

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta tropického zemědělství



**Fakulta tropického
zemědělství**

Bariéry migrace velkých savců v Mongolsku

Bakalářská práce

Praha 2022

Vypracovala:

Zuzana Bartošová

Vedoucí práce:

Mgr. Barbora Černá Bolfiková, Ph.D.

Konzultant:

Ing. Petr Matějů

Prohlášení

Čestně prohlašuji, že jsem tuto práci na téma Bariéry migrace velkých savců v Mongolsku vypracovala samostatně, veškerý text je v práci původní a originální a všechny použité literární prameny jsem podle pravidel Citační normy FTZ řádně uvedla v referencích.

V Praze dne 15. 4. 2022

Zuzana Bartošová

Poděkování

Chtěla bych poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Mgr. Barboře Černé Bolfíkové Ph.D. za odborné vedení, pomoc a rady při zpracovávání této práce. Dále bych chtěla poděkovat svému konzultantovi Ing. Petrovi Matějí za pomoc při zpracovávání této práce a poskytnutí dat potřebných pro praktickou část práce. Také bych ráda poděkovala Ing. Ivě Bernáthové za pomoc při zpracovávání získaných dat a v neposlední řadě děkuji své rodině a přátelům za podporu během celého průběhu svého bakalářského studia.

Abstrakt

Bariéry migrace velkých savců v Mongolsku

Pohyb pro živočichy facilituje mnoho životně významných činností. Bez pohybu by bylo obtížné shánění potravy, páření, výchova potomků či třeba únik před predátorem. Migrace je důležitá jak pro přežití jedinců, tak i celých populací. Pohyb může být narušen několika způsoby, které mohou být rozděleny do čtyř základních kategorií: ničení biotopů, nadměrné využívání zdrojů, změna klimatu a vytváření překážek nebo bariér. Bariéry mohou mít přírodní či antropogenní původ. K významným zábránám migrace v Mongolsku patří např. pohoří Altaj nebo transmongolská železniční magistrála. Trať je z obou stran obehnaná plotem, který je opatřen ostnatým drátem. Z tohoto důvodu není možné trať jednoduše překonat. Tato stavba může působit jako překážka pro gazelu dzeren (*Procapra gutturosa*) nebo také vlka obecného (*Canis lupus lupus*). Praktická část práce zahrnuje zpracování biologického materiálu v molekulárně genetické laboratoři – extrakci DNA z neinvazivních vzorků a amplifikaci vybraných úseků DNA. Zpracování dat se zaměřuje na zjištění základní populační struktury u vlků v Mongolsku a vyhodnocení, zda dochází k významnému přerušení toku genů kvůli migračním bariérám.

Klíčová slova: ekologické bariéry, genetická diverzita, migrace, Mongolsko, populace

Author's abstract

Migration barriers of large mammals in Mongolia

Movement for animals facilitates many vital activities. Without movement, it would be difficult to find food, mating, raising offspring or even escaping from a predator. Migration is important for the survival of individuals and entire populations. Movement can be disrupted in several ways, which can be divided into four basic categories: habitat destruction, overexploitation of resources, climate change and the creation of obstacles or barriers. Barriers can have a natural or anthropogenic origin. Important barriers to migration in Mongolia include, for example the Altai Mountains or the Trans Mongolian-Railway. This track is surrounded on both sides by a fence, which is equipped with barbed wire. For this reason, it is impossible to simply overcome the track. This structure can act as an obstacle for the dzeren gazelle (*Procapra gutturosa*) or the wolf (*Canis lupus lupus*). The practical part of the thesis includes the processing of biological material in the molecular genetic laboratory – the extraction of DNA from non-invasive samples and the amplification of selected regions of DNA. The data processing focuses on determination of the basic population structure in wolves in Mongolia and evaluating whether there is a significant interruption in gene flow due to migration barriers.

Key words: ecological barriers, genetic diversity, migration, Mongolia, population

Obsah

1. Úvod	- 1 -
2. Cíle práce	- 2 -
3. Literární rešerše.....	- 3 -
3.1 Bariéry migrace.....	- 3 -
3.1.1 Přírodní bariéry migrace	- 3 -
3.1.2 Antropogenní bariéry migrace	- 4 -
3.1.3 Železniční trať v Mongolsku.....	- 8 -
3.1.4 Konstrukce transmongolské magistrály	- 9 -
3.1.5 Železniční provoz a turismus v Mongolsku	- 10 -
3.2 Řešení problému migračních bariér	- 12 -
3.3 Migrující velcí savci v Mongolsku	- 14 -
3.3.1 Sajga tatarská (<i>Saiga tatarica</i>)	- 14 -
3.3.2 Gazela dzeren (<i>Procapra gutturosa</i>)	- 16 -
3.3.3 Gazela džejran (<i>Procapra subgutturosa</i>).....	- 18 -
3.3.4 Vlk obecný (<i>Canis lupus lupus</i>)	- 20 -
4. Metodika	- 22 -
5. Výsledky	- 24 -
6. Diskuze	- 26 -
7. Závěr	- 27 -
8. Reference.....	- 28 -
Reference obrázků:.....	- 35 -

Seznam tabulek:

Tabulka 1: Převezený náklad a převezení pasažéri v letech 2015-2021 (Mongolian statistical information service 2021).	- 10 -
---	--------

Seznam obrázků a grafů:

Obrázek 1: Pozemní komunikace s nízkou intenzitou dopravy (Bowser 2015).	- 5 -
Obrázek 2: Pozemní komunikace se střední intenzitou dopravy (Tree 2020).	- 6 -
Obrázek 3: Pozemní komunikace s vysokou intenzitou dopravy (Lozano 2020).	- 6 -
Obrázek 4: Hustota oplocení v odlišných krajinách (Jakes et al. 2018).	- 8 -
Obrázek 5: Transsibiřská a transmongolská magistrála (Eden 2018).	- 9 -
Obrázek 6: Tradiční turistický trojúhelník (World Atlas 2016).	- 12 -
Obrázek 7: Ekodukt s mostovou konstrukcí (Murphy 2022).	- 13 -
Obrázek 8: Ekodukt s tunelovou konstrukcí (Skanska 2021).	- 14 -
Obrázek 9: Sajga mongolská (<i>Sajga tatarica mongolica</i>) (Škopek 2019).	- 15 -
Obrázek 10: Gazela dzeren (<i>Procapra gutturosa</i>) (Arkhipov 2018).	- 16 -
Obrázek 11: Rozšíření gazely dzeren (IUCN 2008).	- 17 -
Obrázek 12: Rozšíření gazely džejran (IUCN 2017).	- 18 -
Obrázek 13: Gazela džejran (Özbey 2016).	- 19 -
Obrázek 14: Vlk obecný (<i>Canis lupus</i>) (Hnutí DUHA 2017).	- 20 -
Obrázek 15: Postup při extrakci DNA ze vzorků trusu (QIAamp Fast DNA Stool Mini Kit 2013).	- 23 -

Seznam grafů:

Graf 1: Převezený náklad a převezení pasažéri v letech 2015-2021 (Mongolian statistical information service 2021).	- 11 -
--	--------

Seznam zkratek použitých v práci:

COVID-19 – Coronavirus disease 2019

UNWTO – Světová organizace cestovního ruchu (World tourism organisation)

IUCN – Mezinárodní svaz ochrany přírody (International Union for Conservation of Nature)

DNA – deoxyribonukleová kyselina (deoxyribonucleic acid)

PCR – polymerázová řetězová reakce (polymerase chain reaction)

SNP – jednonukleotidový polymorfismus (single-nucleotide polymorphism)

1. Úvod

Ekologické požadavky živočichů se během různých stádií a cyklů jejich života mění. Požadavky na životní prostředí jsou v různých obdobích rozdílné např. v době rozmnožování a v období mimo něj. Úspěšnou strategií pro přežití druhu a zachování jeho variability je migrace.

Migrace je jedním z nejvíce pozorovaných jevů v biologii, protože právě pohyb je jednou z určujících vlastností zvířat. Migrační pohyby byly pozorované napříč různými druhy obratlovců i bezobratlých živočichů (Milner-Gulland et al. 2011). Migrace má mnoho různých definic. Může být popsána jako vytrvalý, nerozptýlený a přímý pohyb jedince, nebo jako pohyb, který je odlišný od jeho obvyklých denních činností. Při zahrnutí celých populací je možné migraci definovat jako sezónní přesun populací mezi oblastmi, ve kterých se střídají příznivé a nepříznivé podmínky pro život. Migrace je prováděna za různými účely, nejčastějším důvodem je pohyb za zdrojem potravy a vody, úkrytem a ostatními jedinci z důvodu rozmnožování (Dingle & Drake 2007). Rozdílem mezi migrací a triviálním pohybem je doba trvání této činnosti. Migrující zvířata se pohybují do doby, dokud nedosáhnou daného cíle cesty, kdežto při běžném pohybu, se výrazně častěji zastavují a mění směr. Při dosažení cíle cesty (přístřešku, potravy, vody, dalšího jedince) se migrace plynule přemění na pohyb triviální (Southwood 1962). Důležitým důsledkem migrace je výměna genů mezi jednotlivými subpopulacemi, díky čemuž je zajištěna dostatečná genetická variabilita (Strnad et al. 2012), která je velmi důležitá pro adaptaci na lokální prostředí a pro potenciál živočichů, přizpůsobit se měnícím se životním podmínkám kvůli globální změně klimatu (Kawecki & Ebert 2004).

Bariéry migrace mohou být rozděleny na přírodní bariéry a antropogenní bariéry. Mezi přírodní bariéry lze zahrnout oceány, pohoří, pouště, ledovce, řeky, lesy, útesy atd (Léandri-Breton et al. 2019). K bariérám vzniklým působením lidské činnosti je možné zařadit dálnice, silnice a zemědělské a urbanizované plochy (Fraser et al. 2019).

2. Cíle práce

Cílem rešeršní části práce bylo shrnutí dosavadních poznatků o ekologických bariérách omezujících genový tok v populacích velkých savců žijících na území Mongolska.

Cílem praktické části bylo zjištění základní populační charakteristiky vlků v Mongolsku a prozkoumání možných bariér migrace a toku genů.

3. Literární rešerše

3.1 Bariéry migrace

Pohyb zvířat je řízen prostorovou a časovou heterogenitou v rozložení oblastí vhodných pro různé životně důležité činnosti, jako je obstarávání potravy, odpočinek, páření, výchova potomků a únik před predátory (Van Moorter et al. 2013). Pohyb je nezbytný pro přežití jedinců i populací, pro tok genů mezi populacemi a rovněž pro kolonizaci nových oblastí. Důležitý je také pohyb na dlouhé vzdálenosti, který spojuje ekologická společenstva po celém světě a ovlivňuje jejich rozmanitost a odolnost (Bauer & Hoyer 2014). Kvůli lidským aktivitám migrace u některých druhů úplně vymizela nebo je na prudkém ústupu (Sanderson et al. 2006). Příčiny omezení pohybu se liší podle druhu živočichů a lokality. Hrozby pro migrace lze rozdělit do čtyř kategorií: ničení biotopů, nadměrné využívání zdrojů, změna klimatu a vytváření překážek a bariér, jako jsou např. přehrady a ploty (Wilcove & Wikelski 2008). Problémem bariér je také fragmentace prostředí, která patří mezi hlavní příčiny úbytku druhů v industrializovaných zemích (Jaeger 2000). Pohyb je protínán, omezován nebo blokován infrastrukturou, kde také často dochází ke střetům divokých zvířat s vozidly. V posledních desetiletích se v důsledku toho objevila snaha zmírnit účinky fragmentace na ochranu druhů a o minimalizaci konfliktů mezi lidmi a volně žijícími zvířaty (Panzacchi et al. 2016). V prostředí dnešního světa mají bariéry migrace jak antropogenní, tak přírodní původ (Trense et al. 2021).

3.1.1 Přírodní bariéry migrace

Přírodní bariéry migrace jsou překážky, které vznikly působením přirozených jevů. Pro odlišné druhy zvířat představují bariéru migrace rozdílné přírodní útvary. Pro suchozemská zvířata jsou překážkou v migraci oceány, naopak pro vodní živočichy to je pevnina. Mezi přírodní bariéry je také možné zařadit pouště, pohoří a ledovce (Alerstam et al. 2003). Hory, stejně jako řeky a oceány, jsou hlavní faktory spojené s dlouhodobými bariérami pro tok genů (Zalewski et al. 2009). Hory však většinou nepůsobí jako absolutní bariéry, ale spíše jako více či méně propustné filtry

pro pohyb živočichů. Jejich účinek se mění s měnícím se obdobím, a zvláště intenzivní je během ledovcových maxim (Pereira et al. 2016). Druhy s různým stylem pohybu, výchovou další generace nebo fyziologickými rysy reagují na topografické bariéry odlišně (Steele et al. 2009). Tento jev byl například popsán pro pohoří Sierra de Guadarrama ve Španělsku, které v současnosti působí jako bariéra toku genů pro blatnice západní (*Pelobates cultripes*) (Sánchez-Montes et al. 2018). Řeky mohou působit jako překážka v pohybu terestriálních živočichů. Faktory, které určují, zda řeka působí jako bariéra, jsou velikost těla živočichů, ale také velikost dané řeky. Větší řeky s rychlejšími vodami působí jako silnější bariéry než ty menší a klidnější. Mezi efektivnější bariéry je možné zařadit například africké řeky Amazonku či Kongo, na rozdíl od menších řek nebo pramenů (Ayres & Clutton-Brock 1992). Konkrétně v Mongolsku je více než 4 000 řek. Mnoho velkých vodních toků je situováno na severu a ve středu Mongolska. Mezi nejdelší řeky Mongolska patří Orkhon, Kherlen a Tuul. Charakter většiny řek se mění s měnícím se obdobím. V létě mají řeky mnoho vody díky roztékajícímu se sněhu a zvyšujícím se srážkám. Během zimního období většina řek zamrzá (Kiprof 2020). Z toho vyplývá, že v letním období působí řeky v Mongolsku jako intenzivnější bariéry než v zimním období. Ne pro všechny taxony působí vodní toky jako překážky. Další faktor ovlivňující intenzitu bariéry je velikost těla zvířete. Tento jev byl prozkoumán na řece Amazonce a primátech, vyskytujících se na tomto území (Ayres & Clutton-Brock 1992). Pro druhy primátů, které mají větší tělo, řeka nepředstavuje nepropustnou bariéru pro tok genů. Tento závěr byl stanoven díky poznatku, že právě druhy větších primátů mají méně poddruhů. To značí, že jednotlivé populace nebyly dlouhodobě odděleny a nevytvořili se tedy různé poddruhy. Na rozdíl pro populace menších druhů primátů je obtížnější řeku překonat a řeka tak představuje nepropustnou bariéru pro výměnu genů (Harcourt & Wood 2012).

3.1.2 Antropogenní bariéry migrace

Antropogenní bariéry migrace jsou překážky vytvořené působením člověka. Bariéry podél migračních koridorů mohou trasy zcela zablokovat anebo pohyb zpomalit, čímž narušují životní cyklus živočichů. Změny podmínek životního prostředí v důsledku změny klimatu a využívání půdy dále narušují účinnost adaptací

souvisejících s migrací (Marschall et al. 2011). K těmto bariérám lze zařadit pozemní komunikace, železnice, zastavěná území, či zemědělské plochy (Fraser et al. 2019).

3.1.2.1 Pozemní komunikace

Silniční sítě pokrývají velmi významnou část krajiny. Ovlivňují od zvířecích jednotlivců a jejich okolí až po celé populace, krajiny a ekologické procesy, které jsou spojené s funkcí ekosystémů (Bischof et al. 2017). Pozemní komunikace vytvářejí tzv. bariérový efekt komunikace. Tento účinek je výsledkem výstavby dálnic a silnic, které zvířata nemohou překročit. Bariérový efekt může být odlišný na silnicích různých tříd, ale i například v různých částech jedné komunikace. Faktory ovlivňující míru efektu jsou: intenzita dopravy, technické řešení komunikace a disturbance (Anděl 2011). Podle intenzity provozu lze komunikace rozdělit do 3 kategorií. Komunikace s nízkou intenzitou dopravy, s průjezdem méně než 1 000 vozidel za 24 hodin, (viz obrázek 1) příliš neodrazují zvířata od překonání silnice, a proto zde dochází k největšímu počtu usmrcení. Střední intenzita dopravy, tedy pozemní komunikace s průjezdem 1 000 – 10 000 vozidel za 24 hodin (viz obrázek 2), více odpuzuje zvířata od překonání tohoto prvku. Vysoká intenzita průjezdu vozidel, více než 10 000 vozidel za 24 hodin, (viz obrázek 3) má pro zvířata silný odpudivý účinek, a proto je zde počet zabitých zvířat poměrně nízký. Právě tyto komunikace s vysokou intenzitou dopravy představují pro živočichy migrační bariéru (Kušta 2011).



Obrázek 1: Pozemní komunikace s nízkou intenzitou dopravy (Bowser 2015).



Obrázek 2: Pozemní komunikace se střední intenzitou dopravy (Tree 2020).



Obrázek 3: Pozemní komunikace s vysokou intenzitou dopravy (Lozano 2020).

Technické řešení silnic, tedy jejich tvar a šířka, je pro míru bariérového efektu dalším faktorem. Liniový tvar silnic neumožňuje komunikace jakýmkoliv způsobem obejít, což také přispívá k zamezení pohybu. Povrch silnice není pro možnost překonání příliš relevantní (Forman & Alexander 1998). Dalším kritériem pro míru bariérového efektu je disturbance (neboli rušení). K základním typům disturbance patří: hluk, vibrace, osvětlení a chemické znečištění jako jsou výfukové plyny automobilů, solení v zimních měsících apod (Anděl 2011).

3.1.2.2 Zastavěná území a kulturní krajina

Zastavěná území nebo například přeměna krajiny pro zemědělské účely mají za následek změnu struktury prostředí. Kvůli zvětšení vzdálenosti mezi biotopy, které

jsou vhodné pro přežití, se zmenšuje konektivita jedinců daného druhu a tím může být narušena genetická diverzita druhu (Romportl et al. 2013). Při změnách prostředí dochází k rozdělování území do více menších oddělených oblastí, a tím se zvětšuje i okraj daného biotopu. Složení živočichů vyskytujících se na okrajích biotopů se odlišuje od zvířat, která žijí uvnitř tohoto území. Okrajový efekt může být definován jako výsledek abiotických či biotických změn, které vedou k zaznamenaným změnám ve složení, struktuře nebo funkci okrajového společenstva v porovnání s ostatními společenstvy (Běťák & Halas 2007). Tento efekt může zapříčinit zvětšení vzdálenosti mezi biotopy, a tedy narušit migraci zvířat. V bývalých zemích sovětského bloku proběhla během 30. let 20. století (Livi-Bacci 1993) a po 2. světové válce industrializace a kolektivizace zemědělství. Během toho došlo k masivnímu scelování polí a ničení ekologicky i esteticky cenných krajinných prvků jako jsou např.: mokřady, osamělé stromy, remízky a rozptýlená zeleň. Výsledkem byl nárůst velikosti polí a zjednodušení krajinné mikrostruktury. Tyto změny způsobily zvětšení rizika eroze půdy, zrychlení odtoku vody, snížení biodiverzity a také zvětšení vzdálenosti mezi odlišnými biotopy, kvůli čemuž byla omezena konektivita mezi živočichy (Štych et al. 2019).

3.1.2.3 Oplocení

Problémem v průchodnosti krajiny jsou různé typy plotů a ohrad. Obory, oplocení sadů, vinic, pastvin, oplocení pro vymezení vlastnictví půdy, politických území atd. představují plošnou bariéru, která může být v některých oblastech velmi rozměrná. Bariérový efekt ohraničení se liší dle jeho technického řešení (Anděl et al. 2010). První ploty byly postaveny ze snadno dostupných přírodních materiálů v relativně malém měřítku. Pro oplocení pozemků se často využívaly živé ploty nebo kamenné zdi. Výstavba a údržba zmíněných oplocení byla náročnější na práci (Baudry et al. 2000; Woods et al. 2017). Vynález ostnatého drátu umožnil zrychlení a zjednodušení stavby plotů, které byly méně nákladné, což zásadně změnilo krajinu po celém světě. Design, hustota a rozsah oplocení je velmi variabilní mezi městskou, venkovskou a přirozenou krajinou. Například na obrázku 4 jsou znázorněny odlišné krajiny s různým typem využití a hustotou oplocení. Každá oblast představuje pro zvířata jiné riziko (Jakes et al. 2018). V dnešní době se oplocení stále

rozšiřuje v důsledku změn v kulturní krajině a rozšiřování zastavěných oblastí (Linnell et al. 2016).



Obrázek 4: Hustota oplocení v odlišných krajinách. (a) oplocení pro hospodářská zvířata v otevřené krajině, (b) oplocení pastvin ve venkovské krajině, (c) oplocení zahrad na okraji měst (Jakes et al. 2018).

3.1.3 Železniční trať v Mongolsku

Transmongolská magistrála představuje nejkratší spojení mezi Moskvou a Pekingem. Železniční trať navazuje na transsibiřskou magistrálu, která vede z Moskvy do Vladivostoku (viz obrázek 5). Trať, která protíná Mongolsko, se od transsibiřské magistrály odděluje ve městě Ulan-Ude. Dále pokračuje přes Ulánbátar, hlavní město Mongolska, a končí v hlavním městě Čínské lidové republiky, Pekingu (viz obrázek 5) (Richmond et al. 2015). Celková délka této trati je 7 621 km (The Trans-Siberian Travel Company 2021). Transmongolská magistrála protíná celkem 5 časových pásem, nicméně v ruských zastávkách se používá čas, který je nastaven Moskvou. Celková cesta vlakem z Moskvy do Pekingu přes Ulánbátar trvá 5 dní (Tihilä 2015).



Obrázek 5: Transsibiřská a transmongolská magistrála (Eden 2018).

Jak již bylo zmíněno výše, železniční trať, která vede přes Mongolsko, navazuje na transsibiřskou magistrálu. Jako transmongolská magistrála je označován celkový úsek vedoucí z Moskvy do Pekingu, který vede přes Mongolsko a jeho hlavní město Ulánbátar.

3.1.4 Konstrukce transmongolské magistrály

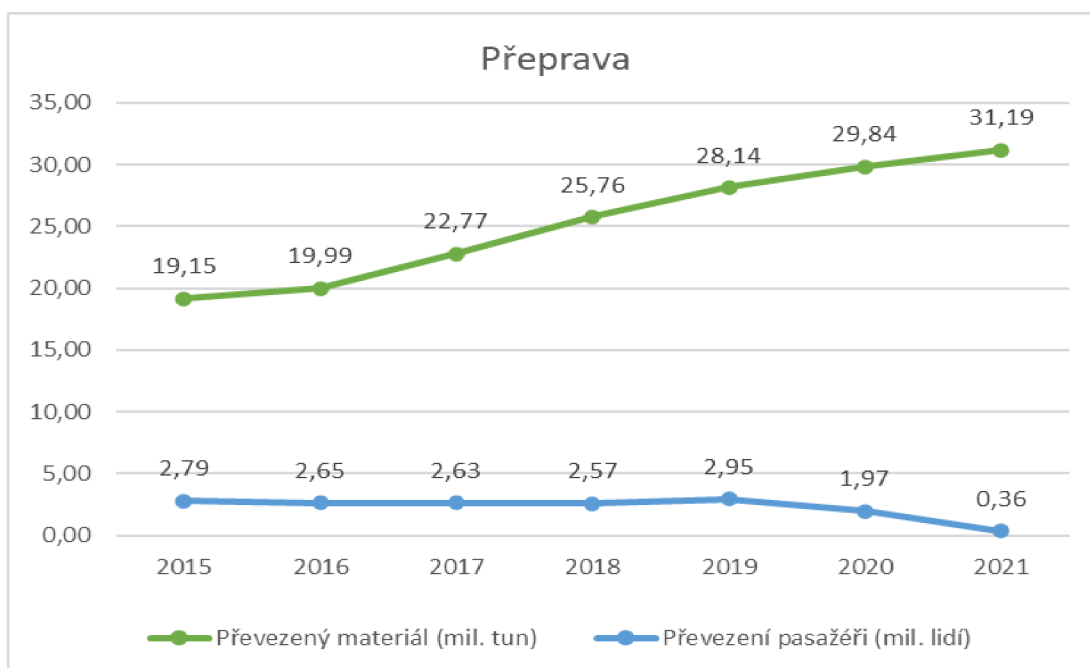
Železniční doprava se na území Mongolska začala rozvíjet od 1. poloviny 20. století. První železniční trať byla vystavěna v roce 1938. Tato trať vedla z uhelných dolů v distriktu Nalaikh do hlavního města a dosahovala délky 43 km. Konstrukce transmongolské magistrály byla zahájena v roce 1947. V roce 1950 se trať ze severu dostala do Ulánbátaru (hlavního města Mongolska) a následně v roce 1955 dosáhla hranice s Čínou (Gansukh et al. 2018). Celková délka trati (začínající v Rusku ve městě Ulan-Ude a končící v hlavním městě Čínské lidové republiky, v Pekingu) je 1822 km (International Union of Railways 2016).

3.1.5 Železniční provoz a turismus v Mongolsku

Železniční doprava hraje v Mongolsku velmi důležitou roli. Celková délka železničních tratí je 1908 km (Eldev-Ochir 2016). Železniční tratě v Mongolsku jsou rozděleny mezi 85 zastávek. Mongolsko má celkem 182 lokomotiv a 6 577 vagónů (Eldev-Ochir 2016). V roce 2021 bylo po tratích převezeno 31,19 miliónů tun materiálu, a to především uhlí a železné rudy. Množství převezeného materiálu se během let zvyšuje, a tím se zároveň zvyšuje i provoz na mongolských železnicích. Ve stejném roce bylo převezeno přibližně 360 tisíc lidí. V letech 2020 a 2021 tento počet oproti minulým rokům markantně poklesl. Příčinou poklesu bylo snížení intenzity turismu z důvodu probíhající pandemie onemocnění COVID-19 (viz tabulka 1 a graf 1) (Mongolian statistical information service 2021). Počet turistů se snížil kvůli opatření, která byla v Mongolsku zavedena. Například bylo zakázáno cestování do Mongolska i z něj, několikrát proběhla i celková karanténní uzávěra v rozdílných provinciích a hlavním městě, omezeno bylo také cestování mezi Ulanbátarem a zbytkem země, místní obyvatelé mohli opouštět svá obydlí pouze v nejdůležitějších případech apod (COVID-19 pandemic – Mongolia 2022).

Tabulka 1: Převezený materiál a převezení pasažéři v letech 2015-2021 (Mongolian statistical information service 2021).

Rok	Převezený materiál (mil. tun)	Převezení pasažéři (mil. lidí)
2015	19,15	2,79
2016	19,99	2,65
2017	22,77	2,63
2018	25,76	2,57
2019	28,14	2,95
2020	29,84	1,97
2021	31,19	0,36



Graf 1: Převezený materiál a převezení pasažéri v letech 2015-2021 (Mongolian statistical information service 2021).

Po odeznění pandemie koronaviru COVID-19 se předpokládá, že turismus opět vzroste, nicméně tato krize je pro odvětví turismu velmi významný zásah. Destinace se tedy musí novým podmínkám přizpůsobit a připravit se pro lepší konkurenceschopnost a další růst (Assaf et al. 2022). Zvýšení turistické aktivity však může mít za následek zvýšení bariérového efektu především u pozemních komunikací a železničních tratí. V mongolsku existují plány, které by měly k zvýšení intenzity turismu přispět. K těmto projektům patří i Projekt udržitelného rozvoje cestovního ruchu. Projekt si klade za cíl přeměnit dva národní parky jako modely pro ekonomicky inkluzivní cestovní ruch a ochranu prostředí prostřednictvím zlepšení infrastruktury parků, hygieny a kapacity pro udržitelné řízení růstu turismu. Zdokonalení by mělo také spočívat v zlepšeném nakládání s odpadem. Konkrétně se jedná o národní parky Onon Balj a jezero Khövsgöl (Enkhtaivan 2022). Mongolsko je relativně neznámou destinací v porovnání s jinými populárními destinacemi v Asii, a to i přes jeho velký potenciál v rozvoji cestovního ruchu, který spočívá v jeho rozsáhlých oblastech nedotčené přírody s hojným výskytem divokých zvířat a flóry. V současné době se většina turistických aktivit odehrává v hlavním městě Ulánbáatar a v provinciích Övörkhangai, Ömnögovi a Khövsgöl. Tyto

oblasti jsou také přezdívány jako tzv. „tradiční turistický trojúhelník“ (UNWTO 2019), který je znázorněn na obrázku 6.



Obrázek 6: Tradiční turistický trojúhelník (upraveno – World Atlas 2016).

Cílem plánů pro zintenzivnění turismu je také zvýšit zájem turistů i o vzdálenější oblasti Mongolska. V reakci na to vydala UNWTO (Světová organizace cestovního ruchu) několik doporučení, mezi kterými bylo např. zlepšení vnitřní železniční i silniční sítě, zvýšení současných kapacit v letecké dopravě a usnadnění vízových postupů pro některé národnosti (UNWTO 2019). Zlepšením vnitřní infrastruktury může dojít k vytváření dalších migračních bariér. Negativním efektem zvýšení intenzity turistů je také zvýšená spotřeba zdrojů, ničení krajiny a změna ekosystémů. Tyto efekty přispívají k zhoršení průchodnosti krajiny a také fragmentaci populací. Činnosti spojené s cestovním ruchem v chráněných krajinných oblastech mohou negativně ovlivnit jejich životní prostředí. To se týká především výstavby cest a různých typů ubytování. Chráněné krajinné oblasti tak především kvůli lidským aktivitám čelí četným ekologickým problémům (Belsoj et al. 2012).

3.2 Řešení problému migračních bariér

Jak již bylo zmíněno, problémem bariér migrace je fragmentování populací a životního prostředí. V důsledku demografických a genetických změn se zvyšuje pravděpodobnost vyhynutí některých populací. Izolace chráněných oblastí taktéž může vést k postupnému úbytku druhů, což mělo za následek úsilí o jejich propojení pomocí

koridorů. Identifikace a umístění koridorů pro volně žijící zvířata je velmi obtížná kvůli nedostatečnému pochopení podrobností o pohybu a rozptylování zvířat (Epps et al. 2007). Pro účinnou ochranu je tedy velice důležité pochopení migračních koridorů zvířat (Panzacchi et al. 2016). Definice koridorů byla sestavena na základě atributů jako je jeho velikost, tvar, délka, kvalita stanoviště nebo vzorce pohybu zvířat. Jedna z nejkompexnějších definic popisuje koridory jako regiony, které usnadňují tok či pohyb jedinců, genů a ekologických procesů (Hilty et al. 2006).

Pro zlepšení průchodnosti krajiny a snížení bariérového efektu se vystavují tzv. ekodukty. Toto řešení se týká především dálnic a rychlostních komunikací (Roth 2017). Slovo ekodukt je odvozené z latinských slov oikos (dům, prostředí) a duco (vést něco). Ekodukty jsou speciální mosty, vystavěné pro zachování spojitosti životního prostředí a migračních koridorů divokých zvířat. Díky výstavbě těchto přemostění se také může snížit počet střetů vozidel s přebíhající divokou zvěří v důsledku naučení se přecházet silnice přes tyto stavby. Ekodukty jsou tvořené mostní (viz obrázek 7) nebo tunelovou konstrukcí (viz obrázek 8), která byla upravena tak, aby byl zajištěn přírodní vzhled této stavby. Byl zde obnoven původní terén a vysázena původní vegetace. Pro větší spektrum živočichů je přirozenější přecházet přes silnici vrchem než podchodem, což by mělo zvýšit dopad účinnosti tohoto prvku (Libosvár 2019).



Obrázek 7: Ekodukt s mostovou konstrukcí (Murphy 2022).



Obrázek 8: Ekodukt s tunelovou konstrukcí (Skanska 2021).

3.3 Migrující velcí savci v Mongolsku

3.3.1 Sajga tatarská (*Saiga tatarica*)

3.3.1.1 Základní informace

Sajga tatarská je migrující savec obývající semiaridní pastviny střední Asie. Od hlavy po ocas je dlouhá 1-1,4 m, v kohoutku měří kolem 65 cm (Sokolov 1974) a má světlehnědé zbarvení se světlejším břichem. Samci mají jantarově zbarvené rohy. Nejnápadnějším znakem je prodloužený čenich (viz obrázek 9), který se u samců během říje zvětšuje (Bekenov et al. 1998). Sajga tatarská je rozdělena do dvou poddruhů, a to je sajga tatarská (*Saiga tatarica tatarica*), jejíž populace se nachází na území Kazachstánu a Kalmycka v Ruské federaci a sajga mongolská (*Saiga tatarica mongolica*), která se vyskytuje na území západního Mongolska (Kholodova et al. 2006). Sajga mongolská má oproti sajze tatarské menší hlavu a rohy (Bekenov et al. 1998). V posledním století velikost populace velice kolísala především kvůli lovu pro maso, rohy a změnám klimatu. Rohy samců sajgy se převážně používaly v tradiční čínské medicíně (Milner-Gulland et al. 2001). V dnešní době podle červeného listu IUCN patří sajga mezi kriticky ohrožené druhy, přičemž je její populace klasifikována jako klesající (IUCN 2021).



Obrázek 9: Sajga mongolská (*Sajga tatarica mongolica*) (Škopek 2019).

3.3.1.2 Migrace sajgy mongolské

Konektivita populací je pro přežití sajgy mongolské velmi důležitá. Koridor spojující dvě subpopulace se nachází severně od pohoří Altaj v západním Mongolsku. Sajgy díky tomuto místu putují za hranice přírodní rezervace Sharga, která byla vytvořena právě pro ochranu tohoto druhu antilopy (Lhagvasuren et al. 2001). Koridor je poměrně úzký a má další 3 potenciální kritická místa. První při průchodu okresem Darvi-Altay, druhé podél jezera Ikhes severně od Darvi-Altay a třetí oblast, nacházející se severně od jezera. Všechna tato místa pravděpodobně představují velmi důležité průchody. První dvě slouží jako alternativní cesty, pakliže bude jedna cesta dočasně neprůchozí, může být případně nahrazena druhou. Třetí potenciálně kritické místo však představuje jedinou známou migrační cestu přes tuto oblast. Účinnou ochranou tohoto migračního koridoru by mohlo být rozšíření přírodní rezervace (Berger et al. 2008). Pohyb sajgy je v těchto oblastech omezen především jezerem a městem, dále pak silnicí, která spojuje další města a provincie a také pastvou koz a ovcí, které jsou potravními konkurenty těchto volně žijících živočichů (Campos-Arceiz et al. 2004). Bariérou migrace pro sajgu je Altaj, který zcela odděluje populace sajgy tatarské a sajgy mongolské (Cui et al. 2017).

3.3.2 Gazela dzeren (*Procapra gutturosa*)

3.3.2.1 Základní informace

Gazela dzeren (*Procapra gutturosa*) nebo také gazela středoasijská obývá travnaté stepi centrální Asie. V porovnání s ostatními kopytníky v Mongolsku má tato gazela zatím nejméně problémů s adaptací na lidskou činnost a změnu klimatu. Momentálně je v Mongolsku z volně žijících kopytníků nejpočetnějším druhem a zároveň obývá nejrozlehlejší území (Lhagvasuren & Milner-Gulland 1997). Podle červeného listu IUCN je gazela málo dotčená a její populace je stabilní (IUCN 2016). Gazela dzeren měří od hlavy po ocas 1–1,3 m, je vysoká kolem 75 cm a zbarvená do světlehnědé barvy. Má velkou a širokou hlavu, tmavé oči a ocas dlouhý přibližně 10 cm, který je pokrytý světlehnědou srstí (viz obr. 10). Na špičce ocasu může být srst zbarvená do tmavší hnědé. Samci mají rohy, které jsou tmavě šedé (Sokolov & Lushchekina 1997).



Obrázek 10: Gazela dzeren (*Procapra gutturosa*) (Arkhipov 2018).

V historii byla gazela lovena především na maso a kůži. Od roku 1932 je lov řízen státem, avšak ilegální lov stále probíhá (Milner-Gulland & Lhagvasuren 1998). Od čtyřicátých let dvacátého století do roku 1997 se velikost území v Mongolsku, kde byla gazela dzeren rozšířena, snížila až o 75 % (Olson et al. 2005). Dříve byla rozšířena po celém území Mongolska. K redukci obývaného území došlo především na západě

země. Dnes se vyskytuje primárně na východě Mongolska (viz obrázek 11) (Zahler et al. 2004). Velikost populace se během posledních 10 let pohybovala mezi 400 000 a 2 700 000 jedinci. K velkým výkyvům v počtu jedinců populace dochází kvůli těžkým podmínkám v zimním období a nemocem (IUCN SSC Antelope Specialist Group 2016). V dnešní době je jejich počet odhadován na 1 milion (Zahler et al. 2004; IUCN SSC Antelope Specialist Group 2016).



Obrázek 11: Rozšíření gazely dzeren (IUCN 2008).

3.3.2.2 Migrace gazely dzeren

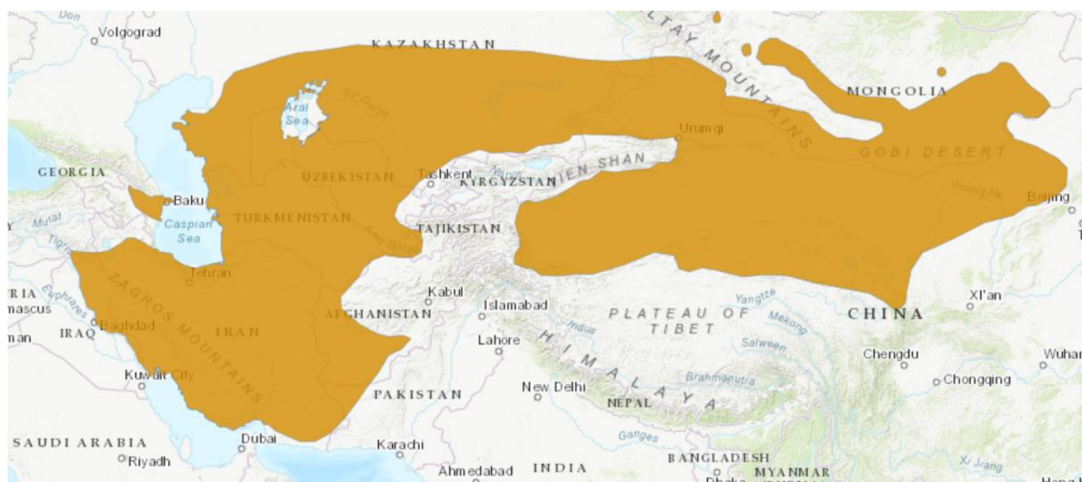
Gazela středoasijská vykazuje mnoho pohybových vzorců. Může být zahrnuta k druhům migratorním i trvale kočovným (Olson et al. 2010). Pohybový vzorec se může měnit se změnou ročního období. Například samice mění svůj pohyb v období telení. Začátek období telení je velmi variabilní. Mezi faktory, které jej ovlivňují patří mimo jiné i klimatické podmínky, které panovaly v minulém roce (Leimgruber et al. 2001). Jako bariéra v migraci tohoto druhu působí železnice protínající Mongolsko, která již byla popsána výše v kapitole „3.1.4 Železniční trať v Mongolsku“. Trať je z obou stran obehnaná plotem s ostnatým drátem, aby se zabránilo střetům vlaků se zvířaty. Železniční trať rozděluje území obývané gazelou na dvě poloviny. Při sledování pohybu 2 samic na západní straně trati bylo zjištěno, že železnici ani jedna z nich nepřekonal. Gazely se nejčastěji pohybovaly ve směru trati, to znamená jihovýchodně či severozápadně. V zimě byly k trati blíže než v létě. To bylo pravděpodobně zapříčiněno životními podmínkami a potravou, které byly lepší v daném čase na odlišné

straně železnice. Závěrem tohoto pozorování je ustanovení, že železnice migraci tohoto druhu velice ovlivňuje (Ito et al. 2005). Nicméně je nutné podotknout, že pozorovaný počet jedinců byl v této studii velmi malý. Avšak, pokud železnice jako bariéra skutečně působí, může dojít k zamezení toku genů a ke snížení genetické diverzity. Ke snížení genetické diverzity také může dojít kvůli častým úbytkům v populaci, které gazela dzeren v minulosti zažila. Pokud populace postrádá dostatečnou genetickou rozmanitost, ztrácí potenciál pro adaptaci (Okada et al. 2012) a tím může být ohroženo přežití tohoto druhu.

3.3.3 Gazela džežran (*Procapra subgutturosa*)

3.3.3.1 Základní informace

Gazela džežran (*Procapra subgutturosa*) nebo také gazela perská je rozšířena na pouštích, polopouštích a pastvinách především v Íránu, Turkmenistánu, Uzbekistánu, na jihu Kazachstánu a Mongolska a také na severu Čínské lidové republiky (viz. obrázek 12) (IUCN 2017). Zobrazení rozšíření gazely na obrázku 12 však může být zavádějící. Vyznačené území zobrazuje oblast, kde se gazely pohybují. Ve skutečnosti se zde gazely vyskytují v menších skupinách (Buuveibaatar et al. 2017).



Obrázek 12: Rozšíření gazely džežran (IUCN 2017).

Podle červeného listu IUCN patří tato gazela ke zranitelným druhům. Její populace je klasifikována jako klesající a počet jedinců této gazely je odhadován přibližně na 45 000 (IUCN SSC Antelope Specialist Group 2017). Populace se zmenšuje především kvůli lovu pro maso a sportovnímu lovu. Další hrozbou pro tento druh může

být zvětšující se počet chovaných hospodářských zvířat kvůli nadměrnému využívání oáz a degradaci pastvin (Clark & Javzansuren 2006).

Gazela džejran patří ke středně velkým kopytníkům. Od hlavy po ocas měří přibližně 1,1 m a v kohoutku je vysoká kolem 70 cm. Na hřbetě je zbarvená do světle hnědé. Může být zbarvena i do odstínů šedé, červené, bílé a žluté. Břicho má bílé zbarvení. Ocas je poměrně krátký a má tmavě hnědé až černé zbarvení. Hlava gazely džejran je malá a nasazená na poměrně dlouhý krk. Samci mají černé rohy, které u samic většinou chybí nebo jsou velmi málo rozvinuté. Mají velké černé oči a velké uši. Nohy jsou poměrně dlouhé, štíhlé a jsou zakončené černými kopyty (viz obrázek 13) (Kingswood & Blank 1996).



Obrázek 13: Gazela džejran (Özbek 2016).

3.3.3.2 Migrace gazely džejran

V období říje samci zastavují své denní přemísťování mezi pastvou a odpočinkem a vytvářejí si jednotlivá ohraničená teritoria. Samci tato místa vytváří pro přilákání samic a následné páření s nimi. Samci agresivně brání hranice těchto areálů a označují je pachovými i vizuálními body. Svě území si vyznačují také pomocí vokalizace (Blank 1998). Mladí samci se pohybují podél těchto teritorií, kde se také snaží upoutat pozornost samic. Samice se pohybují volně přes různá teritoria samců

a vytvářejí skupiny rozdílných velikostí. Na jaře se gazely shromažďují do stád o velikosti několik desítek jedinců na jarní migraci. V tomto období se stáda přemisťují do míst za kvalitnější vegetací. Důvodem pro migraci samic je také období telení. Cílem této cesty je nalézt bezpečné místo s dostatkem potravy (Blank et al. 2012). Několik týdnů před porodem se samice od stáda oddělí a přibližně 2 měsíce po narození mláďat se ke stádu vracejí (Blank & Yang 2014). Mladí samci stádo opouštějí ve věku 6 měsíců. Samice zůstávají s matkami do dvou let. V říjnu dochází k podzimní migraci, při které se zvířata vracejí na místo, ze kterého migrovali s příchodem jara (Blank et al. 2012).

3.3.4 Vlk obecný (*Canis lupus lupus*)

3.3.4.1 Základní informace

Vlk obecný (*Canis lupus lupus*) patří k největším druhům z čeledi psovitých (Canidae). Samec vlka obecného váží až 80 kg a dosahuje délky až 1,64 m. Má dlouhou srst a je zbarven od bílé přes šedou nebo hnědou až do černé (viz obrázek 14) (Mech 1974). Tento druh je rozšířený na severní polokouli. Od 15° zeměpisné šířky v severní Americe a 12° zeměpisné šířky v Indii až po polární kruh (Wang et al. 2016).



Obrázek 14: vlk obecný (*Canis lupus*) (Hnutí DUHA 2017)

Vlk obecný obývá celé území Mongolska. V těchto oblastech je považován za předního predátora a často vnímán jako hrozba pro hospodářská zvířata, čímž se dostává

do konfliktu s člověkem. V posledních letech se míra lovu vlků zvýšila z důvodu větší dostupnosti zbraní a vozidel pro veřejnost (Davie et al. 2014). Vlci se také loví kvůli všem částem těla, které se využívají i v tradiční medicíně (Clark & Javzansuren 2006). V důsledku toho velikost jeho populace velmi klesala (Davie et al. 2014). V dnešní době je populace vlků klasifikována jako stabilní (International Wolf Center 2020). Management vlků je náročný nejen kvůli způsobeným socioekonomickým škodám, ale také kvůli všeobecně protichůdným názorům na tento druh (Frits et al. 2003). Podobně jako u gazel by mohla jako bariéra v pohybu vlků působit transmongolská magistrála. Trať podobně jako u gazely dzeren rozděluje území obývané vlky a může tak ovlivnit jejich přirozené chování. Vlci obývají většinu habitatů až na vrcholy hor (Mech 1974) a jako přírodní bariéra na území Mongolska by mohl působit Altaj. Disperze vlků v Mongolsku by také mohla být narušena kvůli změně pohybu gazel, které jsou pro vlky kořistí (Eregdenedagva et al. 2016).

O populační biologii vlků v Mongolsku je velmi málo dostupných informací. Předpokládá se, že se zde vyskytují dvě odlišné populace tohoto druhu (Kalčicová 2019). Změny ve velikosti populací nebyly v minulosti nikdy studovány, ale předpokládá se, že došlo ke značným úbytkům především kvůli lovu. Vlčí populace je klasifikována jako téměř ohrožená, nicméně informace o populačním vývoji tohoto druhu úplně chybí (Gankhuyag et al. 2021).

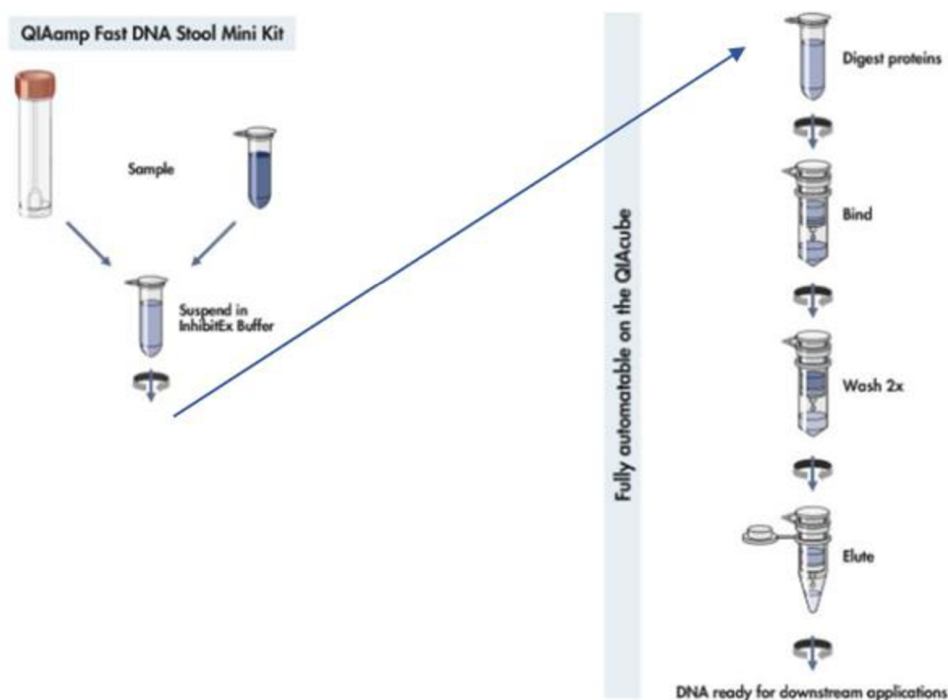
4. Metodika

Praktická část se skládala z izolace DNA ze získaných vzorků trusů vlků z Mongolska, následné PCR a analýzy získaných dat.

Pro extrakci byl použit extrakční kit QIAamp® Fast DNA Stool Mini Kit od firmy QIAGEN. Tato souprava poskytuje snadné a rychlé čištění genomické DNA ze vzorků trusu. DNA je louhována v pufru s nízkým obsahem soli bez proteinů a jiných nečistot či inhibitorů. Výsledná DNA je připravena k použití v PCR (polymerázové řetězcové reakci) a dalších enzymatických reakcích nebo může být skladována při $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ pro pozdější použití.

Principem extrakce je lyze buněk, díky které dojde k uvolnění DNA. Vzniklá směs je přefiltrována přes membránu, kde se zachytí veškeré částice. Membrána je následně promývána 2 pufrů, aby došlo k pročištění membrány, na které zůstane pouze požadovaná DNA. Membrána se v poslední části postupu promyje posledním pufrů, který zachycenou DNA uvolní. DNA byla izolována podle přiloženého protokolu (QIAamp® Fast DNA Stool Mini Kit – Quick-Start Protocol). Nejprve se do přiložených zkumavek navážilo 180-200 mg z vysušeného vzorku stolice. Do zkumavek s optimálně naváženým množstvím vzorku se nejprve přidal pufr pro neutralizaci trávicích kyselin. Po oddělení pevných částic se ze zkumavky odebralo 600 μl supernatant, který se přidal do jiné zkumavky s 25 μl proteinázy. Do této směsi se následně dodal lyzační pufr v objemu 600 μl . Po důkladném promíchání pomocí třepacího přístroje se vzorky zahřály na $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ pro lyzi buněk. Při této teplotě účinně dochází k lyzi bakteriálních buněk a buněk jiných patogenů. Po dokončení této fáze se do zkumavek přidalo 600 μl ethanolu. Směs se opět promíchala. Následně se směs přefiltrovala přes silikagelovou membránu. Do zkumavky s membránou se pipetovalo 600 μl připraveného lyzátu, následně byla zkumavka umístěna na 1 minutu do centrifugy. Tento krok byl prováděn několikrát až do vyčerpání objemu lyzátu. Po dokončení každé centrifugace byla vždy spodní část zkumavky vyměněna za novou. Dalším krokem bylo promývání membrány pomocí dvou promývacích pufrů. Do zkumavky, kde byla umístěna část s membránou, bylo právě přes membránu přidáno 500 μl pufru. Následně se vzorky v prvním případě 1 minutu a ve druhém 3 minuty centrifugovaly. Po druhé centrifugaci a výměně spodní části se zkumavky opět

na 3 minuty umístily do centrifugy, aby se membrána vysušila. Posledním krokem bylo dodání 50 μ l pufru a umístění na 1 minutu do centrifugy. Tento krok se provedl ještě jednou. Pufr pomohl k uvolnění DNA z membrány. Postup extrakce je znázorněn na obrázku 15. Koncentrace izolované DNA byla změřena pomocí spektrofotometru NanoDrop.



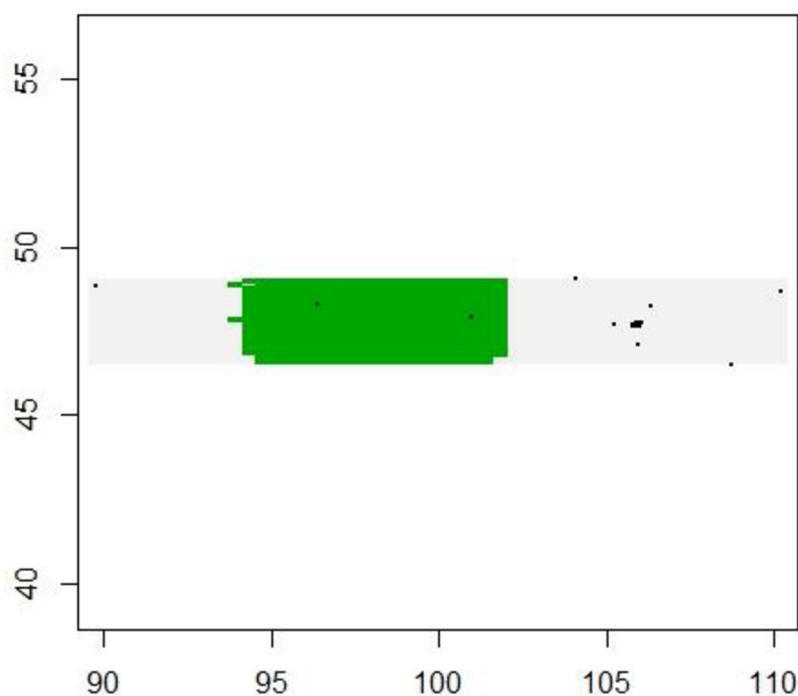
Obrázek 15: Postup při extrakci DNA ze vzorků trusu (upraveno – QIAamp Fast DNA Stool Mini Kit 2013).

Pomocí PCR byl amplifikován kontrolní úsek mitochondriální DNA, který má vysokou mutační schopnost. V reakci je využívána reakční směs, která obsahuje PCR Master Mix. Tento Master Mix je složen z Taq DNA polymerázy, směsi dNTP (deoxynukleotid trifosfáty), MgCl a reakční pufr. Do reakce je také nutné přidat primery, PCR vodu a DNA získanou z předešlé extrakce. Následně byla úspěšnost reakcí zkontrolována pomocí gelové elektroforézy.

Pomocí programu DNA Sequence Polymorphism v6. 12. 03 byly vlci rozděleni celkem do 11 různých haplotypových skupin, které byly následně použity v programu Geneland. Do programu Geneland byly zadány souřadnice míst, kde byly vzorky odebrány a haplotypy vlků, které byly k těmto souřadnicím přiřazeny.

5. Výsledky

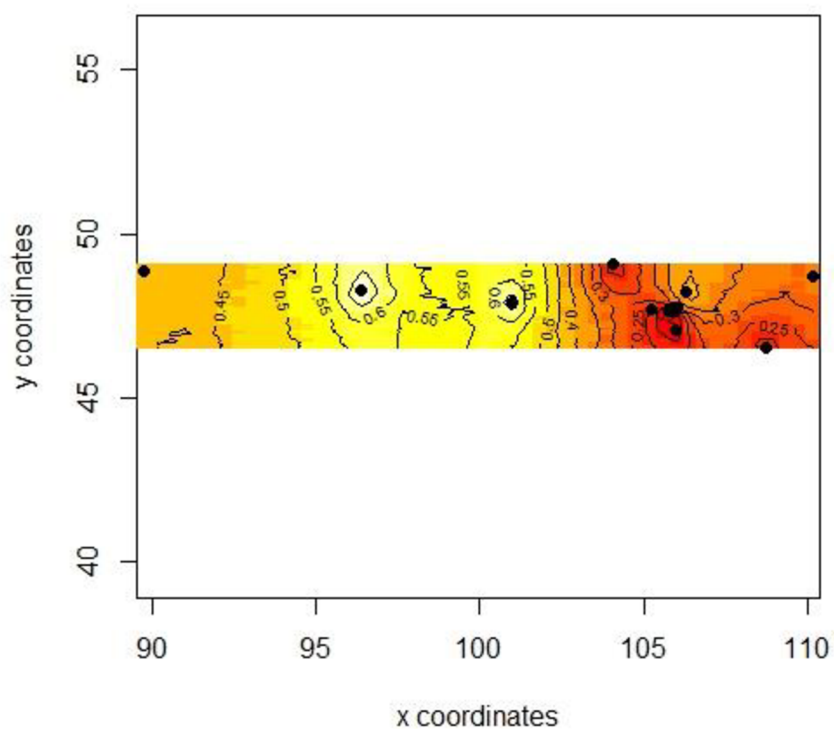
Ze získaných výsledků z programu Geneland je možné říci, že se v Mongolsku vyskytují dvě rozdílné populace vlků, které jsou zobrazené na obrázku 16. Na tomto obrázku jsou zobrazené získané vzorky na souřadnicích, kde byly odebrány a rozdílné populace jsou rozdělené odlišnou barvou.



Obrázek 16: Zobrazení získaných vzorků vlka obecného vytvořené v programu Geneland. Vzorky jsou zobrazené na souřadnicích, které byly zaznamenané při odběru.

Na obrázku 17 je znázorněná mapa, na které jsou vyznačené izokliny na území Mongolska, které znázorňují přechod mezi odlišnými populacemi. Čím je menší vzdálenost mezi izoklinami, tím je strmější přechod mezi genetickými informacemi různých populací. Markantní přechod mezi populacemi naznačuje, že se na tomto místě může nacházet bariéra, která odděluje jednotlivé populace a zamezuje toku genů. Z mapy je tedy patrné, že by zde mohla být další bariéra migrace u města Ulánbátar. Další bariéra by se mohla nacházet mezi 2 vlky, jejichž vzorky jsou zobrazené na obrázku 17 žlutou barvou a ostatními vlky (na obrázku 17 znázorněné na červené a oranžové barvě).

Map of posterior probability to belong to cluster 1



Obrázek 17: Zobrazení mapy s izoklinami na území Mongolska.

Genetické distance mezi jednotlivými vzorky byly v rozmezí 0–2 %. Což nenaznačuje přítomnost jiných poddruhů a jedná se tedy o jediný poddruh.

6. Diskuze

Výsledky získané ze vzorků použitých v této práci mohou být zkreslené kvůli nerovnoměrnému rozmístění získaných vzorků. Větší počet vzorků byl odebrán v blízkosti hlavního města Mongolska Ulánbátaru a pouze tři vzorky byly odebrány z východní části země. Ze získaných vzorků je možné říci, že se v Mongolsku nachází dvě populace vlka obecného. Mezi těmito odlišnými populacemi byla zjištěna možná bariéra. Jako překážky by zde mohly působit pozemní komunikace, které ohraničují území, kde se jedna populace vlka nachází. Další možnou bariérou v těchto místech by mohlo být pohoří Changaj. Strmý přechod mezi genetickými informacemi vlků byl také zaznamenán v oblasti Ulánbátaru. Právě toto město by mohlo způsobit zamezení toku genů mezi vlky, kteří se vyskytují na tomto území. Skrz toto území a také hlavní město prochází transmongolská magistrála, jež by mohla taktéž působit jako migrační bariéra, a tedy překážka v toku genů. Vlk obecný nepatří mezi migrující savce, takže vliv bariér pro tok genů mezi vlčími populacemi nemusí být tak významný. Na rozdíl od vlků mezi migratorní savce Mongolska patří saiga mongolská a gazely dzeren a džežran. Pro tyto živočichy je migrace nesmírně důležitou součástí životního cyklu. Překážka migrace tedy může způsobit významné změny ve způsobu života a také zabránit toku genů.

O omezení pohybu vlka obecného zatím nebyly provedené podrobnější výzkumy. Pro získání kvalitních dat na další výzkum by bylo vhodné sesbírání dostatečného množství vzorků s rovnoměrným rozmístěním. Populační biologie vlka v Mongolsku je velmi málo prostudovaná. Hrozbou pro tento druh je lov, který je na území Mongolska stále povolen. Dalším problémem je také možná hybridizace se psem domácím (*Canis lupus familiaris*). Na populační charakteristiky a možné bariéry migrace vlků a dalších velkých savců by se mělo více zaměřit, a to především z důvodu ohrožení přežití daných taxonů.

7. Závěr

Migrace je jednou z nejdůležitějších součástí života živočichů. Zároveň je nezbytná pro tok genů mezi populacemi a přežití jednotlivých druhů (Bauer & Hoyer 2014). Jednou z hlavních příčin omezení nebo přerušování migrace jsou migrační bariéry. Mezi překážky migrace v Mongolsku lze pravděpodobně zařadit železniční trať protínající zemi (Ito et al. 2005). Dále jako bariéra může působit hlavní město Ulánbátar. Jako přírodní bariéru migrace lze klasifikovat Altaj nebo pohoří Changaj. Pro zlepšení účinné ochrany klesajících populací velkých savců Mongolska je doporučen další výzkum účinku bariér na populace.

Ve výzkumné části byla použita DNA vlků, kteří se vyskytují na území Mongolska. Vzorky trusů těchto vlků byly použity v laboratorní části pro extrakci DNA, PCR a následné vyhodnocení výsledků pomocí počítačových programů. Pro kvalitnější hodnocení působení bariér migrace je doporučen odběr lépe rozmístěných vzorků a použití variabilnějších markerů v jaderné DNA, například mikrosatelity či SNP (jednonukleotidový polymorfismus).

8. Reference

- Alerstam T, Hedenström A, Åkesson S. 2003. Long-distance migration: evolution and determinants. *Oikos* **103**:247-260.
- Anděl P, Mináriková T, Andreas M. 2010. Ochrana průchodnosti krajiny pro velké savce. Evernia, Liberec.
- Anděl P. 2011. Průchodnost silnic a dálnic pro volně žijící živočichy: metodická příručka. Evernia, Liberec.
- Assaf AG, Kock F, Tsionas M. 2022. Tourism during and after COVID-19: An Expert-Informed Agenda for Future Research. *Journal of Travel Research* **61**:454-457.
- Ayres JM, Clutton-Brock TH. 1992. River Boundaries and Species Range Size in Amazonian Primates. *The American Naturalist* **140**:531-537. The University of Chicago Press.
- Baudry J, Bunce RGH, Burel F. 2000. Hedgerows: An international perspective on their origin, function and management. *Journal of Environmental Management* **60**:7-22.
- Bauer S, Hoyer BJ. 2014. Migratory Animals Couple Biodiversity and Ecosystem Functioning Worldwide. *Science* **344**:54-62.
- Bekenov AB, Grachev IA, Milner-Gulland EJ. 1998. The ecology and management of the Saiga antelope in Kazakhstan. *Mammal Review* **28**:1-52.
- Belsoj J, Korir J, Yego J. 2012. Environmental impacts of tourism in protected areas. *Journal of Environment and Earth Science* **10**:64-73.
- Berger J, Young JK, Berger KM. 2008. Protecting Migration Corridors: Challenges and Optimism for Mongolian Saiga. *PLoS Biology* **6**:1365-1367. Available at <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pbio.0060165> (accessed February 28, 2022).
- Běňák J, Halas P. 2007. Příspěvek k metodice studia diverzity a funkce ekotonových společenstev na příkladu lesních okrajů. 5-10in Ph. D. Workshop 2007 Proceedings. Institute of Geonics AS CR, Ostrava.
- Bischof R, Steyaert SMJG, Kindberg J. 2017. Caught in the mesh: roads and their network-scale impediment to animal movement. *Ecography* **40**:1369-1380.

- Blank DA. 1998. Mating behavior of the Persian Gazelle *Gazella subgutturosa* *Güldenstaedt*, 1780. *Mammalia* **62**:499-519.
- Blank D, Ruckstuhl KE, Yang W. 2012. Social organization in goitered gazelle (*Gazella subgutturosa* *Güldenstaedt* 1780). *Ethology Ecology & Evolution* **24**:306-321.
- Blank D, Yang W. 2014. Behavioral Responses of Goitered Gazelle (*Gazella subgutturosa*) to Parasitic Activity of Botflies. *Journal of Parasitology* **100**:66-72.
- Buuveibaatar B et al. 2017. Mongolian Gobi supports the world's largest populations of khulan *Equus hemionus* and goitered gazelles *Gazella subgutturosa*. *Oryx* **51**:639-647.
- Campos-Arceiz A, Takatsuki S, Lhagvasuren B. 2004. Food overlap between Mongolian gazelles and livestock in Omnogobi, southern Mongolia. *Ecological Research* **19**:455-460.
- Clark EL, Javzansuren M. 2006. Mongolian Red List of Mammals. ADMON Printing, Ulaanbaatar, Mongolsko.
- COVID-19 pandemic – Mongolia. 2022. A3M Global Monitoring, Tuebingen, Germany. Available from <https://global-monitoring.com/gm/page/events/epidemic-0001977.UERkkjhrIBvt.html?lang=en> (accessed February 1, 2022).
- Cui S, Milner-Gulland EJ, Singh NJ, Chu H, Li C, Chen J, Jiang Z. 2017. Historical range, extirpation and prospects for reintroduction of saigas in China. *Scientific Reports* **7**:1-11.
- Davie HS, Murdoch JD, Lhagvasuren A, Reading RP. 2014. Measuring and mapping the influence of landscape factors on livestock predation by wolves in Mongolia. *Journal of Arid Environments* **103**:85-91.
- Dingle H, Drake VA. 2007. What Is Migration? *BioScience* **57**:113-121.
- Eldev-Ochir E. 2016. Logistics and Transport Challenges in Mongolia. *The Northeast Asian Economic Review* **4**:21-36.
- Enkhtaivan D. 2022. Sustainable Tourism Development Project in Mongolia. Asian Development Bank, Filipiny, Manila. Available from <https://www.adb.org/news/infographics/sustainable-tourism-development-project-mongolia> (accessed February 11, 2022).

- Eregdenedagva D, Samjaa R, Stubbe M, Stubbe A. 2016. Historische und aktuelle Daten zum Wolf in der Mongolei. *Erforschung biologischer Ressourcen der Mongolei / Exploration into the Biological Resources of Mongolia* **13**:409-444.
- Epps CW, Wehausen JD, Bleich VC, Torres SG, Brashares JS. 2007. Optimizing dispersal and corridor models using landscape genetics. *Journal of Applied Ecology* **44**:714-724.
- Forman RTT, Alexander LE. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* **29**:207-231.
- Fraser DL, Ironside K, Wayne RK, Boydston EE. 2019. Connectivity of mule deer (*Odocoileus hemionus*) populations in a highly fragmented urban landscape. *Landscape Ecology* **34**:1097-1115.
- Frits SH, Stephenson RO, Hayes RD, Boitani L. 2003. Wolves and humans. *Wolves: Behavior, Ecology, and Conservation* **317**:289-316. The University of Chicago Press, Chicago & London.
- Gankhuyag G, Ceacero F, Yansanjav A, Hejzmanová P, Davaa L, Namkhaidorj S, Černá Bolfíková B. 2021. Long-term trends in livestock and wildlife interactions: do livestock numbers predict recent trends of wolves, foxes, and rodents' populations in Mongolian rangelands?. *Journal for Nature Conservation* **60**:1-6.
- Gansukh U, Ming X, Ali SA. 2018. Analysis of the Current Situation of Mongolian Railway and Its Future Development. *International Business Research* **11**:119-128.
- Harcourt AH, Wood MA. 2012. Rivers as Barriers to Primate Distributions in Africa. *International Journal of Primatology* **33**:168-183.
- Hilty JA, Lidicker WZ, Merenlender AM. 2006. *Corridor ecology: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation*. Island Press, Washington, DC.
- International Union of Railways. 2016. *Synopsis 2015: International Union of Railways*. 2015 edition. Union Internationale des Chemins de Fer, Paris.
- International Wolf Center. 2020. *Mongolia at a glance*. International Wolf Center, Minnesota, USA. Available at <https://wolf.org/wow/asia/mongolia/> (accessed April 10, 2022).

- Ito TY, Miura N, Lhagvasuren B, Enkhbileg D, Takatsuki S, Tsunekawa A, Jiang Z. 2005. Preliminary Evidence of a Barrier Effect of a Railroad on the Migration of Mongolian Gazelles. *Conservation Biology* **19**:945-948.
- IUCN SSC Antelope Specialist Group. 2016. Mongolian Gazelle. IUCN. Cambridge, Spojené království. Available at <https://www.iucnredlist.org/species/18232/115142812> (accessed March 11, 2022).
- IUCN SSC Antelope Specialist Group. 2017. Goitered Gazelle. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources., Cambridge, Spojené království. Available at <https://www.iucnredlist.org/species/8976/50187422#geographic-range> (accessed March 29, 2022).
- IUCN. 2016. Mongolian Gazelle. IUCN Red List of Threatened Species. IUCN. Cambridge, Spojené království. Available at <https://www.iucnredlist.org/species/18232/115142812#geographic-range> (accessed March 14, 2022).
- IUCN. 2017. *Gazella subgutturosa*. The IUCN red list of threatened species, Cambridge, Spojené království. Available at <https://www.iucnredlist.org/species/8976/50187422#geographic-range> (accessed March 28, 2022).
- IUCN. 2021. IUCN Red List of Threatened Species. IUCN. Cambridge, Spojené království. Available at <https://www.iucnredlist.org/> (accessed February 23, 2022).
- Jaeger JAG. 2000. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology* **15**:115-130.
- Jakes AF, Jones PF, Paige LC, Seidler RG, Huijser MP. 2018. A fence runs through it: A call for greater attention to the influence of fences on wildlife and ecosystems. *Biological Conservation* **227**:310-318.
- Kalčicová N. 2019. Genetika vlka obecného (*Canis lupus*) v oblasti východní Asie se zaměřením na Mongolsko. Bakalářská práce. Praha.
- Kawecki TJ, Ebert D. 2004. Conceptual issues in local adaptation. *Ecology Letters* **7**:1225-1241. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1461-0248.2004.00684.x> (accessed October 12, 2021).

- Kingswood SC, Blank DA. 1996. *Gazella subgutturosa*. *Mammalian Species* **518**:1-10. Available at <https://academic.oup.com/mspecies/article-lookup/doi/10.2307/3504241> (accessed March 28, 2022).
- Kiprop V. 2020. *The Longest Rivers In Mongolia*. Reunion Technology, Montreal. Available at <https://www.worldatlas.com/articles/longest-rivers-in-mongolia.html> (accessed March 14, 2022).
- Kholodova MV, Milner-Gulland EJ, Easton AJ, Amgalan L, Arylov IA, Bekenov A, Grachev IA, Lushchekina AA, Ryder O. 2006. Mitochondrial DNA variation and population structure of the Critically Endangered saiga antelope *Saiga tatarica*. *Oryx* **40**:103-107.
- Kušta T. 2011. *Posouzení vlivu pozemních komunikací na mortalitu a migraci velkých savců*. Disertační práce. Praha.
- Léandri-Breton D-J, Lamarre J-F, Bêty J. 2019. Seasonal variation in migration strategies used to cross ecological barriers in a nearctic migrant wintering in Africa. *Journal of Avian Biology* **50** :1-8.
- Leimgruber P, McShea WJ, Brookes CJ, Bolor-Erdene L, Wemmer C, Larson C. 2001. Spatial patterns in relative primary productivity and gazelle migration in the Eastern Steppes of Mongolia. *Biological Conservation* **102**:205-212.
- Lhagvasuren B, Dulamtseren S, Amgalan L. 2001. Chapter 32. Mongolia. Page 161 in *Antelopes: Global Survey and Regional Action Plans*. IUCN Publications Services Unit, Gland, Švýcarsko a Cambridge, Velká Británie.
- Lhagvasuren B, Milner-Gulland EJ. 1997. The status and management of the Mongolian gazelle *Procapra gutturosa* population. *Oryx* **31**:127-134.
- Libosvár T. 2019. *Ekodukty*. WordPress, Česká republika. Available from <http://www.ceskedalnice.cz/dalnicni-sit/ekodukty/> (accessed February 21, 2022).
- Linnell JDC et al. 2016. Border Security Fencing and Wildlife: The End of the Transboundary Paradigm in Eurasia?. *PLOS Biology* **14**:1-13.
- Livi-Bacci M. 1993. On the Human Costs of Collectivization in the Soviet Union. *Population and Development Review* **19**:743-766.
- Marschall EA, Mather ME, Parrish DL, Allison GW, McMenemy JR. 2011. Migration delays caused by anthropogenic barriers: modeling dams, temperature, and success of migrating salmon smolts. *Ecological Applications* **21**:3014-3031.
- Mech LD. 1974. *Canis lupus*. *Mammalian Species* **37**:1-6.

- Milner-Gulland EJ, Fryxell JM, Sinclair ARE. 2011. Animal migration: a synthesis. Oxford University Press, Oxford.
- Milner-Gulland EJ, Kholodova MV, Bekenov A, Bukreeva OM, Grachev IA, Amgalan L, Lushchekina AA. 2001. Dramatic declines in saiga antelope populations. *Oryx* **35**:340-345.
- Milner-Gulland EJ, Lhagvasuren B. 1998. Population Dynamics of the Mongolian Gazelle *Procapra gutturosa*: An Historical Analysis. *Journal of Applied Ecology* **35**:240-251.
- Mongolian statistical information service. 2021. Ulaanbaatar, Mongolsko. Available from <http://www.1212.mn/> (accessed January 25, 2022).
- Okada A, Ito TY, Buuveibaatar B, Lhavasuren B, A. 2012. Genetic Structure of Mongolian Gazelle (*Procapra gutturosa*): The Effect of Railroad and Demographic Change. *Mongolian Journal of Biological Sciences* **10**:59-66.
- Olson KA, Fuller TK, Mueller T, Murray MG, Nicolson C, Odonkhuu D, Bolortsetseg S, Schaller GB. 2010. Annual movements of Mongolian gazelles: Nomads in the Eastern Steppe. *Journal of Arid Environments* **74**:1435-1442.
- Olson KA, Fuller TK, Schaller GB, Odonkhuu D, Murray MG. 2005. Estimating the population density of Mongolian gazelles *Procapra gutturosa* by driving long-distance transects. *Oryx* **39**:164-169.
- Panzacchi M, Van Moorter B, Strand O, Saelens M, Kivimäki I, St. Clair CC, Herfindal I, Boitani L, Börger L. 2016. Predicting the continuum between corridors and barriers to animal movements using Step Selection Functions and Randomized Shortest Paths. *Journal of Animal Ecology* **85**:32-42.
- Pereira RJ, Martínez-Solano I, Buckley D. 2016. Hybridization during altitudinal range shifts: nuclear introgression leads to extensive cyto-nuclear discordance in the fire salamander. *Molecular Ecology* **25**:1551-1565.
- Richmond S, Bloom G, Di Duca M, Haywood A, Kohn M, Low S, Masters T, McCrohan D, Vorhes M. 2015. Trans-Siberian railway. 5 edition. Lonely Planet, Čína.
- Romportl D, Andreas M, Anděl P, Bláhová A, Bufka L, Gorčicová I, Hlaváč V, Mináriková T, Strnad M. 2013. Designing Migration Corridors for Large Mammals in the Czech Republic. *Journal of Landscape Ecology* **6**:47-62.

- Roth P. 2017. Ekodukty v České republice – smysluplné řešení, nebo nesmyslný luxus?. Fórum ochrany přírody **2017**:25-29.
- Sánchez-Montes G, Wang J, Ariño AH, Martínez-Solano Í. 2018. Mountains as barriers to gene flow in amphibians: Quantifying the differential effect of a major mountain ridge on the genetic structure of four sympatric species with different life history traits. *Journal of Biogeography* **45**:318-331.
- Sanderson FJ, Donald PF, Pain DJ, Burfield IJ, van Bommel FPJ. 2006. Long-term population declines in Afro-Palearctic migrant birds. *Biological Conservation* **131**:93-105.
- Sokolov VE, Lushchekina AA. 1997. *Procopra gutturosa*. MAMMALIAN SPECIES **571**:1-5.
- Sokolov VE. 1974. *Saiga tatarica*. *Mammalian Species* **1974**:1-4.
- Southwood TRE. 1962. Migration of terrestrial arthropods in relation to habitat. *Biological Reviews* **37**:171-211.
- Steele CA, Baumsteiger J, Storfer A. 2009. Influence of life-history variation on the genetic structure of two sympatric salamander taxa. *Molecular Ecology* **18**:1629-1639.
- Strnad M, Mináriková T, Hlaváč V, Anděl P, Gorčicová I, Andreas M, Romportl D, Bláhová A. 2012. Migrační koridory velkých savců v ČR. *Ochrana přírody* **2012**:50-53.
- Štych P, Laštovička J, Paluba D. 2019. Změny české krajiny okem družic. *Vesmír* **98**:218-221.
- The Trans-Siberian Travel Company. 2021. HeadsEast, Spojené království. Available from <https://www.thetranssiberiantravelcompany.com/planning-route-options/> (accessed November 11, 2021).
- Tihilä K. 2015. Taking it slow on the Trans-Mongolian railway – or not? A case study on slow travel and tourist experience. Diplomová práce. Helsinky.
- Trense D, Schmidt TL, Yang Q, Chung J, Hoffmann AA, Fischer K. 2021. Anthropogenic and natural barriers affect genetic connectivity in an Alpine butterfly. *Molecular Ecology* **30**:114-130.
- UNWTO. 2019. UNWTO and Mongolia tackle strategies to boost tourism. The United Nations, Madrid, Španělsko. Available from

<https://www.unwto.org/asia/news/2019-03-08/unwto-and-mongolia-tackle-strategies-boost-tourism> (accessed February 12, 2022).

- Van Moorter B, Bunnefeld N, Panzacchi M, Rolandsen CM, Solberg EJ, Saether B-E, Fryxell J. 2013. Understanding scales of movement: animals ride waves and ripples of environmental change. *Journal of Animal Ecology* **82**:770-780.
- Wang L, MA Y-P, Zhou Q-J, Zhang Y-P, Savolainen P, Wang G-D. 2016. The geographical distribution of grey wolves (*Canis lupus*) in China: a systematic review. *Zoological Research* **37**:315-326.
- Wilcove DS, Wikelski M. 2008. Going, Going, Gone: Is Animal Migration Disappearing. *PLoS Biology* **6**:1361-1364.
- Woods CL, Cardelús CL, Scull P, Wassie A, Baez M, Klepeis P. 2017. Stone walls and sacred forest conservation in Ethiopia. *Biodiversity and Conservation* **26**:209-221.
- Zahler P, Lhagvasuren B, P. Reading R, R. Wingard J, Amgalanbaatar S. 2004. Illegal and Unsustainable Wildlife Hunting and Trade in Mongolia. *Mongolian Journal of Biological Sciences* **2**:23-31.
- Zalewski A, Pierny SB, Zalewska H, Lambin X. 2009. Landscape barriers reduce gene flow in an invasive carnivore: geographical and local genetic structure of American mink in Scotland. *Molecular Ecology* **18**:1601-1615.

Reference obrázku:

- Arkhipov V. 2018. *Procapra gutturosa*. California Academy of Sciences, USA. Available at <https://www.inaturalist.org/observations/18626800> (accessed March 4, 2022).
- Bowser J. 2015. Eastern Washington, near Palouse Falls. Unsplash, Washington. Available at <https://unsplash.com/photos/c0I4ahyGIkA> (accessed April 8, 2022).
- Murphy K. 2022.
- Eden C. 2018. The Trans-Siberian route. The Telegraph, London. Available from <https://www.telegraph.co.uk/travel/destinations/europe/russia/articles/trans-siberian-railway-facts/> (accessed January 26, 2022).

- Hnutí DUHA. 2017. Vlk obecný. Hnutí DUHA, Česká republika. Available at <https://ceskadivocina.hnutiduha.cz/cs/zvire/selmy/vlk-obecny> (accessed March 20, 2022).
- IUCN. 2008. Mongolian Gazelle. Cambridge, Spojené království, Cambridge, Spojené království. Available at <https://www.iucnredlist.org/species/18232/115142812> (accessed March 11, 2022).
- IUCN. 2017. Gazella subgutturosa Gazella subgutturosa Goitered Gazelle. The IUCN red list of threatened species, Cambridge, Spojené království. Available at <https://www.iucnredlist.org/species/8976/50187422#geographic-range> (accessed March 28, 2022).
- Jakes AF, Jones PF, Paige LC, Seidler RG, Huijser MP. 2018. A fence runs through it: A call for greater attention to the influence of fences on wildlife and ecosystems. *Biological Conservation* **227**:311.
- Lozano L. 2020. EDSA Northbound, Philippines. Unsplash, Filipíny. Available at https://unsplash.com/photos/YDKNrR5T7_I (accessed April 11, 2022).
- Murphy K. 2022. Wildlife bridge crossing opens over I-80 in Parleys Canyon. Bonneville International, Salt Lake City. Available at <https://kslnnewsradio.com/1895696/new-wildlife-bridge-opens-over-i-80/> (accessed February 23, 2022).
- Özbey Y. 2016. Gazella subgutturosa. ViewBug, Turecko. Available at <https://www.viewbug.com/photo/62256849> (accessed March 28, 2022).
- QIAamp Fast DNA Stool Mini Kit. 2013. Dusseldorf. Available from <https://www.qiagen.com/us/products/discovery-and-translational-research/dna-rna-purification/dna-purification/genomic-dna/qiaamp-fast-dna-stool-mini-kit/> (accessed February 17, 2022).
- Skanska. 2021. Padesát 48tunových oblouků. Na D1 slouží první ekodukt. Media Network, Praha. Available from <https://ekonomickydenik.cz/padesat-48tunovych-oblouku-na-d1-slouzi-prvni-ekodukt/> (accessed February 23, 2022).
- Škopek P. 2019. Kriticky ohrožená antilopa má opět na kahánku. V Mongolsku zbývá 3800 jedinců Zdroj: https://www.denik.cz/ze_sveta/kriticky-ohrozena-sajga-ma-opet-na-kahanku-v-mongolsku-zbyva-3800-antilop-20190319.html. VLTAVA LÁBE MEDIA. Available from https://www.denik.cz/ze_sveta/kriticky-

ohrozena-sajga-ma-opet-na-kahanku-v-mongolsku-zbyva-3800-antilop-20190319.html (accessed February 23, 2022).

Tree J. 2020. Tonkin Highway from Great Eastern Highway bridge first.jpg. Available from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tonkin_Highway_from_Great_Eastern_Highway_bridge_first.jpg (accessed October 25, 2021).

Wildlife bridge crossing opens over I-80 in Parleys Canyon. Bonneville International, Salt Lake City. Available at <https://kslnnewsradio.com/1895696/new-wildlife-bridge-opens-over-i-80/> (accessed February 23, 2022).

World Atlas. 2016. Reunion Technology, Montreal, Kanada. Available from <https://www.worldatlas.com/upload/af/ac/cf/provinces-of-mongolia-map.png> (accessed February 12, 2022).