního gradientu diverzity je hora Tchabal Ngandaba, která leží severně

od hory Tchabal Mbabo. Nenalézá se na ní žádný souvislý horský les, ale její svahy jsou pokryty četnými galeriovými lesy a fragmenty lesa se zde také nachází v četných roklích a stržích. Předchozí studie zde objevily 132 ptačích druhů a většina byla ve vysokých početnostech, což znamená, že místní společenstvo ptáků je v dobré kondici (Larison et al. 2000). Dalšími možnými místy pro rozšíření studie jsou Obudu Plateau, Mambilla Plateau a Oban Hills ležící v Nigérii (znázorněny na Obr. 3).

Většina dat použitých v této práci je 20 - 30 let stará, pro získání aktuálnějšího pohledu na stav biodiverzity ve studované oblasti je nutná revize veškerých dat a nový průzkum všech oblastí, obzvláště těch zasažených ztrátou původního habitatu. Dále by se kvalita dat vylepšila, pokud by primárním cílem výzkumu byl altitudinální gradient diverzity a výškové rozšíření ptačích druhů, a nebyla to jen vedlejším produktem při sběru dat. Rozsah práce by značně rozšířily i data o abundancích druhů v jednotlivých nadmořských výškách.

5. Závěr

Cílem této diplomové práce je určit biodiverzitu ptáků, zejména horských druhů ptáků, v oblasti 6 hor západního Kamerunu a ostrova Bioko a analyzovat distribuci druhové diverzity podél elevačního gradientu. Dalším cílem je pak porovnat jednotlivá společenstva mezi sebou a zjistit jejich podobnosti a odlišnosti. Zároveň také zkoumám míru habitatového generalismu (nebo specialismu) ptačích druhů a jejich afinitu k lesnímu biotopu.

Druhově nejbohatšími horami ve studované oblasti jsou Kamerunská hora a hora Kupé, ačkoliv vysokohorská společenstva ptáků nad 2100 m n. m. jsou druhově nejbohatší na horách Oku a Manenguba. Data potvrzují teorii McCain (2009) o distribuci druhové diverzity podél elevačního gradientu na humidních horách. Průběh druhové diverzity podél elevačního gradientu má formu buď lineárního klesání s maximem počtu druhů u úpatí hory, nebo plató hodnot v nižších nadmořských výškách následované lineárním klesáním. Použité statistické metody potvrdily negativní závislost počtu druhů na nadmořské výšce, ale také pozitivní závislost mezi počtem druhů a rozlohou.

Analýza Jaccardova indexu a analýza hlavních komponent ukázaly, jak moc se společenstva podél elevačního gradientu jednotlivých hor mění a kde jsou si nejpodobnější. Obecně lze říci, že společenstva se nejvíce mění mezi degradovaným a fragmentovaným habitatem a kontinuálním lesem, naopak v souvislém porostu lesa jsou si společenstva ptáků podobné. Na většině hor je velmi patrný přechod mezi nížinnými a horskými společenstvy ptáků kolem hranice 1200 m n.m..

Analýza afinity společenstev ptáků k lesu ukázala, na kterých horách a v jakých nadmořských výškách se vyskytují nenarušená lesní společenstva ptáků. A kde se naopak

vyskytují druhy vázané spíše na otevřenou krajinu. Z tohoto pohledu, jako nejvíc lesní společenstva vyšla společenstva ptáků na horách Kupé a Rata.

Výsledky této práce poskytují lepší vhled do celkové biodiverzity a jejích změn podél elevačního gradientu unikátní endemické oblasti kamerunských hor a ostrova Bioko. Nicméně obsáhlejší data (zejména z hory Nlonako) a jejich rozšíření o početnosti ptačích druhů by práci do značné míry obohatila a umožnila podrobnější zkoumání dané problematiky.

Použitá literatura

- Abebe, A. F., Cai, T., Wale, M., Song, G., Fjeldsá, J., & Lei, F. (2019). Factors determining species richness patterns of breeding birds along an elevational gradient in the Horn of Africa region. *Ecology and Evolution*, *9*, 9609–9623. <http://doi.org/10.1002/ece3.5491>
- Bergl, R. A., Oates, J. F., & Fotso, R. (2006). Distribution and protected area coverage of endemic taxa in West Africa ' s Biafran forests and highlands. *Biological Conservation*, *134*, 195–208. <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.08.013>
- Bibby, C. J. (1992). Putting biodiversity on the map: priority areas for global conservation. Cambridge: *International Council for Bird Preservation*.
- Bowden, C. G. R. (2001). The birds of Mount Kupe, southwest Cameroon. *Malimbus*, *23*(2), 13–44.
- Bowden, C. G. R., & Andrews, S. M. (1994). Mount Kupe and its Birds. *Bull ABC*, *1*(1), 13–18.
- Brown, J. H. (2001). Mammals on mountainsides : elevational patterns of diversity. *Global Ecology and Biogeography*, *10*, 101–109.
- Brown, J. H., & Kodric-Brown, A. (1977). Turnover Rates in Insular Biogeography : Effect of Immigration on Extinction Author. *Ecology*, *58*(2), 445–449.
- Burgess, N. D., Balmford, A., Cordeiro, N. J., Fjeldsa, J., Kuper, W., Rahbek, Eric W. Sanderson, Jorn P. W. Sharlemann, J. Henning Sommer, Williams, P. H. (2006). Correlations among species distributions , human density and human infrastructure across the high biodiversity tropical mountains of Africa. *Biological Conservation*, *134*, 164–177. <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.08.024>
- Burgess, N. D., Butynski, T. M., Cordeiro, N. J., Doggart, N. H., Fjeldsa, J., Howell, K. M., Stuart, S. N. (2007). The biological importance of the Eastern Arc Mountains of Tanzania and Kenya. *Biological Conservation*, *134*, 209–231. <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.08.015>
- Burgess, N. D., Klerk, H. M. De, Crowe, T. M., & Fjeldsa, J. (2002). Patterns of species richness and narrow endemism of terrestrial bird species in the Afrotropical region. *Journal of Zoology*, *256*, 327–342. <http://doi.org/10.1017/S0952836902000365>
- Colwell, R. K., & Coddington, J. A. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *345*, 101–118. <http://doi.org/10.1098/rstb.1994.0091>
- Colwell, R. K., Rahbek, C., & Gotelli, N. J. (2004). The Mid-Domain Effect and Species Richness Patterns : What Have We Learned So Far ? *The American Naturalist*, *163*(3), 1–23. <http://doi.org/10.1086/382056>
- Connor, E. F., & McCoy, E. D. (1979). The Statistics and Biology of the Species-Area Relationship. *The American Naturalist*, *113*(6), 791–833. <http://doi.org/10.1086/283438>

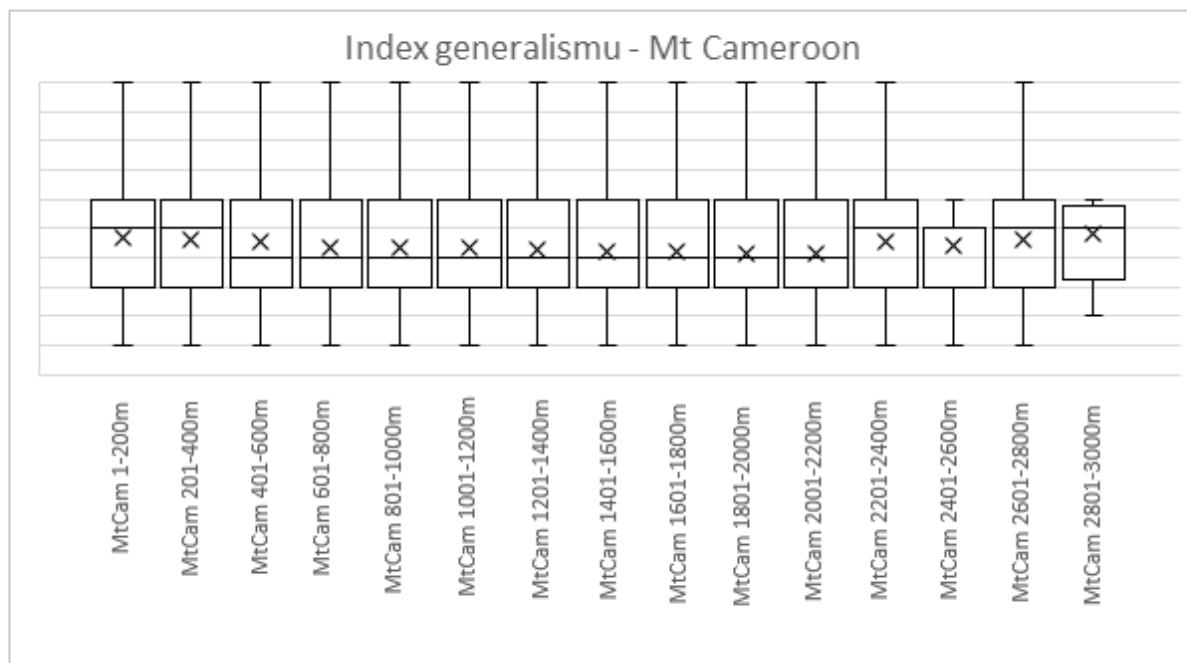
- de Klerk, H. M., Crowe, T. M., Fjeldsa, J., & Burgess, N. D. (2002). Biogeographical patterns of endemic terrestrial Afrotropical birds. *Diversity and Distributions*, 8, 147–162.
- Denys, Ch., Missoup A.D., Tchiengue, B., Achoundong, G., Ekobo, A., Bilong Bilong, Ch., Lembè M. D., Nicolas, V. (2009). Altitudinal distribution and anthropogenic influence on small mammal assemblages on Mount Kupe, SW Cameroon. *Bonner Zoologische Beiträge*. 56. 159-173.
- Dowsett, R. J., & Dowsett-Lemaire, F. (1999). New species and amendments to the avifauna of Cameroon. *Bull. B.O.C.*, 120, 179–185.
- DuBay, S.G. and Witt, C.C. (2014), Differential high-altitude adaptation and restricted gene flow across a mid-elevation hybrid zone in Andean tit-tyrant flycatchers. *Molecular Ecology*, 23: 3551-3565. <https://doi.org/10.1111/mec.12836>
- Ferenc, M., Fjeldså, J., Sedláček, O. et al. Abundance-area relationships in bird assemblages along an Afrotropical elevational gradient: space limitation in montane forest selects for higher population densities. *Oecologia* 181, 225–233 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00442-016-3554-0>
- Ferenc, M, Sedláček, O, Tropek, R, et al. Something is missing at the bottom: Importance of coastal rainforests for conservation of trees, birds and butterflies in the Mount Cameroon area. *African Journal of Ecology* 2018; 56: 679– 683. <https://doi.org/10.1111/aje.12506>
- Ferger, S. W., Peters, M. K., Appelhans, T., et al. Synergistic effects of climate and land use on avian beta-diversity. *Diversity and Distributions* 2017; 23: 1246– 1255. <https://doi.org/10.1111/ddi.12615>
- Fishpool, L. D. C., & Evans, M. I. (2001). Important bird areas in Africa and associated islands: Priority sites for conservation. Cambridge: *Birdlife International*.
- Forero-Medina, G., Terborgh, J., Socolar, S. J., & Pimm, S. L. (2011). Elevational Ranges of Birds on a Tropical Montane Gradient Lag behind Warming Temperatures. *PLoS ONE*, 6(12), 1–5. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0028535>
- Fotso, R. (2001). A contribution to the ornithology of Mount Oku forest. *Malimbus*, 23, 1–12.
- Fry, C. H., Keith, S., Urban, E., & Woodcock, M. (n.d.). *The birds of Africa*. Academic press.
- Graham, C. H., Smith, T. B., & Languy, M. (2005). Current and historical factors influencing patterns of species richness and turnover of birds in the Gulf of Guinea highlands. *Journal of Biogeography*, 32, 1371–1384. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01284.x>
- Hanz, D., Böhning-Gaese, K., Ferger, S.W., Fritz, S.A., Neuschulz, E., Quitián, M., Santillán, V., Töpfer, T., & Schleuning, M. (2018). Functional and phylogenetic diversity of bird assemblages are filtered by different biotic factors on tropical mountains. *Journal of Biogeography*, 46, 291-303.
- Heaney, L. R. (2001). Small mammal diversity along elevational gradients in the Philippines: an assessment of patterns and hypotheses. *Global Ecology and Biogeography*, 10(1), 15–39.
- Herrmann, H.-W., Bohme, W., Herrmann, P. A., Plath, M., Schmitz, A., & Solbach, M.

- (2005). African biodiversity hotspots : The amphibians of Mt . Nlonako , Cameroon. *Salamandra*, 41(1-2), 61–81.
- Hořák, D, Ferenc, M, Sedláček, O, et al. Forest structure determines spatial changes in avian communities along an elevational gradient in tropical Africa. *Journal of Biogeography*. 2019; 46: 2466– 2478. <https://doi.org/10.1111/jbi.13688>
- Cheek, M., Pollard, B., Darbyshire, I., Jean Michel, O., Wild, Ch. (2004). The Plants of Kupe, Mwanenguba and the Bakossi Mountains, Cameroon: A Conservation Checklist. The board of trustees of the Royal Botanical Gardens, Kew. *Cromwell Press*, Trowbridge.
- Ishtiaq, F., & Barve, S. (2018). Do avian blood parasites influence hypoxia physiology in a high elevation environment?. *BMC ecology*, 18(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s12898-018-0171-2>
- Languy, M., Bobo, K. S., Motombi, F. N., Njabo, K. Y., Lapios, J. M., & Demey, R. (2005). New bird records from Cameroon. *Malimbus*, 27(2), 1–12.
- Larison, B., Smith, T. B., Fotso, R., & Mcniven, D. (2000). Comparative avian biodiversity of five mountains in northern Cameroon and Bioko. *Ostrich*, 71(1-2), 269–276. <http://doi.org/10.1080/00306525.2000.9639926>
- MacArthur, R. H., & Wilson, E. O. (1967). The Theory of Island Biogeography. Princeton: *Princeton university press*.
- MacArthur, R. H. (1972). Geographical ecology; patterns in the distribution of species *Harper & Row New York*
- Marki, P. Z., Sam, K., Koane, B., Kristensen, J. B., Kennedy, J. D., & Jønsson, K. A. (2016). New and noteworthy bird records from the Mt . Wilhelm elevational gradient , Papua New Guinea. *Bull. B.O.C.*, 136(4), 263–271.
- Mbue, I. N., & Ge, J. (2010). Landscape Change in the Bamenda Highlands of Northwestern Cameroon : Modeling the Driving Forces of Smallholder Deforestation. *Esiat*, 813–816.
- Mccain, C. M. (2007). Area and mammalian elevational diversity. *Ecology*, 88(1), 76–86.
- Mccain, C. M. (2009). Global analysis of bird elevational diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 18, 346–360. <http://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2008.00443.x>
- Nana, E. D., Sedláček, O., Bayly, N., Ferenc, M., Albrecht, T., Reif, J., Motombi, F. N., Hořák, D. (2014). Comparison of avian assemblage structures in two upper montane forests of the Cameroon volcanic line: lessons for bird conservation. *Biodiversity & Conservation*, 23, 1469–1484. <http://doi.org/10.1007/s10531-014-0677-7>
- Nana, E. D., Sedláček, O., Doležal, J., Dančák, M., Altman, J., Svoboda, M., Majeský, E. and Hořák, D. (2015), Relationship between Survival Rate of Avian Artificial Nests and Forest Vegetation Structure along a Tropical Altitudinal Gradient on Mount Cameroon. *Biotropica*, 47: 758-764. <https://doi.org/10.1111/btp.12262>
- Oates, J. F., Bergl, R. A., & Linder, J. M. (2004). Africa's Gulf of Guinea Forests: Biodiversity Patterns and Conservation Priorities. *Advances in Applied Biodiversity Science*, 6, 1–90.

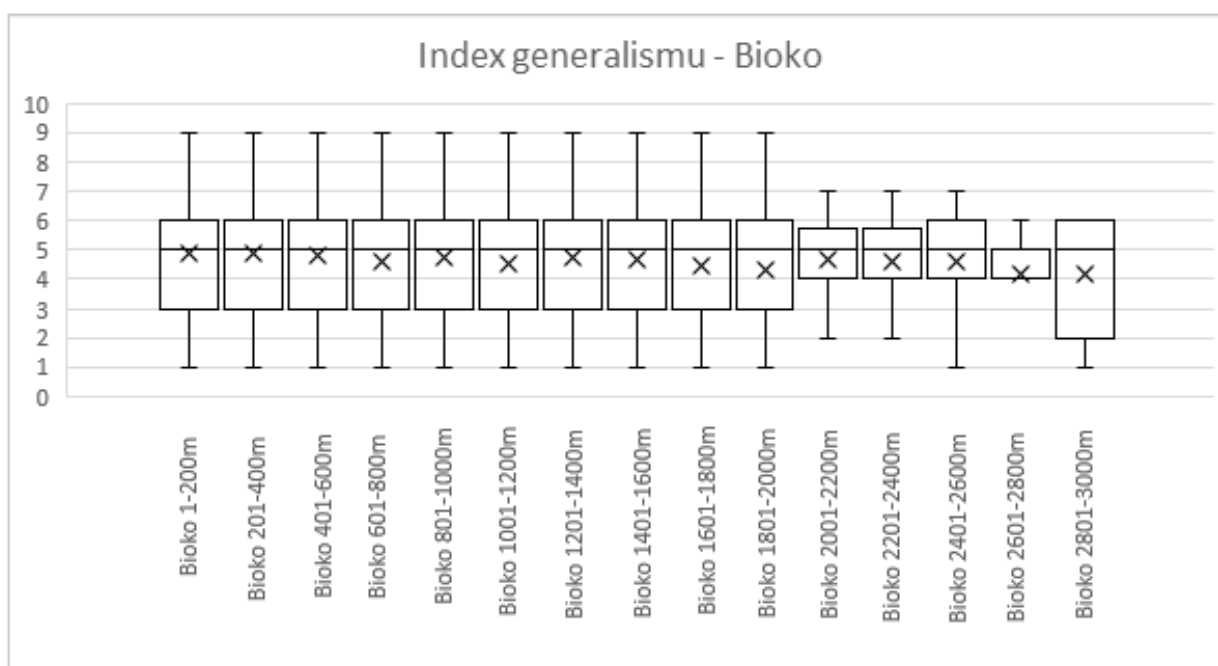
- Ocampo-Penuela, N., & Pimm, S. L. (2015). Elevational Ranges of Montane Birds and Deforestation in the Western Andes of Colombia. *PLoS ONE*, *10*(12), 1–14. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0143311>
- Peh, K. S.-H. (2007). Potential effects of climate change on elevational distributions of tropical birds in Southeast Asia. *The Condor*, *109*, 437–441.
- Peréz del Val, J. (1996). *Las aves de Bioko, Guinea Ecuatorial* (Edilesa). Vicente Pastor.
- Peréz del Val, J., Castroviejo, J., & Purroy, F. J. (1996). Species rejected from and added to the avifauna of Bioko island (Equatorial Guinea). *Malimbus*, *19*(2), 19–31.
- Perez del Val, J., Fa, J. E., Castroviejo, J., & Purroy, F. J. (1994). Species richness and endemism of birds in Bioko. *Biodiversity and Conservation*, *3*, 868–892.
- Proctor, J., Edwards, I., Payton, R., & Nagy, L. (2007). Zonation of Forest Vegetation and Soils of Mount Cameroon, West Africa. *Plant Ecology*, *192*(2), 251–269. <http://www.jstor.org/stable/40212965>
- Rahbek, C. (1995). The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? *Ecography*, *18*(2), 200–205.
- Rahbek, C. (1997). The relationship among area, elevation, and regional species richness in neotropical birds. *The American Naturalist*, *149*(5), 875–902.
- Rapoport, E. H. (1982). *Areography: geographical strategies of species*. Oxford: *Pergamon*.
- Reif, J., Sedláček, O., Hořák, D., Riegert, J., Pešata, M., Hrázský, Z., Janeček, S. (2007). Habitat preferences of birds in a montane forest mosaic in the Bamenda Highlands, Cameroon. *Ostrich - Journal of African Ornithology*. *71*. 31–36. 10.2989/OSTRICH.2007.78.1.5.49.
- Rodewald, P. G., Dejaifve, P., & Green, A. A. (1994). The birds of Korup National Park and Korup Project Area, Southwest Province, Cameroon. *Bird Conservation International*, *4*, 1–68.
- Romdal, T. S., & Rahbek, C. (2009). Elevational zonation of afrotropical forest bird communities along a homogeneous forest gradient. *Journal of Biogeography*, *36*, 327–336. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2008.01996.x>
- Rooyen, J. v., Lalubin, F., Glaizot, O., & Christe, P. (2013). Altitudinal variation in haemosporidian parasite distribution in great tit populations. *Parasites & Vectors*, *6*, 139. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-6-139>
- Ruggiero, A., & Hawkins, B. A. (2008). Why do mountains support so many species of birds? *Ecography*, *31*, 306–315. <http://doi.org/10.1111/j.2008.0906-7590.05333.x>
- Sam, K., Koane, B., Bardos, D. C., Jeppy, S., & Novotný, V. (2019). Species richness of birds along a complete rain forest elevational gradient in the tropics: Habitat complexity and food resources matter. *Journal of Biogeography*, *46*, 279–290. <http://doi.org/10.1111/jbi.13482>
- Sanders, N. J. (2002). Elevational gradients in ant species richness: area, geometry, and Rapoport's rule. *Ecography*, *25*, 25–32.

- Smith, T. B., & Mcniven, D. (1993). Preliminary survey of the avifauna of Mt Tchabal Mbabo , west-central Cameroon. *Bird Conservation International*, 3, 13–19.
- Stattersfield, A. J., Crosby, M. J., Long, A., & Wege, D. C. (1998). Endemic bird areas of the world: Priorities for biodiversity conservation. Cambridge: *Birdlife international*.
- Stevens, G. C. (1992). The Elevational Gradient in Altitudinal Range : An Extension of Rapoport' s Latitudinal Rule to Altitude. *The American Naturalist*, 140(6), 893–911.
- Stuart, S. N. (1984). Conservation of Cameroon montane forests. International council for bird preservation.
- Tefogoum, G. Z., Dongmo, A. K., Nkouathio, D. G., Wandji, P., & Dedzo, M. G. (2014). Geomorphological features of the Manengouba Volcano (Cameroon Line): assets for potential geopark development. *Geoheritage*, 6, 225–239. <http://doi.org/10.1007/s12371-014-0109-9>
- Vokurková, J., Motombi, F., Ferenc, M., Hořák, D., & Sedláček, O. (2018). Seasonality of vocal activity of a bird community in an Afrotropical lowland rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, 34(1), 53-64. doi:10.1017/S0266467418000056
- Wiens, J. J., Parra-Olea, G., Garcia-Paris, M., & Wake, D. B. (2007). Phylogenetic history underlies elevational biodiversity patterns in tropical salamanders. *Proceedings of The Royal Society B*, 274, 919–928. <http://doi.org/10.1098/rspb.2006.0301>
- William Serle. (1950). A contribution to the ornithology of the British Cameroons. *Ibis*, 92, 602–638.
- William Serle. (1954). A second contribution to the ornithology of the British Cameroons. *Ibis*, 96, 47–80.
- William Serle. (1964). A third contribution to the ornithology of the British Cameroons. *Ibis*, 107, 60–94.

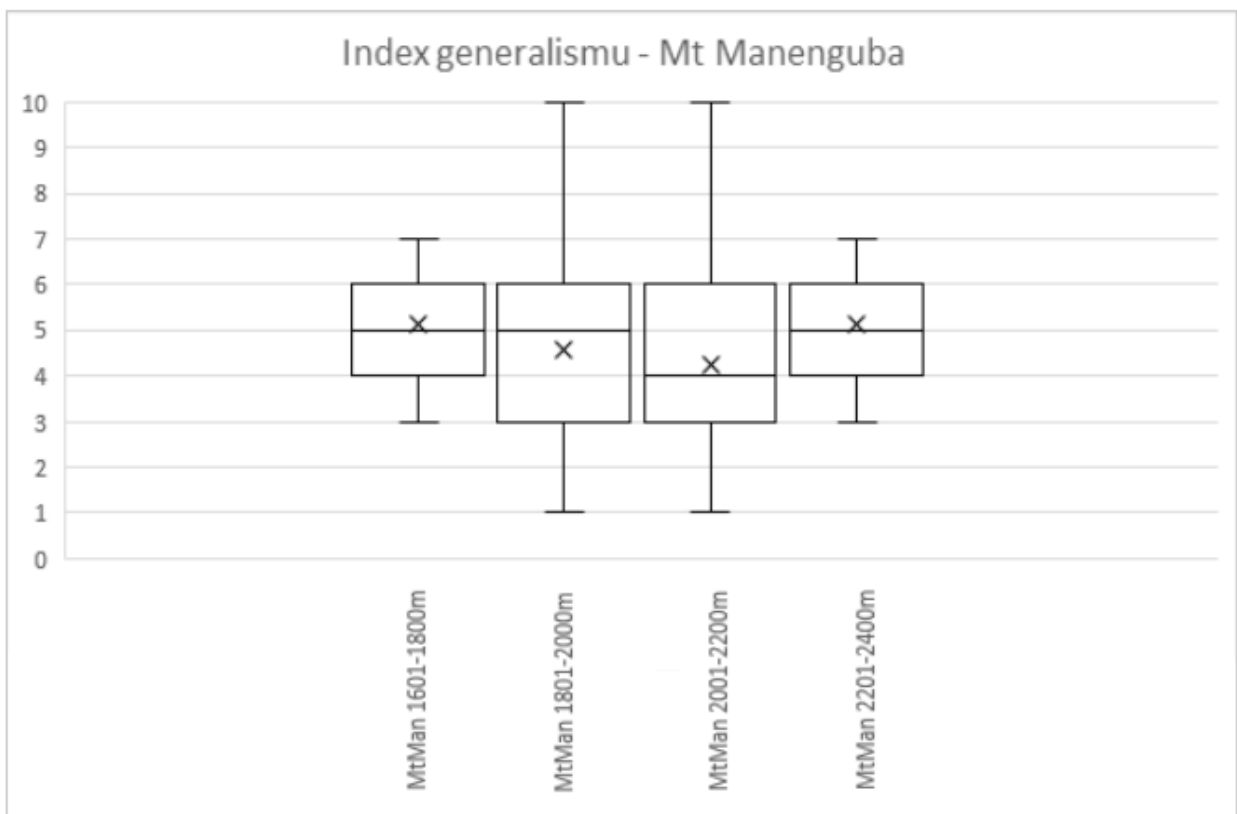
Přílohy



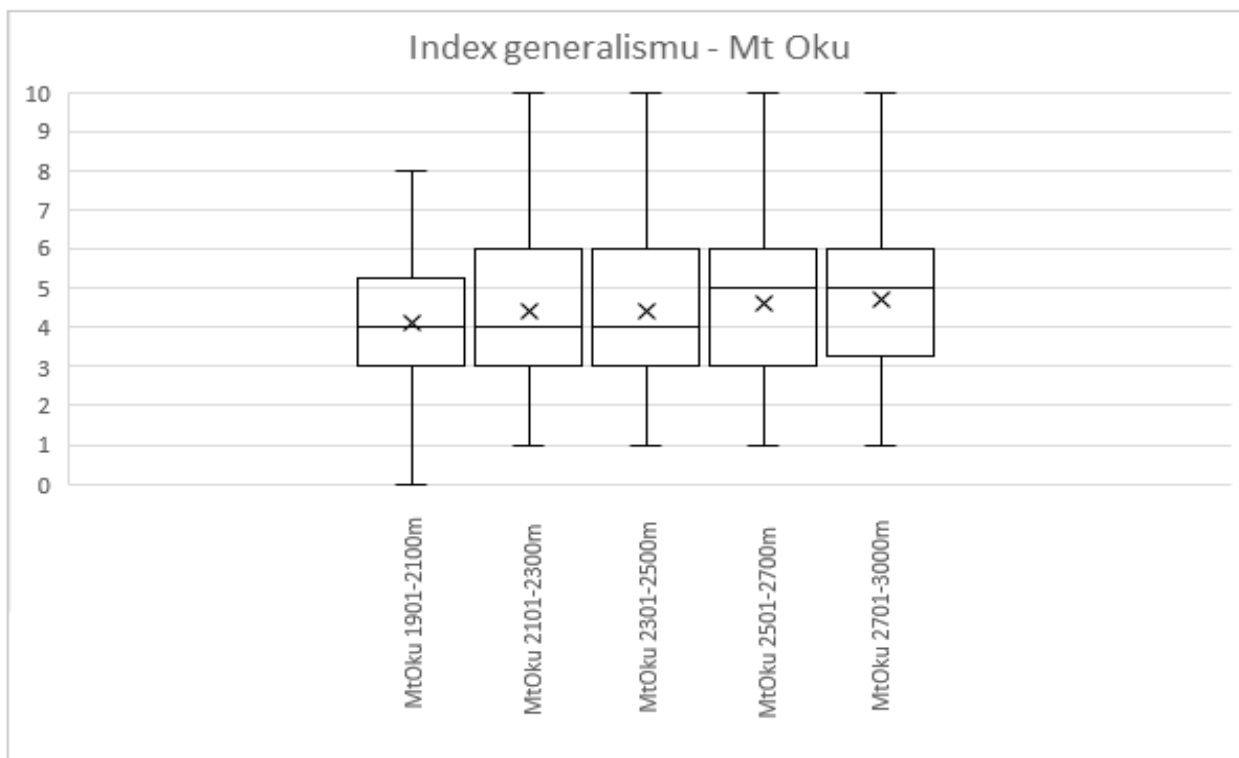
Obr. 28. Průběh indexu generalismu podél elevačního gradientu na Kamerunské hoře; křížek = průměr, tučná linka = medián



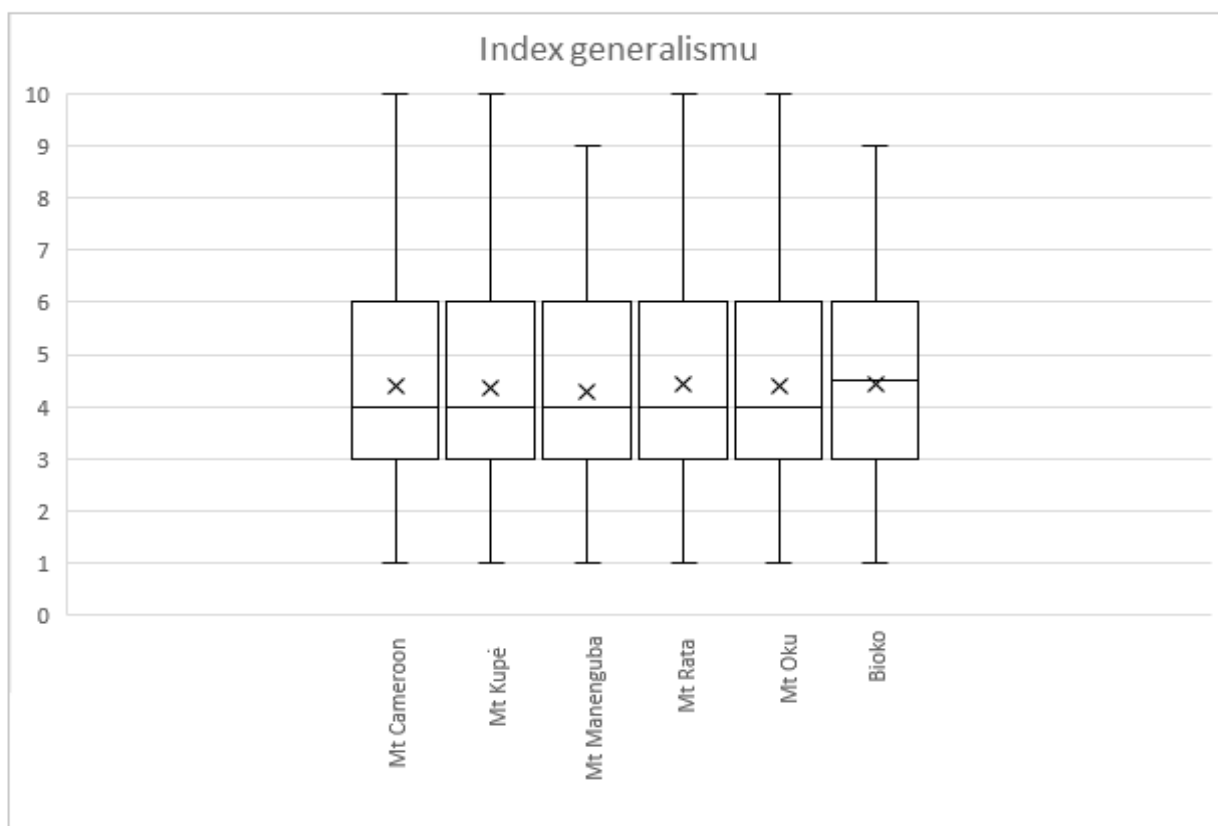
Obr. 29. Průběh indexu generalismu podél elevačního gradientu na ostrově Bioko; křížek = průměr, tučná linka = medián



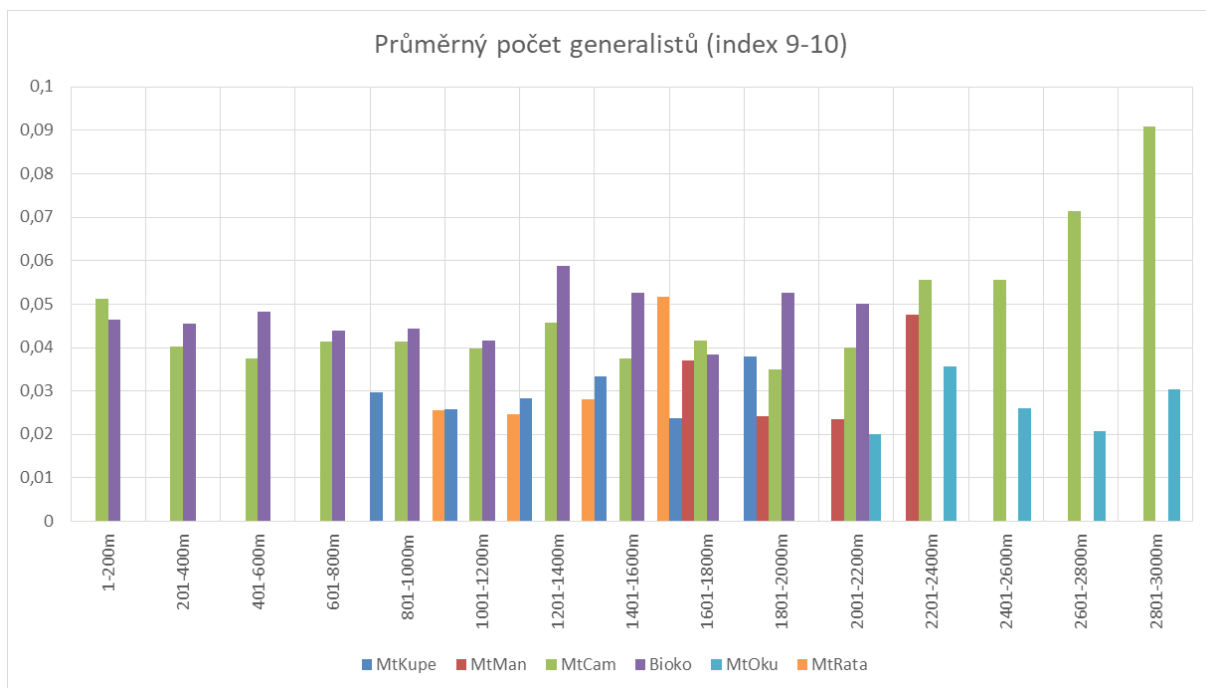
Obr. 30. Průběh indexu generalismu podél elevačního gradientu na hoře Manenguba; křížek = průměr, tučná linka = medián



Obr. 31. Průběh indexu generalismu podél elevačního gradientu na hoře Oku; křížek = průměr, tučná linka = medián



Obr. 32. Průměrný index generalismu na Kamerunských horách; křížek = průměr, tučná linka = medián



Obr. 33. Podíl habitatových generalistů ve společenstvech ptáků na Kamerunských horách, generalisté = ptačí druhy vyskytující se v minimálně 9 typech prostředí z 10