

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra myslivosti a lesnické zoologie



**MAGNETICKÁ ORIENTACE VELKÝCH SAVCŮ  
AFRIKY**

Bakalářská práce

Autor: Jiří Bešťák

Vedoucí práce: prof. Ing. Jaroslav Červený, CSc.

2013

"Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Magnetická orientace velkých savců Afriky vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Jaroslav Červeného, CSc. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby."

V Praze dne 1. 2. 2013

Děkuji vedoucímu své bakalářské práce prof. Ing. Jaroslavu Červenému, CSc. za jeho odborné vedení za poskytování cenných rad a čas, který mi věnoval. Dále své rodině a blízkým za podporu a trpělivost.

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá zkoumáním magnetorecepce velkých savců Afriky, zejména sudokopytníků, pomocí sledování směřování osy těla při odpočinku a při pastvě. V březnu 2012 probíhalo měření za pomoci buzol při přímém pozorování v terénu. Vybrány byly některé parky jižní Afriky, konkrétně v Botswaně. Tyto lokality a jednotlivé druhy zkoumaných zvířat jsou popsány v jedné z kapitol práce. Výsledky měření byly poté analyzovány statistickým programem Oriana. V jedné z kapitol je objasněné sledované téma magnetorecepce, přiblíženy základní principy magnetického kompasu živočichů, navigace i vlastní mechanismy magnetorecepce.

Výsledkem práce je zjištění preference severo-j jižního směru osy těla u velkých savců Afriky při odpočinku i při pastvě. Tyto výsledky byly porovnány s jinými pracemi na toto téma a poté přiznána shoda severo-j jižní preference směru.

**Klíčová slova:** Magnetorecepce, velcí savci, Afrika

## **Abstract**

This thesis deals with magnetoreception of large mammals of Africa, especially of the even-toed ungulates, by monitoring the anteroposterior axis of their bodies at rest and also during grazing. In March 2012, a measurement of the anteroposterior axes using a compass took place during direct observations of the animals in the wild. Some natural parks of South Africa, specifically in Botswana, were chosen for these observations and measurements. The habitats and species of the studied animals are described in one of the chapters of the thesis. Our results were analyzed by a statistical programme called Oriana. In one of the chapters, the research topic is explained — namely, the magnetoreception. More specifically, we describe basic principles of the animal magnetic compass, the navigation and the mechanism of the magnetoreception itself.

For the large African mammals studied, we find out the preference of the north-south axis of the body at rest as well as during the grazing. These results were compared with other works on this topic, where also the north-south direction preference was observed.

**Keywords:** Magnetoreception, large mammals, Africa

## Obsah

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 1       | Úvod .....                                   | 9  |
| 2       | Cíle práce .....                             | 9  |
| 3       | Literární rešerše .....                      | 10 |
| 3.1     | Botswana .....                               | 10 |
| 3.1.1   | Základní informace .....                     | 10 |
| 3.1.2   | Topografie .....                             | 10 |
| 3.1.3   | Geologická historie .....                    | 10 |
| 3.1.4   | Podnebí .....                                | 12 |
| 3.1.5   | Flóra a fauna .....                          | 12 |
| 3.1.5.1 | Vegetační typy .....                         | 12 |
| 3.1.5.2 | Fauna .....                                  | 15 |
| 3.1.5.3 | Migrace zvěře .....                          | 15 |
| 3.1.6   | Ochrana přírody .....                        | 16 |
| 3.1.7   | Národní parky a přírodní rezervace .....     | 16 |
| 3.1.7.1 | Delta řeky Okavango a rezervace Moremi ..... | 16 |
| 3.1.7.2 | Makgadikgadi pans .....                      | 18 |
| 3.1.7.3 | Národní park Chobe .....                     | 19 |
| 3.1.7.4 | Savuti .....                                 | 21 |
| 3.2     | Zkoumané druhy .....                         | 22 |
| 3.2.1   | Savci ( <i>Mammalia</i> ) .....              | 22 |
| 3.2.1.1 | Základní informace .....                     | 22 |
| 3.2.1.2 | Sudokopytníci ( <i>Artiodactyla</i> ) .....  | 23 |
| 3.2.1.3 | Chobotnatci .....                            | 28 |
| 3.3     | Magnetorecepce .....                         | 29 |
| 3.3.1   | Magnetické pole země .....                   | 29 |
| 3.3.1.1 | Inklinace .....                              | 30 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 3.3.1.2 | Deklinace.....  | 31 |
| 3.3.1.3 | Specifické místo (sign posts) .....                           | 31 |
| 3.3.2   | Magnetický kompas .....                                       | 31 |
| 3.3.3   | Magnetická navigace .....                                     | 32 |
| 3.3.4   | Mechanismy magnetorecepce.....                                | 32 |
| 3.3.4.1 | Magnetorecepce založená na elektromagnetické indukci .....    | 33 |
| 3.3.4.2 | Magnetorecepce založená na magnetitových mikročásticích ..... | 33 |
| 3.3.4.3 | Chemická magnetorecepce.....                                  | 33 |
| 4       | Metodika.....   | 34 |
| 4.1     | Výběr savců.....  | 34 |
| 4.2     | Charakteristika území.....                                    | 34 |
| 4.2.1   | Makadikagdi Pans.....   | 35 |
| 4.2.2   | Chobe .....   | 35 |
| 4.2.3   | Savuti .....  | 36 |
| 4.2.4   | Moremi.....   | 36 |
| 4.3     | Postup měření.....  | 37 |
| 4.4     | Analýza dat.....  | 38 |
| 5       | Výsledky.....   | 38 |
| 5.1     | Výsledky jednotlivých druhů .....                             | 38 |
| 5.1.1   | Buvol africký ( <i>Syncerus caffer</i> ).....                 | 38 |
| 5.1.2   | Kudu velký ( <i>Strepsiceros zambesiensis</i> ) .....         | 39 |
| 5.1.3   | Pakůň žíhaný ( <i>Conochaetes taurinus</i> ) .....            | 40 |
| 5.1.4   | Impala ( <i>Aepyceros melampus</i> ).....                     | 40 |
| 5.1.5   | Slon africký ( <i>Loxodonta africana</i> ).....               | 41 |
| 5.2     | Souhrnné výsledky .....                                       | 42 |
| 6       | Diskuze.....  | 42 |
| 7       | Závěr.....  | 44 |

|      |  |    |
|------|--|----|
| 8    | Seznam literatury a použité zdroje ..... | 45 |
| 9    | Seznam příloh.....                       | 50 |
| 9.1  | Mapy .....                               | 50 |
| 9.2  | Fotografie .....                         | 50 |
| 10   | Přílohy.....                             | 51 |
| 10.1 | Mapy .....                               | 51 |
| 10.2 | Fotografie .....                         | 58 |

## 1 Úvod

Je všeobecně známo, že zvířata mají mnohem citlivější smysly než my lidé. Nejde však jen o pět lidských smyslů, ale i o ty člověku odepřené, jako je smysl magnetický.

Orientace podle geomagnetického pole země, neboli magnetorecepce, patří zřejmě k nejpozoruhodnějším vlastnostem zvířat na naší planetě. Jde o neobyčejné umění živočichů určit jakýmsi vnitřním magnetickým kompasem svůj horizontální směr při pohybu, odpočinku či přijímání potravy. Zjednodušeně řečeno se jedná o postavení vlastního těla vůči magnetickým siločarám obklopujícím celou naši planetu. Z vědeckého pohledu jde o relativně mladý obor zkoumání, kterým se v současné době zabývá celá řada vědců na celém světě.

Tato práce zkoumá magnetorepcepci velkých savců Afriky, zejména sudokopytníků v jejich přirozeném prostředí. Parky v jižní Africe jsou pro svou nedotčenost velice vhodné pro takovéto typy výzkumu. Zvířata, která zde nejsou lidskou činností v ničem omezována, či dokonce ohrožována, nejsou vůči člověku plachá a tak je snadné se k nim přiblížit na velmi krátkou vzdálenost a přitom neovlivnit jejich chování. To je velice důležité, protože tím eliminujeme antipredační chování zvířat vůči člověku a zvyšujeme objektivnost měření v terénu.

## 2 Cíle práce

Cílem bakalářské práce je zjištění magnetorecepce velkých savců Afriky, zejména sudokopytníků, pomocí směřování osy těla při odpočinku a při pastvě.

Důkladným měřením v terénu a následným vyhodnocením těchto zjištěných údajů, má tato práce za úkol objasnit, zda zkoumaná zvířata na jižní polokouli preferují při svých činnostech polohu osy svého těla určitým směrem a v tom případě jakým, nebo je orientace osy jejich těla náhodná.



## 3 Literární rešerše

### 3.1 Botswana

#### 3.1.1 Základní informace

Botswana je vnitrozemský stát na jihu Afriky sousedící s Jihoafrickou republikou na jihu, Namíbií na západě, Zambíí na severu a Zimbabwe na severovýchodě. Hranice Botswany, Namibie, Zimbabwe a Zambie se stýkají téměř v jednom bodě. Jedná se o v pořadí třetí hospodářsky nejvyspělejší stát Afriky. (Denbow, 2006)

(viz příloha č. 1.1 mapa Botswany)

**Oficiální název státu:** Botswanská republika

**Poloha:** jižní Afrika mezi 20 a 30° jižní šířky a mezi 18 a 19. poledníkem (McIntyre, 2006)

**Podnebí:** subtropické, v létě 19-33°C, v zimě 5-23°C (McIntyre, 2006)

**Rozloha:** 581 730 km<sup>2</sup> (MZV, 2013)

**Počet obyvatel:** 2 029 307 (MZV, 2013)

**Hustota na km<sup>2</sup>:** 3,4 obyvatel / km<sup>2</sup> (MZV, 2013)

**Hlavní město:** Gaborone - 185 891 obyvatel (MZV, 2013)

**Hospodářství:** hlavní produkty – diamanty, měď, nikl (McIntyre, 2006)

#### 3.1.2 Topografie

Botswana je vnitrozemský stát v srdci Afriky rozkládající se kolem obratníku Kozoroha na 585 370 km<sup>2</sup>, dvě třetiny jsou nad obratníkem. Většinu Botswany tvoří lehce zvlněná písčité plocha v nadmořské výšce mezi 900 – 1300 m. Občas jsou tu skalní útvary nepřesahující výšku 100 m. Kromě toho jsou zde dvě hlavní oblasti - obrovské solné pánve a delta řeky Okavango. Relativně malá část země na jihovýchodě je skalnatá s pískovcovitými a žulovými kopci, které se táhnou k řece Shashe, Limpopo a Marico. Tato oblast je mnohem vhodnější pro zemědělství, a proto zde žije většina obyvatel. (Zweistra et al., 2009)

#### 3.1.3 Geologická historie

Když se podíváme do historie země, zjistíme, jak vznikly velké solné pánve a Delta Okavanga. Asi před 4600 miliony let se začal formovat zemský povrch.

Paleontologové tvrdí, že asi před 600 miliony let došlo k evoluční explozi, kdy vznikli předkové většiny obratlovců. Asi před 230 miliony let se na Zemi objevili dinosauři a první savci, dalších 165 milionů let dinosauři obývali planetu, před 65 miliony většinu z nich zahubila velká kalamita a došlo k většímu rozšíření savců. (Brandes et Apsel, 1999)

Někdy před 135 a 10 miliony se superkontinent Gondwana rozdělil a nynější kontinenty se začaly od sebe oddalovat. Většina diamantů a polodrahokamů a dalších minerálů vznikla v době asi před 65 miliony let. (Zweistra et al., 2009)

Během období třetihor bylo podnebí Botswany asi velmi suché a skály postupně erodovaly, písky začaly tvořit to, co nyní nazýváme Kalahari. Asi před 4 až 5 miliony let měly pravděpodobně řeky Okavango, Kwando a Zambezi zcela jiné toky než dnes. Pravděpodobně všechny tekly do kanálu, který směřoval na jih přes Kalahari a do řeky Orangenebo Limpopo (různé teorie). Asi před 2 až 4 miliony let seismické posuny vyzdvihly části jižní a střední Botswany, což zapříčinilo odklonění toků řek směrem na jih a vytvoření superjezeram které má dnes své nejhlubší části v pánvích Makgadikgadi. Toto jezero existovalo donedávna, vědci se domnívají, že se rozkládalo na ploše až 80 000 km<sup>2</sup> a že vyschlo teprve asi za posledních 10 000 let. Důkazy o existenci jezera lze najít ještě dnes kolem dávného pobřeží. Velký Magwikwe Sand Ridge (písečný hřeben), pravděpodobně určoval severozápadní pobřeží, další část pobřeží byl písečný hřeben Gidikwe na západní straně nynějšího národního parku Makgadikgadi. I oblé osamocené kopečky Kalahari dokazují existenci superjezera. V některých oblastech Makgadikgadi jsou dodnes pozůstatky z doby kamenné, z doby před několika tisíci let. (Brandes et Apsel, 1999)

Během posledního milionu let se příliv vody do jezera Makgadikgadi snižoval a nakonec přestal úplně. V severní Botswaně se nachází několik podzemních trhlín v písku, předpokládá se, že je to pokračování velké příkopové propadliny Východní Afriky. Hlavní dvě trhlíny běží v Botswaně a Zimbabwe souběžně od severovýchodu k jihozápadu. Nový tok řeky Linyanti určuje linii jedné trhlíny, známé jako zlom Linyanti-Gumare. U jezera Liambezi to vypadá, že řeka utíká ze svých hranic a stáčí se na jihovýchod, až se dostane k dalšímu zlomu paralelnímu s tím prvním. Zde se znovu přejmenovává na řeku Chobe s jasně určeným tokem na severovýchod. Nejsevernějším v této oblasti je zlom Linyanti Gumare, podél něj teče také kanál Selinda. Dále na západ se linie zlomu láme přes tok Okavanga, to naznačuje vlastní počátek Delty. Na mapě jsou jasně vidět další zlomy (Kunyre a Thmalakane). Tyto zlomy se od sebe neustále

oddalují a vytvářejí tak mezi sebou záchytný prostor, kde vznikla Delta Okavanga. (Zweistra et al., 2009) (viz příloha č. 1.2 mapa zlomových linií a příloha č. 1.3 mapa geologických zlomů Okavanga)

Když se odklonily toky řek, jezero Makgadikgadi přišlo o své zdroje vody; ale vysychání trvalo pravděpodobně dlouhou dobu. Geologové tedy určili nejméně pět jasných různých úrovní hladiny v každém z nich zcela odlišné. Postupně se kvůli suchému podnebí jezero zmenšovalo, a protože zde nebyly žádné odtoky, voda byla pravděpodobně velmi braktická. Nyní zde zůstaly jen solné pánve, které jsou příliš slané na to, aby zde mohly růst rostliny. (Zweistra et al., 2009)

### **3.1.4 Podnebí**

Botswana leží daleko od pobřeží a nachází se většinou v tropickém pásmu. Je tu silné sluneční záření a většina země je klasifikována jako polosuchá nebo suchá. Střední a severní Botswana má subtropické pouštní podnebí, charakteristické širokým rozpětím teplot (od denní po noční a letní po zimní), nízkým spadem srážek a vlhkostí vzduchu. Stejně jako v ostatních zemích jižní Afriky zde prší, když je slunce nejbližší zenitu, od listopadu do dubna. To je ovlivňováno třemi faktory: větry ze střední Afriky (konžské vzdušné proudy), většinou vrcholí v lednu a únoru, v místních předpovědích tohle počasí nezývají jako ITCZ (Intertropical Convergence Zone). Jakmile se sníží intenzita slunečního záření, konžský vzdušný proud se vrací zpět na sever a v Botswaně nastává období sucha (kolem dubna). Většina území má nejvíce srážek v lednu a únoru. V březnu je méně dešťových srážek, duben a květen jsou krásné měsíce, kdy maximální teplota během dne je 33°C, noční 10-15°C, během této doby mohou příležitostně teploty v Kalahari klesnout až pod nulu. Červen a červenec jsou nejchladnější měsíce, průměrná denní teplota je 25°C a může dosáhnout až 30°C. V září a říjnu je vrcholné období sucha a denní teplota se zvyšuje. Brzy odpoledne bývá kolem 30°C, v noci teplota klesá maximálně na 10°C, ale spíše jen na 20°C. Vlhkost vzduchu je obvykle velmi nízká 20 až 40%. (Landsberg et al., 2001)

### **3.1.5 Flóra a fauna**

#### **3.1.5.1 Vegetační typy**

Stejně jako zvířata i rostliny mají své oblíbené prostředí. Vnější faktory určují, kde se jakému druhu daří a kde zanikne. Těmito faktory jsou teplota, světlo, voda, typ půdy, živiny a jaké jiné druhy rostlin a zvířat žijí ve stejné oblasti. Druhy se stejnými

požadavky obvykle najdete na podobném místě. Botswana má mnoho takových společných lokalit nebo vegetační typy, které se od sebe odlišují. (Ilri, 2011) (viz příloha č. 1.4 mapa vegetace Botswany)

Nejobvyklejší jsou:

**Porosty mopane** - převažujícím stromem je velmi přizpůsobivý strom mopane (také mopan – *Colophospermum mopane*), který přezdívají motýlový strom, podle travu listů. Je to nenáročný strom, který roste ve spoře zavlažovaných půdách s obsahem jílu. Avšak nedaří se mu v písku Kalahari. Je však široce rozšířen j jižní Africe, v Botswaně se vyskytuje hlavně v oblasti Okavango-Linyanti a ve východní části země. Stromy mopane dosahují maximální výšky 25 metrů. Pokud rostou na bohatých půdách, říká se jim katedrálové mopane díky jejich mohutným větvím. Menší druhy jsou obvyklejší v místech, kde je méně živin nebo kde hořelo. Rostou pak do výšky maximálně 5 m. Všechny stromy mopane mají krásné listy a zčervenají před tím, než spadnou v září a říjnu. Porosty na zemi v oblasti mopane jsou většinou travnaté a příležitostně s malými keři. Samotné stromy jsou důležitým zdrojem potravy pro zvěř, listy mají vysokou nutriční hodnotu, jsou bohaté na proteiny a fosfor. Na stromech mopane žije mnoho veverek. (Motlhanka et al., 2011)

**Pánev** - toto místo není bohaté na vegetaci, pánev je mělké, obvykle dočasné jezero bez žádných přítoků a odtoků. V porostech lesů mopane se často objevují tyto malé pánve v období dešťů, kdy je voda zadržována na povrchu jílovitou půdou. Pánve jsou velmi důležité pro zvířata, ale brzy poté, co deště ustanou, vysychají. (Ilri, 2011)

**Solné pánve** - tato pánev je slaná, jak již napovídá její název. Obrovské solné pánve Makgadikgadi jsou pozůstatky dávného jezera. Díky vysoké koncentraci minerálních solí ve vyschlých pánvích nerostou žádné rostliny. Když se naplní vodou, situace se mění, objeví se tu vodní květy, které někdy přitahují pozornost například plameňáků. (Ilri, 2011)

**Dambo** - je to mělká travnatá proláklina nebo údolí, které je stále nebo občas zavlažované. Odpovídá názvu vleí, který je používán v jiných oblastech jižní Afriky. Tyto otevřené kousky krajiny se často objevují s porostem miombo a nerostou na nich keře ani stromy. Ve vyšších polohách někdy vytvářejí místa, kde pramení řeky. Roste zde dostatečné množství druhů trávy, bylin a kvetoucích rostlin jako orchideje; jsou výbornou pastvou pro antilopy. (Motlhanka et al., 2011)

**Týkový les** - v několika oblastech severní Botswany, včetně severní strany Národního parku Chobě roste týk (*Baikaea plyrijuga*) a vytváří polozelené porosty na písčích Kalahari. Často rostou na zkamenělých dunách. Neodolávají však ohni a proto se vyskytují pouze na místech, kde nedochází k požárům a kde nejsou používány vypalovací metody. Pod týky obvykle roste hustá vegetace. Týk má pěkně pevné dřevo červeno-hnědé barvy. Je to drahé dřevo, které se často vyváží a používá na výrobu nábytku a drahých podlah. (Ilri, 2011)

**Písčiny Kalahari** - v těchto oblastech rostou různé druhy akácií, stromů *Terminalias* a *Conbretum*. Většinou jsou to porosty otevřených savan s několika vysokými stromy s hustým porostem trnitého křoví nebo nízkým podrostem. Biologové rozlišují několik poddruhů: *Terminalia Sericea*, které rostou v neúrodných oblastech Kalahari v hlubokém písku; *Acacia eriloba* roste také na písku, často u zkamenělých údolí řek, kde je podzemní voda, dosahují výšky až 16-17 m; *Acacia tortilis*, rostou na náplavových půdách, mají korunu ve tvaru deštníku a objevují se často na typických fotografiích z Afriky. (Ilri, 2011)

**Vlhké stále zelené lesy** - ty se vyskytují v oblastech s vysokými dešťovými srážkami v blízkosti řek, jezer, bažin, kde mají kořeny stromů stálý zdroj vody. Tyto lesy tvoří různé druhy stromů: vysoké, střední a křovinaté. Tento druh porostu se vyskytuje v oblastech Okavanga a Linyanti a u velkých řek. Existují dva různé druhy tohoto lesa: pobřežní les (kde rostou druhy jako *Dispyros mespiliformis*, *Croton megalobotrys*, *Acacia nigrescens*, marula – *Scerocarya birrea caffra*, deštný strom – *Lonchocarpus capasa* a různé druhy fíků), bažinový les, který se vyskytuje na malých ostrůvcích ve stále zaplavovaných oblastech Okavanga (zde rostou vodní druhy stromů, divoké datlové palmy a palmy druhu *pattersiana*). (Ilri, 2011)

**Záplavové pláně** - jsou to nízko položené travnaté pláně na okrajích řek, jezer a bažin, které jsou občas zaplavovány. Okavango a menší oblast Linyanti – Chobe má několik velkých záplavových plání, často tu nerostou ani stromy ani keře, jen nízký porost trávy, která snáší vodu. V mnoha oblastech záplavových plání najdete malé ostrůvky, které jsou lehce vyvýšené nad okolím, na nich často rostou bažinové lesy. V oblastech, které jsou dlouze zaplavovány, rostou druhy jako divoká rýže (*Oryza longistaminata*), *Cyperus articulatus*, na vyvýšených místech rostou trávy jako *Imerata cylindrica*. (Ilri, 2011)

**Kanály** - vegetace, která roste na stálých kanálech, zahrnuje velké ostřice, papyrus (*Cyperus papyrus*), hroší trávu (*Vossia cuspidata*), rákosí (*Phragmites australis*) a *Typha capensis*. (Motlhanka et al., 2011)

**Laguny** - tam, kde je voda klidnější v hlubokých lagunách a postranních kanálech, rostou často vodní rostliny. Některé jsou celé pod vodou, jiné mají listy na hladině a nejobvyklejším druhem jsou lekníny. (McIntyre, 2006)

### 3.1.5.2 Fauna

Velcí savci Botswany jsou typičtí pro oblast savan jižní Afriky. Žijí zde velcí predátoři: lev, levhart, pes hyenovitý a hyena skvrnitá. Gepardi se zde vyskytují ve velkém množství a v severní Botswaně žije mnoho psů hyenovitých. Sloni a buvolí zde žijí ve velkých stádech, nosorožci byli hodně vybiti, ale nyní jsou opět zaváděni do soukromých rezervací Moremi. Zastoupeno je tu mnoho druhů antilop: impala, antilopa skákavá, antilopa tsessebe, voduška lechwe. Jelikož oblast Okavanga je tak dobře zavlažována, v období sucha zde najdete velkou koncentraci zvěře. (Wilson et Mittermeier, 2011)

### 3.1.5.3 Migrace zvěře

Stejně jako většina velkých zvířat v Africe i větší zvířata v Botswaně migrují podle sezony. Základní pravidlo bylo, že se zvířata vydávala do Kalahari během období dešťů, tady nacházela malá jezírka s vodou a pak se zase postupně vracela k stálým zdrojům vody, když nastalo období sucha. To se týkalo hlavně slonů, buvolů, zeber, pakoňů. K této migraci stále ještě dochází a ovlivňuje hustotu zvěře v různých oblastech, avšak tato migrace je limitována dvěma faktory - jednak je to souboj lidí o půdu se zvířaty, lidé si přisvojili některé zdroje vody v Kalahari. Za druhé je to vytvoření oplocení proti zvěři, které se objevilo na migračních stezkách. Tato oplocení vznikla na popud Evropské Unie, pokud chtěla Botswana vyvážet své hovězí maso, musela chránit svůj dobytek před nemocemi. (Gaborone, 2006)

I v současné době dochází v Botswaně ke každoroční migraci. Na začátku období dešťů, kolem listopadu, se zvířata přesunují od stálých zdrojů vody do sušších oblastí. Velká sloní a buvolí stáda se pohybují obvykle podobně. Když přijde déšť, rozdělí se do menších skupin a část z nich odchází do Okavanga a Linyanti do jinak pustých míst. Kolem května se vrací zpět a opět se spojují ve velká stáda, od září do října najdete na březích Chobe a Kwando velké množství těchto zvířat. Migrace

zeber je ještě předmětem výzkumu, ale vypadá to, že se velká stáda vytvářejí během období dešťů na Makgadikgadi Pans a v období sucha u řeky Boteti. Pakoně se pohybují podobně jako zebry, ale ty co žijí ve střední a jižní Kalahari, tvoří oddělenou populaci. (Gabarone, 2006)

### **3.1.6 Ochrana přírody**

V 80. letech 20. století byly některé oblasti Botswany velmi navštěvovány turisty hlavně z jižní Afriky, avšak pro hospodářství Botswany nepřinášeli skoro žádný zisk. Aby se zabránilo vzrůstajícímu počtu návštěvníků, kteří měli negativní dopad na životní prostředí, došlo ke zvýšení vstupného do parků, počet návštěvníků se snížil, ale příjem byl stejný. V tu dobu to byl revoluční přístup – velký příjem – malé množství turistů, tento systém velmi dobře funguje a mnoho afrických zemí se z něj snaží vzít příklad až v poslední době. V praxi byla zavedena tato politika během posledních 15 let do všech národních parků a zvířecích rezervací. Národní parky jako Chobe, Moremi a další fungují na jednoduchém systému – nikdo v nich nežije (Sanové v CKGR jsou výjimkou), každý je může za vstupné navštívit. Pro občany Botswany je to levnější, pro zahraniční návštěvníky dražší. (McIntyre, 2006)

### **3.1.7 Národní parky a přírodní rezervace**

(viz příloha č. 1.5 mapa národních parků a přírodních rezervací Botswany)

#### **3.1.7.1 Delta řeky Okavango a rezervace Moremi**

Řeka Okavango pramení v Angole, protéká Namibií a Botswanou a je asi 1 500 km dlouhá. Její delta je snad nejpřitažlivějším místem ve státě Botswana. Okavango neústí do žádného moře - rozlévá se do pouště Kalahari a vytváří největší vnitrozemskou deltu na světě o rozloze 15 000 km čtverečních s velkým množstvím ostrůvků, bažin, jezírek a ramen. Vzhledem k tomu zde panují jedinečné klimatické podmínky, které umožňují existenci mnoha druhů rostlin a zvířat. Setkáme se tu s hrochy, krokodýly, slony, žirafami. Největšími suchými plochami jsou Chief's Island a Moremi Tongue v rezervaci Moremi Wildlife Reserve, která je součástí národního parku Okavango Delta. Geologicky leží Okavango na jižním cípu oblasti Velké příkopové propadliny, která je seismicky aktivní. Před 3 miliony let odváděla vodu z území dnešní Botswany do Indického oceánu obrovská řeka, geologickou činností se však její tok přehradil. Tak začalo vznikat obrovské jezero Makgadikgadi,

dosahující rozlohy 80 000 km<sup>2</sup> a hloubky 30 m. Do něj ústilo mnoho řek. Jezero se postupně naplňovalo, až se přelilo. Na severu nové vodní toky začaly vodu z jezera odvádět a obrovské jezero začalo mizet, až před asi 20 000 - 10 000 lety jezero úplně zaniklo. Jeho pozůstatky jsou například poušť Kalahari, pánve Makgadikgadi a jezera Ngami a Xau. Delta Okavanga tak připomíná minulost oblasti. (Quido, 2013)

Pro Botswanu je delta Okavanga druhým diamantovým dolem: voda je pitná a prohání se v ní velké množství ryb. Okavango zároveň zavlažuje jinak beznadějně vyprahlou zemi, takže se zde nachází jediná půda vhodná pro zemědělství a chov dobytka. Maso potom Botswana vyváží, mimo jiné do zemí Evropské unie. Ostatně právě kvůli tomu jsou dnes po celé zemi dezinfekční hranice, které mají zabránit šíření slintavky. (Paladix, 2013) (viz příloha č. 1.6 mapa Moremi)

## Geografie

Zvířecí rezervace Moremi ochraňuje střední a východní oblasti Delt Okavango. Vytváří jádro mnoha zvířecích rezervací a koncesí v této oblasti. Moremi je velmi plochá rezervace se záplavovými pláněmi, mnoha vodními kanály a dvěma pevninami Mopane Tongue a Chief's Island. V severní části její hranice sledují říční systém Nqoga-Khwai, v jižní části je definována řekami Jao, Boro a Gomoti. Zdá se, že v minulém století západní část Delt (hlavně systém řeky Thaoge) postupně vysychala. Více vody pak přicházelo do systému řek Moanarchira/Khwai ve východní části Chief's Island, zvedala se hladina Khwai a zaplavovaly se cesty v této oblasti. (Bradley, 2009)

## Flóra a fauna

Ekosystémy rezervace Moremi patří k nejbohatším a nejružnorodějším v Africe. Díky všeobecné ochraně patří také k nejméně poškozeným lidmi. Peníze na ochranu přírody přicházejí z turistického ruchu, ten přírodu nenarušuje. Nosorožci tu kvůli pytláčení do roku 2001 nebyli, ale byli zde znovu zavedeni do koncese Mombo v severní Moremi, kde se teď mohou volně pohybovat (hlavně se vyskytují na Chief's Island). V Moremi žije více než 400 druhů ptáků, velké množství zvířat, se znovuzavedením nosorožce zde lze nalézt celou velkou pětku a mnoho dalších. Sloni a buvoli se tu vyskytují ve velkých stádech celoročně, stejně tak jako pakoně, Burchellovy zebry, impaly, antilopy kudu, tsessebe, lechwe, antilopy travní, lesoni, vodušky, žirafy, prasata bradavičnatá, paviáni. Méně časté jsou antilopy eland, vrané, ale žije zde mnoho gepardů, lvů a levhartů, psů hyenovitých, šakalů. Hyeny žijí spíše



v sušších oblastech, stejně tak jako psi ušatí. Žije tu také velké množství mangust, ve vodě různé vydry. Často se zde vyskytují servalové, karakalové. (Bradley, 2009)

V Moremi roste asi 1000 druhů rostlin, hlavně mopane (*Colophospermum mopane*), který pokrývá Mopane Tongue a části Chief's Island. Díky ochraně je většina lesa velmi krásná a vysoké stromy mopane zdobí tuto krajinu. Kolem mnoha vodních kanálů jsou rozlehlé záplavové pláně a krásné porosty pobřežního lesa s mnoha druhy stromů a křoví. Kromě toho jsou zde i akácie (*Acacia eriolaba*, *Terminalia sericea*, *Burka africana*, *Lonchocarpus nelsii* atd.). (Bradley, 2006)

### **3.1.7.2 Makgadikgadi pans**

(viz příloha č. 1.7 mapa Velkých solných pánví Kalahari)

#### **Geografie**

Makgadikgadi Pans se skládají z obrovského plochého monotónního terénu na severu Kalahari. Pánve leží mezi diamantovým městem Orapa na jihu, vesnicí Nata na severovýchodě a toku řeky Boteti na západě. Svažují se na sever k proláklině Mababe a říčnímu systému řek Chibe – Zambezi. Uprostřed leží dvě obrovské sousedící solné pánve – Sua na východě a Ntwetwe, na západě. Zaujímají plochu asi 12 000 km<sup>2</sup>. Kolem nich je mnoho menších pánví, včetně Nxai Pan na severu a Lake Xau na jihu. (Hogan, 2008)

#### **Geologie**

Pochopit celkovou geologii této oblasti vyžaduje znalost historie vzniku celé Kalahari. Pánve vznikly vyschnutím obrovských jezer, které před několika miliony let pokrývaly většinu centrální Botswany a vytvořily krajinu celé oblasti. Následující klimatické změny, seismické pohyby a rozšíření řek, odebraly jezerům vodu, vytvořily se prolákliny s bahnem a okolní krajina se změnila ve vyprahlou savanu. Dnes v pánvích spadne ročně 400-500 mm dešťových srážek a není tu žádná stálá voda. Po deštích se jezera krátce opět naplní, ale jen mělce, to když jim řeka Boteti přinese vodu ze západu a řeka Nata ze severovýchodu. (Helgren, 1984)

## Flóra a fauna

Rostlinný a živočišný svět této oblasti ovlivňuje drsnost klimatu. Populace zvířat se mění v závislosti na množství deště. Pozorování zvěře je zde náhodné, zcela závisí na době a místních podmínkách. (McIntyre, 2007)

Rostlinstvo pánví Makgadikgadi se může rozdělit podle převažující půdy. Na které roste. V centru leží pánve ošlehané větrem, pusté a bez rostlin. Tato sterilní slaná místa jsou obklopena travnatými porosty, které bují na píscích Kalahari, včetně různých druhů odolných proti soli v okolí pánví, např.: hrubé „prstové“ trávy na písečných pláních a výživné sladké trávy na okrajích. V travnatých porostech občas rostou stromy a keře, hlavně druhy akácií. Dále od pánví, kde je půda bohatší, vytvářejí akácie hustší křoví a rostou tu i občas jiné stromy, včetně různých olověných stromů a druhů terminalia. Na severu a východě jsou akácie nahrazeny pásem stromů mopane (*Colophospermum mopane*), které rostou v těžších půdách. Na západě umožňují naplavené půdy a skrytá vodní hladina pobřeží řeky Boteti růst hustému pobřežnímu lesu. Typické druhy Kalahari jsou *Acacia eriloba*, *Acacia mellifera*, kolem řeky rostou divoké fíky (*Ficus sycomorus*), salámové stromy (*Kigelia africana*) a mnoho dalších druhů. V této oblasti se vyskytují i palmy druhu *Hymphaene petersiana*, rostoucí například na západě pánve Ntvetwe. Občas kolem pánví a u izolovaných skalních útrarů také rostou baobaby, každý se stoletou historií. (McIntyre, 2006)

Fosilní důkazy nám ukazují, že v poměrně nedávné době se zde vyskytovali sloni, buvoli i nosorožci. Dnes je počet druhů velkých savců omezenější než např. v Moremi či Chobe na západ a na sever. Nosorožci vymizeli zcela, slon a buvol se vyskytují jen výjimečně. Travnaté savany lákají desetitisíce zeber a pakoňů doprovázených malými stády buvolců a antilop losích. Tato velká stáda za sebou samozřejmě táhnou i predátory – především lvy a gepardy. Pozoruhodní jsou i zdejší menší savci, plazi, obojživelníci a hmyz. (McIntyre, 2007)

### 3.1.7.3 Národní park Chobe

Národní park Chobe se rozkládá asi na 10 700 km<sup>2</sup> severní Kalahari. Získal své jméno podle řeky Chobe, která tvoří jeho severní hranici. Vegetace v parku se mění, od bujných záplavových plání u řeky Chobe, horkých bažin Savuti Marsh, husté lesy vysokých stromů mopane až po nekonečné kilometry smíšeného lesního porostu. Je to klasické prostředí pro velká zvířata; stáda bůvolů a slonů tu žijí ve velkém množství společně s velkými smečkami lvů. Velká část parku je nepřístupná. Hlavní části oblasti

Chobe jsou Chobe Riverfront (pobřeží Chobe), Ngwezumba Pans, Savuti a Linyanti a Lesní rezervace Chobe, která je osídlena a je obklopena parkem. (McIntyre, 2008) (viz příloha č. 1.8 mapa Národního parku Chobe a Lesní rezervace a příloha č. 1.9 mapa oblasti kolem řeky Chobe)

## Historie

Původními obyvateli Chobe byli Křováci, pak sem přišli kmeny Hambukshu, Bayei a Basubiya. V 50. letech 19. století tudy procházel David Livingstone na své cestě k Viktoriiným vodopádům, pak lovci trofejí a slonoviny. V roce 1961 byla oblast vyhlášena zvířecí rezervací, národním parkem v roce 1968. I když se tu v minulosti lovalo velké množství zvěře, zůstalo jí tu stále dost, což zaručuje parku neustále rostoucí oblibu. (McIntyre, 2006)

## Geografie

Geografie Národního parku Chobe, přilehlé Lesní rezervace Chobe a i celé severní strany Botswany je založena na zvlněných pláních písku Kalahari, které se pomalu svažují od severozápadu dolů na jihovýchod. Nadmořská výška se mění od 950 m v Linyanti, kolem 930 m v Ihaha a 942 m v Savuti. V mnoha směrech nejvíce tuto oblast určuje severovýchodní hranice – říční systém Chobe – Linyanti. Půda je zde spíše lehká, vyskytují se tu různé porostlé duny a písečné hřebeny včetně velkého hřebenu Magwikhwe Sand Ridge. V parku se vyskytují přírodní pánve, nejvíce jich leží kolem oblasti Nogatsaa a Tchinga a také v oblasti Zweizwe, východně od Savuti. Jen příležitostně oblé kopce naruší plochou Kalahari. Hranice oblasti je tvořena velkými řekami, ale uvnitř jsou jen příležitostné vodní toky, spíše vyschlé. Nejznámější je kanál Savuti, který občas tekl až do roku 1982. (Hogan, 2008)

## Flóra a fauna

Řeka Chobe meandruje mezi nízkými, plochými ostrovy a plovoucími plochami papyru a rákosí. Tyto ostrovy a okolí řeky jsou vždyzelené, a proto přitahují množství zvěře. Hned za tímto zeleným pásem se o několik metrů zvedá písčité útes, nad kterým už je sucho a prašno. Tento útes bývá na některých místech narušen, buď vodní erozí a splavováním, nebo také činností zvířat, které těmito místy chodí k vodě pít. Tyto brázdy také někdy odhalují podloží a mohou některým zvířatům, např.: slonům, sloužit jako zdroj minerálů. (McIntyre, 2007)

Roste zde většina stromů typických pro subsaharskou Afriku – za zmínku stojí množství vyvrácených, mrtvých stromů, které zde uvidíte – ty mají na svědomí sloni. Na konci období sucha bývá vegetace řádně spasena zvěří. Hustota zvěře na březích Chobe se výrazně mění s ročním obdobím, nicméně na konci období sucha jde o jedno z nejlepších míst na pozorování zvěře v celé Africe. Naleznete zde množství buvolů, slonů a lvů – prostě ideální místo pro pozorovatele velké zvěře. Sloni jsou jednou z hlavních atrakcí tohoto parku. Kromě slonů zde najdete také velká stáda pakoňů a desítky druhů dalších antilop. Množství potravy přitahuje i téměř všechny druhy afrických šelem, od malých psovitých (šakalů a spol.) přes levharty až po již zmiňované lvy. K vidění je zde i velké množství ptáků, obzvláště zajímaví jsou zdejší druhy dravých ptáků. (McIntyre, 2006)

### **3.1.7.4 Savuti**

Na rozdíl od většiny oblastí safari, Savuti není jen o zvířatech. Může jich tu být mnoho, ale to není vše. Pro pochopení oblasti Savuti je nutno se ponořit do historie – od geologické minulosti po první lidi a pak evropské lovce, hledače a ochranáře. Savuti má zřejmě více příběhů spojených výše uvedeným než ostatní rezervace. (McIntyre, 2006) (viz příloha č. 1.10 mapa oblasti Savuti)

#### Historie

Klíčem k přitažlivosti Savuti je tajemný Savuti Channel (kanál), který je často vyschlý, ale někdy nevysvětlitelně teče. Kanál zůstal vyschlý až do let 1957-58, tehdy tu zase začala téct voda, to pokračovalo do roku 1966, kdy znovu vyschl, pak tekla v letech 1967-81. Zdálo se, že je to stálý tok a v tu dobu přitahoval velké množství zvěře. V 70. letech zde byl otevřen kemp. Průtok vody se však neustále zmenšoval a v roce 1982 tu přestala voda téct úplně. Voda se postupně stáhla do několika zbylých jezírek, která také posléze vyschla. Tak se ztratili i krokodýli, hroši, ryby a ostatní tvorové, kteří tu žili. Nikdo opravdu neví, proč voda zmizela. Vysvětlení jsou různá, kanál je však nyní vyschlý, ale Savuti zůstalo oblastí divoké zvěře. Odborníci říkají, že půda je tu velmi dobrá a pastva velmi bohatá. Kromě toho je tu několik stálých napajedel, to nejstarší je doplňováno vodou z Národního parku, další dvě napajedla leží proti lodgím v této oblasti, další dvě jsou směrem k mokřinám na druhé straně. Ta se snaží přilákat zvěř, hlavně slony, pryč z centra Savuti, které bylo značně vypaseno a poničeno vysokou koncentrací zvěře. (McIntyre, 2007)

## Flóra

V Savuti se nachází hlavně neprostupná křoviska trnitých akácií a terminálií, na velkých plochách zde rostou i mopany. Tu a tam narazíte ve všech částech parku také na baobaby. Tyto celkem hustě zalesněné oblasti kontrastují s mokřadem Savuti. Otevřené pláně jsou pokryté různými druhy travin, kterým nevadí místní poněkud zvýšená slanost půdy. Tyto pastva láká velké množství zvěře. Lze zde nalézt i mrtvé kmeny akácií a „olověného stromu“ (leadwood, *Combretum imberbe*), které tu vyrostli mezi léty 1880-1950, kdy byly mokřady vysušené. Po zaplavení stromy nezvládly změnu prostředí, a protože jsou odolné vůči termitům, stojí zde dodnes. Na jižní straně mokřadu lze pozorovat přírodní změnu v akci – buš se zde opět snaží pohltit travnatý mokřad. Hlavním agresorem je zde akácie *Acacia hebeclada*. (Ilri, 2011)

## Fauna

Protože Savuti je v samém srdci parku, naleznete zde takřka všechny jeho živočišné druhy, kromě místního lessoně a jiných vodomilných druhů. Zvěř se koncentruje především kolem tří místních napajedel, z nichž jedno je uměle doplňováno. Často zde narazíte na lvy povalující se u vody. Stáda zvěře se jim vyhýbají, někdy však jejich žízeň překoná strach predátora. Místní populace slonů vyniká především množstvím dospělých mohutných samců, kteří zde žijí nastálo. Některé z místních lvích smeček se přemnožili tak, že kvůli hladu útočí i na slony, což populaci slonů traumatizuje (útoky jsou vedeny především na mláďata). Početná je tu také hyena skvrnitá. Tato zvířata se naučila chodit do kempu a krást různé jedlé i nejedlé věci (hyeny inteligencí příliš nesrší). Najdete zde i leopardy, různé druhy ptáků, místní populaci zoborožců, dropy kori (nejtěžší létavý pták), pštrosy, medozvěstky, či hadilova pisaře. (McIntyre, 2006)

## 3.2 Zkoumané druhy

### 3.2.1 Savci (*Mammalia*)

#### 3.2.1.1 Základní informace

Savci patří mezi živočichy a v rámci živočišné říše mezi obratlovce. Vyznačují se pravou teplokrevností (endotermií), to znamená, že si udržují stálou teplotu těla a mohou tedy být aktivní i při mimořádně vysokých nebo nízkých teplotách vnějšího prostředí. To je příčinou, proč jsou savci schopni osídlit každý základní biom a proč jsou více rozšířeni než ostatní obratlovci (s výjimkou ptáků). (Burnie, 2011)

Všichni savci krmí mláďata mlékem z mléčných žláz, unikátních kožních struktur, podle nichž je tato třída nazvána *Mammalia* (*Mamma* = prs, vemeno). Savci jsou jediná zvířata, která mají povrch těla pokrytý osrstěním. Chlupy bývají rozmanité a mohou mít podobu vousů, trnů a bodlin. Stejně se tvoří rohy např. u nosorožců. Srst se obvykle skládá z izolační spodní vrstvy zvané podsada a z vyčnívajících pesíků, které chrání kůži a vytvářejí zbarvení srsti, často maskovací. Chlupy mohou mít také funkci smyslovou např. vousy na čenichu. (Burnie, 2011)

Charakteristickým znakem savců je dále regionalizace páteře, tj. její rozčlenění do úseků s obratli odlišné stavby. Oddíly páteře jsou krční, hrudní, bederní, kost křížová a ocasní. Krčních obratlů je obvykle sedm. (Gaisler et Zima, 2007)

Zcela zásadní význam pro život savců i jejich odlišení od ostatních obratlovců mají zuby. Savčí chrup se označuje jako difyodontní a heterodontní. První pojem znamená, že savci mají dvě generace chrupu, mléčný a stálý. Mléčné zuby někdy existují jen během zárodečného vývoje a ještě před narozením se vstřebají, jako je tomu u našich vrápenců. Heterodontní znamená chrup rozlišený v dospělosti na řezáky, špičáky, třenáky a stoličky. (Anděra et Gaisler, 2012)

Z dalších charakteristických znaků savců uveďme alespoň bezjaderné červené krvinky, přítomnost jen jedné (levé) aorty, velké a roztažitelné plíce s plicními sklípkou, pohyblivou bránicí a vnitřní oplození prostřednictvím nepárového kopulačního orgánu samců (penisu). (Grimmberger et al., 2009)

### **3.2.1.2 Sudokopytníci (*Artiodactyla*)**

S téměř 240 druhy náležejí sudokopytníci ke středně početným řádům savců. Přes značné rozdíly ve velikosti (od drobného kančila po žirafu a hrocha) se jejich tělesná anatomie a způsob života odvíjejí především ze zvláštní úpravy končetin. Mají štíhlé a zpravidla dlouhé nohy se sudým počtem prstů, z nichž třetí a čtvrtý bývají obvykle nejdelší i nejsilnější, neboť nesou celou hmotnost těla. Oba hlavní prsty jsou opatřeny kopyty či kopýtky, která vývojově vznikla přeměnou drápů a chrání je při pohybu na tvrdém podkladu. (Wilson, 2005)

K typickým znakům sudokopytníků také patří parohy a rohy. Parohy jako kostěné útvary vyrůstající samecům na pučnicových výběžcích kosti čelní a každoročně se obnovují. Zpočátku je paroh měkký, obalený plstěnou kůží (tzv. lýčí) a teprve po určité době úplně zkostnatí. Po říji parohy odpadnou, neboť se přeruší jejich spojení s pučnicí. Naopak rohy jsou tvořeny rohovinou, která v několika vrstvách obaluje

rohový výrůstek kosti čelní. Postupně dorůstající roh je útvarem trvalým; rychlost růstu mimo jiné odpovídá potravním podmínkám a při střídání ročních období dochází ke vzniku tzv. vrubů, umožňujících přibližné určování stáří zvířat. Rohy často nesou obě pohlaví, u samic však zpravidla bývají výrazně menší. (Anděra et Gaisler, 2012)

Naprostá většina sudokopytníků jsou výluční býložravci a liší se způsobem zpracování potravy. S potravou souvisí úprava chrupu. U sudokopytníků ho nalzáme v několika typech a vývojová tendence směřuje k postupné redukci počtu zubů. Mnozí sudokopytníci potravu neukusují, ale loupou s použitím dolních řezáků či šklubou za pomoci silného a na povrchu drsného jazyka. (Janis et Jarman, 1984)

Sudokopytníci zahrnují zpravidla sociálně žijící druhy, u nichž je velikost stád dána počtem samic a mláďat, dospělí samci bývají obvykle samotářští nebo tvoří menší „pánské“ společnosti. Ve stádech panuje společenská hierarchie, která vyplývá hlavně z věku i tělesné vyspělosti zvířat a je založená na hlavním principu respektování vedoucího jedince (samice či samec). Kromě zrakových a sluchových podnětů slouží ke vzájemnému dorozumívání ve významné míře i pachové signály, mimo jiné ze žláz mezi kopýtky na nohách. Samice rodí obvykle jedno, nanejvýše dvě mláďata, která jsou mnohdy schopná záhy po narození následovat matku. Bývají však kojena poměrně dlouho. (Wilson, 2005)

- Buvol africký (*Syncerus caffer*)

Kmen: Strunatci (*Chordata*), Třída: Savci (*Mammalia*), Řád: Sudokopytníci (*Artiodactyla*), Čeleď: Turovití (*Bovidae*), Podčeleď: Tuři (*Bovinae*), Rod: Buvol (*Syncerus*) (Wilson et Mittermeier, 2011)

Buvol africký je druh žijící v Africe na jih od Sahary. Žije ve stádech na savanách, obvykle v blízkosti vody a pod ochranou keřů a stromů. Žije obvykle ve stádech složených ze samců i samic, někdy také pouze samců, existují však i samotářsky žijící jedinci. Dosahuje výšky až 1,7 m v kohoutku a váží 800 až 1 100 kg. (Verhoef, 2007)

Samec může dosahovat dvounásobné hmotnosti samice a má robustnější rohy, silnější krk, hrbu podobnou vypuklinu nad lopatkami a malé visící třepení z dlouhých chlupů na hrdle. Rohy buvolů vycházejí z navzájem skoro se stýkajících deskovitých základů. Tento buvol se živí v noci a během chladných denních úseků různými trávami, listy a jinými rostlinnými částmi. Samci zaujímají bojové postoje při získávání samic a dominance a mohou mezi sebou bojovat přetlačováním a nárazy hlavami.

Členové stáda si navzájem pečují o srst, dorozumívají se především hlasovými signály, aby koordinovali činnost, např. kdy dát se do pohybu a spolupracují při aktivní ochraně proti predátorům včetně lva. (Burnie, 2011)

Délka březosti je 10,5 měsíce a poté se rodí 1 až 2 mláďata, která samice kojí půl roku. Buvoli dosahují pohlavní dospělosti ve věku dvou let. (Verhoef, 2007)  
(viz příloha č. 2.1 fotografie buvola afrického (*Syncerus caffer*))

- Kudu velký (*Strepsiceros zambesiensis*)

Kmen: Strunatci (*Chordata*), Třída: Savci (*Mammalia*), Řád: Sudokopytníci (*Artiodactyla*), Čeleď: Turovití (*Bovidae*), Rod: Kudu (*Strepsiceros*) (Wilson et Mittermeier, 2011)

Kudu velký je jedna z největších a nejznámějších antilop s nejdělsími rohy (průměrně 1,7 m u samců), má také dlouhou hřívu na hrdle. Samice občas mívají menší parůžky. Nicméně samcům začínají růst rohy až od jejich věku 6 - 12 měsíců, kroutit se začnou až po druhém roce života a plně zkroucené jsou až po šestém roce života. Kudu velký obývá husté akáciové porosty, skalnatou nebo kopcovitou krajinu a vyschlá koryta řek poblíž vody v jižní a východní Africe. Dospělé zvíře může vážit od 195 do 310 kg (samice jsou většinou lehčí než samci) a měřit 1 – 1,5 m na výšku a 1,95 – 2,45 m na délku. (Wilson et Mittermeier, 2011)

Zbarvení jedinců obou pohlaví je rudé nebo hnědé, na těle je 6-10 bílých proužků a na čenichu a tvářích bílé znaky. Kudu velký se živí listy, květy, ovocem, bylinami a hlízy. (Burnie, 2011)

Během dne jsou kudové většinou skrytí v hustých porostech, kde se chrání jak před predátory, tak před sluncem, které bývá v jeho lokalitě rozšíření velice ostré. Potravu hledají především brzy ráno nebo večer, kdy podnikají také výpravy za vodními zdroji, které mohou být v období sucha dlouhé a namáhavé. Samci většinou žijí samotářským životem a samice žijí v poměrně malých stádech tvořených z dvaceti jednotlivců a jejich mláďaty. Jen zřídka kdy dosáhne stádo velikosti přes čtyřicet kusů hlavně kvůli jejich výběrové povahy co se týče potravy. Kudu velký tráví jen zhruba 54 % dne hledáním potravy. Dospělý samci spolu často bojují, přičemž do sebe zapletou své rohy, přetlačují se a čekají, až jeden z nich přizná porážku. Za výjimečných okolností se stává, že od sebe už samci své rohy nerozpletou, což obvykle končí tragickou smrtí obou samců. Samice je březí asi 240 dnů (nebo osm měsíců). Mláďata se rodí zhruba mezi únorem a březnem, kdy je tráva, jejich hlavní potrava, nejvyšší.



Samice rodí nejčastěji jedno, občas dvě mláďata. Mládě postupem času začne po matce vyžadovat mateřské mléko čím dál častěji, a za nemnoho měsíců se často stane i agresivním. První dva týdny se samice s mládětem skrývá v hustých porostech, aby se skryli před jejich predátory. Po čtyřech až pěti týdnech začnou tento úkryt pomalu opouštět a začnou se většinou až na večer pást se stádem. Samci se stávají soběstačnými v šesti měsících života, samice o něco později, kolem prvního a druhého roku života. (Walter, 1999)

(viz příloha č. 2.2 fotografie kudu velkého (*Strepsiceros zambesiensis*))

- Pakůň žíhaný (*Connochaetes taurinus*)

Kmen: Strunatci (*Chordata*), Třída: Savci (*Mammalia*), Řád: Sudokopytníci (*Artiodactyla*), Čeleď: Turovití (*Bovidae*), Podčeleď: Buvolci (*Alcelaphinae*), Rod: pakůň (*Connochaetes*) (Wilson et Mittermeier, 2011)

Pakůň žíhaný je obyvatelem stepí v jižní polovině Afriky. Dosahuje výšky až 1,5 m a hmotnosti 260 kg. Živí se především nejrůznějšími travinami. Dob březosti samic je asi 8,5 měsíce. Rodí se jedno mládě, které je schopné téměř hned po narození běhat spolu se stádem. (Verhoef, 2007)

Pakůň má hlavu nezaměnitelného tvaru, dlouhou, s dlouhým čenichem, rohy podobné rohům skotu domácího, vysoké plece. Bujná černá hříva pakoně sahá od krku po plece a vpředu spadá na čelo. Zabarvené tělo je převážně stříbřitě šedé s hnědým nádechem a směrem dozadu těla bledne. Ocas je dlouhý, černý. (Zvíře – David Burnie)

Někteří pakoně zůstávají ve svém domovském okrsku, většinou se však spojují do velkých stád a migrují každý rok stovky kilometrů vyhledat výživná pastviště. Trasu mohou pozměňovat při neobvyklých deštích, které některé někde vyvolají růst trávy. Při překonávání říčních toků mohou být ohrožováni útoky krokodýlů. (Burnie, 2011)

(viz příloha č. 2.3 fotografie pakoně žíhaného (*Connochaetes taurinus*))

- Impala (*Aepyceros melampus*)

Kmen: Strunatci (*Chordata*), Třída: Savci (*Mammalia*), Řád: Sudokopytníci (*Artiodactyla*), Čeleď: Turovití (*Bovidae*), Podčeleď: Impaly (*Aepycerotinae*), Rod: Impala (*Aepyceros*) (Wilson et Mittermeier, 2011)

Impaly jsou hlučné antilopy, poměrně často se projevují hlasitým frkáním. Tento druh najdeme v různých oblastech na jihu Afriky, kde obývá rozsáhlé roviny. Impaly jsou přizpůsobiví spásáči trav, žijí ve velkých stádech, vždy v blízkosti vodních ploch.

Stáda jsou vlastně několika skupinami, které vždy tvoří samec s několika samicemi a jejich mláďaty. Jejich úprk je velice rychlý a při skocích vykopávají zadní nohy až do vodorovné polohy a dopadají na přední nohy. Samce jednoduše poznáme podle rohů, samice je nemají. V době rozmnožování mladí samci bojují o teritoria a samice. Obvykle se rodí 1 mládě po březosti dlouhé 7 měsíců. Impala dosahuje výšky asi 1 metr. Zbarvení srsti je plavé s rudým nádechem, na kyčlích a na ocase jsou černé pruhy. Hlavní hrozbou impal jsou gepardi, levharti, lvi a psi hyenovití. (Verhoef, 2007) (viz příloha č. 2.4 fotografie impaly (*Aepyceros melampus*))

- Žirafa (*Giraffa camelopardalis*)

Kmen: Strunatci (*Chordata*), Třída: Savci (*Mammalia*), Řád: Sudokopytníci (*Artiodactyla*), Čeleď: Žirafovití (*Giraffidae*), Rod: Žirafa (*Giraffa*) (Wilson et Mittermeier, 2011)

Žirafa žije na jihu Afriky v několika poddruzích (např.: *G.C. angolensis*, *G.C. giraffa*). (Wilson et Mittermeier, 2011)

Přirozeným prostředím žirafy jsou suché savany a otevřená krajina s rozptýleným stromovím. Spásá vegetaci ve vyšších partiích než všichni ostatní savci; živí se hlavně listy akácií a dalších vysokých stromů, ale též různými výhonky, ovocem a jinou rostlinnou potravou. Kombinace dlouhého jazyka, lebky, krku, lopatkového pásma a dlouhých předních nohou umožňuje žirafě velký dosah při sběru potravy. Konzumace potravy, pití a jiné aktivity probíhají hlavně ráno a večer a trvají každý den asi 12 hodin. Žirafy odpočívají ve stoje, jako většina kopytníků, někdy spí vsedě s hlavou opřenou dozadu o zadek, v noci a v horku uprostřed dne se věnují přežvykávání. Žirafa má zvlášť vysoké přední nohy, které jsou také překvapivě pevné a mají velkou sílu. Někdy je žirafa používá i k obraně – jedno kopnutí může zabít lva. Žirafa má dlouhý krk, který však obsahuje jen sedm obratlů stejně jako u všech ostatních savců, každý obratel je ovšem velice dlouhý. U žirafy mají růžky zvířata obou pohlaví. Růžky žirafovitých se liší od rohů jiných savců, neboť se zakládají nejprve jako chrupavka, která se mění na kost od zakulacené špičky k bázi, a jsou stále pokryté osrstěnou kůží. Žirafovití mají silnou kůži na ochranu proti útokům predátorů. Srst žiraf je skvrnitá a tvar a rozložení skvrn se liší u různých geografických poddruhů. Žirafy mají teritoria o průměrné velikosti přibližně 160 km<sup>2</sup>. Tam, kde se teritoria překrývají (k tomu dochází často), vytvářejí se volná sdružení až 25 zvířat. Složení těchto stád se denně mění. Samci nejsou teritoriální, ale ustavuje se dominantní hierarchie

ritualizovaným bojem – přetlačují se krkem a bijí se hlavou. Dva dospělí samci při něm stojí bok po boku, kývají střídavě hlavami a zasazují si rány do krku. (Burnie, 2011)

Žirafa váží v průměru 600 kg. Doba březosti samic je necelých 15 měsíců. Mládě matka kojí asi 10 měsíců, ale již za měsíc je schopno přijímat pevnou potravu. Ve věku asi 3 let jsou mláďata pohlavně vyspělá. Žirafy nemají mnoho přirozených nepřátel, protože masožravá zvířata se často nechají ošálit jejich impozantní velikostí, žirafa je nejvyšší živočich, dospělá samice měří na vrchol růžků 4,5 m; samec může být až o 1 m vyšší. (Verhoef, 2007)

(viz příloha č. 2.5 fotografie žirafy (*Giraffa camelopardalis angolensis*))

### 3.2.1.3 Chobotnatci

Řád chobotnatců obsahuje jedinou čeleď slonovitých s pouhými třemi druhy slonů. Typickými znaky slonů jsou sloupovité nohy, robustní tělo s vypukle zakřivenou páteří, velké uši a objemná hlava s dlouhým, velmi pohyblivým chobotem, který sloni používají jako pákou končetinu k trhání trávy, lámání větví, nadzvedávání ležících kmenů, k postřikování těla vodou i k poprašování těla pískem a prachem. Rovněž na první pohled zaujmou svou nápadností kly (horní řezáky), které jsou velké, silné a u většiny samců (býků) význačně zakřivené; samice (krávy) mají menší kly. Sloni žijí v rodinných skupinách sestavených z nejstarších a nejzkušenější samice, dalších samic různého věku a jejich mláďat. Pro ochranu nebo při pastvě v lokalitách s vydatnou potravou se malá stáda slonů afrických mohou spojovat do velkých seskupení čítajících až několik set jedinců. (Burnie, 2011)

- Slon africký (*Loxodonta Africana*)

Kmen: Strunatci (*Chordata*), Třída: Savci (*Mammalia*), Řád: Chobotnatci (*Proboscidea*), Čeleď: Slonovití (*Elephantidae*), Rod: Slon (*Loxodonta*) (Wilson et Mittermeier, 2011)

Slon africký je nejtěžší suchozemský savec. Dosahuje délky 7,5 m, výšky v kohoutku 3,8m a hmotnosti až 7 500 kg. Na rozdíl od slona indického má slon africký zpravidla o hodně delší kly, větší jsou u samců. Slon africký, jak jméno napovídá, žije v několika poddruzích v Africe, s výjimkou sahary. Je býložravý a při shánění potravy postupuje občas velmi razantně a mezi mladými stromy způsobuje značnou pohromu. Obvykle však žere uschlou trávu, jíž je schopen spořádat velké množství. Žije ve stádech v blízkosti vody, a pokud to podmínky dovolí, několikrát denně se koupe.

Samice žijící ve stádech jsou spojeny silnými sociálními vazbami. O mláďata pečují společně a rovněž nemocná a zraněná zvířata mohou počítat s pomocí ostatních. Samci vylučují v době říje (někdy i mimo ni) ze žláz nacházejících se mezi okem a uchem zvláštní olejovitou kapalinu. Období, po které samec tuto látku vylučuje, se nazývá „musth“, a v této době bývá velmi agresivní. Doba březosti samic je dlouhá 21 až 22 měsíců. Poté se rodí zpravidla 1 mládě, narození dvojčat je velmi vzácné. Samici při porodu pomáhají ostatní sloni ze stáda a také částečně přebírají péči o ně. Mláďata jsou schopna brzy po narození chodit se stádem. Ve věku asi 6 měsíců začínají přijímat pevnou stravu, ale i nadále sají mateřské mléko až do věku 1,5 až 2 let. Pohlavně dospívají v 10 až 11 letech. Samci jsou pak ze stáda vyhnáni a snaží se o přijetí u skupiny samců. Slon africký se dožívá věku 65 let. (Verhoef, 2007)  
(viz příloha č. 2.6 fotografie slona afrického (*Loxodonta Africana*))

### **3.3 Magnetorecepce**

Orientační schopnosti živočichů nás nepřestávají udivovat. Nejružnější živočichové se vydávají klidně na opačnou polokouli a po mnoha měsících se vracejí zpátky na totéž pole, na tutéž pláž, k témuž hnízdu ve svém domovském lese. Nejnovější metody sledování, kdy pomáhají satelity, získávají nové informace o tom, že živočichové po cestě vědí, kde jsou, i když jsou od cíle vzdáleny stovky, nebo tisíce kilometrů. Jak to dovedou? Od biologů, kteří zkoumají migraci, si pravděpodobně poslechnete opatrnou odpověď, že se nejspíš orientují podle celé řady vodítek. Je prokázáno, že svou roli hrají především čich a chuť, také sluch a v neposlední řadě zrak. Každým rokem však přibývá důkazů o tom, že se zvířata orientují také za pomoci smyslu pro geomagnetické pole, kterým my lidé nevládneme. Magnetorepce se dá tedy nazvat schopnost živočichů vnímat magnetické pole země. (Vácha et Němec, 2007)

#### **3.3.1 Magnetické pole země**

Poznatky, které v současnosti o magnetickém poli země máme, jsou získané až moderní fyzikou a vyvinutím speciální citlivé techniky. Magnetické indukční čáry nejsou závislé na denní době a nacházejí se prakticky všude, proto jsou výborným zdrojem informací za jakýchkoli podmínek. Zvláště tehdy, kdy jiná orientační vodítka nejsou použitelná. (Dusenbery, 1992)

Zdrojem magnetického pole Země jsou ve vnějším jádře pohybující se elektricky vodivé hmoty. Z velikosti jádra a hodnot fyzikálních parametrů víme, že typická časová jednotka těchto procesů je několik tisíc let. Z paleomagnetických výzkumů bylo prokázáno, že pole v minulosti změnilo několikrát svou polaritu. Intervaly mezi inverzemi se pohybovaly v řádech desítek tisíců až desítek milionů let. Naposledy proběhla inverze před 720 tisíci lety. (Baker, 2001)

Geomagnetické pole lze v prvním přiblížení považovat za dipólové. V současnosti je tento dipól odkloněn o  $11^\circ$  od zemské osy. Geomagnetický pól se na severní polokouli nalézá v Kanadě a jeho zeměpisné souřadnice jsou  $79^\circ\text{N}$ ,  $104^\circ\text{W}$ . V důsledku této excentricity je geomagnetická šířka Severní Ameriky větší než geomagnetická šířka Evropy. Významné jsou i nedipólové složky geomagnetického pole. Zatímco například u nás v současné době intenzita pole překročila 48 000 nT a roste o několik desítek nT ročně, nad jižním Atlantikem a částí Jižní Ameriky zesláblo pole za poslední půlstoletí o 20 % a jeho intenzita je pod 25 000 nT. (Campbell, 2001) Jelikož magnetické pole vytváří kolem Země štít proti pronikání vysoce energetických částic, projevuje se toto oslabení zvýšeným výskytem poruch satelitů nad danou oblastí. (Baker, 2001)

Magnetické pole může sloužit jedinci jako velmi dobrý zdroj informací o poloze a také směru jeho cesty. Bylo dokázáno, že zvířata umějí zpracovávat hlavně tyto informace: inklinaci, deklinaci a také specifické místo (Wiltschko et Wiltschko 2005).

### **3.3.1.1 Inklinace**

Magnetické siločáry opouštějí Zemi v jižním magnetickém pólu, pod úhlem  $+90^\circ$  a běží kolem celé Země. V oblasti magnetického rovníku svírají s jejím povrchem  $0^\circ$  a znovu vstupují do naší planety pod úhlem  $-90^\circ$  v severním magnetickém pólu. Magnetická inklinace, tedy orientovaný úhel mezi místním sklonem horizontály a magnetické siločáry, se mění postupně, stejně tak jako síla geomagnetického pole (největší je na pólech) a pro každou zeměpisnou šířku je specifická. (Campbell, 2001) Toto všudypřítomné a kontinuálně se měnící pole může být místy narušeno následkem změn terénu a geologického složení. V globálním měřítku jsou však tyto změny zanedbatelné a naopak mohou způsobovat místní specifika, která pak mohou působit jako orientační body – jakési magnetické majáky v geomagnetické mapě živočicha. (Votýpka, 2006) Hodnota inklinace informuje velice dobře o vzdálenosti od rovníku a

orientace zase o tom, zda se živočich nachází na severní, nebo jižní polokouli. (Vácha et Němec, 2007)

### **3.3.1.2 Deklinace**

Jak již bylo výše uvedeno, magnetické a geografické póly nejsou totožné. Někteří živočichové si tento rozdíl uvědomují a dokonce ho dokáží měřit. Tento úhel mezi směry k magnetickému a geografickému pólu nazýváme deklinace. (Wiltschko et Wiltschko, 2005)

### **3.3.1.3 Specifické místo (sign posts)**

Předpokládá se, že migrující živočichové nepotřebují homogenní síť celoplanetárního rozsahu, tak jak ji využívají lidé. Většinou se jedná o migraci jen v určitých koridorech a ve vzdálenostech od desítek po tisíce kilometrů. V těchto limitovaných oblastech zpravidla existuje určité specifické místo s dvěma jedinečnými magnetickými souřadnicemi. Takové místo pak dává jako nějaký maják pokyn ke změně směru a cesta k cíli cesty by pak mohla být odvozena ze znalosti gradientů, jakoby přečtena z mapy. (Beck et Wiltschko 1988) Taková znalost může být buď získaná na základě zkušeností, nebo vrozená. Toto umění je pak kalibrováno podle typických orientačních vodítek, jako je poloha Slunce. Je prokázáno, že místní magnetické anomálie, které deformují pravidelnou síť magnetických souřadnic, mohou dočasně zmást holuby. Ti si je poté zařadí do „magnetického reliéfu“ krajiny a naučí se je využívat. (Wiltschko et Wiltschko, 1992)

### **3.3.2 Magnetický kompas**

Překlápěním vertikální složky magnetického pole se přišlo na to, že existují dva typy kompasové reakce živočichů: polaritní a inklináční. (Wiltschko et Wiltschko, 2005)

Kompas polaritní přímo rozeznává polaritu magnetického vektoru, a tím rozpozná směr na jih od směru na sever. Inklináční kompas na rozdíl od polaritního odvozuje polaritu pole sekundárně podle inklinace, tedy ze sklonu celkového vektoru k Zemi. Experimentálně byla ptákům obrácena horizontální složka pole o 180° a ti zareagovali logicky obrácením letu na druhou stranu. Stejným obratem reagovali i na to, když zůstala horizontální složka stejná, ale byla obrácena inklinace. Taková změna na obyčejném kompasu patrná není. (Wiltschko et Wiltschko 1992) I jiné druhy

zvířat (čolci, mořské želvy) na tento zásah zareagují obrácením své pouti o 180°. (Phillips, Borland 1994) Toto chování je vysvětleno tak, že zvířata dokáží poznat směr severo-jihní osy, ale už nedovedou přímo určit její polaritu. Kde je sever a kde jih, zjišťují až ze znaménka inklinace. Letí-li např. holub po magnetickém poledníku a osa pole před ním směřuje k Zemi, může si být jist (na severní polokouli), že letí na sever. (Vácha et Němec, 2007)

Druhá skupina zvířat, jako jsou lososi (Quin et Brannon, 1982), nebo podzemní hlodavci (Marhold et al. 1997)) inklinaci k určení polarity pole nepotřebuje, protože mají polaritní kompas. Ten detekuje směr vektoru a jeho polaritu, tudíž ho obrácení nebo vynulování inklinace nezmát. U některých druhů zůstává způsob rozlišení polarity zatím neznámý. (Vácha et Němec, 2007)

### **3.3.3 Magnetická navigace**

Magnetická navigace neboli mapový smysl je schopnost, umožňující živočichům určit pomocí magnetického pole Země, svou geografickou pozici a popřípadě určit směr ke svému cíli. (Philips et al. 2006)

Poprvé přinesly empirický důkaz mapového smyslu mladé mořské želvy, které migrují mezi Amerikou a Evropou. Poté co dosáhnou určitých bodů v Atlantiku, změní směr své cesty, jako by narazily na nějaké magnetické majáky. Toto chování se opakovalo i v kruhovém akváriu se simulovaným magnetickým polem, odpovídajícím inklinací a intenzitou příslušným bodům obratu. Chování musí být vrozené, protože směr pohybu mění i čerstvě vylíhnuté želvy, které nikdy oceán neokusily. (Lohman et Lohman 2006)

### **3.3.4 Mechanizmy magnetorecepce**

Na výzkumu účinků magnetických a elektromagnetických polí na biologické systémy se intenzivně pracuje. Důvod je prostý. Současné prostředí tohoto technického světa, ve kterém žijeme, jich produkuje čím dál víc. Proto je jistý paradox, že smyslová fyziologie a biofyzika zatím stále vědí velice málo o citlivosti živočichů k přirozenému geomagnetickému poli, které doprovází vývoj života od jeho počátků. Neuroetologům se podařilo až za posledních dvacet let nashromáždit dostatek důkazů pro to, aby byla magnetorecepce, smysl dosud obestřený nejasnostmi, všeobecně přijata. Pro úplné přijetí tohoto smyslu však stále chybí znalost receptoru a převodní mechanismus. Geomagnetické pole však proniká celým tělem živočicha, proto se zatím neví kde

takovýto receptor hledat. (Johnsen et Lohmann, 2005) Magnetoreceptory jsou zřejmě velmi malé a roztroušené v tkáních. Také mohou být v podobě kaskády chemických reakcí modulovaných geomagnetickým polem, to by znamenalo, že orgán či zřetelně rozpoznatelná struktura zprostředkovávající magnetorecepci vůbec nemusí existovat. A když chybí receptor, tak není snadné studovat převodní mechanismus. Teorie proto pokročila mnohem dále než empirické studie. Z množství navržených hypotetických modelů jsou tři všeobecně přijímané popsány níže. (Vácha et Němec, 2007)

#### **3.3.4.1 Magnetorecepce založená na elektromagnetické indukci**

Na principu elektromagnetické indukce je založena teorie, která vysvětluje mechanismus magnetorecepce u paryb. (Lohmann et Johnsen 2000) Základní princip je takový, že paryby vnímavé ke změnám elektromotorického napětí indukovaného jejich pohybem v geomagnetickém poli. Specializované kanálky jsou vyplněné aminopolysacharidy (Lorenziniho ampuly) fungující jako pohybující se vodič, mořská voda jako vnější vodivé médium a elektroreceptory na dně kanálků jako vysoce citlivé voltmetry. (Johnsen et Lohmann, 2005)

#### **3.3.4.2 Magnetorecepce založená na magnetitových mikročásticích**

Předpoklad tohoto modelu vychází z předpokladu, existujících feromagnetických částic (nebo celých řetízků částic) ve tkáních, chovajících se jako miniaturní magnety. Ty se vnějším magnetickým poli natáčejí tak, že se jejich magnetický moment přiklání ke směru indukčních čar pole. (Kirschvink et al., 2001) Tyto vlastnosti mají malé krystalky biogenního magnetitu ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ; velikost asi 50 nm) s jednou doménou spontánní magnetizace (jednodoménový magnetit). Jelikož ty se spontánně natáčejí do směru geomagnetického pole, fungují jako magnetomechanické převodníky. Způsob převodu mechanické síly vyvolané magnetismem může být více. Torzní silou či tlakem krystalů magnetitu na sekundární receptory, volna nervová zakončení, vláskové buňky nebo kožní mechanoreceptory. Krystalky by teoreticky mohly přímo otvírat či zavírat iontové kanály uvnitř buňky. (Ritz et al., 2000)

#### **3.3.4.3 Chemická magnetorecepce**

Model předpokládá úzké spojení magnetorecepce s fotorecepcí. Teoreticky existují v sítnici či epifyze určité receptory, jejichž fotonpigmenty generují magneticky senzitivní radikálové páry. (Batcheler et al., 1993) Za těchto okolností ovlivňuje



magnetické pole Země účinnost přeměny světla na membránový potenciál a tím se stává pro živočicha viditelným. Tento efekt závisí na poloze molekul fotopigmentů a geomagnetického pole. Různě orientované receptory jsou ovlivněny každý jinak a odlišně efektivní je také přenos světla v různých částech sítnice. Vzniká kontrast a geomagnetické pole vyvolává zrakové vjemy ve formě charakteristických obrazců připomínajících oblouky, které jsou orientované symetricky okolo magnetické osy. Živočich potom při pohledu různými magnetickými směry vnímá odlišné vzory. Jejich kontrast je závislý na intenzitě magnetického pole. (Vácha et Němec, 2007)

## **4 Metodika**

### **4.1 Výběr savců**

Pro výzkum bylo předem vybráno několik lokalit v Botswaně, státě jižní Afriky. Konkrétní místa byla po místním šetření upravena podle podmínek, které zde panovala. Hlavní byl výskyt požadovaných druhů zvířat, který se v důsledku migrace mění v závislosti na počasí periodicky se měnících ročních obdobích. Měření probíhalo po skončení období dešťů v termínu 19.3.2012 až 26.3.2012. Dalším důležitým aspektem byla vegetace, která byla plně vzrostlá a omezovala měření ležících jedinců při odpočinku. Z tohoto důvodu byl u dvou sledovaných druhů, u kudu velkého (*Strepsiceros zambesiensis*) a pakoně žíhaného (*Conochaetes taurinus*), získán nedostatečný počet údajů při odpočinku a pro neobjektivnost nebyly vyhodnoceny jejich výsledky. Dále nebyl získán uspokojivý počet údajů o žirafě (*Giraffa camelopardalis*), proto nakonec nebyla vůbec vyhodnocena. Navzdory preferenci sudokopytníků, byly vzhledem k hojným počtům zpracovány výsledky všudypřítomných slonů afrických (*Laxodonta Africana*), který ač chobotnatec splnil kritérium savce a pro svou velikost nic nebránilo jeho pozorování. Velikost, či počty vyřadily z výběru také mnoho druhů antilop, které měly být podle prvotních předpokladů velice snadno dosažitelné. Dále bylo dosaženo dostatku měření při pastvě i odpočinku u buvola afrického (*syncerus caffer*) a impaly (*Aepyceros melampus*).

### **4.2 Charakteristika území**

Území, které je součástí Jihoafrické náhorní plošiny, vyplňují z velké části bezodtoké pánve. Její západní část pokrývá Kalaharská poušť, ale na východě se

rozprostírají travnaté savany. Dostatečné zásoby vody jsou v severní a ve východní části v povodí řek Okavango, Chobe a hraniční Limpopo. Okavango přitéká ze severozápadu z Angoly přes Namibii a vytváří rozsáhlé bažiny, odkud pravidelně napájí jezero Dow a další bažinatou oblast Makgadikgadi. Podnebí je subtropické kontinentální a mění se od pouštního na jihozápadě po vlhčí subtropické na severovýchodě. Horké období trvá od října do března. Dešťové srážky jsou zvláště na jihu velmi nízké a nepravidelné, vyskytují se i několikaletá sucha. Savanové lesní porosty s palmami rostou pouze v deltě Okavanga, listnaté suchomilné lesy zase podél severní hranice v povodí řeky Chobe. Na jihu převládají křovinaté porosty polopouští.

#### 4.2.1 Makadikagdi Pans

Národní park Makadikagdi Pans o velikosti 3 900 Km<sup>2</sup> je rozdělený na desítky menších pánví. Měření probíhalo dne 19.3.2012 mezi 16:00 až 18:00 hodinou v západní části parku na východním břehu řeky Boteti (20°28'12.13"S, 24°31'18.24"E), která tvoří hranici parku. Lokalita byla plně porostlá čerstvou travinou, roztroušenými keři a stromy, přes které byla dohlednost několik desítek metrů. Bylo zde provedeno měření slona afrického (*Loxodonta Africana*), ipaly (*Aepyceros melampus*) a kudu velkého (*Strepsiceros zambesiensis*), to vše z vozidla.

#### 4.2.2 Chobe

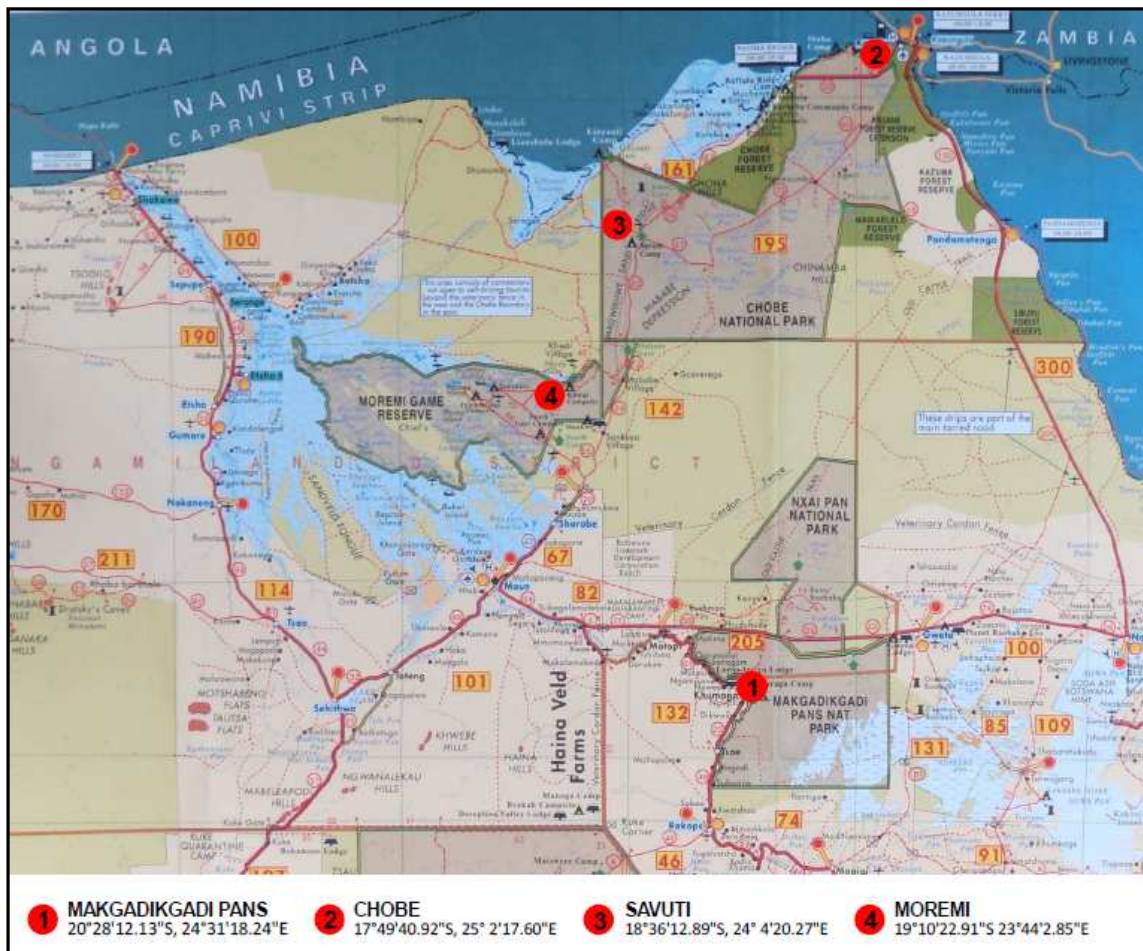
Chobe je národní park o rozloze 11 700 Km<sup>2</sup> nacházející se na severu Botswany. Park je poměrně dobře zásoben vodou. Jeho krajina je velice proměnlivá a najdeme tady jak travnaté pláně, tak menší jezírka a řeky, které se mění v mopanové a lužní lesy s bažinami a močály. Zde se měřilo dne 23.3.2012 v době mezi 8:00 a 12:00 hodinou. Vzhledem ke zvýšené hladině vod byl výzkum prováděn na řece Chobe z malé lodi (17°49'40.92"S, 25° 2'17.60"E). Na řece bylo z naplavenin vytvořeno několik travou porostlých ostrůvků, u kterých přebývaly skupiny hrochů obojživelných (*Hippopotamus amphibius*). Hroch je sice také sudokopytníkem, ba dokonce nejtěžším, ale vzhledem k dostatku vody se vždy před lodí s dostatečným předstihem potopil. Břehy řeky byly na většině míst porostlé travou, keřovým patrem i stromy. Zde byly získány údaje buvola afrického (*Syncerus caffer*), impaly (*Aepyceros melampus*) a slona afrického (*Loxodonta africana*).

### 4.2.3 Savuti

Další relativně vlhkou oblastí jsou mokřiny Savuti jižně od Linyanti, v západní části parku. Zabírají největší kus NP Chobe a jsou pozůstatkem jezera, které zde leželo v dávných dobách. Dnes se v Savuti podmínky dramaticky mění během ročních dob – v období dešťů jsou velké plochy zaplaveny vodou, jindy je tu sucho. Mění se prostředí se projevuje i na živočišné říši, takže během roku se tu dají pozorovat různá zvířata. Kromě mokřin jsou tady i typické africké savany a přirozené travnaté pastviny. Vzhledem k termínu výzkumu, na konci období dešťů, bylo všude dostatek vody a napajedla, ke kterým chodí zvířata pít, byla plná. Měření z vozidla bylo na Savuti prováděno v termínech 24.3.2012 ( 8:00-11:00 hod., 17:00-19:00 hod.) a 25.3.2012 (15:00-19:00 hod) v blízkosti jednoho z napajedel (18°36'12.89"S, 24° 4'20.27"E). Tráva kolem napajedla byla značně zdecimována. Jelikož zde byla menší hustota křovin a stejně tak stromů, odpovídala tomu i dohlednost. Sledován zde byl buvol africký (*syncerus caffer*), kudu velký (*Strepsiceros zambesiensis*), pakůň žíhaný (*Conochaetes taurinus*) a žirafa (*Giraffa camelopardalis*). Měření přerušil příchod smečky psů hyenovitých (*Lycaon pictus*) na lovu, kteří plašili zvířata.

### 4.2.4 Moremi

Přírodní rezervace Moremi má rozlohu 4871 Km<sup>2</sup>. Je z větší části obklopena unikátním ekosystémem delty Okavango a pokrývá cca 25% její rozlohy. Právě díky deltě Okavango je v Moremi široká rozmanitost přírodních stanovišť. Najdeme zde akáciové, mopanové a lužní lesy, záplavová území, ale i otevřené písečné savany. Moremi je tvořeno hustou sítí vodních cest, které jsou také hojně využívány k pozorování zvířat z lodí nebo člunů. Delta Okavango je velice důležitým vodním zdrojem celé této oblasti. Její tvar se mění právě podle ročního období a množství srážek. Vysokých počtů zde dosahují obzvláště stáda slonů afrických (*Loxodonta Africana*), která zde byla proto zkoumána. Lokalita byla vybrána v oblasti Xakanaxa (19°10'22.91"S 23°44'2.85"E), kde se měření provádělo z vozidla dne 26.3.2012 v časovém rozmezí 17:00-20:00 hodin. Voda zde byla rozlitá takřka všude, což dosti dramatizovalo pohyb vozidlem. Na místě rostla jak čerstvá travina, tak keřové i stromové patro.



Obrázek č. 1.: Mapa vybraných lokalit měření

### 4.3 Postup měření

Zjišťování magnetorecepce velkých savců Afriky, probíhalo při přímém pozorování zvířat v terénu. Použito buzol pracujících se souřadnicemi GPS. Tyto přístroje neovlivňuje železná konstrukce vozidla (lodě), která by při použití klasické buzoly narušila přesnost výsledků. Měření mimo vozidlo by bylo vzhledem ke koncentraci velkých Afrických šelem velmi riskantní. Sledováno bylo směřování osy těla při odpočinku a při pastvě s přesností na 10°. Osou těla se rozumí linie páteře, tedy spojnice kořene ocasu a kohoutku, přičemž se odčítání dat provádí směrem odzadu k hlavě. Údaje byly okamžitě zapisovány. Dále byl popsán druh zvířete, místo, počasí, datum a čas měření.

## 4.4 Analýza dat

Výsledky měření byly analyzovány statistickým programem Oriana. Jednotlivé druhy byly vyhodnoceny jak odděleně, tak společně.

## 5 Výsledky

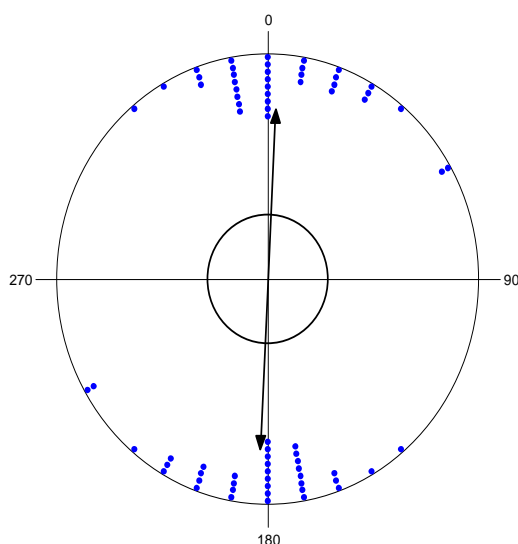
V práci byla zjišťována magnetorecepce velkých savců afriky, zejména sudokopytníků, pomocí směřování osy těla při odpočinku a při pastvě. Výsledky jsou axiálně zobrazeny v kruhových grafech představujících kompas orientovaný na sever. Výsledný směr měření ukazuje osa ve tvaru šipky, která protíná střed grafu. V tabulce jsou uvedeny potřebné statistické hodnoty.

### 5.1 Výsledky jednotlivých druhů

#### 5.1.1 Buvol africký (*Syncerus caffer*)

Z přiložených grafů je zcela patrná preference severo-j jižního směřování osy těla při odpočinku i pastvě.

- **Při odpočinku**

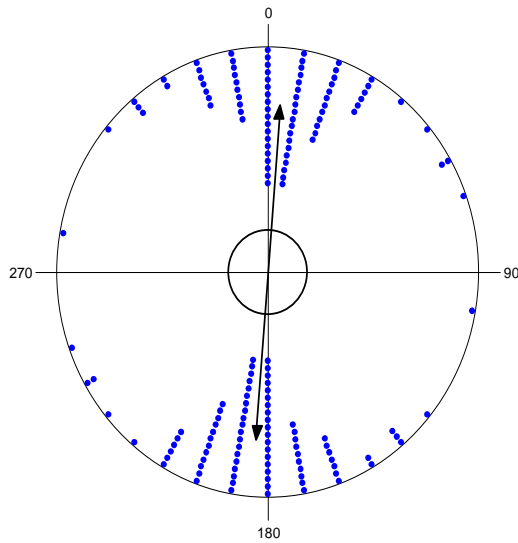


|  |                     |
|--|---------------------|
| Data Type                                | Axial               |
| Number of Observations                   | 36                  |
| Data Grouped?                            | Yes                 |
| Group Width (& Number of Groups)         | 10° (18)            |
| Mean Vector ( $\mu$ )                    | 2,898°              |
| Length of Mean Vector (r)                | 0,753               |
| Circular Standard Deviation              | 21,556°             |
| 95% Confidence Interval (-/+ for $\mu$ ) | 355,924°<br>9,871°  |
| 99% Confidence Interval (-/+ for $\mu$ ) | 353,734°<br>12,061° |
| One Sample Tests                         |                     |
| Rayleigh Test (Z)                        | 20,437              |
| Rayleigh Test (p)                        | 1,33E-09            |
| Rao's Spacing Test (U)                   | -----               |
| Rao's Spacing Test (p)                   | -----               |

Graf č. 1.: Axiální rozdělení dat. Šipka představuje výsledný vektor 2,898°. Délka šipky znázorňuje statistickou signifikanci, přičemž vnitřní kruh označuje hranici 5% významnosti Rayleighova testu.

Tabulka č. 1.: Údaje základní statistiky

- Při pastvě



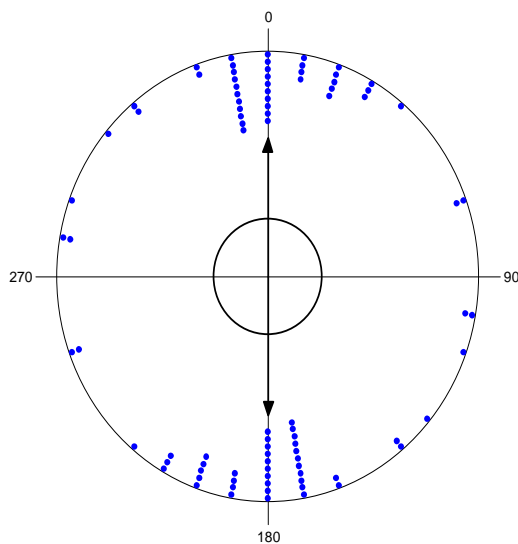
|  |          |
|--|----------|
| Data Type                                | Axial    |
| Number of Observations                   | 85       |
| Data Grouped?                            | Yes      |
| Group Width (& Number of Groups)         | 10° (18) |
| Mean Vector ( $\mu$ )                    | 4,468°   |
| Length of Mean Vector ( $r$ )            | 0,744    |
| Circular Standard Deviation              | 22,046°  |
| 95% Confidence Interval (-/+ for $\mu$ ) | 359,822° |
|  | 9,114°   |
| 99% Confidence Interval (-/+ for $\mu$ ) | 358,363° |
|  | 10,574°  |
| One Sample Tests                         |          |
| Rayleigh Test (Z)                        | 47,013   |
| Rayleigh Test (p)                        | < 1E-12  |
| Rao's Spacing Test (U)                   | -----    |
| Rao's Spacing Test (p)                   | -----    |

Graf č. 2.: Axiální rozdělení dat. Šipka představuje výsledný vektor 4,468°. Délka šipky znázorňuje statistickou signifikanci, přičemž vnitřní kruh označuje hranici 5%

Tabulka č. 2.: Údaje základní statistiky

### 5.1.2 Kudu velký (*Strepsiceros zambesiensis*)

- Při pastvě



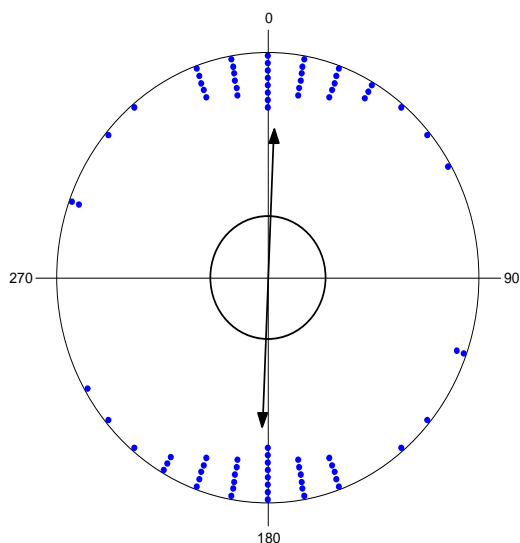
|  |          |
|--|----------|
| Data Type                                | Axial    |
| Number of Observations                   | 44       |
| Data Grouped?                            | Yes      |
| Group Width (& Number of Groups)         | 10° (18) |
| Mean Vector ( $\mu$ )                    | 0,128°   |
| Length of Mean Vector ( $r$ )            | 0,617    |
| Circular Standard Deviation              | 28,175°  |
| 95% Confidence Interval (-/+ for $\mu$ ) | 351,545° |
|  | 8,711°   |
| 99% Confidence Interval (-/+ for $\mu$ ) | 348,849° |
|  | 11,407°  |
| One Sample Tests                         |          |
| Rayleigh Test (Z)                        | 16,725   |
| Rayleigh Test (p)                        | 1,59E-08 |
| Rao's Spacing Test (U)                   | -----    |
| Rao's Spacing Test (p)                   | -----    |

Graf č. 3.: Axiální rozdělení dat. Šipka představuje výsledný vektor 0,128°. Délka šipky znázorňuje statistickou signifikanci, přičemž vnitřní kruh označuje hranici 5% významnosti Rayleighova testu.

Tabulka č. 3.: Údaje základní statistiky

### 5.1.3 Pakůň žíhaný (*Conochaetes taurinus*)

- Při pastvě



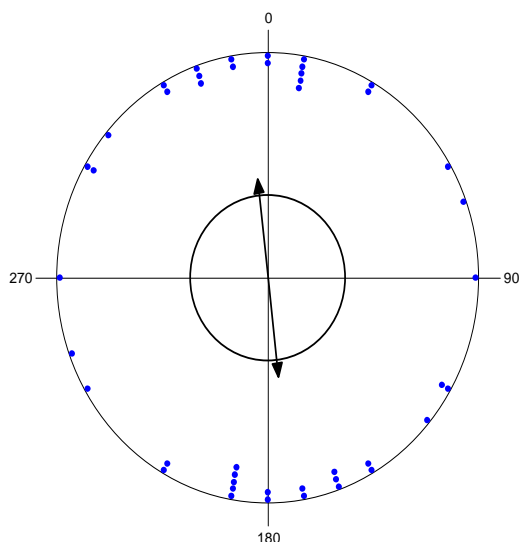
Graf č. 4.: Axiální rozdělení dat. Šipka představuje výsledný vektor 2,358°. Délka šipky znázorňuje statistickou signifikanci, přičemž vnitřní kruh označuje hranici 5% významnosti Rayleighova testu.

|  |          |
|--|----------|
| Data Type                                | Axial    |
| Number of Observations                   | 40       |
| Data Grouped?                            | Yes      |
| Group Width (& Number of Groups)         | 10° (18) |
| Mean Vector ( $\mu$ )                    | 2,358°   |
| Length of Mean Vector (r)                | 0,662    |
| Circular Standard Deviation              | 26,003°  |
| 95% Confidence Interval (-/+ for $\mu$ ) | 354,213° |
|  | 10,504°  |
| 99% Confidence Interval (-/+ for $\mu$ ) | 351,654° |
|  | 13,063°  |
| One Sample Tests                         |          |
| Rayleigh Test (Z)                        | 17,549   |
| Rayleigh Test (p)                        | 8,20E-09 |
| Rao's Spacing Test (U)                   | -----    |
| Rao's Spacing Test (p)                   | -----    |

Tabulka č. 4.: Údaje základní statistiky

### 5.1.4 Impala (*Aepyceros melampus*)

- Při odpočinku

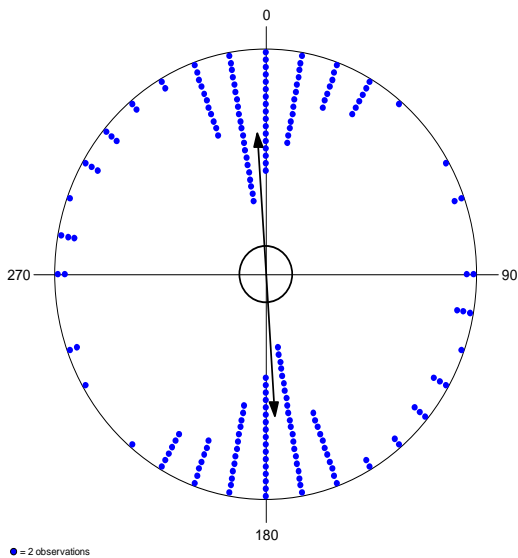


Graf č. 5.: Axiální rozdělení dat. Šipka představuje výsledný vektor 173,697°. Délka šipky znázorňuje statistickou signifikanci, přičemž vnitřní kruh označuje hranici 5% významnosti Rayleighova testu.

|  |          |
|--|----------|
| Data Type                                | Axial    |
| Number of Observations                   | 22       |
| Data Grouped?                            | Yes      |
| Group Width (& Number of Groups)         | 10° (18) |
| Mean Vector ( $\mu$ )                    | 173,697° |
| Length of Mean Vector (r)                | 0,44     |
| Circular Standard Deviation              | 36,734°  |
| 95% Confidence Interval (-/+ for $\mu$ ) | 155,43°  |
|  | 191,963° |
| 99% Confidence Interval (-/+ for $\mu$ ) | 149,692° |
|  | 197,701° |
| One Sample Tests                         |          |
| Rayleigh Test (Z)                        | 4,25     |
| Rayleigh Test (p)                        | 0,013    |
| Rao's Spacing Test (U)                   | -----    |
| Rao's Spacing Test (p)                   | -----    |

Tabulka č. 5.: Údaje základní statistiky

- **Při pastvě**



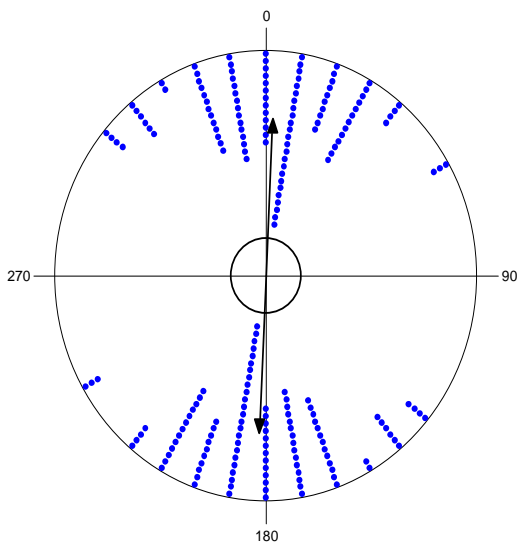
Graf č. 6.: Axiální rozdělení dat. Šipka představuje výsledný vektor 176,284°. Délka šipky znázorňuje statistickou signifikanci, přičemž vnitřní kruh označuje hranici 5% významnosti Rayleighova testu.

|  |          |
|--|----------|
| Data Type                                | Axial    |
| Number of Observations                   | 182      |
| Data Grouped?                            | Yes      |
| Group Width (& Number of Groups)         | 10° (18) |
| Mean Vector ( $\mu$ )                    | 176,284° |
| Length of Mean Vector ( $r$ )            | 0,629    |
| Circular Standard Deviation              | 27,581°  |
| 95% Confidence Interval (-/+ for $\mu$ ) | 172,178° |
|  | 180,39°  |
| 99% Confidence Interval (-/+ for $\mu$ ) | 170,888° |
|  | 181,68°  |
| One Sample Tests                         |          |
| Rayleigh Test (Z)                        | 72,032   |
| Rayleigh Test (p)                        | < 1E-12  |
| Rao's Spacing Test (U)                   | -----    |
| Rao's Spacing Test (p)                   | -----    |

Tabulka č. 6.: Údaje základní statistiky

### 5.1.5 Slon africký (*Loxodonta africana*)

- **Při pastvě**



Graf č. 7.: Axiální rozdělení dat. Šipka představuje výsledný vektor 2,83°. Délka šipky znázorňuje statistickou signifikanci, přičemž vnitřní kruh označuje hranici 5% významnosti Rayleighova testu.

|  |          |
|--|----------|
| Data Type                                | Axial    |
| Number of Observations                   | 107      |
| Data Grouped?                            | Yes      |
| Group Width (& Number of Groups)         | 10° (18) |
| Mean Vector ( $\mu$ )                    | 2,83°    |
| Length of Mean Vector ( $r$ )            | 0,698    |
| Circular Standard Deviation              | 24,299°  |
| 95% Confidence Interval (-/+ for $\mu$ ) | 358,227° |
|  | 7,434°   |
| 99% Confidence Interval (-/+ for $\mu$ ) | 356,781° |
|  | 8,88°    |
| One Sample Tests                         |          |
| Rayleigh Test (Z)                        | 52,113   |
| Rayleigh Test (p)                        | < 1E-12  |
| Rao's Spacing Test (U)                   | -----    |
| Rao's Spacing Test (p)                   | -----    |

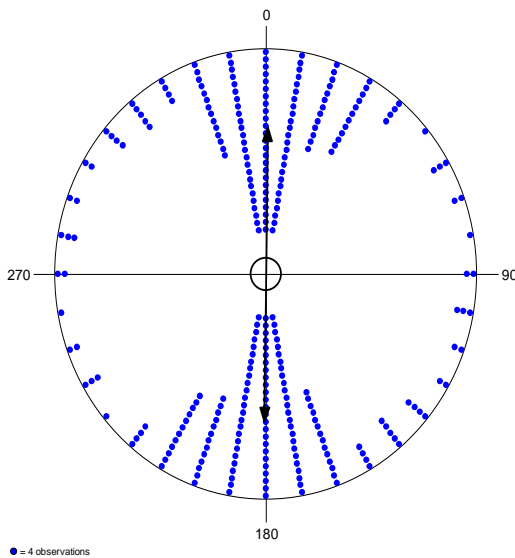
Tabulka č. 7.: Údaje základní statistiky



## 5.2 Souhrnné výsledky

Po analýze výsledků jednotlivých druhů savců byl vytvořen graf shrnující všechny hodnoty.

Souhrnný graf všech měřených savců ukazuje preferenci severo-jížního zarovnání osy těla.



Graf č. 8.: Axiální rozdělení dat. Šipka představuje výsledný vektor  $0,895^\circ$ . Délka šipky znázorňuje statistickou signifikanci, přičemž vnitřní kruh označuje hranici 5% významnosti Rayleighova testu.

|                                  |                 |
|----------------------------------|-----------------|
| Data Type                        | Axial           |
| Number of Observations           | 561             |
| Data Grouped?                    | Yes             |
| Group Width (& Number of Groups) | $10^\circ$ (18) |
| Mean Vector ( $\mu$ )            | $0,895^\circ$   |
| Length of Mean Vector ( $r$ )    | 0,654           |
| Circular Standard Deviation      | $26,412^\circ$  |
| 95% Confidence Interval (-/+)    | $358,679^\circ$ |
|                                  | $3,112^\circ$   |
| 99% Confidence Interval (-/+)    | $357,983^\circ$ |
|                                  | $3,808^\circ$   |
| One Sample Tests                 |                 |
| Rayleigh Test (Z)                | 239,773         |
| Rayleigh Test (p)                | $< 1E-12$       |
| Rao's Spacing Test (U)           | -----           |
| Rao's Spacing Test (p)           | -----           |

Tabulka č. 8.: Údaje základní statistiky

## 6 Diskuze

O tom jak magnetické pole země ovlivňuje v přírodě celou řadu živočichů, se v poslední době můžeme dočíst v nejrůznějších odborných publikacích. Ať už se jedná o dlouhé cesty žraloků za potravou, ptačí tahy, či putování želv na svou domovskou pláž. (Lohman et Lohman 2006) Pozornosti, tak jako v případě této práce však neunikli ani velcí savci. Při výzkumu menších živočichů v laboratorních podmínkách je možná manipulace s magnetickým polem vnímaným organismem, tak jak bylo prokázáno například u potměníka moučného. (Vácha et Soukupová, 2004) Také migrační orientace ptáků byla testována uvnitř laboratoře pomocí změny magnetického pole a promítání hvězd na strop s očekáváním, kterým směrem červenka vzlétne. (Mouritsen et Larsen 2001) Avšak manipulace s magnetickým polem u velkých savců je do značné míry

technický problém. Jeho řešení však bylo více než snadné, když se objevila vědecká publikace zabývající se studií směřování osy těla u skotu. Zde bylo použito satelitních snímků pastvin se skotem rozlišeným na dvě skupiny. První skupina preferující severo-jihní orientaci nebyla ničím ovlivněna, zatímco druhá, nacházející se pod elektrickým vedením generujícím elektromagnetické pole, tuto preferenci ztratila. (Burda et al., 2009) Také výsledky výzkumu buvolce běločelého ve Svazijsku a prasete savanového v Jihoafrické republice přichází se severo-jihní orientací těla. (Červený et al., 2013)

Výsledky této práce zkoumající magnetorecepci velkých savců Afriky ukazují také na preferenci severo-jihního směru osy těla, kdy výsledný statisticky významný vektor pro všechny zkoumané savce je  $0,895^\circ$ . Měření jednotlivých druhů bylo dále rozděleno na orientaci těla při odpočinku a při pastvě.

- Buvol africký (*Syncerus caffer*):  
Při odpočinku je výsledný vektor  $2,898^\circ$ .  
Při pastvě je výsledný vektor  $4,468^\circ$ .
- Kudu velký (*Strepsiceros zambesiensis*)  
Při pastvě je výsledný vektor  $0,128^\circ$
- Pakůň žíhaný (*Connochaetes taurinus*)  
Při pastvě je výsledný vektor  $2,358^\circ$
- Impala (*Aepyceros melampus*)  
Při odpočinku je výsledný vektor  $173,698^\circ$ .  
Při pastvě je výsledný vektor  $176,284^\circ$ .
- Slon africký (*Loxodonta Africana*)  
Při pastvě je výsledný vektor  $2,83^\circ$ .

Výsledky práce přímo korespondují s jinými výsledky sledujícími orientaci osy těla u skotu na pastvině (výsledný vektor  $6,4^\circ/186,4^\circ$ ), orientaci osy těla u jelení zvěře při odpočinku (výsledný vektor  $10,2^\circ/190,2^\circ$ ) a orientaci osy těla srnčí zvěře při odpočinku i při pastvě ( $9,1^\circ/189,1^\circ$ ). I zde preferovala zvířata severo-jihní zarovnání osy těl. (Begall et al., 2008)

## 7 Závěr

Získané výsledky jsou dalším ověřením magnetorecepce u velkých savců zjištěných za pomoci směřování osy těla. Po nasbírání několika stovek dat byla zjištěna preference severo-j jižního směru při odpočinku i při pastvení. Výsledek této práce není ničím překvapivým a nevnáší do problematiky magnetorecepce nové světlo.

Přínos této práce spočívá v množství nasbíraných dat na jižní polokouli, kde bylo podobných studií zatím provedeno minimum. Získané informace pak mohou být použity pro další vědecké účely a usnadnit tak další výzkum.

I přesto že byla práce zdárně dokončena, bylo by vhodné při příští práci v terénu využít delšího časového horizontu a provést tak více měření pro větší objektivnost analýzy.

## 8 Seznam literatury a použité zdroje

ANDĚRA M. – GAISLER J., *Savci České republiky*. 1. vydání. Praha: Academia, 2012. 285 s. ISBN 978-80-200-2185-4

ANDĚRA M. - MLÍKOVSKÝ J. - STÝBLO P. (eds)., *Mammalia – savci: Nepůvodní druhy fauny a flory České republiky*, Praha: ČSOP, 2006

BAKER D. N., *In Space Storms and Space Weather Hazards*, Nato Science Series 38, 2001. 285 s.

BATCHELER S. - KAY C. - MCLAUGHLAN K. - SHKROB I., *Time-resolved and modulation methods in the study of the effects of magnetic fields on the yields of free radical reactions*. Journal of Physiological Chemistry, 1993, 97, 13250 –13258

BEGALL S. - ČERVENÝ J. - NEEF J. - VOJTĚCH O. - BURDA H., *Magnetic alignment in grazing and raring cattle and deer*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2008, 105, 13451-13455

BURDA H. - BEGALLA S. - ČERVENÝ J. - NEEFA J. - NĚMEC P., *Pans, Extremely low-frequency electromagnetic fields disrupt magnetic alignment of ruminants*

BURNIE DAVID, *Zvíře*. 3. vydání. Praha: Euromedia Group, k. s. – Knižní klub, 2011. 624 s. ISBN 978-80-242-3225-6

CAMPBELL W. H., *Earth magnetism – a guided tour through magnetic fields*. San Diego, California, USA: A Hartcourt Science and Technology Company, 2001

ČERVENÝ J. - ŠEBEK K. - BURDA H., *Antipredační chování prasete divokého* (na základě studia magnetorecepce)

DENBOW - JAMES, *Culture and customs of Botswana*. Westport: Greenwood Press, 2006. ISBN 0-313-33178-2

DUSENBERY, D. B., *Sensory Ecology*. New York: W.H.Freeman company press. 1992. Page 28

GAISLER J. - ZIMA J., *Zoologie obratlovců*. Praha: Academia, 2007. 692 s.

GRIMMBERGER E. - RUDLOFF K. - KERN C., *Atlas der Säugetiere Europas, Nordafrikas und Vorderasiens*. – Natur und Tier-Verlag GmbH, Munster, 2009. 495 s.

HELGREN - DAVID M., "*Historical Geomorphology and Geoarchaeology in the Southwestern Makgadikgadi Basin, Botswana*" *Annals of the Association of American Geographers*, 1984

HOGAN MICHAEL., *Makgadikgadi, The Megalithic Portal*, ed. A. Burnham, 2008

ILRI (aka ILCA and ILRAD), *International Livestock Centre for Africa*. African Forage Plant Genetic Resources, Evaluation of Forage Germplasm and Extensive Livestock Production Systems., 2011, pp. 37. GGKEY:1WUC5B1U5L6

JANIS, C. - JARMAN P., *In Macdonald, D. The Encyclopedia of Mammals*. New York: Facts on File., 1984. 499s . ISBN 0-87196-871-1

JOHNSEN S. - LOHMANN K. J., *The physics and neurobiology of magnetoreception*. *Nature reviews neuroscience*. 2005

KIRSCHVINK J. L. - WALKER M. M. - DIEBEL C. D., *Magnetite-based magnetoreception*. *Current Opinion in Neurobiology*. 2001, 11, 462-467 s.

LANDSBERG H. E., *Worldl Survey of Climatology*, 2001, 422s

LOHMANN K. L. - JOHNSEN S., *The neuribiology OF magnetoreception in vertebrate animals*. *Trends in neuroscience*. 2000, 23, 153-159 s.

LOHMANN K. - LOHMANN C. M. F., *Sea turtles, lobsters, and oceanic magnetic maps*. *Mar. Freshwater Behav. Physiol.* (2006) 39(1): 49- 64 s.

MARHOLD S., BURDA H., WILTSCHKO W., *A magnetic polarity compass for direction finding in a subterranean mammal*. *Naturwissenschaften*. 1997. 84, 421–423 s.

McINTYRE CHRIS, *Botswana: Okavango Delta, Chobe, Northern Kalahari: the Bradt Safari Guide* (2nd edition) Bradt, Chalfont, St. Peter, England, 2007, page 381. ISBN 978-1-84162-166-1

McINTYRE CHRIS, *Botswana: Okavango Delta, Chobe, Northern Kalahari*, Bradt publishers, 2008. 502 pages, ISBN 1-84162-166-8

McINTYRE CHRIS, *Namibie, Botswana a Viktoriiny vodopády*. 1. vydání. Brno – Nakladatelství Jota, s.r.o., 2006. 569+32 s. ISBN 80-7217-438-X

MOTLHANKA D.M.T. - MOTLHANKA P. - SELEBATSO T., *"Edible Indigenous Wild Fruit Plants of Eastern Botswana"*. Gaborone: Department of Basic Sciences, Botswana College of Agriculture, *International Journal of Poultry Science*, 2011.

MOURITSEN H. - LARSEN O. N. J., *Exper. Biol.* 204, 3855–3865, 2001

PHILLIPS J. B. - BORLAND S. C., *Use of a specialized magnetoreception system for homing by the eastern redspottednewt *Notophthalmus viridescens**. *Journal of Experimental Biology*., 1994, 188, 275–291 s.

PHILLIPS J.B. - SCHMIDT-KOENIG K. - MUHEIM R., *True navigation: Sensory bases of gradient maps*. In Brown M.F., Cook R.G. (Eds.). *Animal Spatial Cognition: Comparative, Neural, and Computational Approaches*. 2006

QUINN T. P. - BRANNON E. L., *The use of celestial and magnetic cues by orienting sockeye salmon smolts*. *Journal of Comparative Physiology*., 1982, 147, 547–552

RADKE REINHARD, *Serengeti*. 2. Vydání. Praha: Euromedia Group, k.s. – Knižní klub, 2008. 288 s. ISBN 978-80-242-2154-0

VÁCHA M. - NĚMEC P., *Kompas a mapa*; Vesmír. 2007. 224 – 228 s.

VÁCHA M. - NĚMEC P., *Mechanizmy magnetorecepce*; Vesmír. 2007. 284 – 289 s.

VÁCHA M. - SOUKUPOVÁ H., *Magnetic orientation in the mealworm beetle *Tenebrio molitor* and the effect of light*. 2004. *J Exp Biol* 207 (7): 1241- 1248

VERHOEF ESTHER, *Encyklopedie divoká zvířata*. 2. vydání. Čestlice: Rebo, 2007. 320 s. ISBN 978-80-7234-665-3

VESELOVSKÝ ZDENĚK, *Etologie – biologie chování zvířat*. 1. vydání. Praha: Academia, 2008. 407 s. ISBN 978-80-200-1621-8

WALTER SCHICHO VON BRANDES – APSEL, *Handbuch Afrika*, in 3 Bdn., Bd.1, Zentralafrika, Südliches Afrika und die Staaten im Indischen Ozean, 1999

WILSON D.E. - MITTERMEIER R.A., *Handbook of Mammals of the World*. Vol. 2. Hoofed Mammals. Barcelona: Lynx Edicions, 2011. 886 p. ISBN 978-84-96553-77-4

WILSON, D. E. - REEDER D. M., ed. *Mammal Species of the World* (3rd ed.). Johns Hopkins University Press., 2005, 194s. ISBN 0-8018-8221-4.

WILTSCHKO W. - WILTSCHKO R., *Migratory orientation: magnetic compass orientation of Garden Warblers (*Sylvia borin*) after a simulated crossing of the magnetic equator*. *Ethology*, 1992, 91, 70–79

WILTSCHKO W. - WILTSCHKO R., *Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals*. *Journal of Comparative Physiology A.*, 2005 191,675 – 693

ZWEISTRA P. - JARVIS W. - MCGEORGE I.B., *The Geology of Micaceous Kimberlite Intrusives, Khutse, Botswana*, 2009

BRADLEY - JOHN H., "*Gliding in a Mokoro Through the Okavango Delta, Botswana*" [online]. 2009

Dostupné z: [www.CapeTowntoCairo.com](http://www.CapeTowntoCairo.com)

ENCYCLOPEDIA OF THE NATIONS, *Topography - Botswana* [online].

Dostupné z: [www.nationsencyclopedia.com/Africa/Botswana-TOPOGRAPHY.html](http://www.nationsencyclopedia.com/Africa/Botswana-TOPOGRAPHY.html)

GABORONE, "*The Mashatu Game Reserve*" [online]. Official website of the Botswana Tourism Organisation. 2006.

Dostupné z: <http://www.botswanaportal.com/>

Ministerstvo zahraničních věcí České republiky. *Botswana* [online].

Dostupné z: [http://www.mzv.cz/jnp/cz/encyklopedie\\_statu/afrika/botswana/index.html](http://www.mzv.cz/jnp/cz/encyklopedie_statu/afrika/botswana/index.html)

Q-klub. *Divy přírody* [online]. Příbram.

Dostupné z: <http://www.quido.cz/priroda/okavango.html>

Zuzana Loubet del Bayle. *Přírodní krásy Botswany: Okavango a park Chobe* [online]. Publikováno 1.8.2008.

Dostupné z: <http://www.paladix.cz/clanky/botswana-okavango-a-park-chobe.html>



## **9 Seznam příloh**

### **9.1 Mapy**

Příloha č. 1.1 - Botswana

Příloha č. 1.2 - Zlomové linie

Příloha č. 1.3 - Geologické zlomy Okavanga

Příloha č. 1.4 - Vegetace Botswany

Příloha č. 1.5 - Národní parky a přírodní rezervace Botswany

Příloha č. 1.6 - Moremi

Příloha č. 1.7 - Velké solné pánve Kalahari

Příloha č. 1.8 - Národní park Chobe a Lesní rezervace

Příloha č. 1.9 – Oblast kolem řeky Chobe

Příloha č. 1.10 - Oblast Savuti

### **9.2 Fotografie**

Příloha č. 2.1 – Buvol africký (*Syncerus caffer*)

Příloha č. 2.2 – Kudu velký (*Strepsiceros zambesiensis*)

Příloha č. 2.3 – Pakůň žíhaný (*Connochaetes taurinus*)

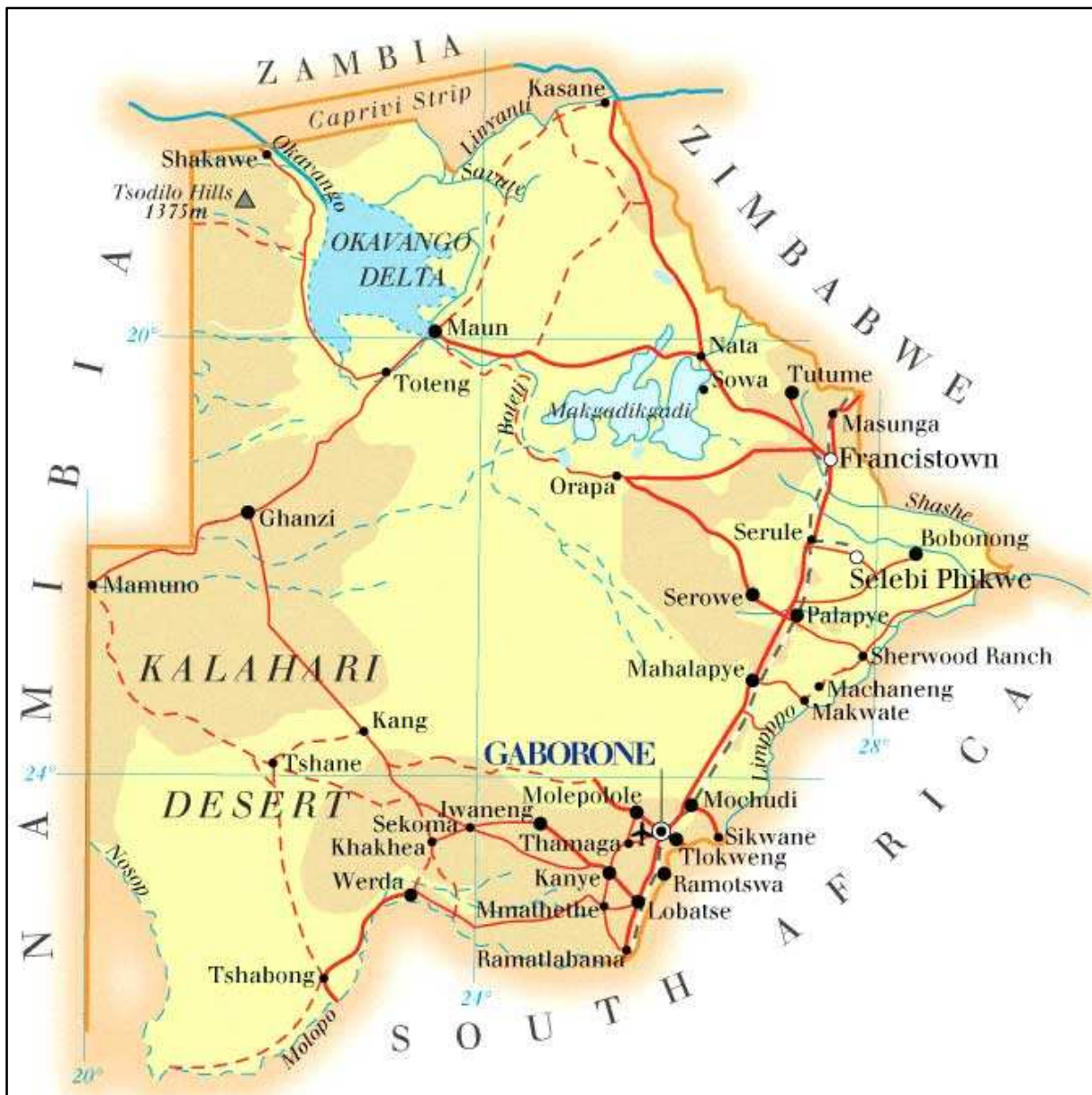
Příloha č. 2.4 – Impala (*Aepyceros melampus*)

Příloha č. 2.5 – Žirafa (*Giraffa camelopardalis angolensis*)

Příloha č. 2.6 – Slon africký (*Loxodonta Africana*)

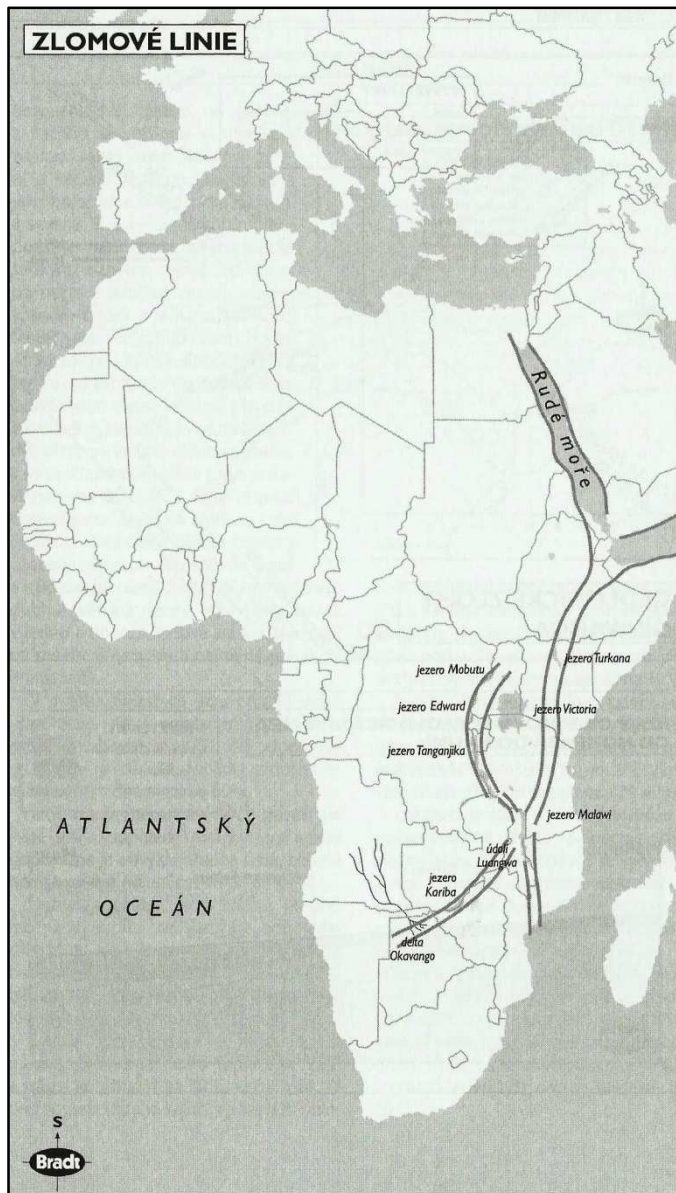
## 10 Přílohy

### 10.1 Mapy

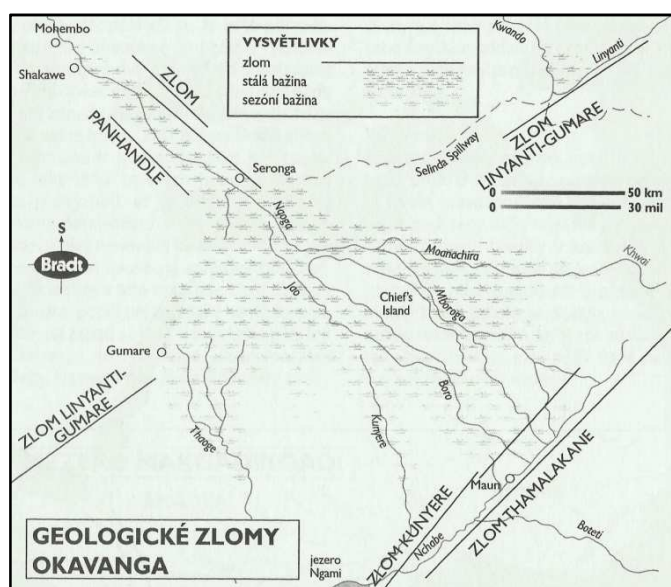


Příloha č. 1.1 - Botswana

Zdroj: <http://en.18dao.net/Map/Botswana>

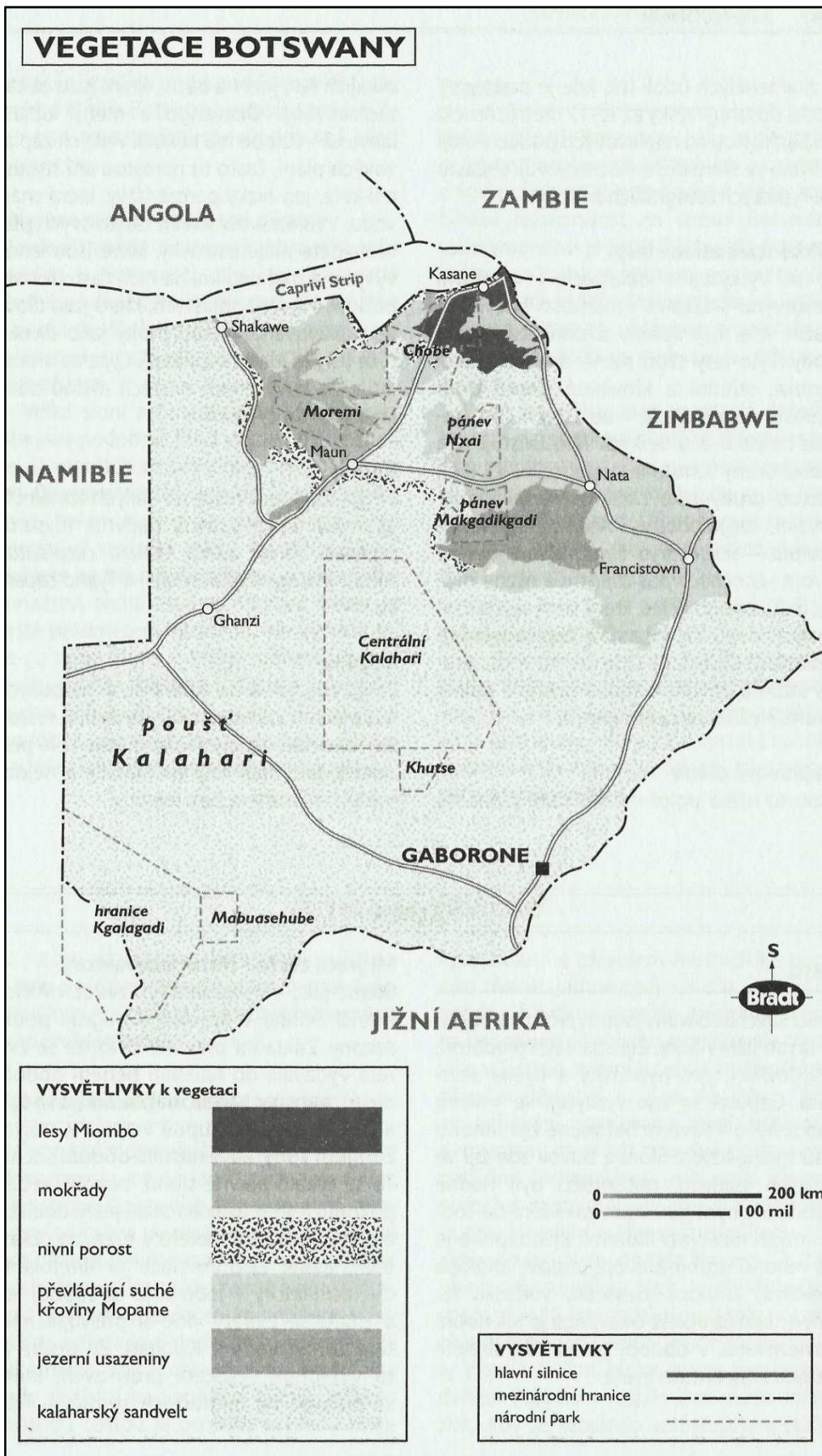


Příloha č. 1.2 - Zlomové linie



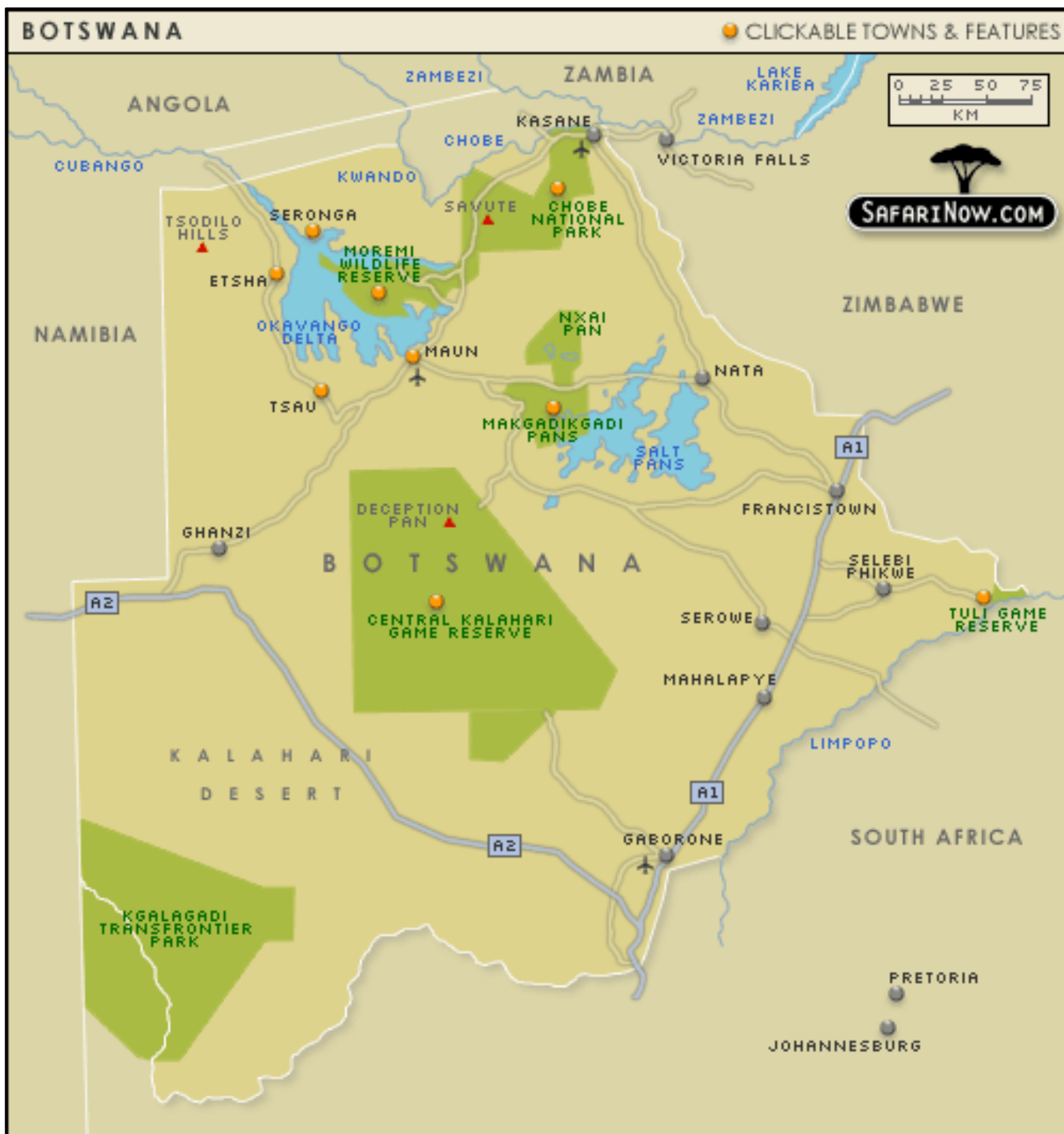
Příloha č. 1.3 - Geologické zlomy Okavanga

Zdroj: McINTYRE CHRIS, *Namibie, Botswana a Viktoriiny vodopády*. s. 343, 344.



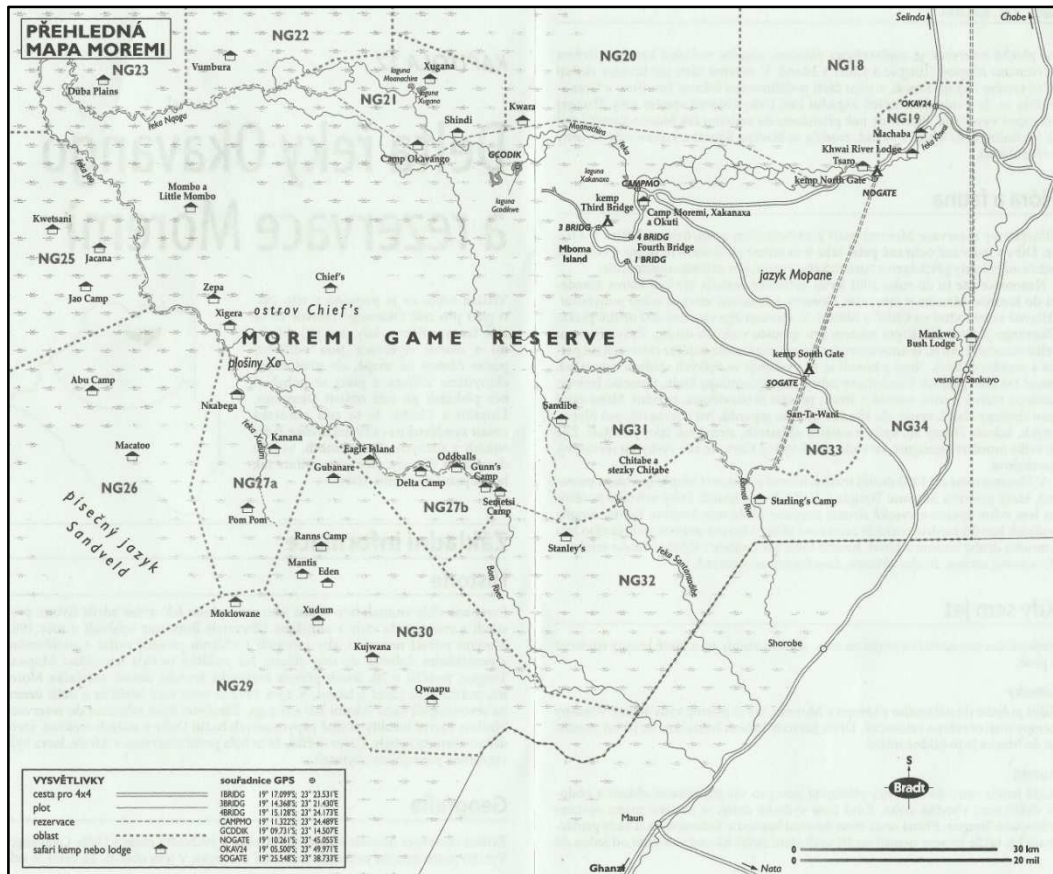
Příloha č. 1.4 - Vegetace Botswany

Zdroj: McINTYRE CHRIS, *Namibie, Botswana a Viktoriiny vodopády*. s. 347.

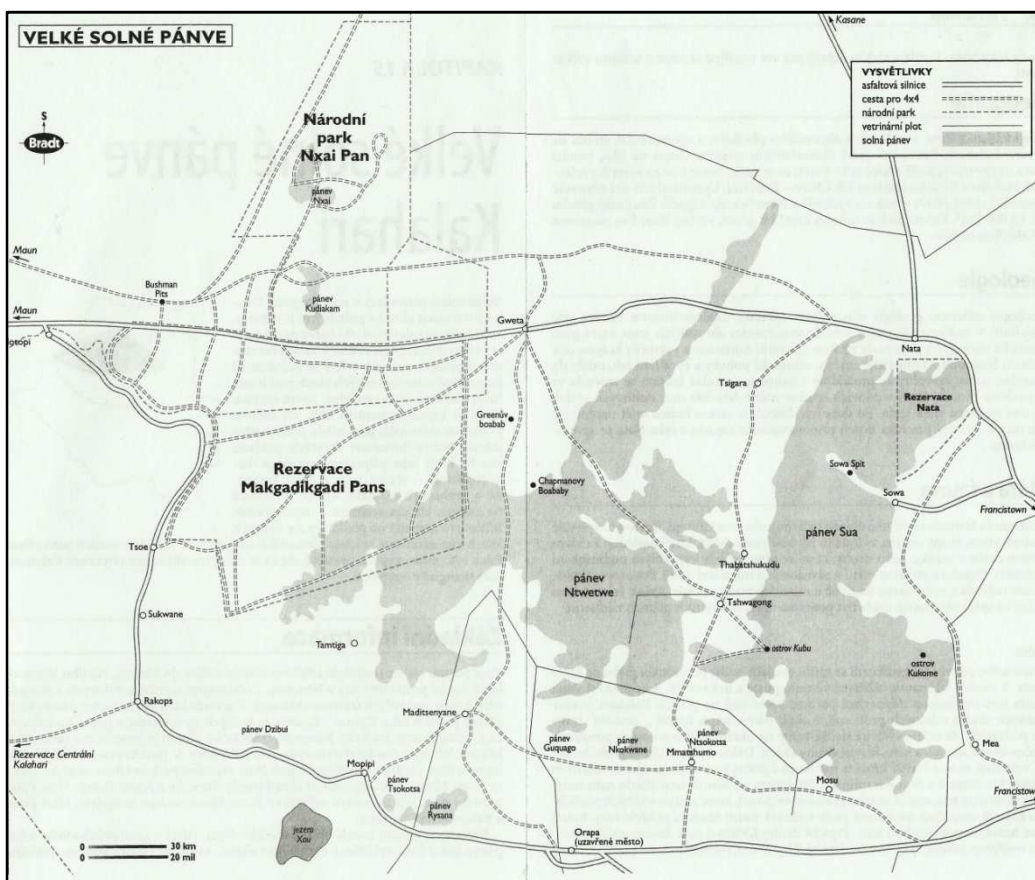


Příloha č. 1.5 - Národní parky a přírodní rezervace Botswany

Zdroj: <http://www.safarisaficana.com/national-parks/botswana/>

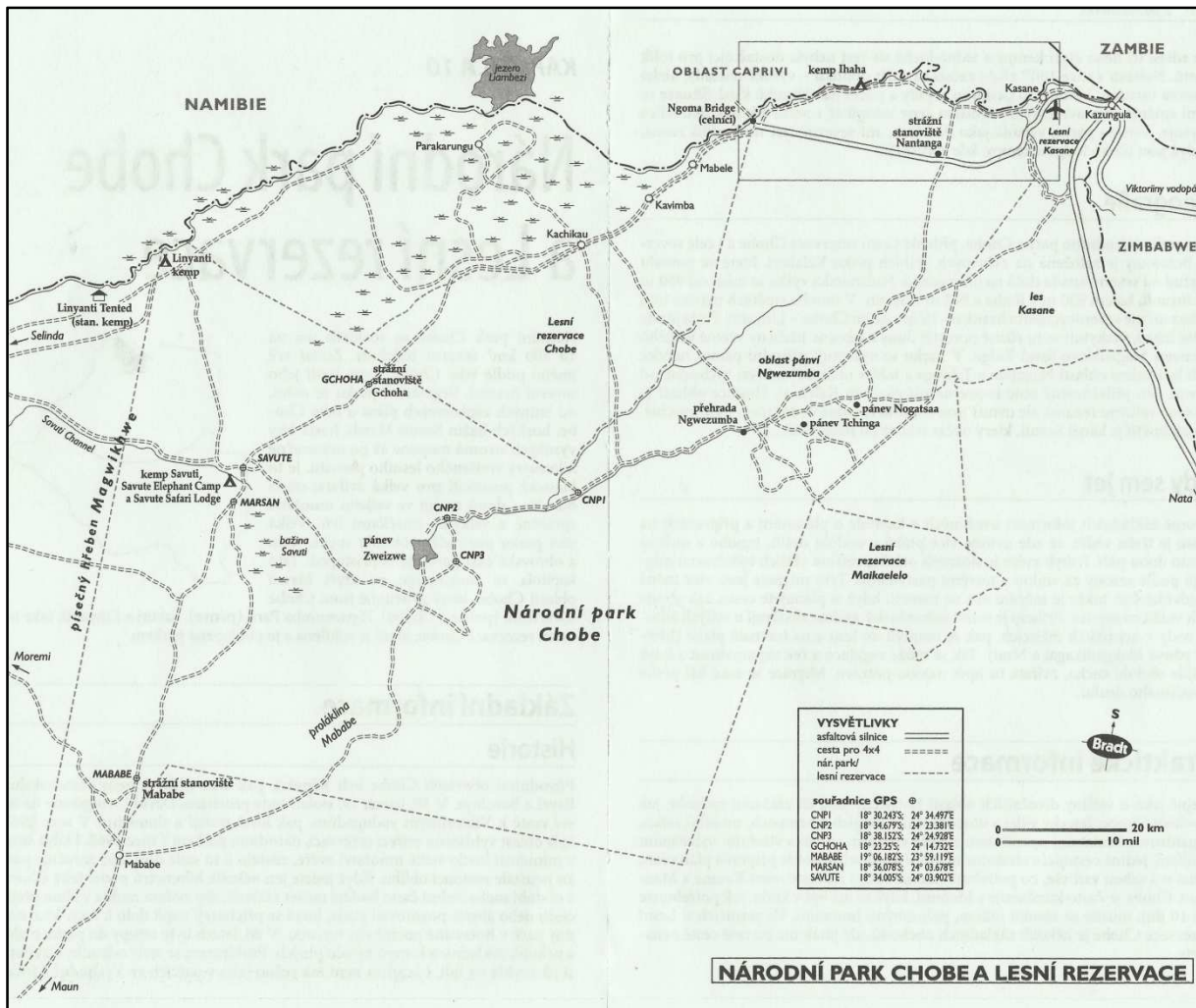


Příloha č. 1.6 - Moremi

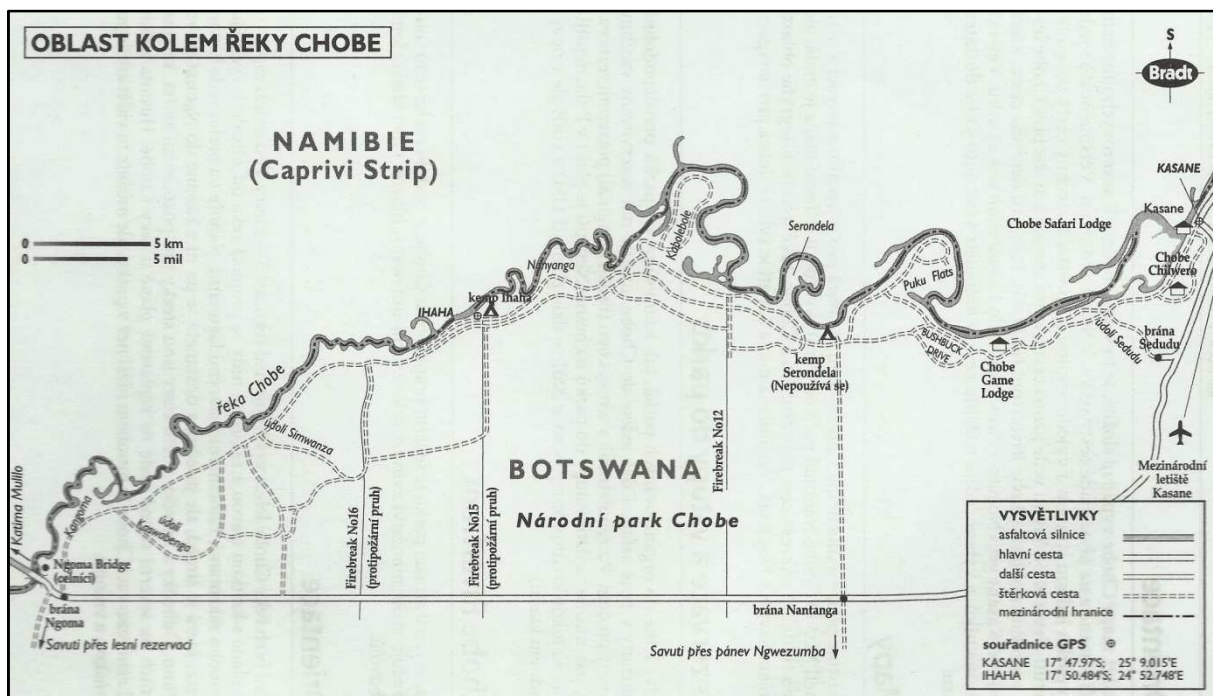


Příloha č. 1.7 - Velké solné pánve Kalahari

Zdroj: McINTYRE CHRIS, *Namibie, Botswana a Viktoriny vodopády*. s. 323, 502-503.

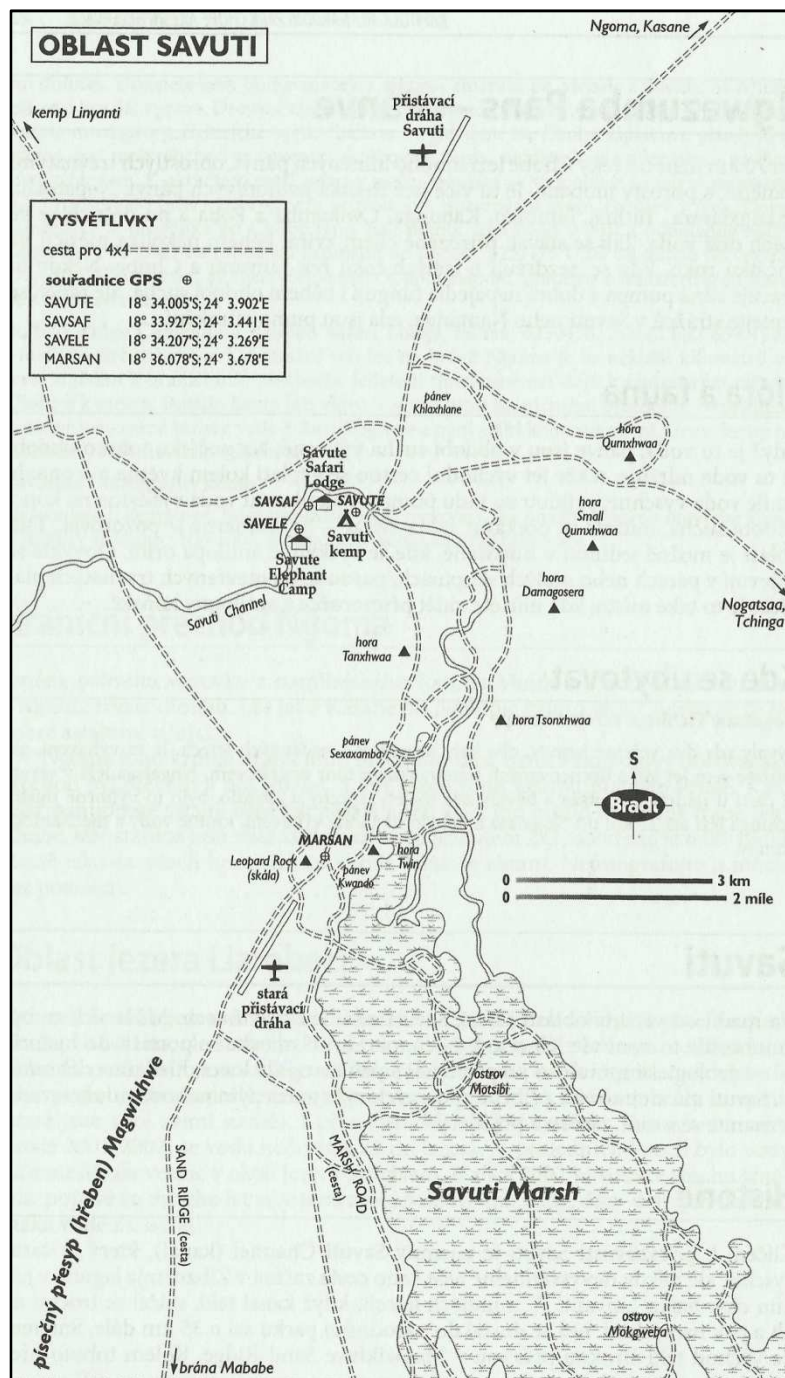


Příloha č. 1.8 - Národní park Chobe a Lesní rezervace



Příloha č. 1.9 - Oblast kolem řeky Chobe

Zdroj: McINTYRE CHRIS, *Namibie, Botswana a Viktoriny vodopády*. s. 396-397, 400.

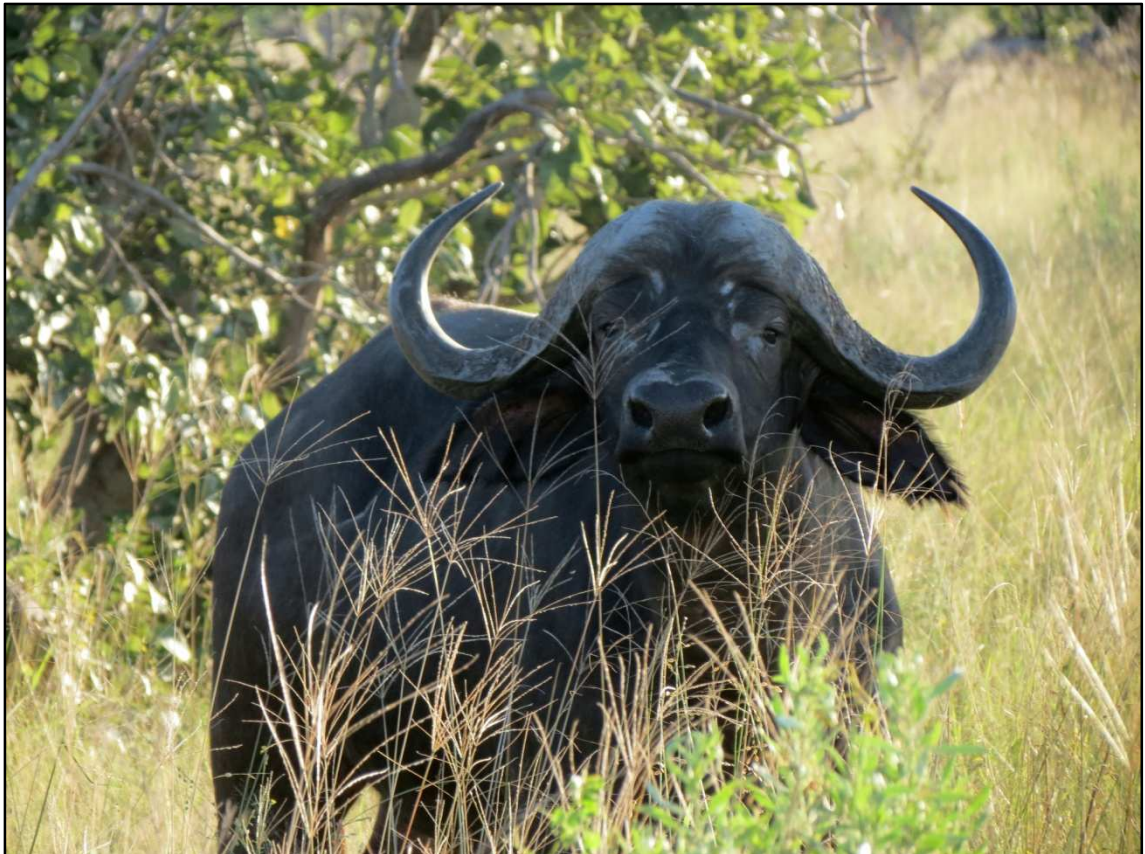


Příloha č. 1.10 - Oblast Savuti

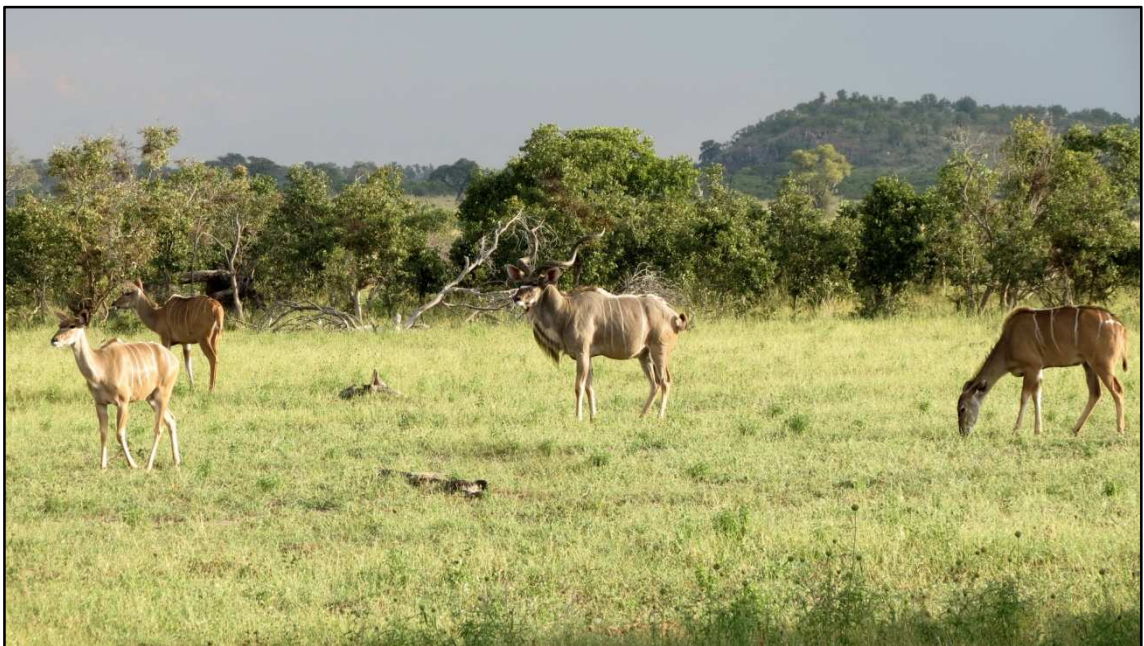
Zdroj: McINTYRE CHRIS, *Namibie, Botswana a Viktoriiny vodopády*. s. 408.



## 10.2 Fotografie



Příloha č. 2.1 – Buvol africký (*Syncerus caffer*)



Příloha č. 2.2 – Kudu velký (*Strepsiceros zambesiensis*)



Příloha č. 2.3 – Pakůň žíhaný (*Connochaetes taurinus*)



Příloha č. 2.4 – Impala (*Aepyceros melampus*)



Příloha č. 2.5 – Žirafa (*Giraffa camelopardalis angolensis*)



Příloha č. 2.6 – Slon africký (*Loxodonta africana*)