

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta**

Bakalářská práce

2018

Klára Valentová

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta**

**Analýza sociálních sítí: Stabilita
charakteristik jedince a skupiny**

Bakalářská práce

Klára Valentová

Školitelka: Mgr. Martina Konečná, Ph.D.

České Budějovice 2018

Valentová, K., (2018). Analýza sociálních sítí: stabilita charakteristik jedince a skupiny [Social network analysis: stability of individual and group characteristics. Bc. Thesis, in Czech] – 35 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Anotace:

This thesis is focused on social network analysis, a method that has been relatively recently applied in behavioural ecology. It allows to study the social organizations of animals at different levels using various types of interactions between them. The first aim of the thesis was to summarize main network characteristics on individual and global network level and describe the main problems and difficulties in terms of the use of different types of data. The second aim was to assess the stability of individual and group characteristics based on the different types of data obtained from a group of Barbary macaques.

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným stanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s pozorováním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 18. 4. 2018

Poděkování

Ráda bych poděkovala své školitelce Martině Konečné za odborné vedení práce, inspiraci a také za trpělivost při opravování textu. Dále bych chtěla poděkovat Míše Másílkové za vstřícnost a za cenné připomínky a pomoc při úpravách textu. Nakonec děkuji svým přátelům a rodině za podporu, kterou mi věnovali během mého dosavadního studia.

OBSAH

1. ÚVOD.....	1
2. ZÁKLADNÍ POJMY SNA.....	3
2.1 Charakteristiky sítě pro jedince	4
2.2 Charakteristiky sítě pro skupinu	6
3. DATA	8
4. ÚROVNĚ SOCIÁLNÍ SÍTĚ.....	10
4.1 Individuální (ego) úroveň	10
4.2 Úroveň podskupiny.....	10
4.3 Globální (skupinová) úroveň	12
5. SBĚR DAT	13
6. POROVNÁNÍ ČTYŘ STUDIÍ	14
7. METODY	17
7.1 Sběr dat	17
7.2 Data pro analýzu sociálních sítí	17
7.3 Statistické zpracování	18
7.3.1 Vybrané parametry analýzy sociálních sítí pro porovnávání	18
7.3.2 Nenáhodnost vazeb v sítích.....	19
8. VÝSLEDKY	21
8.1 Nenáhodnost vazeb v sítích	21
8.2 Analýza sociálních sítí na globální úrovni	23
8.3 Analýza sociálních sítí na individuální úrovni	23
8.3.1 Testování stability charakteristik jedince napříč dvěma sezónami	23
8.3.2 Testování pozice jedince v síti napříč sezónami a napříč daty různých typů chování	24
9. DISKUZE	26
10. SHRNU TÍ.....	31
11. LITERATURA	32

1. ÚVOD

Analýza sociálních sítí (SNA) je metoda umožňující studium vzorců sociálních interakcí a kvality vztahů u sociálně žijících druhů živočichů (Tiddi et al., 2011). Jednou z nejatraktivnějších vlastností této metody je, že poskytuje jednotný koncepční rámec, díky němuž může být sociální organizace zvířat studována na všech úrovních, od individuů přes dvojice, skupiny až po populace, na základě různých typů interakcí mezi nimi jako je například agresivita, spolupráce či sexualita (Krause et al., 2009).

Metodologie síťové analýzy vychází ze souboru analytických nástrojů, nacházející svůj původ v teorii grafů, původně vyvinutých pro studium sociálně interakčních vzorců lidské společnosti. Během posledních deseti let nachází tato metoda stále větší uplatnění při studiu chování zvířat. Zprvce díky vývoji nových konceptů a algoritmů, které přinesla potřeba analyzovat, za druhé díky vývoji rychlejších a mnohem výkonnějších počítačů, které umožňují spouštět v běžném stolním počítači algoritmy, jež by před několika lety vyžadovaly měsíce nebo roky zpracování (Kasper & Voelkl, 2009).

SNA by ale neměla být vnímána pouze jako soubor nástrojů určených výhradně ke studiu společenského chování. Pole působnosti SNA je mnohem širší, zahrnuje například studium přenosu nemocí a informací ve skupině nebo dokonce přenos inovativního chování (Jacobs & Petit, 2011). Obecně se jedná o možnost prozkoumat, jak individuální chování ovlivňuje to, co se děje na úrovni populace a rovněž příležitost studovat, jaké může mít chování jednoho jedince dopady pro druhé jednotlivce v populaci (Krause et al., 2009). Analýza sociální sítě tedy nalézá své uplatnění především v behaviorální ekologii, kdy struktura celé skupiny a společenské postavení jedinců v síti může mít významný vliv na společenskou dynamiku, individuální zdatnost, a funkci skupiny a může tak ovlivnit vývoj sociálního chování (Pinter-Wollman et al., 2014).

Abychom chápali ekologické a evoluční procesy tvorby základní sociální sítě a její organizace, je třeba porovnávat sociální sítě napříč druhy a studovat, jak změny životního prostředí, jako je dostupnost zdrojů a hustota společenstva, nebo průběh ontogeneze zvířete, ovlivňují strukturu sítě (Pinter-Wollman et al., 2014).

Analýza sociální sítě se ukázala být cenným nástrojem při studiu složitosti sociálních vztahů především u primátů, jelikož u většiny druhů primátů nalézáme dlouhodobé a diferencované sociální vazby a dovednosti, které výrazně ovlivňují, ať už

přímo nebo nepřímo, většinu z jejich chování (Kasper & Voelkl, 2009). Ve skutečnosti, každodenní život mnoha druhů primátů často zahrnuje složité polyadické interakce, které je obtížné vysvětlit. Četné studie používající tradiční přístupy k vysvětlení potenciálně důležitých rolí jedinců ve skupině ovšem zaměřují svou pozornost čistě na dyadické interakce mezi iniciátorem a příjemcem. Oproti tomu analýza sociální sítě nabízí možnost zobrazit a prozkoumat vztahy mezi všemi členy skupiny (Jacobs & Petit, 2011).

2. ZÁKLADNÍ POJMY SNA

Jednoduchým řešením prezentace údajů o sociálních asociacích nebo interakcích jsou souřadnicové matice (adjacency matrix) neboli sociomatrice, které jsou rovněž základem analýzy sociální sítě. Matice je tvořena řádky a sloupci, které představují konkrétní jedince, podskupiny jedinců, skupiny jedinců stejného, či jiného druhu nebo populace. Údaje v matici popisují vztahy mezi těmito subjekty (Sueur et al., 2011).

Prezentace údajů pomocí teorie grafů pak znamená vytvoření sítě, obsahující množinu uzlů (nodes nebo vertices) a množinu vazeb mezi uzly (edges, links, nebo connections) (Krause et al., 2015). Síť umožňuje určit celou řadu popisných charakteristik, díky nimž mohou být popsány vlastnosti a struktura sítě a pozice vybraných jedinců (Krause et al., 2009). Každý jednotlivý uzel v síti reprezentuje jedince, skupinu nebo populaci, jejíž vztahy s ostatními komponentami jsou známy. Rovněž je možné ke každému uzlu přiřadit atributy, jako je například věk, pohlaví, velikost, hierarchické postavení, druh, nebo dokonce kategorii jako je například „lovec“ nebo „kořist“. Prostřednictvím různého značení a různých barev uzlů můžeme rozlišit různé vlastnosti uzlu, například samice mohou být v síti znázorněny třeba trojúhelníkem a samci kolečkem, čímž pak bude získána vizuální prezentace toho, jak tato vlastnost ovlivňuje sociální strukturu skupiny (Sueur et al., 2011).

Vazba mezi uzly pak znázorňuje určitý vztah mezi dvěma komponentami sítě. Vazby mezi uzly mohou být „pozitivní“ nebo „negativní“ (např. afiliativní nebo agresivní chování). Tento rámec je velmi flexibilní a může být použit pro řešení řady otázek, jako je například přenos nemocí či tok informací (Sueur et al., 2011). Dále může být vzniklá síť vážená (weighted), v případě, že jsou známy hodnoty síly interakcí (vazeb) mezi jedinci, nebo nevážená (unweighted) bez informace o síle interakcí (Wey et al., 2008).

Vzniklá síť je propojená (connected), v případě, že existuje vztah mezi všemi síťovými komponentami (Krause et al., 2015). Pokud má interakce jasného iniciátora a příjemce, je propojení mezi uzly směrované (directed), jako například v případě sociálního čištění srsti nebo agrese. U směrovaných sítí jsou zdrojové matice dat nesymetrické. Pokud interakce není v konkrétním směru, jako například v případě blízkosti (proximity), propojení uzlů je nesměrované (undirected) (Wey et al., 2008; Krause et al., 2009; Sueur et al., 2011). V nesměrovaných sítích vazby znázorňují pouze propojení dvou uzlů a představují binární hodnoty, matice zdrojových dat je proto symetrická. Pokud jsou uzly propojené, hodnota je

rovna jedné. Pokud je hodnota rovna nule, mezi uzly neexistuje žádný vztah (Sueur et al., 2011).

Výsledné sítě mohou přinést zajímavé informace, pokud budou brány v úvahu, krom přímých spojení mezi jednotlivci, i spojení nepřímá. Nejedná se zde jen o to, s kým interaguje sledovaný jedinec, ale i s kým interagují jeho partneři. Tedy pokud jedincův partner A interaguje pouze s pozorovaným jedincem, pozorovaný jedinec má exkluzivní vztah s A, zatímco jestliže A interaguje s dalšími třemi jedinci, pak výlučnost je pouze jedna čtvrtina. V případě, že studovaný jedinec získává ze vztahu s A výhody, pak nižší výlučnost snižuje tyto pozitivní účinky. Například v případě samce pářícího se se samicemi, které se páří i s mnoha jinými samci, může tato nízká samičí výlučnost podstatně snížit šanci samce na reprodukční úspěch (Sih et al., 2009).

Ačkoli význam nesměrovaných a slabých vážených interakcí není vždy zřejmý, jejich účinky nemusí být vždy nevýznamné (Granovetter 1973). Například šance jedince, nakazit se sexuálně přenosnou chorobou, závisí nejen na jeho sexuálních partnerech, ale rovněž sexuálních partnerech jeho sexuálních partnerů. Při šíření onemocnění by, kromě vlastností onemocnění, měla být brána v potaz i povaha a struktura společenských vztahů, která rovněž ovlivňuje pravděpodobnost a cestu šíření (Wey et al., 2008).

2.1 Charakteristiky sítě pro jedince

Stupeň (degree) je jednou z hlavních a nejčastěji používaných popisných charakteristik sítě na úrovni jedince. Stupeň je dán počtem vazeb (vztahů) o jakékoliv síle, na kterých se jedinec podílí. U směrovaných sítí reprezentujících asymetrické vztahy je možné rozlišovat mezi in-degree (počet vazeb, pro které je uzel příjemcem) a out-degree (počet vazeb, pro které je uzel iniciátorem). Informace o in-degree a out-degree mohou být významné především při studiu interakcí mezi jednotlivci (Sueur et al., 2011).

Stupeň může souviset kupříkladu s hodnotou pravděpodobnosti, že daný jedinec může šířit nemoc či informace v síti (Krause et al., 2009). Dále je tato metrika užitečná při studiích pohlavního výběru, konkrétně například při studiu počtu sexuálních partnerů nebo výběru partnera (Sih et al., 2009). Sih a kolektiv (2009) předpokládají, že počet setkání, která má samice s „vysoce kvalitními“ samci, by měl mít vliv na její vybíravost (tedy na její tendenci odmítnout méně kvalitního samce). Samice, po zkušenostech s vysoce kvalitními samci jsou více vybíravé. Pokud by byly zkušenosti všech samic stejné, a tedy průměrné (v případě, že

by sociální síť nebyla nijak strukturovaná), pak by všechny samice měly být stejně vybíravé a sexuální výběr by měl být velmi silný. Liší-li se však samice ve zkušenostech s vysoce kvalitními samci, pak by některé, možná většina z nich, neměly být vybíravé a sexuální výběr by měl být slabší. (Sih et al., 2009).

Proměnné spadající pod pojem centrálnost, který je vymezen, jako míra strukturální důležitosti jedince ve skupině, na základě jeho polohy v síti, jsou blízkost (closeness), koeficient středové vzdálenosti (betweenness centrality coefficient nebo jen "betweenness") a koeficient vlastního vektoru centrálnosti (eigenvector centrality coefficient). Blízkost je charakterizována jako centralita, založená na nejkratší délce cesty spojující studovaného jedince se všemi ostatními členy sociální skupiny. Středová vzdálenost je určena počtem nejkratších cest definovaných nejmenším počtem vazeb mezi různými dvojicemi uzlů, které procházejí studovaným uzlem. Vlastní vektor centrálnosti představuje propojení jedince (uzlu) v rámci sítě v závislosti na počtu a síle vazeb, které jedinec má, s ohledem na centrálnost jedinců, ke kterým je připojen (Sueur et al., 2011; Wey et al., 2008).

Lusseau a Newman (2004) například použili betweenness centrality coefficient k identifikaci ústředních jedinců v populaci delfína skákavého. Zjistili, že někteří jedinci měli významně vyšší betweenness koeficienty než ostatní. Vyvozují z toho, že tito ústřední jedinci spojují podskupiny ve vysoce dynamickém fission – fusion systému a působí jako „zprostředkovatelé“ propojení v populaci.

Hodnota koeficientu středové vzdálenosti může být klíčovou informací, pokud je cílem studie vyzkoumat, zda určitá vazba v síti představuje aktivní přenos informací nebo onemocnění. Pokud bychom ze sítě odstranili většinu centrálních jedinců s vysokou hodnotou betweenness, způsobilo by to rychlé rozdělení sítě do několika odpojených částí. Nicméně důsledky takového zásahu by hodně závisely na inter-individuálním betweenness. Ve skutečnosti, pokud jsou rozdíly v betweenness slabé (malé odchylky mezi jednotlivci), odstranění centrálních jednotlivců by mělo mít jen malý vliv na strukturu sítě. Oproti tomu v případě, že odchylky v betweenness mezi jednotlivci jsou velké, pak odstranění jednoho jedince může mít podstatný vliv na strukturu sítě (Sueur et al., 2011).

Z intuitivního hlediska má jedinec zvláště vysokou centralitu, pokud vytváří jediný most mezi dvěma podskupinami. V jakékoliv sociální skupině se jedinci liší v míře jejich vlivu na ostatní jedince a tak i na celkovou funkci skupiny (Sih et al., 2009). V souvislosti s tímto Sih a Watters (2005) představili pojem klíčový jedinec, obdobu klíčového druhu v ekologii společenstev. Klíčoví jedinci mají nepřiměřeně velký vliv na dynamiku a funkci celé skupiny, včetně toku informací v sociální skupině (Sih et al., 2009).

Z hlediska spolupráce ve skupině, Sueur a Petit (2008) zkoumali kolektivní přesuny u makaků rhesus a makaků tonkeánských. Na základně pozorování vytvořili matice, popisující, s jakou četností jednotlivci následovali jeden druhého během přesunu po odpočinku. Po výpočtu koeficientu vlastního vektoru centrálnosti z výsledných sítí došli k závěru, že u obou druhů byli někteří jedinci centrální více než ostatní a měli vyšší vliv na skupinovou koordinaci. Například pokud tito jedinci odešli bez ohledu na jejich pozici při přesunu (tj. první odejde, druhý ho následuje, třetí ho následuje...), připojilo se k nim velké množství jedinců. Sueur a Petit (2008) označili tyto jedince jako "určující" ("determinant individuals") neboli klíčové jedince. Tito jedinci byli buďto dominantní jedinci, u druhu makak rhesus jedinci spojující různé matrilinie, nebo v případě makaků tonkeánských jedinci s pevnými afiliativními vazbami (tuto rozdílnost lze přičíst k mezidruhovým rozdílům příslušných sociálních systémů) (Sueur & Petit, 2008; Sueur et al., 2009).

Centralita tedy může mít různé významy: centrální jedinec může být definován jako jedinec udržující soudržnost skupiny tím, že spojuje dvě podskupiny, dále jako jedinec udržující stabilitu skupiny řízením konfliktů nebo může být definován jako jedinec s nejvyšší frekvencí určitého typu chování, například sociálního čištění srsti. Definice centrálnosti tak závisí na studované otázce a analyzovaných datech. Rovněž je možné posuzovat centrálnost v závislosti na charakteristikách jedince, jako je pohlaví, věk, dominance, odvaha, znalosti nebo zkušenosti (Sueur et al., 2011).

2.2 Charakteristiky sítě pro skupinu

Některými síťovými měřítky, odrážejícími vztahy mezi jedinci dle rozložení vazeb, lze určit přítomnost podskupin v síti. Shlukovací koeficient (clustering coefficient) je dán počtem pozorovaných vazeb mezi sousedy studovaného jedince děleným maximálním možným počtem vazeb mezi nimi (Wey et al., 2008). Měří tendenci uzlu shlukovat se k jiným uzlům a zároveň zachycuje úroveň soudržnosti sítě (Sueur et al., 2011). Shlukovací koeficient tedy popisuje, jak hustě nebo řídce je studovaný jedinec obklopen ostatními jedinci (Wey et al., 2008). Jestliže jsou všichni jedinci, připojení k pozorovanému jedinci, propojeni navzájem i mezi sebou, koeficient shlukování bude roven 1; pokud ani jeden jedinec není spojen s jiným jedincem, bude koeficient shlukování roven 0 (Whitehead, 2008).

Podskupinovitost (cliquishness) sítě také vypovídá o tom, jak moc je síť rozdělena do různých podskupin (cliques), ve kterých jsou všechny uzly (jedinci) navzájem propojeny (Wey et al., 2008). Existence podskupin může mít vliv na rozpad sítě. Například, pokud síť obsahuje velké množství podskupin, může dojít, odstraněním jednoho jedince či jedné vazby a následným zablokováním komunikační cesty mezi podskupinami, k rozpadu celé sítě (Wey et al., 2008).

Flack a kolektiv (2006) studovali řízení a skupinovou stabilitu u makaků vepřích. Identifikovali jedince s vysokým shlukovacím koeficientem a experimentálně odstranili tyto jedince ze skupiny. V důsledku odstranění těchto jedinců došlo ke zvýšení agresivních interakcí mezi zbývajícím členy skupiny a interakce čištění srsti se staly méně časté a méně rozmanité. Autoři proto dospěli k závěru, že jedinci s vysokým shlukovacím koeficientem jsou důležití při řešení konfliktů a udržování skupinové stability.

O tom, jak pevně je určitá skupina propojena, vypovídá její soudržnost (cohesion). Jedním z měřítek soudržnosti je hustota (density), určená podílem přítomných a možných vazeb v síti. Skupina je teoreticky tím hustší a soudržnější, čím vyšší je průměrný počet vazeb na jednoho jedince. Pojem přechodnost (transitivity) pak vychází z toho, že jestliže má jedinec A vztah s jedincem B a jedinec B má vztah s jedincem C, pak je určitý vztah i mezi jedinci A a C. Přechodnost, společně s reciprocitou (kolik vztahů je vlastně vzájemných) říká, jak moc dobře jsou vztahy ve skupině vyvážené. Vyšší soudržnost, přechodnost a reciprocita mohou informovat o větším potenciálu přenosů (šíření informací/nemocí) v rámci sítě (Wey et al., 2008).

3. DATA

Data, ze kterých se tvoří síť, jsou obvykle dělena do dvou kategorií na proximitní a interakční. V případě proximitních dat jsou jedinci spojeni prostřednictvím prostorové blízkosti nebo například sdíleným využíváním zdrojů. Proximitní data jsou hojně využívána při studiu druhů, u kterých nelze spolehlivě pozorovat interakce, především pak u vodních živočichů (Castles et al., 2014). V případě proximitních dat je propojení mezi uzly nesměrované, což znamená, že nelze určit iniciátora a příjemce. Naopak v případě interakčních dat, založených na pozorovaných směrovaných asociacích mezi jednotlivci, jako je například grooming či agrese, je iniciátor i příjemce známý. Propojení je tedy směrované (Castles et al., 2014; Wey et al., 2008).

V případě směrovaných vazeb může být vztah mezi jedinci navíc symetrický, kdy vazba směřuje stejně k oběma jedincům. Příkladem takového vztahu může být například spolupráce. Vztah mezi jedinci může být i asymetrický, kdy pouze jeden jedinec z dvojice iniciuje chování vůči druhému, jako například v případě agrese (jedinec cení zuby na druhého jedince) (Wey et al., 2008).

Sítě, založené na proximitních i interakčních datech, mohou být rovněž vážené, v případě, že je známa hodnota síly nebo pravděpodobnosti proximity či interakce, nebo nevážené, čili bez této informace (Wey et al., 2008) (viz kapitola 2. Základní pojmy SNA).

Při sběru dat by, v ideálním případě, měly být zaznamenány všechny proběhlé interakce mezi jedinci (Castles et al., 2014). Nicméně toho je extrémně těžké dosáhnout, a to především při pozorování divokých zvířecích populací (Croft et al., 2008). Následkem toho bylo vyvinuto množství různých technik sběru dat, které umožňují efektivní sběr dat vzhledem ke konkrétnímu cíli studie (Altmann, 1974).

Primáti patří mezi jeden z mála taxonů, u nichž jsou k dispozici data různého typu, založená na různých technikách sběru. Je tomu tak proto, že skupiny primátů jsou relativně dobře studovatelné, a navíc představují skupinu se značným počtem druhů, které jsou v současné době zkoumány, v některých případech na několika místech až několik let (někdy i desítky let). V důsledku toho je zcela možné vytvořit pro mnoho odlišných druhů síť založenou na stejných kategoriích chování (jako je například grooming nebo agrese) nebo naopak vytvořit síť založenou na základě různých typů chování (Krause et al., 2015).

Toto obvykle umožňuje sladit výběr zaznamenávaných interakcí s konkrétní výzkumnou otázkou. Přesto bývá v mnoha studiích výběr vhodného typu chování závislý

spíše na praktických úvahách, typu jak snadno a spolehlivě může být chování pozorováno, než na základních úvahách o vhodnosti typu sítě pro specifickou otázku (Krause et al., 2015).

Například sítě vytvořené na základě proximitních dat jsou vhodné při studiu přenosu informací, sociálního učení či nemocí. Jedinci, kteří tráví hodně času v těsné blízkosti, se od sebe navzájem učí s vyšší pravděpodobností. Zatímco interakční sítě, založené například na příchodech, jsou ke studiu sociálních přenosů méně vhodné. Ačkoli výjimkou může být například síť založená na kopulačních (interakčních) datech, která může být velmi informativní v otázce přenosu onemocnění (Krause et al., 2015).

V případě, kdy je sociální síť postavena na jediném typu chování, by se neměla opomíjet její specificita. Kupříkladu, vztahy v určité skupině primátů mohou být v nějakém případě definovány jednoduchým typem chování, jako je třeba grooming, ovšem nesmí být zanedbávána skutečnost, že i když si jedinci nemusí navzájem čistit srst, mohou se společně krmit anebo společně spát na stejném místě (Krause et al., 2015).

Důležitost zvažování více typů behaviorálních dat pro zkoumání společenskosti primátů je již dlouho zdůrazňována (Kummer 1968; Hinde 1976). Analýza sociální sítě sama o sobě poskytuje vynikající prostředek k propojování a porovnání více typů sociálního chování.

4. ÚROVNĚ SOCIÁLNÍ SÍTĚ

Sít'ová analýza může být studována na mnoha úrovních, od jedinců až po populace (Krause et al., 2009). To na jakou úroveň se zaměřit, ve většině případů závisí na výzkumné otázce a na cílech dané studie (Krause et al., 2015). Konkrétně Krause a kolektiv (2015) dělí analýzu sociálních sítí do třech úrovní analýzy – individuální (ego), podskupinová a globální (skupinová).

4.1 Individuální (ego) úroveň

Individuální (ego) úroveň analýzy sociální sítě umožňuje zaměřit se na určité sít'ové vlastnosti každého jedince, jako je například centralita či klíčovost jedince. Díky vazbám jedince s ostatními jedinci, a celkově vazbám jedince v rámci sítě jako celku, může být studována sociální pozice jedince ve skupině (Krause et al., 2015). Crofoot a kolektiv (2011) dokonce navrhuje, že by z individuálních proměnných každého jedince, mohl být vytvořen jakýsi jedincův osobnostní profil.

Smyslem „individuálního přístupu“ je obvykle korelovat individuální sít'ové proměnné s ostatními biologickými charakteristikami jedince, jako je například pohlaví, věk, sociální hierarchie, reprodukční úspěch nebo třeba množství parazitů (Krause et al., 2015).

Například Sueur a kolektiv (2011) ve své studii zjistili, že u sociálně netolerantních druhů makaků, jako makak rhesus a makak červenolící, byly vysoce postavené samice v rámci sítě mnohem více sjednocené (centralizovanější), s vyššími hodnotami vlastního vektoru centrálnosti, oproti níže postaveným samicím. Naopak u zbylých dvou, více sociálně tolerantních, druhů makaků, makaků tonkeánských a makaků chocholatých, nebyl tento vzorec chování ve výsledcích sít'ové analýzy pozorován. Sueur a kolektiv (2011) se v této studii zaměřili právě na individuální úroveň analýzy, konkrétně na hodnoty eigenvector centrality. Jejich výsledky poukazují na možné spojitosti mezi sociálním stylem života jednotlivých druhů makaků a strukturou sociální sítě/charakteristikami sociální sítě.

4.2 Úroveň podskupiny

Analýza na úrovni podskupin poskytuje lepší pochopení struktury dané skupiny, díky identifikaci podskupin (clusters) ve skupině a jejich vzájemné propojenosti (Krause et al.,

2015). Proces identifikace podskupin ve skupině je také často označován jako community detection nebo subgroups (Matsuda et al., 2012).

Jednou z významných proměnných, týkající se podskupin u primátů, je community modularity. Pomocí frekvence výskytů interakcí, v rámci nebo mezi podskupinami, udává tato proměnná hodnotu fragmentovanosti skupiny (Krause et al., 2015). Beisner a kolektiv (2011) využili právě community modularity jako měřítko tvorby podskupin v rámci matrilineí u makaků rhesus. Každá z matrilineí byla rozdělena do všech možných typů podskupinového uspořádání a pro každé z těchto možných uspořádání byla spočítána hodnota community modularity. Následně autoři vybrali uspořádání s nejvyšší hodnotou community modularity (tedy s nejsilnějšími interakcemi v rámci podskupiny a nejslabšími mezi-skupinovými interakcemi). Na základě tohoto uspořádání autoři demonstrovali, že počet podskupin a stupeň modularity v rámci matrilineie významně souvisí s příbuzností v rámci dané matrilineie. Příbuznost v rámci matrilineie se snižuje a počet podskupin nalezených v matrilineii se zvyšuje, stejně tak jako její modularita, z čehož vyplývá, že se tyto matrilineie jako celek stávají méně soudržnými.

Další studie (Sueur, et al., 2011) využila proměnnou community modularity k výzkumu interakcí mezi matrilineemi různých druhů makaků. Autoři zjistili, že hodnoty community modularity u netolerantních druhů byly významně vyšší než hodnoty community modularity u více tolerantních druhů makaků. A to proto, že jedinci u netolerantních druhů, na rozdíl od tolerantních druhů, koncentrovali vzájemné interakce více v rámci svých matrilineí.

Analýza na úrovni podskupin může být rovněž účinným nástrojem ke studiu toku informací či studiu přenosu nemocí a parazitů v rámci skupiny. Například Woelkl a Noë (2008, 2010) studovali tok sociálního přenosu informací, jenž může být významně ovlivňován sociální strukturou skupiny. Zjistili, že očekávaná průměrná délka cesty (average path length) přenosu je závislá na hodnotě community modularity. Tedy čím větší je modularita dané skupiny, neboli čím více je skupina fragmentovaná, tím delší je průměrná délka cesty. Z toho vyplývá důležitost sociální struktury skupiny, při studiu jakýchkoliv sociálních přenosů.

4.3 Globální (skupinová) úroveň

Analýza na globální úrovni shrnuje strukturální charakteristiky studované skupiny. Analýzy na globální úrovni skupiny (někdy na úrovni skupiny nebo populace) se využívá převážně při porovnávání vlastností různých skupin nebo vlastností jedné skupiny za různá časová období. K charakterizaci sociální sítě na globální úrovni se nejčastěji využívá výpočtu průměru hodnot určité individuální proměnné všech jedinců ve studované skupině, například průměru hodnot stupně (mean degree). Dalšími proměnnými studovanými na této úrovni jsou například hustota (neboli provázanost sítě) nebo shlukovací koeficient (Krause et al., 2015). Tato analýza umožňuje detekci časových změn, a to jak dlouhodobých sezónních změn, tak krátkodobých změn způsobených specifickými událostmi, jako je například migrace jedinců. Dále umožňuje provádět porovnávací studie různých skupin stejných druhů nebo síťových struktur mnoha různých druhů (obvykle v meta-analýze) (Krause et al., 2015).

V analýze na globální úrovni je jednotkou měření skupina, proto pro studie zaměřující se pouze na jednu skupinu je velikost vzorku jedna. Při testování se proto často využívá randomizovaných sítí, jejichž metriky se poté porovnávají s metrikami studované sítě. Důležité je, že randomizovaná síť musí obsahovat stejný počet uzlů a vazeb jako původní studovaná síť (Krause et al., 2015). Přesto otázka, zda je náhodná síť skutečně přijatelným nulovým předpokladem, zůstává prozatím otevřená (Croft et al., 2008, Madden, et al., 2011). Analýza na úrovni skupiny je nejběžnější mezi síťovými analýzami v primatologii, jelikož i když se studie zaměřují na individuální úroveň či úroveň podskupiny, obvykle poskytují i sumarizaci výsledků analýzy studované skupiny na globální úrovni. (Krause et al., 2015).

5. SBĚR DAT

Užívání různých typů dat k tvorbě sítě ovlivňuje nejen její výsledný vzhled, ale umožňuje i různé stupně síťové analýzy. Otázkou ovšem zůstává, zda je možné porovnávat studie, ve kterých byly použity různé typy dat. Přesto, že oba typy dat (jak interakční, tak proximitní) mohou vyhovovat studovanému druhu zvířete nebo dané výzkumné otázce, mohou vytvářet jinou perspektivu sítě. Například může existovat mnoho důvodů pro vznik asociací mezi dvěma jedinci, aniž by mezi nimi docházelo k tvorbě společenského vztahu. Patří sem například období sdíleného využívání zdrojů či využívání informací (varování) – každý z těchto aspektů může ovlivnit sociální prostředí jednotlivců různými způsoby (Castles et al., 2014).

Možnosti porovnávání výsledných sítí, které byly vytvořeny na základě odlišných technik záznamu a typů dat, napříč různými studiiemi a druhy, jsou v současnosti stále omezené. Je tomu tak proto, že není dostatečně známo, jaké má dopady právě používání různých typů vzorkování a chování na danou síťovou strukturu populace či druhu (Castles et al., 2014). To, že nevíme, jak sběr a typ dat ovlivňuje výsledky analýzy sociálních sítí, komplikuje porovnání mezi jednotlivými studiiemi, a to ať už na stejném či odlišném druhu. Zatím se jen málo studií pokusilo o srovnání sociálních sítí jednoho druhu, založených na použití různých technik sběru dat nebo různého typu dat (Castles et al., 2014; Hobson et al. 2013; Lehmann & Ross 2011; Madden et al., 2011). Přitom možnost srovnání by mohla vést k lepšímu porozumění aspektům společenského života, a tedy i evolučních procesů ovlivňujících sociální chování (Davies et al., 2012).

6. POROVNÁNÍ ČTYŘ STUDIÍ

Porovnáním sociálních sítí založených na různém typu dat se detailně věnovaly především čtyři recentní studie. Dvě z těchto studií si pro svůj výzkum zvolily data sbíraná na dvou druzích paviánů, paviánů čakma (Castles et al., 2014) a paviánů anubi (Lehmann & Ross 2011), další studie prováděla sběr dat na surikatách (Madden et al., 2011) a poslední studie na papoušcích mniších (Hobson et al. 2013). Všechny tyto studie se věnovaly porovnávání sociálních sítí - studie věnovaná paviánům anubi porovnávala sociální sítě v rámci jedné skupiny, zatímco zbylé studie mezi sebou porovnávaly sociální sítě založené na datech nasbíraných od více studovaných skupin, dvě z nich navíc v souvislosti s časovou dynamikou (Castles et al., 2014, Hobson et al. 2013).

Co se týká typů analyzovaných dat, studie se zabývaly buď pouze interakčními daty (Lehmann & Ross 2011; Madden et al., 2011) nebo zahrnovaly jak interakční, tak proximitní data (Castles et al., 2014; Hobson et al. 2013). Příkladem interakčních dat byla třeba data čištění srsti (Castles et al., 2014; Lehmann & Ross 2011; Madden et al., 2011), pokrývání (Castles et al., 2014; Lehmann & Ross 2011) nebo agrese (Hobson et al. 2013; Lehmann & Ross 2011; Madden et al., 2011). A příkladem proximitních dat pak například data „nejbližšího souseda“ (průběžné zaznamenávání nejbližšího souseda sledovaného jedince; Castles et al., 2014; Lehmann & Ross 2011) nebo data neutrálních asociací (definované jako členství v hejnu, popřípadě v určité podskupině; Hobson et al. 2013).

Studie analyzovaly síťovou strukturu jak na globální, tak na individuální úrovni. Pro analýzu na individuální úrovni byly využity zejména charakteristiky jako stupeň (degree), blízkost (closeness) nebo koeficient středové vzdálenosti (betweenness) a pro analýzu na globální úrovni proměnné jako hustota (density) nebo shlukovací koeficient (clustering coefficient) (Castles et al., 2014; Hobson et al. 2013; Lehmann & Ross 2011; Madden et al., 2011).

Všechny studie přinesly řadu zajímavých výsledků, z nichž některé nebyly při porovnávání ve shodě. Ve všech studiích vytvářeli jedinci ve skupinách diferencované vztahy. Ale například při porovnání sítí založených na různých typech dat byly interakční sítě paviánů čakma na globální úrovni srovnatelné, zatímco u paviánů anubi se sítě shodovaly jen velmi málo nebo vůbec. Co se týče individuální úrovně, v obou studiích si jedinci udržovali podobnou sociální pozici pro řízené proměnné (zaznamenávají jak příchozí, tak odchozí interakce; příkladem je třeba stupeň nebo blízkost), ovšem v případě

studie na paviánech čakma pouze v případě proximitních sítí, které studie na paviánech anubi nezahrnovala, jelikož se zabývala pouze interakčními daty.

Studie na populaci surikat (8 skupin) zase dávala do souvislosti individuální síťové charakteristiky s dalšími vlastnostmi jedince jako je pohlaví, věk, váha a postavení ve skupině. Výsledky studie ukázaly velkou variabilitu mezi skupinami z hlediska vztahů jednotlivých síťových proměnných k různým vlastnostem jedince. Dále se ukázalo, že pro surikaty není globální struktura sítě konzistentním měřítkem, které by mohlo být předpovězeno vlastnostmi skupiny. Vlastnosti jedinců za určitých okolností vysvětlovaly postavení jedinců v rámci sítě, avšak vlivy těchto vlastností se lišily podle typu zvažovaných interakcí. A i když některé obecné vzorce byly pozorovány ve všech skupinách (například síť dominance odhalily, že těžší jedinci se častěji účastnili dominantních interakcí), vyskytovalo se zde i mnoho významných odlišností, vztahů a vzorců sdružování, které byly omezeny pouze na jednotlivé skupiny (Madden et al., 2011). Podobně i studie na paviánech anubi zkoumala vliv pohlaví na pozici jedince v síti a zjistila, že v sítích založených na některých typech chování mohou hrát samci a samice odlišné role. Co se týče sítí agrese a čištění srsti bylo zde relativně málo rozdílů mezi pohlavími, zatímco v sítích založených na prezentaci genitálií (presenting), pokrývání (mounting) a vytěsnění (displacement) se ukázaly pozice v síti být dosti pohlavně specifické, navíc se samice často nacházely v centru sítě, kdežto samci na jejích okrajích (Lehmann & Ross 2011).

Ačkoliv posuzování časové variability nebylo přímým cílem této studie, studie probíhající na paviánech čakma obecně zaznamenala v sítích napříč roky značnou časovou variabilitu (Castles et al., 2014). Časovou dynamikou se pak zabývala především studie na dvou skupinách papoušků mniších. Tato studie ukázala, že se sociální síť papoušků formovaly a stabilizovaly za relativně krátké období. Ačkoliv se vzorce síťových formací a stabilizace lišily napříč studovanými typy asociací (papoušci formovaly síť agonistických asociací mnohem pomaleji než síť jiných typů asociací a navíc síť agonistických asociací vykazovaly i nižší stabilitu), časová dynamika formování a stabilizace sociální struktury byla srovnatelná napříč dvěma replikovanými skupinami (Hobson et al. 2013).

Obecně lze shrnout, že výsledky studií se ohledně porovnatelnosti charakteristik sítě (jak na individuální, tak na globální úrovni) liší. Je zjevné, že svou roli zde hraje řada faktorů jako například analýza data různých druhů, a především pak odlišná volba dat vstupujících do analýzy a metoda jejich sběru. Studie na paviánech čakma a papoušcích mniších navíc zdůrazňují, že by měl být kladen důraz i na časovou dynamiku a začleňování časových změn do analýzy sociálních sítí.

Cílem této bakalářské práce je, podobně jako u výše zmíněných studií, porovnat sociální sítě, vytvořené na základě tří různých typů dat získaných ve dvou časových obdobích od samic makaků magotů.

7. METODY

7.1 Sběr dat

Data použitá pro analýzu sociálních sítí v rámci mé bakalářské práce byla získána od divoké skupiny makaků magotů žijící v Upper Rock Natural Reserve, Gibraltar. Konkrétní pozorovaná skupina byla volně přístupná, dokrmovaná a v kontaktu s veřejností (turismus). Data byla sbírána po dvě pářící sezóny, vždy od října do listopadu. V sezóně 2007-2008 se skupina skládala ze 17 dospělých samic, 6 dospělých samců a z 15 jedinců mladších tří let. Během nesledovaného období se k pozorované skupině připojili další tři samci (2 subadultní and 1 mladý dospělý samec), a narodilo se sedm dalších mláďat. V sezóně 2008-2009 se tedy skupina rozrostla na 17 samic, 9 samců a 22 jedinců mladších než 3 roky.

Sběr dat byl proveden dvěma pozorovateli (Martinou Konečnou a Veronikou Roubovou) za využití metody kontinuálního fokálního záznamu zároveň s minutkovým snímkováním. Každý jedinec byl pozorován kontinuálně po dobu půl hodiny, a co každé dvě minuty bylo navíc poznamenáno, co sledovaný jedinec dělá, typ substrátu, na kterém se vyskytuje, a jeho sociální partneři. Zvířata byla v každé sezóně pozorována v průběhu dne vždy v rozmezí od 8:00 do 18:00 hodin. Tato pozorovací doba byla rozdělena na dvouhodinové intervaly. Pozorování bylo rozvrženo tak, aby byl každý jednotlivec pozorován rovnoměrně během dne i celé sezóny. Podrobnější informace o lokalitě, jedincích i sběru dat jsou uvedené v předchozích studiích (Konečná et al., 2012; Roubová 2011; Roubová et al., 2015)

7.2 Data pro analýzu sociálních sítí

V rámci analýz sociálních sítí jsem pracovala pouze s daty zaznamenanými pro samice. Počet individuálních fokálních period pro každou samici se celkově pohyboval od 23 do 32, tedy od 30 do 32 v první sezóně a od 23 do 29 ve druhé sezóně. Průměr byl tedy 29,5 hodin behaviorálních dat pro každou samici, z celkem 497 hodin pro všechny pozorované samice.

Analyzovala jsem data tří typů chování: data sezení v kontaktu, data příchodů a data čištění srsti. Data sezení v kontaktu byla zaznamenána během minutkového snímkování,

pokud se dva nebo více jedinců nacházelo v takové blízkosti, že se vzájemně dotýkali jakoukoliv částí těla a zároveň nebylo pozorováno žádné jiné chování jako objetí či čištění srsti. Data pro sezení v kontaktu jsou symetrická, bez informace o iniciátorovi a příjemci interakce, zároveň jsou v tomto případě vážená, tedy vztah každé dvojice je určen frekvencí jejich sezení v kontaktu nikoli jen údaji ano-ne.

Co se týče příchodů, data byla zaznamenána během fokálního sledování, pokud se jedinec dostal do blízkosti druhého jedince nebo jedinců (tedy do takové blízkosti, ve které bylo možné, aby se jedinec svou rukou pohodlně dotkl druhého jedince nebo jedinců) a zůstal v této blízkosti po dobu alespoň pěti sekund. Zaznamenávány byly jak iniciované, tak přijaté příchody. Interakce čištění srsti byly zaznamenávány také během fokálního pozorování a to jak iniciované, tak přijaté interakce. Tedy interakce, kdy jeden jedinec čistil srst jiného jedince a kdy byl jedinec čištěn jiným jedincem. U těchto dat byla zaznamenávána frekvence iniciovaných i přijatých interakcí pro každého jedince. Data týkající se příchodů a čištění srsti jsou směrovaná, vážená a vzniklé matice jsou asymetrické.

7.3 Statistické zpracování

Pracovala jsem tedy se dvěma typy interakčních dat (data čištění srsti a příchodů) a jedním typem proximitních dat (data sezení v kontaktu).

Z dat sbíraných po dvě sezóny byly pro každou sezónu vytvořeny matice třech typů, celkově tedy šest matic. Matice dat sezení v kontaktu byly symetrické, jelikož toto chování bylo zaznamenáváno jako řízené, tedy bez jasného iniciátora a příjemce. Síla vazby mezi dvojicemi byla v případě dat čištění srsti a příchodů spočtena jako podíl mezi počtem pozorovaných interakcí a časem stráveným pozorováním jedinců z dané dvojice. V případě dat sezení v kontaktu byla frekvence sezení dělena počtem snímků pro každou dvojici.

7.3.1 Vybrané parametry analýzy sociálních sítí pro porovnávání

Podle vzoru již publikovaných studií (Lehmann & Ross 2011; Madden et al., 2011; Hobson et al., 2013; Castles et al., 2014), ve kterých se autoři zabývali porovnáním sociálních sítí založených na různém typu dat, jsem vybrala k porovnání následující síťové charakteristiky. Co se týče globální úrovně sítí, zvolila jsem tyto dvě běžně používané proměnné: váženou hustotu (density; průměrná síla vazby mezi všemi dvojicemi, založená

na počtu nebo frekvenci interakcí) a shlukovací koeficient (clustering coefficient; udává, jak propojené jsou podskupiny v síti, a tedy rozsah v jakém se tvoří podskupiny).

V souvislosti s individuální úrovní sítě jsem se zaměřila na proměnné: stupeň (degree; počet přímých vazeb jedince), blízkost (closeness; vzdálenost jedince vůči všem ostatním prostřednictvím všech možných vazeb, tedy měřítko toho, jak úzce je jedinec propojený se všemi ostatními) a koeficient středové vzdálenosti (betweenness; nejnížší počet vazeb, mezi různými dvojicemi jedinců, které procházejí konkrétním jedincem). Každá ze sezón byla analyzována odděleně, aby mohly být zohledněny potenciální změny v rámci skupiny v čase.

Výběr byl proveden na základě předchozích srovnávacích studií i skutečnosti, že tyto charakteristiky jsou obecně ve studiích založených na síťové analýze používány nejčastěji.

Prostřednictvím síťového softwaru UCINET (Borgatti et al., 2002) jsem z matic spočetla výše uvedené globální a individuální síťové proměnné, abych jejich prostřednictvím mohla prozkoumat pozici jedince a strukturu sítí, vytvořených na základě různých typů chování a v různém čase.

Následně pomocí Spearmanovi korelace v programu Statistica ver. 13.2 (Statsoft), jsem prostřednictvím dat tří individuálních síťových proměnných testovala, zda zůstávají pozice jedince v rámci sítě čištění srsti, příchodů a sezení v kontaktu stabilní napříč dvěma pozorovacími sezónami. Spearmanovu korelaci jsme zvolila z důvodu nenormálního rozdělení dat. Proměnné stupeň a blízkost jakožto směrované proměnné (kde je znám iniciátor a příjemce interakce) mají zaznamenané hodnoty pro odchozí (out) a příchozí (in) interakce. Abych zjistila, zda si jedinci udrželi stabilní sociální pozice (a tedy i podobné hodnoty pro proměnné stupeň, blízkost a koeficient středové vzdálenosti) v sítích vytvořených na základě dat různých typů dat, korelovala jsem také mezi s sebou individuální proměnné z dat čištění srsti, příchodů a sezení v kontaktu. Data jsem opět analyzovala prostřednictvím Spearmanovy korelace a to pro každou sezónu zvlášť. Zohledňovala jsem v této analýze pouze odchozí interakce a tedy pouze odchozí proměnné (tzn. out degree a out closeness).

7.3.2 Nenáhodnost vazeb v sítích

Použila jsem permutační test, abych zjistila, zda byly sociální vztahy v rámci skupiny nenáhodné. Porovnávala jsem vážená data sítí všech typů chování s vygenerovanými sadami plně propojených sítí (hustota = 1). Toto jsem provedla za pomoci metody bootstrap poskytované programem UCINET. Tato analýza vytváří náhodnou distribuci vazeb pro

permutaci výběrem náhodných podmnožin pozorovaných uzlů v rámci sítě po předchozím překombinování vazeb mezi nimi. V těchto testech byla 5000 krát náhodně obměňována napozorovaná data a následně byla distribuce náhodných datových sad porovnána s původními napozorovanými daty.

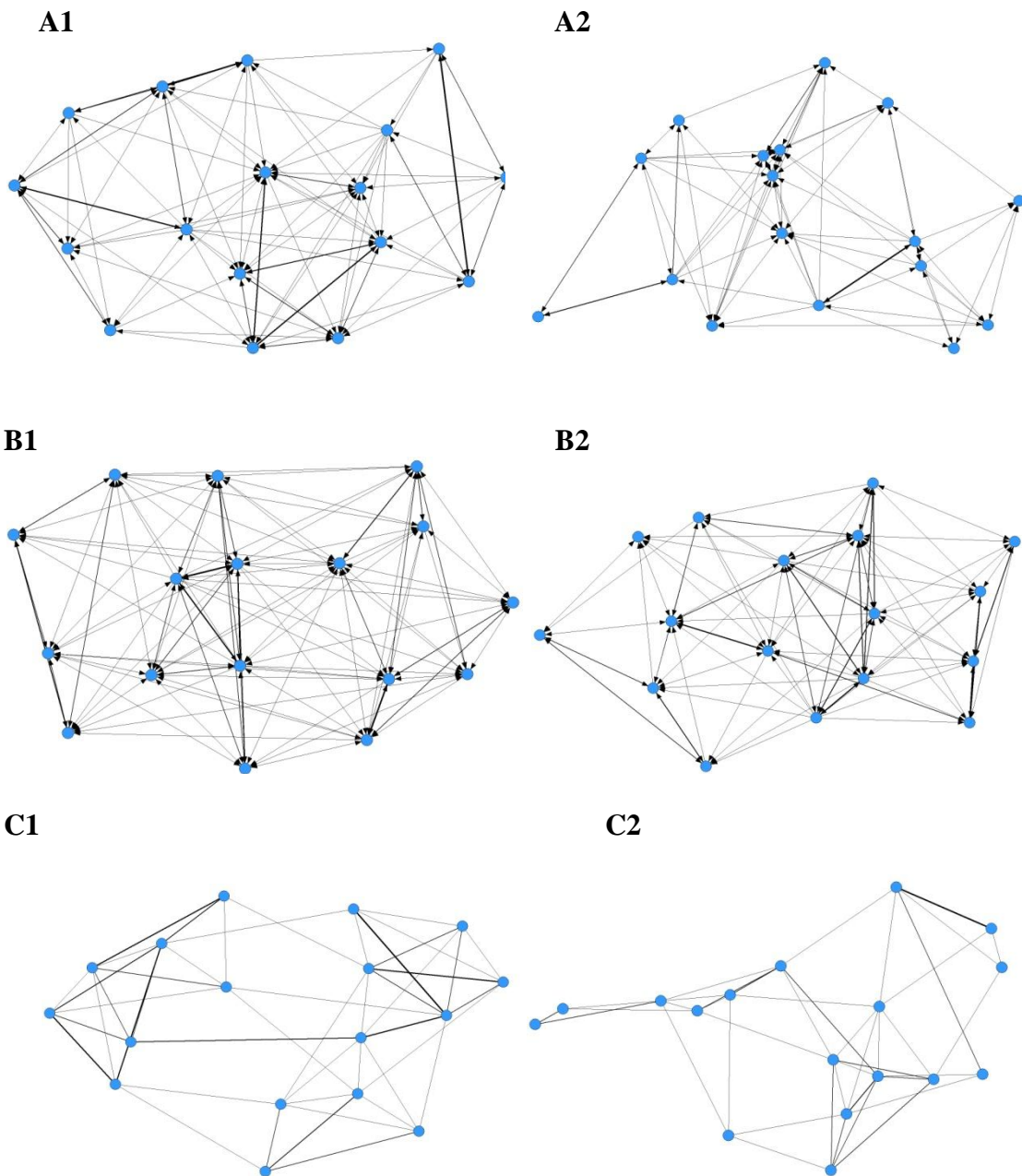
8. VÝSLEDKY

8.1 Nenáhodnost vazeb v sítích

Z výsledků permutačních testů vyplývá, že jedinci v rámci skupiny vytvářely diferencované vztahy, a to ve všech sítích neohledně na typ dat a sledovanou sezónu (všechna Z menší než $-36,646$ a všechna p se rovnala $0,0002$; viz Tab. I). Výrazná odchylka hustoty od 1 znamená, že jedinci nerovnoměrně rozkládali svůj čas mezi ostatní jedince ve skupině a vytvářeli tak globální síťovou strukturu. Síť vytvořené na základě různých typů dat jsou vyobrazeny na Obrázku 1.

Tab. I: Výsledky permutačních testů sítí z dat sezení v kontaktu, čištění srsti a příchodů za dvě sezóny.

SEZÓNA 1	p	Z	hustota
sezení v kontaktu	0,0002	- 1758,62	0,0029
čištění srsti	0,0002	- 36,646	0,1001
příchody	0,0002	- 51,033	0,0917
SEZÓNA 2	p	Z	hustota
sezení v kontaktu	0,0002	- 1587,9	0,0029
čištění srsti	0,0002	- 46,5696	0,0699
příchody	0,0002	- 75,7816	0,0691



Obr. 1: Šest sítí makaků magotů založených na datech různých typů chování ze dvou sezón. (A) síť založené na datech čištění srsti; (B) síť založené na datech příchodů; (C) síť založené na datech sezení v kontaktu; (1) reprezentuje data pro první a (2) pro druhou sezónu. Body znázorňují jednotlivé samice a spojnice znázorňují vazby, tj. konkrétní napozorované interakce mezi nimi. Šipky na vazbách znázorňují směr interakce (v případě směřovaných interakcí). Tloušťka vazby pak udává sílu vztahu, tedy čím silnější vazba je, tím častěji probíhala mezi jedinci daná interakce.

8.2 Analýza sociálních sítí na globální úrovni

Z výsledků byla patrná určitá stabilita globální síťové struktury napříč dvěma sezónami. Nejvyšší hodnotu hustoty (a tedy nejvyšší provázanost sítě) měly v obou sezónách sítě příchodů. Nejnižší hodnoty hustoty pak vykazovaly sítě sezení v kontaktu, tedy sítě proximitních dat. Sítě příchodů vykazovaly v obou sezónách i nejvyšší hodnoty koeficientu shlukovitosti, čili tvořily více podskupin, oproti sítím vytvořeným na základě dat čištění a sezení v kontaktu, ač rozdíly v hodnotách nebyly nijak výrazné (viz Tab. II).

Tab. II: Hodnoty globálních proměnných: síťové hustoty (network density) a shlukovacího koeficientu (clustering coefficientu) pro sítě třech typů chování za dvě časová období.

sezóna 1.			
	čištění	příchody	sezení v kontaktu
network density	0,434	0,585	0,346
cluster. coefficient	0,511	0,622	0,516
sezóna 2.			
	čištění	příchody	sezení v kontaktu
network density	0,346	0,463	0,301
cluster. coefficient	0,499	0,563	0,469

8.3 Analýza sociálních sítí na individuální úrovni

8.3.1 Testování stability charakteristik jedince napříč dvěma sezónami

Z výsledků byla patrná variabilita mezi sezónami. Daná síťová charakteristika jedince z první sezóny většinou nekorelovala s tou samou síťovou charakteristikou jedince z druhé sezóny (viz. Tab. III). Částečnou výjimku tvořily charakteristiky založené na datech příchodů, které korelovaly v odchozích interakcích. Dále byl z výsledků patrný trend, že sítě vytvořené na základě interakčních dat (sítě čištění srsti a příchodů) byly relativně stabilnější napříč sezónami oproti sítím vytvořených z proximitních dat (sítě sezení v kontaktu).

Tab. III: Korelace hodnot individuálních síťových proměnných (stupně (degree), blízkosti (closeness) a koeficientu středové vzdálenosti (betweenness)) z dat tří typů chování, ze dvou sezón.

		S1 vs. S2
DEGREE	čištění out	0,465
	čištění in	0,417
	příchody out	0,851
	příchody in	0,468
	kontakt	0,039
CLOSENESS	čištění out	0,26
	čištění in	0,75
	příchody out	0,787
	příchody in	0,478
	kontakt	0,463
BETWEENNESS	čištění	0,25
	příchody	0,58
	kontakt	0,373

S1 = první sezóna; S2 = druhá sezóna; out = odchozí interakce; in = příchozí interakce; hodnoty zvýrazněné tučně jsou statisticky signifikantní ($p < 0,05$).

8.3.2 Testování pozice jedince v síti napříč sezónami a napříč daty různých typů chování

Obecně z výsledků vyplynulo, že se pozice jedinců v sítích založených na různém typu dat lišily, navíc vzorce korelací nevyšly stejné napříč sezónami.

Některé hodnoty stupně založené na daném typu chování korelující v první sezóně spolu následně nekorelovaly ve druhé sezóně a naopak (viz Tab. IV). To znamená, že korelace pozic jedince na základě různého typu dat nevyšly stabilní napříč sezónami (tj. v každé sezóně byly závislosti jiné). V případě proměnné blízkost je tomu podobně, korelují pouze příchody s daty sezení v kontaktu ve druhé sezóně, a stejně tak v případě koeficientu středové vzdálenosti (viz Tab. V).

Jediná korelace se zde nachází mezi sítí příchodů a sezení v kontaktu ve druhé sezóně, a to pro všechny tři proměnné. Vyplývá z toho, že ve druhé sezóně si jedinci v sítích z dat příchodů a sezení v kontaktu zachovávali podobnou sociální pozici. Ve všech ostatních síťových kombinacích si jedinci podobnou sociální pozici nezachovávali.

Tab. IV: Korelace hodnot proměnných (stupně (degree), blízkosti (closeness) a koeficientu středové vzdálenosti (betweenness)) vygenerovaných z dat čištění srsti, příchodů a sezení v kontaktu z první sezóny.

sezóna 1.			
	DEGREEcistení	DEGREEprichod	DEGREEkontakt
DEGREEcistení	x	0,488	- 0,274
DEGREEprichod	/	x	0,304
DEGREEkontakt	/	/	x
	CLOSENESScistení	CLOSENESSprichod	CLOSENESSkontakt
CLOSENESScistení	x	0,321	0,371
CLOSENESSprichod	/	x	0,426
CLOSENESSkontakt	/	/	x
	BETWEENNESScistení	BETWEENNESSprichod	BETWEENNESSkontakt
BETWEENNESScistení	x	0,363	0,336
BETWEENNESSprichod	/	x	0,395
BETWEENNESSkontakt	/	/	x

Hodnoty zvýrazněné tučně jsou statisticky významné ($p < 0,05$).

Tab. V: Korelace hodnot proměnných (stupně (degree), blízkosti (closeness) a koeficientu středové vzdálenosti (betweenness)) vygenerovaných z dat čištění srsti, příchodů a sezení v kontaktu z druhé sezóny.

sezóna 2.			
	DEGREEcistení	DEGREEprichod	DEGREEkontakt
DEGREEcistení	x	0,39	0,499
DEGREEprichod	/	x	0,571
DEGREEkontakt	/	/	x
	CLOSENESScistení	CLOSENESSprichod	CLOSENESSkontakt
CLOSENESScistení	x	- 0,183	0,218
CLOSENESSprichod	/	x	0,656
CLOSENESSkontakt	/	/	x
	BETWEENNESScistení	BETWEENNESSprichod	BETWEENNESSkontakt
BETWEENNESScistení	x	0,375	0,328
BETWEENNESSprichod	/	x	0,718
BETWEENNESSkontakt	/	/	x

Hodnoty zvýrazněné tučně jsou statisticky významné ($p < 0,05$).

9. DISKUZE

Analýza sociálních sítí je v dnešní době v behaviorální ekologii hojně využívanou metodou. Poskytuje celou řadu specifických měřítek pro popis struktury a fungování skupiny a přináší velmi zajímavé výsledky. Nicméně také vyplývají na povrch omezení, které se týkají možnosti porovnání výsledků napříč různými studiemi - skupinami a v čase, pokud jsou sítě založené na různém typu dat.

V rámci analyzovaných dat od samic makaků magotů se ukázalo, že globální síťové charakteristiky dosahovaly určité časové stability a porovnatelnosti napříč různými typy dat, ale individuální charakteristiky se lišily jak v čase, tak v závislosti na použitém typu dat.

Co se týče globální úrovně sítě, nejvyšších hodnot globálních proměnných v obou sezónách dosahovala síť vytvořená na základě dat příchodů, nejnižších hodnot pak síť vytvořená na základě dat sezení v kontaktu, ačkoliv rozdíly v hodnotách globálních proměnných všech třech typů sítí nebyly nijak výrazné. To, že síť příchodů, a tedy síť vytvořená na základě interakčních dat, dosáhla nejvyšších hodnot hustoty, a síť vytvořená na základě dat sezení v kontaktu, tedy síť vytvořená na základě proximitních dat, dosáhla nejnižších hodnot, odporuje výsledkům studie prováděné na paviánech čákma (Castles et al., 2014), ve které vyšších hodnot hustoty naopak obecně dosahovaly sítě naložené na proximitních datech. Tento nesoulad by mohl být způsoben právě volbou dat, kdy autoři zmíněné studie zvolili za interakční data čištění srsti a součet několika typů pozitivních interakcí (například pokrývání, prezentace genitálií, mlaskání, objímání) tedy data interakcí, které se ve skupině patrně nevyskytují v takové míře, jako právě příchody, a navíc mají pozitivní sociální význam, což ne všechny příchody mají.

To, že síť z dat příchodů bude dosahovat nejvyšších hodnot pro proměnnou hustotu, se zdá být celkem logické, jelikož aby mohla mezi jedinci proběhnout nějaká interakce, včetně interakce sezení v kontaktu, musí nejprve jeden jedinec přijít k jinému jedinci. A navíc k proběhnutí interakce nakonec ani nemusí dojít. V případě mé analýzy by se o datech příchodů patrně dalo uvažovat i o jakémsi možném prekurzoru pro ostatní interakce. Ačkoliv jiné studie jako prekurzory častěji zvažují spíše proximitní data (Castles et al., 2014; Farine 2015).

Data příchodů tedy možná nejsou nejlepší volbou interakčních dat, co se týče analýzy sociálních vazeb ve smyslu sociální vztahů mezi jedinci a jejich srovnávání s některými jinými interakčními, daty jako jsou například právě data čištění srsti, nepřináší podobné výsledky.

Studie na paviánech čakma (Castles et al., 2014) a paviánech anubi (Lehmann & Ross 2011) rovněž zkoumaly srovnatelnost globální struktury sítě napříč různými typy dat.

Výsledkem studie na paviánech čakma bylo, že sítě vytvořené z různých interakčních dat (konkrétně z dat čištění srsti a pozitivních interakcí), se ve své globální struktuře vzájemně významně neodlišovaly a neodlišovaly se ani od sítí vytvořených na základě proximitních typů dat (dat nejbližšího souseda, dat chain rule scan a dat distance rule). Na druhou stranu sítě založené na různých proximitních datech se ve své struktuře odlišovaly jak navzájem mezi sebou, tak od interakčních sítí. Tuto rozdílnost mezi sítěmi založenými na proximitních a interakčních datech si Castles a kolektiv (2014) vysvětlují rozdílem v počtu zaznamenaných interakcí. Ačkoli se jedinci dostanou do vzájemné blízkosti, nevyplývá z toho, že nutně interagují, ale na druhou stranu, aby spolu mohli vzájemně interagovat, musí se nejprve dostat do vzájemné blízkosti.

Avšak závěr studie probíhající na paviánech čakma, který říká, že sítě vytvořené z různých typů interakčních dat by mohly být na globální úrovni srovnatelné, je v rozporu s výsledky studie probíhající na paviánech anubi, ze kterých vyplývá, že různé interakční sítě vykazují na globální úrovni jen malou nebo žádnou srovnatelnost (Castles et al., 2014; Lehmann & Ross 2011). S ohledem na výsledky své studie Lehmann a Ross (2011) navrhují, že data jednoho typu interakčního chování nejsou sama o sobě dostatečná k tomu, aby přesně reprezentovala sociální síť. Navrhují, že pro lepší porozumění sociálních vztahů paviánů, by mělo být společně analyzováno několik typů dat chování, a to jak afiliativní, agonistické, tak sexuální.

Navíc fakt, že sítě vytvořené na základě různých interakčních dat nejsou ve své globální síťové struktuře srovnatelné, podporuje i studie na surikatách, která dospěla k závěru, že globální struktura sítě není konzistentním měřítkem, které by mohlo být předpovězeno vlastnostmi skupiny (Madden et al., 2011).

Ve dvou studiích, tedy na surikatách a paviánech čakma (Lehmann & Ross 2011; Madden et al., 2011), se sítě čištění srsti zvláště odlišovaly od sítí ostatních typů chování. Oproti tomu výsledky studie paviánů anubi (Castles et al., 2014) naznačily existenci určitého vztahu mezi sítěmi vybudovanými z dat čištění srsti a sítěmi z dat několika pozitivních interakcí. Tento rozpor ve výsledcích by mohl být způsoben tím, že u paviánů anubi porovnávali autoři sítě založené na sociálním čištění se sítí založenou na souhrnu dalších pozitivních sociálních interakcí (stejně tak lze jako pozitivní sociální interakci vnímat právě čištění srsti), kdežto v rámci studie na paviánech anubi (Lehmann & Ross 2011) a surikatách (Madden et al., 2011) analyzovali autoři každý typ interakčních dat zvlášť a brali

v úvahu i negativní (agonistické) interakce. Takto vytvořené sítě pak byly sociálním sítím založeným na čištění srsti méně podobné právě z důvodu použitých typů dat.

Co se týče porovnání stability globální struktury sítě napříč sezónami, sítě všech typů dat vykazovaly v této práci na první pohled určitou stabilitu, ačkoliv tedy jak hodnoty shlukovacího koeficientu, tak hodnoty hustoty byly ve druhé sezóně o něco nižší. Toto by mohlo být způsobeno právě mírnou časovou dynamikou nebo příchodem nových samců do skupiny ve druhé sezóně.

Studie na paviánech čackma se rovněž okrajově zabývala i časovou dynamikou napříč třemi studovanými sezónami (téměř s ročními rozestupy), kterou naopak vyhodnotila jako velmi významnou, jelikož při porovnávání globální síťové struktury napříč sezónami, sítě nevykazovaly přílišnou stabilitu (Castles et al., 2014).

Časovou dynamikou se rovněž zabývala i studie probíhající na dvou skupinách papoušků mniších (Hobson et al. 2013). Konkrétně tedy tím, jak se formují nové sociální skupiny v průběhu času. Studie dospěla k výsledku, že se vzorce síťových formací a stabilizace sociálních sítí lišily napříč studovanými typy asociací. To, že se sítě určitých typů asociací formovaly a stabilizovaly rychleji než jiné, může naznačovat, že jsou tyto asociace pro jedince ve skupině důležitější než jiné. Například jedinci mohou mít větší prospěch z afiliativních vztahů (např. pasivní sdílení potravy nebo informováním o potravě), než z agonistických. Proto se sítě těchto afiliativních asociací budou formovat a stabilizovat rychleji. Dále studie ukázala, že se sociální sítě dvou skupin papoušků zformovaly a stabilizovaly za relativně krátkou časovou periodu. Například v jedné ze skupiny byl nejvýš postavený samec zřejmý již během prvních dvou dnů pozorování a asociální preference této skupiny se zformovaly do 12 dnů. Každá skupina však byla pozorována pouze po dobu 24 dnů, tedy nelze s jistotou říci, zda by tato nabytá skupinová stabilita setrvala i po delší časové období. Je tedy obtížné porovnat tento výsledek se studií paviánů, kde byla porovnávána data za mnohem delší (několikaleté) časové období.

Na individuální úrovni síťové proměnné v této bakalářské práci nekorelovaly napříč dvěma sezónami, pozice jedince jsou tedy v sítích napříč sezónami variabilní. Dále z výsledků analýzy stability sociální pozice jedince v síti vyplynulo, že se pozice jedince v sítích založených na různém typu dat obecně liší a krom toho, že se liší i vzorce korelací hodnot proměnných napříč dvěma studovanými sezónami. Jedinou výjimku tvořily sítě příchodů a sezení v kontaktu, ve kterých si jedinci udržovali podobnou sociální pozici, ovšem pouze ve druhé sezóně.

Každopádně se výsledná korelace mezi sítěmi příchodů a sezení v kontaktu zdá být celkem překvapivá a to z toho důvodu, že mezi sebou vlastně korelovaly sítě vytvořené z proximitních a interakčních dat, a tedy i pozice v síti se směřovanými a nesměrovanými vazbami.

Lehmann a Ross 2011 ve své studii totiž dospěli k závěru, že na individuální úrovni, napříč různými interakčními sítěmi korelovaly pouze proměnné vycházející ze směřovaných interakcí (stupeň (degree) a blízkost (closeness)). Jinými slovy, síťové pozice jedinců v hodnotách proměnných vycházejících ze směřovaných interakcí, napříč sítěmi vytvořenými z různých typů interakčních dat, vyšly srovnatelné. Hodnoty u proměnných vycházejících z nesměrovaných interakcí (individuální shlukovací koeficient (individual clustering coefficient) a koeficient středové vzdálenosti (betweenness)) byly naopak specifické pro určitý typ chování.

Studie na paviánech čaka rovněž dospěla k závěru, že pro proměnné vycházející ze směřovaných interakcí (stupeň (degree) a blízkost (closeness)) si jedinci v síti udržují podobnou sociální pozici, ovšem pouze, co se týče proximitních dat (Castles et al., 2014). V sítích vytvořených z interakčních dat se v této studii pozice jedinců lišila. Nicméně se Lehmann a Ross (2011) a Castles a kolektiv (2014) shodují v tom, že dokud nebude lépe pochopena složitost síťových vazeb, srovnání by mělo být prováděno pouze napříč proměnnými vycházejícími ze směřovaných interakcí.

Co se týče otázky specifických rolí jedince v rámci sítě v závislosti na jeho individuálních vlastnostech (váha, věk postavení; Madden et al., 2011 a pohlaví; Madden et al., 2011; Lehmann & Ross 2011), kterou se zabývaly studie probíhající na paviánech anubi (Lehmann & Ross 2011) a studie probíhající na surikatách (Madden et al., 2011), obě studie dospěly k závěru, že v některých případech jedinci vykazovali specifické pozice v sítích vytvořených na různých typech interakcí. U paviánů anubi samci a samci nevykazovali specifické pozice v sítích založených na datech čištění srsti a agresivních interakcí, ale v sítích založených na pokrývání a prezentaci genitálií samci a samice specifické pozice vykazovali, například samice častěji prezentovaly genitálie a samci častěji pokrývali (Lehmann & Ross, 2011). Studie na surikatách zase odhalila, že mladší a lehčí jedinci přijímali více interakcí než starší a těžší jedinci v sítích potravní kompetice. V sítích dominance, například, výše postavení jedinci iniciovali více dominantních interakcí a byli agresivnější k většímu počtu jedinců, oproti níže postaveným jedincům. A těžší jedinci se častěji účastnili dominantních interakcí než lehčí (Maden et al., 2011). Z výsledků tedy obecně vzešlo, že vlastnosti jedince jako je věk, váha, pohlaví a sociální postavení mohou

být významným prediktorem jeho pozice v rámci skupiny, ovšem s ohledem na volbu typu behaviorálních dat použitých pro tvorbu sítí.

Tato práce se souvislostmi mezi individuálními a síťovými vlastnostmi jedince nezabývala, ale do budoucna by bylo určitě užitečné těmto souvislostem věnovat pozornost.

10. SHRNU TÍ

Co se tedy týče časové stability, byla nalezena určitá stabilita síťové struktury na globální úrovni napříč dvěma sezónami. Nejstabilněji byly hodnoceny proměnné vygenerované na základě příchodů, ačkoliv se nakonec ukázalo, že možná nejsou nejlepší volbou interakčních dat, pokud se jedná o sociální vazby a jejich srovnávání s daty čištění srsti.

Na individuální úrovni vykazovaly sítě napříč sezónami variabilitu ve své struktuře a tedy nestabilitu svých vazeb s tím, že interakční sítě se zdály být stabilnější oproti sítím vytvořených na základě proximitních dat. Tato variabilita mohla být způsobena jak časovou dynamikou, tak možným vlivem nově přichozích samců do skupiny ve druhé sezóně.

V souvislosti se stabilitou sociální pozice v rámci sítě si jedinci v první sezóně napříč sítěmi různých typů dat neudržovali podobné pozice, korelovala pouze data čištění srsti a příchodů v proměnné stupeň. Ve druhé sezóně si jedinci udržovali podobnou sociální pozici napříč všemi třemi proměnnými v sítích sezení v kontaktu a příchodů.

S ohledem na výsledky i publikovanou literaturu se sociální síť jeví jako obrázek konkrétní skupiny v konkrétním čase a porovnávání sítí je omezené napříč studii a různými typy dat. Obecně lze shrnout, že se vlastnosti síťové struktury liší v závislosti na zvoleném typu dat, a že je důležité specifikovat formu interakce, na níž je zakládána sociální síť, neboť pozice jedince v síti a jeho volba partnerů pro asociace se může lišit v závislosti na typu interakcí.

11. LITERATURA

- Altmann, J. (1974). Observational study of behavior sampling methods. *Behaviour*, 49(3-4), 227 – 267
- Beisner, B. A., Jackson, M. E., Cameron, A. N., & McCowan, B. (2011). Detecting instability in animal social networks: genetic fragmentation is associated with social instability in rhesus macaques. *PLoS ONE*, 6(1)
- Borgatti, S. P., Everett, M. G., Freeman, L. C. (2002). *Ucinet 6 for Windows: software for social network analysis*. Harvard: Analytical Technologies.
- Castles, M., Heinsohn, R., Marshall, H. H., Lee, A. E. G., Cowlshaw, G., & Carter, A. J. (2014). Social networks created with different techniques are not comparable. *Animal Behaviour*, 96, 59–67
- Crofoot, M. C., Rubenstein, D. I., Maiya, A. S., & Berger-Wolf, T. Y. (2011). Aggression, grooming and group-level cooperation in white-faced capuchin monkeys (*Cebus Capucinus*): insights from social networks. *American Journal of Primatology*, 73, 821-833
- Croft, D. P., James, R., & Krause, J. (2008). *Exploring animal social networks*. Princeton, NJ: Princeton University Press
- Croft, D. P., Madden, J. R., Franks, D. W., & James, R. (2011). Hypothesis testing in animal social networks. *Trends in Ecology and Evolution*, 26, 502-507
- Davies, N. B., Krebs, J. R., & West, S. A. (2012). *An introduction to behavioural ecology* (4). Oxford, U.K.: Blackwell Publishing.
- Farine, D. R. (2015). Proximity as a proxy for interactions : Issues of scale in social network analysis. *Animal Behaviour*, 6, e1-e5.
- Flack, J. C., Girvan, M., de Waal, F. B. M., Krakauer, D. C. (2006). Policing stabilizes construction of social niches in primates. *Nature*, 439, 426–429
- Granovetter, M. S. 1973. The strength of weak ties. *American Journal of Sociology*, 78, 1360 - 1380
- Hinde, R. A. (1976). Interactions, relationships and social structure. *Man*, 11, 1-17

- Hobson, E. A., Avery, M. L., & Wright, T. F. (2013). An analytical framework for quantifying and testing patterns of temporal dynamics in social networks. *Animal Behaviour*, 85(1), 83–96
- Jacobs, A., & Petit, O. (2011). Social network modeling: A powerful tool for the study of group scale phenomena in primates. *American Journal of Primatology*, 73(8), 741–747
- Kasper, C., & Voelkl, B. (2009). A social network analysis of primate groups. *Primates*, 50(4), 343–356
- Konečná, M., Weiss, A., Lhota, S. & Wallner, B. (2012). Personality in Barbary Macaques (*Macaca sylvanus*): Temporal Stability and Social Rank. *Journal of Research in Personality*, 46, 581-590
- Krause, J., Lusseau, D., & James, R. (2009). Animal social networks: An introduction. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 63(7), 967–973
- Krause, J., James, R., Franks, D. W., Croft, D. P. (2015). *Animal Social Networks*, Oxford University Press, U.K.
- Kummer, H. (1968). *Social organization of hamadryas baboons*. University of Chicago Press, Chicago
- Lehmann, J., & Ross, C. (2011). Baboon (*Papio anubis*) social complexity-a network approach. *American Journal of Primatology*, 73(8), 775-789
- Lusseau, D., & Newman, M. E. J. (2004). Identifying the role that animals play in their social networks. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 271(6), 477–481
- Madden, J. R., Drewe, J. A., Pearce, G. P., & Clutton-Brock, T. H. (2011). The social network structure of a wild meerkat population: 3. Position of individuals within networks. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 65(10), 1857–1871
- Matsuda, I., Zhang, P., Swedell, L., Mori, U., Tuuga, A., Bernard, H., & Sueur, C. (2012). Comparisons of intraunit relationships in nonhuman primates living in multilevel social systems. *International Journal of Primatology*, 33, 1038-1053

- Pinter-Wollman, N., Hobson, E. A., Smith, J. E., Edelman, A. J., Shizuka, D., De Silva, S., ... McDonald, D. B. (2014). The dynamics of animal social networks: Analytical, conceptual, and theoretical advances. *Behavioral Ecology*, 25(2), 242–255
- Roubová, V. (2011). Grooming in female Barbary macaques: Role of dominance, kinship and relationship quality. Master thesis, in English, pp. 59, University of South Bohemia, Faculty of Science, České Budějovice, Czech Republic.
- Roubová, V., Konečná, M., Šmilauer, P., & Wallner, B. (2015). Who to groom and for what? Patterns of grooming in female Barbary macaques (*Macaca sylvanus*). *PLoS ONE* 10(2)
- Sih, A., & Watters J. V. (2005). The mix matters: behavioural types and group dynamics in water striders. *Behaviour*, 142, 1417–1431
- Sih, A., Hanser, S. F., & McHugh, K. A. (2009). Social network theory: New insights and issues for behavioral ecologists. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 63(7), 975–988
- Sueur, C. & Petit, O. (2008). Shared or unshared consensus decision in macaques. *Behavioural Processes*, 78, 84–92
- Sueur, C., Petit, O., & Deneubourg, J. (2009). Selective mimetism at departure in collective movements of *Macaca tonkeana*: an experimental and theoretical approach. *Animal Behaviour* 78, 1087–1095
- Sueur, C., Petit, O., De Marco, A., Jacobs, A. T., Watanabe, K., & Thierry, B. (2011). A comparative network analysis of social style in macaques. *Animal Behaviour*, 82, 845-852
- Sueur, C., Jacobs, A., Amblard, F., Petit, O., & King, A. J. (2011). How can social network analysis improve the study of primate behavior? *American Journal of Primatology*, 73(8), 703–719
- Tiddi, B., Aureli, F., Schino, G., & Voelkl, B. (2011). Social Relationships Between Adult Females and the Alpha Male in Wild Tufted Capuchin Monkeys, 9, 1–9
- Voelkl, B., & Noë, R. (2008). The influence of social structure on the propagation of social information in artificial primate groups: a graph-based simulation approach. *Journal of Theoretical Biology*, 257, 77-86

Voekl, B., & Noë, R. (2010). Simulation of information propagation in real-life primate networks: longevity, fecundity, fidelity. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 64, 1449-1459

Wey, T., Blumstein, D. T., Shen, W., & Jordán, F. (2008). Social network analysis of animal behaviour: a promising tool for the study of sociality. *Animal Behaviour*, 75(2), 333–344

Whitehead, H. (2008). *Analyzing animal societies: quantitative methods for vertebrate social analysis*. Chicago: University of Chicago Press.