Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chemie

Biologie kosticovců Mysticeti a příčiny jejich ohrožení

Bakalářská práce

Autor práce: Tereza Klabanová

Obor studia: Speciální chovy

Vedoucí práce: Ing. Renata Masopustová, Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že bakalářskou práci „Biologie kosticovců Mysticeti a příčiny jejich ohrožení“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 25.4.2021 _____

podpis autorky BP

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala paní Ing. Renatě Masopustové, Ph.D. nejen za její odborné vedení a pomoc, ale i za poskytnutí cenných rad a materiálů, které mi i v této nelehké době velice pomohly při psaní mé bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za jejich trpělivost, a hlavně za to, že mi byli po celou dobu studia obrovskou psychickou oporou.

Biologie kosticovců Mysticeti a příčiny jejich ohrožení

Souhrn

Kosticovci Mysticeti, patřící do řádu Cetacea, jsou mořští savci, kteří se evolučně zcela přizpůsobili životu ve vodě. Společně s ozubenými Odontoceti jsou považováni za monofyletickou skupinu s jedním společným předkem, kterým byl tzv. *Pakicetus*. Podle fylogenetických analýz jsou kytovci nejblíže příbuzní hrochům (Hippopotamidae) z řádu Artiodactyla. Podřád kosticovců zahrnuje čtyři čeledi: velrybovití (Balaenidae), plejtvákovití (Balaenopteridae), velrybkovití (Neobalaenidae) a plejtvákovcovití (Eschrichtidae). Jejich rozšíření ve volné přírodě je většinou kosmopolitní, ale existuje i mnoho výjimek.

Pro adaptaci na vodní prostředí se u kosticovců vyvinulo mnoho specifických znaků. Jedním z těch nejnápadnějších je jejich obrovská velikost těla (tzv. gigantismus), která slouží k termoregulaci a poskytuje i pasivní ochranu před predátory. Zatímco přední končetiny se přeměnily na veslovité útvary, zadní končetiny jsou redukované a místo nich se vytvořila vodorovná ploutev. Jejich lebka je teleskopická a řada lebečních kostí se překrývá. Různé druhy se vyznačují různým stupněm rostrální klenby. Podobně jako většina savců mají kosticovci sedm krčních obratlů, které mohou být u některých zástupců navzájem srostlé. Velké změny prodělala i dýchací soustava a smyslová ústrojí. Kosticovci se sice přizpůsobili životu ve vodním prostředí, ale zachovali si potřebu přijímat vzdušný kyslík. Na rozdíl od ozubených mají kosticovci dva nosní otvory, které jsou opatřeny chlopněmi. Dýchací systém je uzpůsoben tak, aby odolával změnám tlaku. Namísto kostěných paranasálních dutin se u nich vyvinuly vzdušné vaky, čímž došlo ke snížení mrtvého prostoru dýchacích cest a umožnění recyklace vzduchu během ponoru. Oko kosticovců se vyznačuje obdobnou sítnicí jako u nočních suchozemských savců, je však uzpůsobeno vodnímu i vzdušnému vidění. Má vysoce vyvinutou cévní síť a obsahuje dvě oblasti s vysokou hustotou gangliových buněk, což jsou místa nejlepšího zpracování vizuálních obrazů. Kosticovci nemají ušní lalůčky, ale pouze vnější sluchové kanály, o kterých není známo, zda jsou funkční. Střední ucho je naplněné vzduchem stejně jako u suchozemských savců.

Během evoluce došlo u kosticovců ke ztrátě zubů, které byly nahrazeny keratinózními kosticemi vyrůstajícími z horní čelisti. Kostice vytvářejí tzv. síto, které slouží k filtrování potravy. Kosticovci se živí především zooplanktonem, ale pohlcují i malé ryby, jako jsou např. sardinky. Každá z čeledí má trochu odlišnou stavbu kostic i způsob pohlcování potravy, ke krmení však zpravidla dochází v menších hloubkách. Pozoruhodnou strategii používají keporkaci, kteří navzájem spolupracují a vytváří tzv. bublinové mraky.

Oproti ozubeným nemají kosticovci schopnost echolokace, ale produkují nízkofrekvenční zvuky šířící se na dlouhé vzdálenosti. Nízkofrekvenční zvuky jsou využívány pro komunikaci. Keporkaci jsou známí svými fascinujícími písněmi, které hrají důležitou roli v reprodukci. Zpravidla kosticovci rodí jen jedno mládě, o které se stará pouze samice. Jejich pářící systém je promiskuitní a k páření i zabřeznutí dochází v teplých vodách, kam v zimě migrují. Migrace kosticovců obecně zahrnuje sezónní pohyby mezi krmnými oblastmi ve vysokých zeměpisných šířkách a chovnými oblastmi v nízkých zeměpisných šířkách. Existuje

však mnoho migračních strategií a některé druhy, včetně těch z arktických oblastí, nemigrují vůbec.

Kosticovci mají jen velmi málo přirozených nepřátel, ale musí čelit řadě negativních antropogenních vlivů. Faktem je, že se špatně přizpůsobují měnícím se podmínkám, a kromě toho patří mezi tzv. K-stratégy. Až do minulého století představoval největší hrozbu komerční lov velryb. Ve 20. století bylo mnoho druhů na pokraji vyhynutí. Nakonec si International Whaling Commission v roce 1986 prosadila zákaz komerčního lovu a od té doby se mnoho populací poměrně zotavilo. Nejčastější příčinnou úmrtí kosticovců v dnešní době jsou srážky s loďmi nebo zapletení do lovných zařízení. Střet s plavidlem může u velryb způsobovat řezné rány, zlomeniny, vnitřní zranění nebo smrt. Jsou zaváděna různá zmírňující opatření, jako např. omezení rychlosti v oblastech výskytu velryb, ale i přesto jsou tato nařízení často porušována. Naproti tomu zapletení do lovných zařízení vede často k utonutí, hladovění nebo způsobuje řezné rány. Tzv. bycatch je závažným celosvětovým problémem, přitom opatření pro jeho zmírnění nemusí být tak složitá a drahá. Významnou hrozbu představuje i zvyšující se intenzita rybolovu a s ní spojené vyčerpání potravních zdrojů. Mezi další příčiny ohrožení patří znečištění oceánů mořskými troskami nebo chemickými látkami, ale i různé rušící antropogenní vlivy.

Snaha o ochranu velryb započala ve 20. století. Kvůli komerčnímu lovu se jejich počty výrazně snížily, a proto byla v roce 1946 sjednána Mezinárodní úmluva o regulaci velrybářství (ICRW), která dala vzniku Mezinárodní velrybářské komisi (IWC). V dnešní době spočívá ochrana kosticovců především v ochraně volně žijících populací a jejich přirozeného prostředí, tedy *in situ*. Ochrana *ex situ* u nich není vzhledem k velikosti i potravním návykům možná. IWC, která se zasloužila o zavedení moratoria na komerční lov velryb, je jednou z nejznámějších organizací se zaměřením na ochranu kytovců. Další významnou organizací je International Union for Conservation of Nature (IUCN), jejímž cílem je všeobecně ochrana přírody. Dle Červeného seznamu ohrožených druhů IUCN je většina kosticovců řazena do skupiny málo dotčení (LC) nebo ohrožení (EN). Některé druhy však zůstávají stále kriticky ohrožené (CR). Pro podporu ochrany jsou kosticovci zařazeni i do CITES nebo CMS úmluvy. Po celém světě jsou zřizovány Chráněné mořské oblasti a ve vodách USA platí Zákon na ochranu mořských savců. K ochraně přispívají i různé neziskové organizace, jako je Ocean Alliance, Whale and Dolphin Conservation nebo Sea Shepherd Conservation Society.

Klíčová slova: kosticovci, biologie, etologie, ohrožení, ochrana *in situ*

Biology of baleen whales Mysticeti and causes of threat

Summary

Baleen whales Mysticeti, belonging to the order Cetacea, are marine mammals that have completely adapted to life in water in terms on evolution. Together with the toothed whales Odontoceti, they are considered a monophyletic group with one common ancestor, which was the so-called *Pakicetus*. According to phylogenetic analyzes, cetaceans are closest to hippos (Hippopotamidae) of the order Artiodactyla. The suborder of baleen whales includes four families: right and bowhead whales (Balaenidae), rorquals (Balaenopteridae), pygmy right whale (Neobalaenidae) and gray whale (Eschrichtidae). Their distribution in the wild is mostly cosmopolitan, but there are many exceptions.

Many specific features of baleen whales have developed in order to adapt to the aquatic environment. One of the most striking is their huge body size (so-called gigantism), which serves for thermoregulation and also provides passive protection against predators. While the forelimbs have turned into row-shaped formations, the hind limbs are reduced and a horizontal fin has formed instead. Their skull is telescopic and a number of skull bones overlap. Different species are characterized by different degrees of rostral vault. Like most mammals, baleen whales have seven cervical vertebrae, which some representatives may have knitted. The respiratory system and sensory systems have also undergone major changes. Although baleen whales adapted to life in the aquatic environment, they retained the need to absorb atmospheric oxygen. Unlike toothed whales, baleen whales have two nasal openings, which are provided with flaps. The respiratory system is adapted to withstand pressure changes. Instead of bony paranasal cavities, they developed air sacs, reducing dead space of air passages and allowing air to be recycled during the dive. The eye of whales is characterized by a similar retina as in nocturnal terrestrial mammals, but it is adapted to water and air vision. It has a highly developed vascular network and contains two areas of high ganglion cell density, which are the places of the best visual image processing. Baleen whales do not have earlobes, but only external auditory canals, which are not known to be functional. The middle ear is filled with air just like in terrestrial mammals.

During evolution, baleen whales lost teeth, which were replaced by keratinous baleen growing from the upper jaw. Baleen creates a so-called sieve, which is used to filter food. Baleen whales feed mainly on zooplankton, but also absorb small fish, such as sardines. Each of the families has a slightly different structure of baleen and the way food is absorbed, but feeding usually takes place at smaller depths. A remarkable strategy is used by humpback whales who work together to create so-called bubble clouds.

Unlike toothed whales, baleen whales do not have the ability of echolocation, but they produce low-frequency sounds propagating over long distances. Low frequency sounds are used for communication. Humpback whales are known for their fascinating songs, which play an important role in reproduction. As a rule, baleen whales give birth to only one calf, which is taken care of only by the female. Their mating system is promiscuous and mating and

conception occur in warm waters, where they migrate in winter. Migration of baleen whales generally involves seasonal movements between feeding areas in high latitudes and breeding areas in low latitudes. However, there are many migration strategies and some species, including those from the Arctic, do not migrate at all.

Whalebone whales have very few natural enemies, but they have to face a number of negative anthropogenic influences. The fact is that they do not adapt well to changing conditions, and in addition they are among the so-called K-strategists. Until the last century, the biggest threat was commercial whaling. In the 20th century, many species were on the verge of extinction. Finally, the International Whaling Commission enforced a ban on commercial fishing in 1986, and since then many stocks have recovered relatively well. The most common causal deaths of baleen whales today are collisions with ships or entanglement in fishing gear. A collision with a vessel can cause cuts, fractures, internal injuries or death of whales. Various mitigation measures are being put in place, such as speed limits in whale areas, but these regulations are still often infringed. In contrast, entanglement in fishing gear often leads to drowning, starvation or cuts. The so-called bycatch is a serious global problem, but the mitigation measures may not be as complex and expensive. A significant threat is also the increasing fishing effort and the associated depletion of food resources. Other causes of threats include pollution of the oceans by sea debris or chemicals, as well as various anthropogenic influences.

Efforts to protect whales started in the 20th century. Due to commercial whaling, their numbers have dropped significantly, so in 1946 the International Convention for the Regulation of Whaling (ICRW) was negotiated, which gave rise to the International Whaling Commission (IWC). Today, the protection of baleen whales lies primarily in the protection of wild populations and their natural environment, i.e., *in situ*. *Ex situ* protection is not possible for them due to their size and feeding habits. The IWC, which has contributed to the introduction of a moratorium on commercial whaling, is one of the best-known organizations focusing on the protection of cetaceans. Another important organization is the International Union for Conservation of Nature (IUCN), which aims to protect nature in general. According to the IUCN Red List of Threatened Species, most baleen whales are classified as least concern (LC) or endangered (EN). However, some species remain critically endangered (CR). To support protection, baleen whales are also included in CITES or CMS Convention. Marine Protected Areas are being established around the world, and the Marine Mammal Protection Act applies in U.S. waters. Various non-profit organizations, such as the Ocean Alliance, the Whale and Dolphin Conservation and the Sea Shepherd Conservation Society, also contribute to the protection.

Keywords: baleen whales, biology, etology, threat, *in situ* conservation

OBSAH

1 ÚVOD 1

2 CÍL PRÁCE 2

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE 3

3.1 Fylogeneze kytovců 3

3.2 Taxonomie kytovců 5

3.2.1 Historie a vývoj taxonomie kytovců 5

3.2.2 Aktuální taxonomie kytovců 6

3.3 Rozšíření kosticovců ve volné přírodě 7

3.4 Anatomie a morfologie kosticovců 8

3.4.1 Adaptace kostry 10

3.4.2 Specifika dýchací soustavy 11

3.4.3 Smysly 12

3.5 Kostice a způsob krmení 15

3.6 Způsob komunikace kosticovců 18

3.7 Reprodukce kosticovců 20

3.7.1 Samčí pohlavní soustava 20

3.7.2 Samičí pohlavní soustava 20

3.7.3 Páření a porod 21

3.7.4 Laktace 22

3.8 Migrace kosticovců 23

3.9 Status ohrožení kosticovců dle IUCN 27

3.10 Příčiny ohrožení kosticovců ve volné přírodě 28

3.10.1 Lov velryb 28

3.10.2 Zapletení a zachycení do lovných zařízení 29

3.10.3 Vyčerpání potravních zdrojů a stanovišť 31

3.10.4 Uvíznutí kytovců na břehu 31

3.10.5 Srážky s loďmi (*Ship strikes*) 32

3.10.6 Rušící faktory lidské činnosti 33

3.10.6.1 Pozorování a turismus (whalewatching) 34

3.10.7 Znečištění 35

3.10.8 Přirození nepřátelé 37

3.10.9 Klimatické změny 38

3.10.10 Další významné příčiny úmrtí kosticovců 39

3.11 Ochrana kosticovců 40

3.11.1 Vybrané organizace, zákony a úmluvy související s ochranou kosticovců 41

3.11.1.1 International Whaling Commission (IWC) 41

3.11.1.2 International Union for Conservation of Nature (IUCN) 42

3.11.1.3 Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES) 43

3.11.1.4 Convention on Migratory Species of Wild Animals (CMS) 44

3.11.1.5 Marine Mammal Protection Act (MMPA) 45

3.11.1.6 Marine protected areas (MPA) 46

3.11.1.7 NOAA Fisheries 46

3.11.1.8 Whale and Dolphin Conservation (WDC) 46

3.11.1.9 World Wildlife Fund (WWF) 47

3.11.1.10 Sea Shepherd Conservation Society 47

3.11.1.11 Project Jonah New Zealand 47

3.11.1.12 Ocean Alliance 48

4 ZÁVĚR 49

5 SEZNAM LITERATURY 51

6 SEZNAM PŘÍLOH 68

1 ÚVOD

Kosticovci (Mysticeti) jsou jedním ze dvou podřádů kytovců (Cetacea). Jsou to savci zcela přizpůsobeni životu ve vodě, ačkoliv jejich předkové žili na souši. I přes mnoho fyziologických a morfologických znaků odlišujících je od suchozemských zvířat, si kytovci ponechali i několik společných vlastností, především potřebu dýchat vzdušný kyslík (Hoelzel, 2002). Na rozdíl od sesterské skupiny ozubených se u kosticovců zachovaly dva nosní otvory (Reidenberg & Laitman 1987; Cozzi et al. 2005). Velké změny prodělala hlavně jejich kostra a zuby, které u kosticovců vymizely a nahradily je keratinózní kostice. Ty jsou uspořádány do několika řad a vytváří „síto“, které jim umožňuje filtrovat potravu, jako je krill nebo někdy i menší ryby (Špinar & Burian, 1984).

Zástupce kosticovců lze nalézt ve všech světových oceánech i téměř ve všech mořích. Kromě druhů vyskytujících se v arktické oblasti, popřípadě subpopulací, které tvoří výjimku, patří k jejich životu migrace, a to jak za potravou, tak i rozmnožováním (Wilson & Mittermeier, 2014).

Téma bakalářské práce bylo zvoleno z toho důvodu, že kosticovci a všeobecně kytovci patří stále k velmi ohroženým druhům. K největšímu poklesu početních stavů došlo ve 20. století, kdy byly velryby nadměrně loveny především kvůli jejich tuku a masu. Mnoho druhů se rázem ocitlo na pokraji vyhynutí (Perrin et al. 2009). Později byl lov velryb až na výjimky zakázán a snaha o jejich ochranu rostla (Ocean Alliance 1994a). V současnosti se početní stavy některých druhů výrazně zlepšily, i přesto však existuje mnoho dalších hrozeb, které významně narušují životy těchto zvířat (Wilson & Mittermeier 2014). Mořské prostředí je silně degradováno a znečišťováno a životní podmínky se tak neustále zhoršují (IWC 2012f, j). Negativní antropogenní vlivy, se kterými souvisí i klimatické změny a které jsou v práci popisovány, představují vážnou hrozbu pro celý řád kytovců a pokud to takto bude pokračovat dál, jejich budoucnost je velmi nejistá.

Vzhledem k nadměrné velikosti i hmotnosti není možné kosticovce chovat v lidské péči, ačkoli bylo v historii zaznamenáno několik neúspěšných pokusů (Pushmann et al. 2013). Tím se bohužel vylučuje ochrana *ex situ*. Díky tomu však neustále roste zájem a snaha o zachování a ochranu *in situ,* která má v současnosti mnoho podob. Kromě vládních a nevládních společností, které se začaly o kytovce více zajímat, bylo založeno i mnoho neziskových organizací a programů, které se snaží zvýšit povědomost (Perrin et al. 2009). Sepsány byly také různé mezinárodní dohody, úmluvy nebo zákony, jejichž cílem není pouze ochrana jednotlivých druhů, ale především ochrana mořského prostředí a oblastí s výskytem kytovců. S tím souvisí i vyznačení chráněných oblastí, různé vědecké výzkumy nebo třeba monitoring volně žijících populací. Společným a hlavním cílem je zajistit lepší životní podmínky, alespoň zmírnit příčiny ohrožení a zvýšit povědomost o těchto výjimečných tvorech.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je sepsat rešerši, která se zabývá vědeckými poznatky o fylogenezi, taxonomii, biologii, způsobu života a rozšíření kosticovců (Mysticeti) ve volné přírodě. Zaměřuje se také na nejhlavnější příčiny ohrožení a ochranu *in situ* tohoto podřádu.

Ohrožení a ochrana jsou hlavním cílem práce. Měla by zvýšit povědomí o největších tvorech této planety a poukázat na neustále se zhoršující životní podmínky. Vzhledem k tomu, že jsou kosticovci nedílnou součástí ekosystému, by měla práce varovat a upozornit na jejich ohrožení.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Fylogeneze kytovců

Vznik kytovců (Cetacea) je jedním z nejnápadnějších evolučních přechodů v historii savců (Thewissen et al. 2009; Uhen 2010). Návrat k vodnímu způsobu života vyžadoval specifické anatomické přizpůsobení, které jim umožňuje v těchto podmínkách přežít (Thewissen & Bajpai 2001). I přesto si však zachovali mnoho znaků společných se suchozemskými savci – stálá tělesná teplota, živorodost, kojení, potřeba dýchat vzdušný kyslík nad hladinou a další (Hoelzel 2002). Na rozdíl od Odontoceti si Mysticeti zachovali olfakci (Thewissen et al. 2010), naproti tomu však ztratili zuby a potravu získávají pomocí filtrace a kostic. Kromě toho se kosticovci vyznačují extrémní velikostí těla (Fitzgerald 2006; Deméré et al. 2008).

Vztahy kytovců k ostatním mořským a suchozemským savcům byly dlouhou dobu neznámé (Uhen 2007). Hypotéza předložená Van Valenem (1966) poukazovala na možnou příbuznost s fosilními kopytníky Mesonychians, a že nejbližší žijící příbuznou skupinou kytovců jsou Artiodactyla. V roce 2001 se příbuznost s Artiodactyla potvrdila na základě objevů nohou a kotníků raných velryb (Gingerich et al. 2001; Thewissen et al. 2001). Následné fylogenetické analýzy morfologických a molekulárních údajů potvrdily, že kytovci jsou nejblíže příbuzní právě hrochům (Hippopotamidae) (viz příloha č. 1, obrázek č. 1, 2) (Geisler & Uhen 2003, 2005).

První kytovci se objevili někdy na konci raného eocénu (před zhruba 50 miliony let) a jako první ze všech savců vstoupili do vodního prostředí (Gingerich 2005 b; Gheerbrant et al. 2005 b). Všeobecně jsou považováni za monofyletickou skupinu s jedním společným předkem (Hoelzel 2002). Za toho byl původně považován savec *Mesonychid*, který měl dát vzniku dnešním kytovcům (Heyning 1995). *Mesonychid* byl čtyřnohý savec žijící na souši, který se stavbou kostí podobal spíše šelmám (Roček 2002). Avšak podle nejnovějších fosilních nálezů a následných studií provedených McGowen et al. (2009) je skutečným předkem tzv. *Pakicetus* (Gatesy et al. 2013). *Mesonychid* byl proto v kladogramu přemístěn o stupeň níž a byl nahrazen Pakicetem.

Pakicetus byl ve srovnání s většinou ostatních kytovců poměrně suchozemským zvířetem (viz příloha č. 1, obrázek č. 3) (Thewissen et al. 2001). Jeho končetiny i páteř vykazují malé morfologické změny, ale některé histologické změny naznačují, že se pohyboval v mělké vodě (Madar 1998). Přední konec rostra je protáhlý, oči jsou umístěny vysoko na bočních stranách lebky a poskytovaly dobré binokulární vidění (Uhen 2007). Dosahoval velikosti vlka a vzhledem k silným zubům se předpokládá, že byl masožravý (Thewissen et al. 1996). Fosilie byly objeveny v říčních ložiscích a na základě studie zubní skloviny bylo potvrzeno, že *Pakicetus* požíval sladkou vodu (Thewissen et al. 1996). Objevem kostry byl potvrzen přímý vztah k Artiodactyla, jelikož hlezenní kost měla na obou koncích zdvojenou kladku (Roček 2002).

Kromě prvního společného předka byla příbuznost k Artiodactyla potvrzena i na objevu kostry zvířete zvaného *Indohyus*. Tento živočich žil zhruba před 56–36 miliony lety a vzrůstem odpovídal kočce. Měl štíhlé nohy zakončené kopyty, dlouhý čenich i ocas a stavbou těla se podobal sudokopytníkům. Struktura středního ucha však byla obdobná jako u dnešních kytovců (Thewissen et al. 2009).

O něco mladším předchůdcem byl *Ambulocetus* žijící před 47 miliony lety (Roček 2002). Jednalo se o obojživelného kytovce, který byl mnohem větší než *Pakicetus*. Měl mohutné zadní končetiny se čtyřmi prsty směřujícími dozadu (Thewissen et al. 2009). Pánev i křížová kost byly dobře vyvinuté, což mu umožňovalo pohyb po zemi. K pohybu ve vodě mu pomáhaly mohutné končetiny a vertikální vlnění páteře. Přední končetiny sloužily spíše k udržení rovnováhy a udávání směru (De Muizon 2009).

Dalším mladším předchůdcem byl *Rodhocetus*, který žil před cca 45-39 miliony let (Thewissen et al. 1996). Měl stále ještě funkční zadní končetiny na souši, ale ve srovnání se suchozemskými savci byly zmenšeny (Gingerich et al. 1994 b, 2001). Pobýval již výhradně ve slané vodě, kde trávil většinu času, ale během páření, porodu a kojení se vyskytoval na břehu (Thewissen et al. 2009). *Rodhocetus* měl protáhlé tělo, dlouhý ocas a tlamu se zuby a připomínal tak krokodýla. Na zadních končetinách se již mezi prsty objevovaly blány, zatímco na předních končetinách byla kopyta (Puschmann et al. 2013).

Basilosauridae s rodem *Basilosaurus* z pozdního eocénu byli již plně přizpůsobeni mořskému životu (Uhen 1998 b). Přední končetiny měli velmi omezený pohyb v lokti a zápěstí, což naznačuje neschopnost pohybu po souši. Zvýšil se počet obratlů, tělo se prodloužilo a tím se zvýšil i počet úponů pro svaly trupu, které pohánějí ocas dnešních kytovců (Uhen 2007). Basilosauridae dali vznik Odontoceti i Mysticeti k jejichž rozdělení došlo v pozdním eocénu zhruba před 36 miliony lety (viz příloha č. 1, obrázek č. 4) (McGowen et al. 2009). Ačkoliv časní kosticovci měli zuby, které již pravděpodobně sloužily k filtraci, zuby se zmenšovaly, a nakonec došlo k úplné ztrátě (např. u *Eomysticetus*) (Uhen 2007). Kromě podřádů Mysticeti a Odontoceti patří mezi kytovce i zaniklý řád Archaeoceti, který zahrnoval dnes již vyhynulé kytovce.

3.2 Taxonomie kytovců

3.2.1 Historie a vývoj taxonomie kytovců

Carl Linnaeus, významný přírodovědec, vydal v roce 1735 vůbec první vydání Systema naturae (Systém přírody), kde uvedl přehled zoologické a botanické nomenklatury. Za svůj život sepsal dohromady 12 vydání, z nichž 11 bylo oktávového formátu. Až teprve desáté vydání roku 1758 bylo oficiálně přijato jako základní kámen moderní klasifikace a nomenklatury. Zaznamenal 39 rodových jmen savců v 8 řádech a přírodu rozdělil do 7 kategorií: I. Imperium (svět a vesmír); II. Regnum (nerostná, rostlinná a živočišná říše); III. Classis (třída, rozeznával 6 tříd); IV. Ordo (řád); V. Genus (rod); VI. Species (druh); VII. Varietas (varieta, dnes poddruh). Ve 12. vydání popsal savce jako stavbou, vnitřnostmi a orgány podobné člověku s mléčnými bradavkami u všech samic. Kytovci byli řazeni do třídy Mammalia a samostatného řádu Cete se čtyřmi rody (*Monodon, Balaena, Physeter, Delphinus*) (Linnaeus 1758; Fejfar & Major 2005).

Dalším významným přírodovědcem byl Georges Cuvier. Stal se zakladatelem srovnávací anatomie, jeho devítidílné dílo stejného názvu však bylo vydáno až tři roky po jeho smrti. Cuvier rozdělil savce do devíti řádů a Linného systém značně pozměnil (např. neuznává řád Primátů, ale zavedl řád Bimanes neboli dvourucí s rodem *Homo*). Kytovce zařadil do samostatného řádu Cétacés, ale rozdělil je na Herbivores (sirény) a Ordinaires („praví“ kytovci) (Cuvier 1817; Fejfar & Major 2005).

Georges Gaylord Simpson v roce 1945 rozšířil systematiku o další rody a řády. Sepsal 3942 rodů, 32 řádů, z nichž 14 bylo vymřelých a zbylých 18 řádů obsahovalo 15 již vymřelých čeledí. Kromě toho zavedl i nové podkategorie (např. nadtřída, podtřída, nadřád, podřád, druh, podruh). Kytovce zařadil do infratřídy Eutheria a řádu Cetacea, který rozdělil na tři podřády: Archaeoceti (vymřelí), Odontoceti a Mysticeti. Mezi kytovce již neřadí sirény (Sirenia) (Simpson 1945; Fejfar & Major 2005).

M. C. McKenna a S. K. Bell uvedli v roce 1997 monografii s rozsáhlou klasifikací fosilních i recentních taxonů, která byla založena na výsledcích analýzy morfologických znaků. Řád Cete (včetně Cetacea) byl společně s řádem Artiodactyla přiřazen do skupiny placentálů Eparctocyonia (McKenna & Bell 1997; Fejfar & Major 2005).

S příchodem nového tisíciletí, kdy na scénu začala vstupoval molekulární genetika, došlo ke skutečnému zlomu v dosavadním pohledu na systém savců. Systém dle molekulárních dat se ukázal jako nejstabilnější a nejspolehlivější klasifikace savců, která byla doposud předložena. Tradiční řády zůstaly až na výjimky zachovány, ale pohled na příbuzenské vztahy se značně změnil. Podle molekulárních dat byli placentální savci seskupeni do čtyř skupin: I. Afrotheria (řády z africké oblasti); II. Xenartha (mravenečníci, lenochodi a pásovci); III. Euarchontoglires (hlodavci a zajícovci, primáti, tany a letuchy); IV. Laurasiatheria (všechny zbylé řády včetně kytovců) (Fejfar & Major 2005).

Po morfologické stránce (do roku 2000) se rozlišoval samostatný řád Cetacea s nejbližší příbuzností k řádu Artiodactyla, kteří patřili do skupiny Ungulata. Dle molekulární biologie (po roce 2000) však došlo ke spojení těchto dvou řádů v jeden (Cetartiodactyla), jelikož bylo jasně

doloženo, že kytovci i sudokopytníci se vyvinuli ze stejného předka. Cetartiodactyla byl společně např. i s Chiroptera (letouni) zařazen do skupiny Laurasiatheria (Springer et al. 2004; Fejfar & Major 2005).

3.2.2 Aktuální taxonomie kytovců

Aktuální taxonomické rozdělení dle Wilson & Reeder (2005):

Říše:	živočichové	Animalia	Linnaeus 1758
Kmen:	strunatci	Chordata	Bateson 1885
Podkmen:	obratlovci	Vertebrata	Cuvier 1812
Nadtřída:	čelistnatci	Gnathostomata	Zittel 1879
Třída:	savci	Mammalia	Linnaeus 1758
Podtřída:	živorodí	Theria	Parker a Haswell 1897
Infrařád:	placentálové	Eutheria	Huxley 1880
Řád:	kytovci	Cetacea	Brisson 1762
Podřád:	ozubení	Odontoceti	Flower, 1867
Podřád:	kosticovci	Mysticeti	Cope, 1891

Kompletní taxonomie kosticovců včetně všech recentních druhů viz příloha č. 2.

3.3 Rozšíření kosticovců ve volné přírodě

Kosticovce najdeme ve všech světových oceánech a téměř i ve všech mořích. K jejich životu patří migrace, a výskyt tak závisí jednak na ročním období a jednak na tom, zda migrují za potravou nebo rozmnožováním. Každá z čeledí má svá působiště (tzn. ne všechny druhy bychom našli kosmopolitně).

Velryby z čeledi velrybovitých (Balaenidae) obývají Severní ledový oceán, Severní Tichý a Atlantský oceán a jižní oceány. Zdržují se především u pobřeží a kontinentálního šelfu, ale i u kontinentálních svahů. Vybírají si stanoviště s hustě agregovanými hejny zooplanktonu.

Velrybkovití (Neobalaenidae) se vyskytují v mořích jižní polokoule. Najdeme je hlavně v pelagických a pobřežních vodách, mírných až subantarktických oblastech. Velrybka malá (*Caperea marginata* Gray, 1846), jako jediný zástupce z této čeledi, žije v hlubokých a mělkých vodách, a to jak na otevřeném oceánu, tak blízko pobřeží. Obývá chladné i teplé oceánské zóny s teplotou vodní hladiny kolem 5-20 °C. Stejně jako u ostatních kosticovců je její výskyt spojen především s výskytem zooplanktonu.

Plejtvákovce šedého (*Eschrichtius robustus* Lilljeborg, 1860), z čeledi plejtvákovcovití (Eschrichtidae), bychom našli v Severním Pacifiku, Beringovu, Ochotském a Čukotském moři nebo v Severním ledovém oceánu. Vyskytuje se v pobřežních kontinentálních šelfových vodách a v mírných či subtropických pobřežních zátokách a lagunách. Plejtvákovci jsou vysoce stěhovaví. Navštěvují relativně mělké vody podél okraje kontinentálního šelfu a jen málokdy je spatříme na otevřeném oceánu.

Poslední čeleď, plejtvákovití (Balaenopteridae), je druhově i rozšířením nejrozsáhlejší. Tyto velryby se vyskytují kosmopolitně ve všech světových oceánech. Najdeme je v pobřežních až pelagických vodách od hladiny do hloubky větší než 300 metrů. Jednotlivé druhy však preferují různá stanoviště. Plejtváci malí (*Balaenoptera acutorostrata* Lacépède, 1804) se specializují na shánění potravy v mělkých pobřežních vodách s rychlými přílivovými proudy. Naproti tomu keporkak (*Megaptera novaeangliae* Borowski, 1781) dávají přednost spíše potravě v hlubších pobřežních vodách. Plejtváci obrovští (*Balaenoptera musculus* Linnaeus, 1758) zaujímají nejužší niku z čeledi Balaenopteridae a preferují poměrně vysokou slanost a studené povrchové vody s pomalými proudy (Wilson & Mittermeier 2014).

3.4 Anatomie a morfologie kosticovců

Návrat do moře s sebou přinesl mnoho změn a u všech kytovců se vyvinulo několik specifických znaků, které jim pomohly v adaptaci na vodní prostředí. Nejnápadnějším znakem je gigantismus, tedy mnohonásobné zvětšení těla, které slouží nejen k pasivní ochraně před nepřáteli, ale i např. k termoregulaci. Termoregulace je v chladném vodním prostředí velmi podstatná, kosticovci díky svojí velikosti totiž ztrácejí mnohem méně tepla na jednotku hmotnosti než malá zvířata (Špinar & Burian 1984). Ztratili srst a tím pádem i vzduchovou izolaci, ale vytvořila se jim silná vodotěsná epiderma a jako izolace velmi silná tuková vrstva (Reidenberg 2007). Na jejich velkém torpédovitém těle téměř vymizel krk. Přední končetiny se přeměnily ve veslovité útvary a místo zadních končetin, které jsou redukované, se vyvinula ocasní vodorovná ploutev. Ocasní ploutev není podpírána kostmi a slouží k pohybu.

Velké změny prodělala i kostra (především lebka a zuby) (Špinar & Burian 1984). U kosticovců se vyvinuly kostice, které slouží ke krmení filtrem. K tomu je uzpůsoben i jazyk, který může být tuhý (např. u velryby grónské) nebo vysoce pohyblivý (např. keporkak). Mají tříkomorový žaludek, který se dělí na předžaludek (forestomach), hlavní žaludek (main stomach) a pylorický žaludek (pyloric stomach) (viz příloha č. 3, obrázek č. 5, 6). Dle Slijper (1962) by se dal předžaludek velryb přirovnat k žaludku ptáků, protože spolu s kořistí polykají i její tvrdé části nebo menší kameny, které v předžaludku napomáhají fyzickému rozmělnění potravy. Herwig et al. (1984) přirovnávají předžaludek velryb spíše k bachoru, vzhledem k podobnosti tkání a přítomnosti těkavých mastných kyselin. Hlavní a pylorický žaludek již obsahují trávicí enzymy, ty slouží k chemickému rozložení potravy. Délka tenkého střeva se pohybuje u keporkaka kolem 80 metrů, u plejtváka obrovského může měřit i kolem 150 metrů. Najdeme u nich také krátké slepé střevo (Slijper 1962).

Kosticovci mají poměrně malý mozek vzhledem k celkové velikosti těla. Jejich encefalizační kvocient (EQ – poměr velikosti mozku k celkové velikosti těla) je podprůměrný (EQ plejtváka myšoka=0,008; EQ člověka=cca 2,344). Mozek plejtváka obrovského váží přes 7 kg (Špinar & Burian 1984). Stejně jako většina mořských savců, i kytovci jsou hypoosmotičtí, což znamená, že okolní mořská voda má vyšší obsah iontů (hyperosmotické prostředí) než jejich tělní tekutiny. Proto musí snižovat ztrátu vody vylučováním koncentrované moči. Ledviny kytovců jsou laločnaté, počet jednotlivých laloků se pohybuje od stovek do tisíců na jednu ledvinu (Berta et al. 2005). Vodnímu prostředí jsou specificky přizpůsobena také jejich smyslová ústrojí nebo komunikace (Reidenberg 2007).

I přes mnoho změn a znaků uzpůsobených k vodnímu prostředí, byli však jejich předkové suchozemská zvířata s příbuzenským vztahem k řádu Artiodactyla, a tak si kytovci ponechali i několik suchozemských znaků. Jednou z těchto vlastností je, že nedýchají vodu jako ryby, ale mají upravený dýchací systém tak, aby byli schopni přijímat kyslík a vyloučit přebytečnou okolní vodu (Reidenberg 2007). Se zvyšující se hloubkou stoupá i okolní tlak a plíce se zmenšují. Žebrová klec umožňuje stlačení hrudníku, čímž se přizpůsobí zmenšujícím se plicím a nedojde tak k jejich zhroucení (Reidenberg 2007). Kosterní svaly obsahují zvýšenou hladinu myoglobinu, a umožňují tak delší ponory mezi jednotlivými nádechy (Noren et al. 2001; Wright & Davis 2006).

Adaptace na vodní prostředí u kytovců je velmi unikátní, téměř zakryla znaky jejich předků. Mezi kosticovci najdeme vůbec největší obratlovce všech dob s délkou přesahující 30 metrů a hmotností i přes 130 tun. Největším kosticovcem je plejtvák obrovský (*Balaenoptera musculus*) z čeledi Balaenopteridae s délkou až 33 m a váhou kolem 120 tun. Srdce tohoto obra váží přes půl tuny a hřbetní céva má v průměru 50-60 cm (Špinar & Burian 1984). Nejmenším kosticovcem je velrybka malá (*Caperea marginata*) z čeledi Neobalaenidae s délkou pouhých 590 cm. Podle velikosti a tvaru těla, hlavy nebo dýchacích otvorů lze od sebe jednotlivé druhy dobře rozeznat (Jefferson et al. 2008; Wilson & Mittermeier 2014).

Podobně jako u ostatních čeledí, velrybovití (Balaenidae) jsou pohlavně dimorfní, přičemž samice obvykle dosahují o něco větší velikosti než samci. Zástupci velrybovitých mají obrovskou výraznou hlavu, úzké klenuté rostrum a objemná ústa s velkými kosticovými pláty. Mají nejdelší a nejjemnější kostice ze všech kosticovců. Kostice vyrůstají z horního patra na obou stranách úst. Na rozdíl od plejtvákovitých (Balaenopteridae) nemají ventrální tukové rýhy. Kromě toho bychom u nich nenašli ani hřbetní ploutev, jejich hřbet je totiž hladký. Zadní ploutev i prsní ploutve jsou poměrně velké. Nosní otvory, umístěné v zadní části hlavy, jsou od sebe široce odděleny a při výdechu vytváří gejzír ve tvaru písmene „V“, který může dosahovat až pěti metrů. Barva kůže je převážně černá, někdy s bílými skvrnami v břišní oblasti nebo na bradě (Wilson & Mittermeier 2014).

Na hlavách velrybovitých jsou často pozorovány ztvrdlé útvary, tzv. mozoly, které najdeme především podél rostra, u nosních otvorů, nad očima nebo na bradě. Tyto mozoly obývají např. velrybí vši nebo různí korýši, kteří se živí velrybí kůží. U samců se mozolnatosti vyskytují ve větší míře než u samic. U velryb grónských se mozolnatosti nevyskytují, ale je možné u nich pozorovat bílé zbarvení v oblasti brady nebo zadní ploutve, které se s věkem zvětšuje. Na špičce rostra nebo na bradě mají často několik krátkých chloupků (cca jen 1 cm). U velrybovitých je specifické, že jejich ploutve jsou podpírány pěti prsty (na rozdíl od jiných kosticovců). Dosahují velikosti kolem 16-17 metrů a hmotnosti 60-80 tun, ale velryby grónské mohou vážit i přes 100 tun a měřit 18-20 metrů. Mimo to mají Balaenidae největší hlavu ze všech kosticovců, u velryby grónské může hlava tvořit až 40 % délky těla (Wilson & Mittermeier 2014).

Plejtvákovití jsou velmi dobře rozeznatelní od ostatních kosticovců, a to především díky aerodynamickému tvaru těla a ventrálně uloženému velrybímu tuku v podobě kožních rýh, které sahají od špičky čelisti až k pupku. Kromě toho mají širokou hlavu a dorsálně posazenou malou hřbetní ploutev. Dolní čelist plejtváka obrovského představuje největší známou samostatnou kost mezi živými i fosilními obratlovci. Kromě keporkaků mají všechny velryby z čeledi Balaenopteridae relativně krátké a štíhlé prsní ploutve, které jsou podpírány čtyřmi prsty (palec je zcela redukován). Naproti tomu keporkak se pyšní extrémně dlouhými (25-33 % celkové délky těla), bíle zbarvenými a zaoblenějšími ploutvemi, které jsou, stejně jako u ostatních, čtyřprsté (Wilson & Mittermeier 2014). Navíc má keporkak na přední hraně prsních ploutví řadu velkých výčnělků, které mu umožňují vysokou manévrovatelnost během krmení (Berta et al. 2005). Co se velikosti těla týče, našli bychom mezi plejtváky značné rozdíly. Od plejtváka obrovského, největšího tvora planety, po plejtváka malého měřícího „pouhých“ 7 metrů. Již novorozenec plejtváka obrovského měří 6-7 metrů a váží zhruba 2-3 tuny. Keporkak se řadí spíše mezi středně velké velryby se svou délkou cca 17 metrů a váhou kolem 34 tun.

Kaudální ploutev má zřetelný středový zářez a zašpičatělé konce, u plejtváka obrovského může ploutev v průměru dosahovat až 7 metrů (Wilson & Mittermeier 2014).

Velrybka malá z čeledi Neobalaenidae je sice nejmenším druhem kosticovců, ale za to patří ke kytovcům s nejvyššími počty žeber (až 18). V zadní části hrudníku jsou žebra velmi široká a plochá. Lebka velrybky je značně klenutá a z horní čelisti visí dlouhé úzké kosticové pláty. U mladistvých není čelist tak klenutá, jelikož jejich kostice jsou krátké, ale po odstavu (cca v 5 měsících) se délka kostic rychle zvětšuje. Ve srovnání s velrybovitými je tvar hlavy Neobalaenidae zúženější směrem dopředu a nenajdeme zde žádné mozoly. Na rozdíl od plejtvákovitých nemají roztažitelné tukové drážky na ventrální straně krku. Hřbetní ploutev tvoří asi 3-6 % celkové délky těla a leží zhruba ve 2/3 těla. Prsní ploutve jsou poměrně krátké a úzké a jsou využívány spíše k manévrování než k pohonu. Šířka zadní ploutve je 24-29 % celkové délky těla, což je podstatně méně než u velrybovitých (Wilson & Mittermeier 2014).

Plejtvákovec šedý váží mezi 14-35 tunami. Má štíhlejší tělo než Balaenidae, ale zavalitější než většina Balaenopteridae. Samice dosahují velikosti kolem 14 metrů, samci jsou o něco menší (13 metrů). Největší zaznamenaná samice měřila 1530 cm a největší samec 1460 cm. Plejtvákovci nemají výrazný pohlavní dimorfismus, ale pohlaví lze určit na základě vzdálenosti mezi genitáliemi a anusem, kdy u samců je tato vzdálenost větší. Barva kůže se pohybuje v různých odstínech šedé s bělavými skvrnami, které bývají napadeny tzv. „velrybími vešmi“ (*Cyamus scammoni, Cyamus kessleri, Cyamus ceti*). Mají podlouhlou, trojúhelníkovitou hlavu a stejně jako u ostatních kosticovců, dorzálně umístěné dva nosní otvory. Kosticové pláty jsou hrubé, krémově až bledě žlutě zbarvené. Na ventrální straně krku je umístěno 2-7 krátkých, podélných drážek. Plejtvákovcům chybí hřbetní ploutev, místo toho však mají v zadní části těla umístěn typický hrbol následovaný 6-12 výrůstky. Prsní ploutve jsou poměrně krátké se zaoblenými okraji a podobně jako Balaenidae mají pět prstů. Široká zadní ploutev měří v průměru 3-3,5 metru (Wilson & Mittermeier 2014).

3.4.1 Adaptace kostry

Lebka kytovců je tzv. teleskopická, což znamená, že se maxilární a premaxilární kost posunula více směrem dozadu, čímž došlo k posunutí nosních otvorů, prodloužení rostra a zkrácení mozkovny. Řada lebečních kostí se překrývá. Kosticovci mají celou obličejovou oblast lebky rozšířenou a jejich rostrum je klenuté. V závislosti na druhu a délce kostic se vyznačují různým stupněm rostrální klenby. Zatímco Balaenopteridae mají pouze mírně klenuté rostrum, pro Balaenidae, vzhledem k jejich extrémně dlouhým kosticím, je typické značně klenuté rostrum (Berta et al. 2005).

Páteř kytovců neobsahuje sakrální oblast (křížovou kost), protože jim chybí pletenec dolní končetiny. Hranice mezi krčními, hrudními, bederními a kaudálními obratli je jasně stanovena podle přítomnosti žeber (hrudní obratle) a chevronových kostí (kaudální obratle) vytvářející hemální kanál, který chrání krevní cévy zásobující ocasní ploutev. Krční páteř je velmi krátká a má stejně jako u většiny savců sedm krčních obratlů, které jsou u čeledí Balaenidae a Neobalaenidae navzájem srostlé, ale u Eschrichtidae a Balaenopteridae ne. Počty ostatních obratlů se liší v závislosti na druhu. Hrudní kost kosticovců je extrémně malá v porovnání s ozubenými a je k ní vazem připojen pouze první pár žeber (tzv. pravá žebra u

Mysticeti chybí). Kromě toho první pár žeber nemá hlavu (výjimku tvoří plejtvákovec šedý) (Berta et al. 2005). Chybí jim klíční kost. Loket, který je nepohyblivý, se nachází těsně u těla a viditelná část přední končetiny se tak skládá výhradně z předloktí a ruky. Přední končetina se pohybuje pouze v ramenním kloubu a její kosti jsou výrazně zkrácené. Unikátní je i tím, že obsahuje neobvykle velký počet článků prstů, ale pouze v případě druhého a třetího prstu. Na rozdíl např. od sirén nemají žádný náznak nehtů. Mají silně redukovanou pánev, kterou tvoří jen několik pozměněných a zmenšených pánevních kostí. Tyto kosti nejsou nijak spojené s páteří a jsou uložené ve viscerálním svalstvu (Berta et al. 2005). Zadní končetiny jsou založeny pouze rudimentálně (Špinar & Burian 1984).

Během evoluce došlo k radikální změně od paraxiální pozemské lokomoce k axiální vodní lokomoci. Při plavání slouží flexibilní osa jako pohonná jednotka, je zdeformovaná do tvaru vlny, která se kaudálně pohybuje rychleji než se tělo pohybuje skrz vodu. Přední hrudní obratle nesou obvykle zygopofyzální klouby a dvojitá žebra. U zadních hrudních obratlů se klouby zmenšují a žebra mohou být jednoduchá nebo postrádají sternální spojení. Kaudálním směrem je trup složen z dlouhé řady jemně proměnlivých obratlů. Stejně jako u většiny savců, počet krčních obratlů je sedm. Mezi obratli došlo fúzí ke snížení pohybu, což slouží ke stabilizaci hlavy. Celkový počet žeber je proměnlivý u různých druhů, cca 11-15 z toho 2-8 dvouhlavých žeber (Slijper 1936). Pevný hrudník poskytuje především ochranu hrudních orgánů, svalové a podpůrné vazby pro přední končetiny a upínají se zde silné svaly pro pohyb trupu a ocasní ploutve. Ocasní ploutev je struktura měkké tkáně složená z kožní, subkutánní, tukové a vazivové vrstvy kolem jádra husté vláknité tkáně pouze se středovou oporou obratlů (Felts 1966). Ocasní obratle jsou dobře rozpoznatelné podle rozměrů – malá délka a výška, velká šířka. (Buchholtz 2001)

3.4.2 Specifika dýchací soustavy

Vzhledem k tomu, že kytovci přijímají vzdušný kyslík a jejich předkové byli přizpůsobeni životu na souši, jejich dýchací systém prošel rozsáhlými evolučními úpravami. Jedná se především o ochranu před utonutím během ponoru, přenos a produkce zvuku pod vodou, přizpůsobení měnícímu se tlaku v různé hloubce nebo minimalizace škod způsobených změnami tlaku při ponoru (Reidenberg & Laitman 2008).

Anatomické adaptace dýchacího systému jsou viditelné již u nosních otvorů. Kromě toho, že jsou tyto otvory uzavírány chlopňovými strukturami, aby se do nich při ponoru nedostala voda, během evoluce se posunuly z přední rostrální polohy směrem na hřbet. Na rozdíl od Odontoceti, u kterých se vytvořil pouze jeden otvor, u Mysticeti se zachovaly dvě nozdry. Dýchací trakt je přizpůsoben tak, aby odolával změnám tlaku při potápění. Kostní nosní dutina je lemována poddajnými měkkými tkáněmi. Tyto nosní tkáně se mohou zvětšit (nabobtnat), aby v hloubce zaujmuly objem kolabujícího vzduchu nosní dutiny. Hrtanové (laryngeální), průdušnicové (tracheální) a průduškové (bronchiální) dýchací cesty jsou posíleny kruhovými prstencovými chrupavkami, které se mohou během potopení částečně deformovat a při vynoření se znovu otevřou (Reidenberg & Laitman 1987; Cozzi et al. 2005). V hloubce je vzduch zachycen v kolabujících alveolárních prostorech plic, ale svaly obklopující plicní sklípky a pružnost terciálních průdušek vyztužených chrupavkou pomáhají tyto prostory při výstupu znovu otevřít (Ninomiya et al. 2005). Skládací hrudní koš umožňuje hrudní kompresi,

což napomáhá zmenšovat plicní objem v různé hloubce (Boyd 1975; Falke et al. 1985; Ridgway & Howard 1979).

Další zásadní změnou je redukce nebo úplná absence paranasálních dutin. Dutiny s kostěnými stěnami by pro potápějící se kytovce představovaly riziko. Pokud by se dutina nemohla smršťovat a rozšiřovat, pod neustále se měnícím tlakem by mohlo dojít až k rozlomení lebky. Ačkoliv mají kytovci lebku bez kostěných paranasálních dutin, vyvinuly se u nich tzv. vzdušné vaky, které mají podobné funkce (Reidenberg & Laitman 2008). Tyto vaky jsou připojeny k dýchacím cestám, ale zůstávají mimo lebku. Kosticovci mají jeden pár pterygoidních vaků, které se nalézají na ventrální straně lebky a jsou složeny z několika vzduchových vaků připojených k dutině středního ucha (Rauschmann et al. 2006). Pterygoidní vaky bývají velmi velké a jsou zřejmě lemovány složitou cévní sítí (Cranford et al. 2008b). Dále bychom u kosticovců našli jeden nepárový velký laryngeální vak umístěný ventrálně ve středové linii hrtanu (Reidenberg & Laitman 2007). U ozubených velryb se kromě zmíněných vaků ještě vyvinuly vaky nosní, které kosticovci nemají.

Zdá se, že kytovci využívají vaky jako rezervoár nebo čerpadlo k umožnění pohybu vzduchu, čímž zvýší okysličení v plicích. U většiny savců dochází k výměně plynů pouze v plicních alveolách a vzduch zachycený v mrtvém prostoru (horní dýchací cesty, průdušnice, průdušky) nemůže být extrahován a podílet se tak na okysličení krve. Stejně jako ostatní savci mají kytovci jeden pár plic se společným vstupem/výstupem, ale obdobně jako ptáci změnili tok vzduchu, čímž snížili mrtvý prostor dýchacích cest. Dýchací svaly, které pokrývají i vzduchové vaky, pumpují vzduch mezi plícemi a vaky a míchají vzduch zbavený kyslíku z plic se vzduchem bohatým na kyslík zachycený v mrtvém prostoru horních dýchacích cest, průdušnic, průdušek a vzduchových vaků. Tento proces poskytuje plicím více kyslíku během zadržení dechu při potopení a umožňuje velrybám šetřit a recyklovat vzduch. Vzduchové vaky pravděpodobně nijak významně nepřispívají ke zvlhčování. Zvlhčování totiž není pro velryby příliš podstatné, jelikož vdechovaný vzduch na povrchu vody již vlhký je (Reidenberg & Laitman 2008).

Kromě respirační funkce plní vaky i funkci vokální. Slouží ke zvýšení hlasové rezonance a pomáhají generovat zvuky pod vodou. Pro produkci zvuku ve vodním prostředí je důležité především udržení proudění vzduchu v uzavřeném prostoru, využití omezeného množství vzduchu a samozřejmě záleží také na změnách objemu vzduchu souvisejících se změnou hloubky. Pružné stěny vzdušných vaků umožňují proudění vzduchu z vysokotlaké oblasti stlačujících se plic do nízkotlaké oblasti rozpínajících se vaků. Ačkoliv mají kytovci omezené množství vzduchu s každým nádechem, cirkulace mezi plícemi a vaky jim umožňuje toto množství opakovaně používat a tím i mnohonásobně vokalizovat pod vodou (Reidenberg & Laitman 2008).

3.4.3 Smysly

Oko vodních savců má specifické adaptace jak na podvodní, tak vzdušné vidění. Sítnice je podobná jako u nočních suchozemských savců, protože obsahuje především tyčinky a menší počet čípků (v poměru k tyčinkám asi jen 1 %), ale může dojít i ke zbytkovému barevnému vidění. Typické rysy pro všechny kytovce jsou např. silné oční bělmo (zejména u kosticovců),

výrazně zahuštěná rohovka, vysoce vyvinutá cévnatka a *rete mirabile* (cévní síť). Všechny tyto struktury se podílejí na ochraně oka před chladem a mechanickým poškozením pod vodou. Tvar oční bulvy je také výrazně pozměněn. Zatímco u suchozemských savců je většinou kulovitá, u kytovců dochází k podstatnému zploštění předního segmentu. Osová délka oční bulvy je tak kratší než její průměr. Rohovka je mnohem silnější než u většiny suchozemských savců, ale její tloušťka není jednotná. Na okrajích je rohovka silnější než uprostřed (Mann 1946; Dawson 1980; Pardue et al. 1993; van der Pol et al. 1995). Vnější povrch má menší zakřivení než ten vnitřní a rohovka tak pod vodou působí jako slabá rozbíhající se čočka (Kröger a Kirschfeld 1992 , 1993 , 1994 ; van der Pol et al. 1995). U suchozemských savců je hlavní refrakční jednotkou vnější povrch rohovky, u kytovců však rohovka nehraje velkou roli při lomu světla. Lom světla a zaostření obrazu na sítnici v podstatě provádí čočka (Sivak 1980). Čočka má téměř sférický nebo jen mírně eliptický tvar, což poskytuje dostatečnou refrakční sílu k zaostření obrazu na sítnici. Kulovitý tvar vedl ke ztrátě akomodačního mechanismu (změna tvaru čočky řasnatým tělesem) (Mass & Supin 2007).

Přizpůsobení oka pro vidění pod vodou je viditelné i na zornici a duhovce. Během vynořování a potápění zpět pod vodní hladinu dochází k velkým a rychlým změnám jasu, proto je potřeba, aby zornice reagovala na širokou škálu osvětlení a mohla tak přizpůsobovat svůj tvar. Při nízkém osvětlení je zornice kulatá, popř. mírně eliptická, ale s rostoucím světlem se podobá písmenu „U“ (Herman et al. 1975; Dawson et al. 1979). Kytovci, ale především kosticovci mají dobře vyvinuté tapetum lucidum, které je tvořeno extracelulárními kolagenovými vlákny. Tapetum pokrývá minimálně horní dvě třetiny fundusu (oční pozadí), ale u některých velryb ho pokrývá celý, což je mezi savci jedinečné (Waller 1984).

Gangliové buňky jsou v sítnici savců rozmístěny nerovnoměrně. Oblasti s vysokou koncentrací těchto buněk poskytují nejlepší a nejpodrobnější zpracování vizuálních obrazů. Tato místa na sítnici jsou z velké části avaskularizovaná, aby nedocházelo k zastínění krevními cévami, ale u kytovců se tato avaskulární nebo málo vaskularizovaná oblast nevyskytuje, a proto se po dlouhou dobu předpokládalo, že kytovci zkrátka nemají místa s vysokou koncentrací gangliových buněk (Dawson et al. 1987 a). Na základě výzkumů topografie sítnice však bylo zjištěno, že zatímco suchozemští savci mají jednu oblast s vysokou hustotou těchto buněk, u kytovců se vyskytují dokonce dvě takové oblasti. Tyto studie byly prováděny především na jedincích z podřádu Odontoceti (např. Dral 1983; Mass & Supin 1986; Mass & Supin 2002), ale topografie sítnice byla prozkoumána i u dvou druhů Mysticeti: *Eschrichtius robustus* (Mass & Supin 1997) a *Balaenoptera acutorostrata* (Murayama et al. 1992 a, b). Existence dvou míst s vysokým rozlišením může do jisté míry kompenzovat omezenou pohyblivost hlavy u kytovců. Při nízké pohyblivosti hlavy by jedna oblast s vysokou koncentrací buněk umožňovala zvířeti kontrolovat jen omezenou část okolního prostoru, zatímco dvě tato místa na sítnici mohou poskytnout téměř panoramatické vidění (Mass & Supin 2007) (viz příloha č. 4, obrázek č. 7).

Kromě očí se na mořské prostředí museli adaptovat také uši a s nimi i sluch. Viditelnými změnami prošlo především vnější a střední ucho, a to nejen u kosticovců, ale u všech mořských savců. Všechny tyto změny souvisejí s hlubokým, rychlým a dlouhodobým ponořením. Přes veškeré speciální adaptace si však zachovali vzduchem naplněné střední ucho i stejné základní utváření vnitřního ucha jako je u suchozemských savců (Wartzok & Ketten 1999).

Chybí jim ušní lalůček, ale mají vnější sluchové kanály, u kterých není jasné, zda jsou funkční. Sluchové kanály neboli zvukovody kosticovců jsou úzké se zesílenou membránou uzavřenou voskovitou zátkou a nejsou spojeny s ušním bubínkem (Reysenbach de Haan 1956). Kůstky středního ucha jsou velké a liší se tvarem i tuhostí. Jak bylo již výše zmíněno, střední ucho je vyplněno vzduchem, ale také měkkou tkání. Kosticovci mají širokou, tenkou a elastickou bazilární membránu, což přispívá k jejich nízkofrekvenčnímu sluchu. Infrazvukové signály, v rozsahu 10-16 Hz, byly zdokumentovány např. u *Balaenoptera musculus* (Cummings & Thompson 1971; Edds 1982) nebo *Balaenoptera physalus* (Watkins et al. 1987). Mají mnohem větší sluchový nerv a více nervových buněk spojených se sluchem než suchozemští savci, ale méně než jejich sesterská skupina Odontoceti (Wartzok & Ketten 1999).

Zatímco u ozubených velryb došlo ke ztrátě čichu, kosticovci si zachovali malé, ale funkční čichové orgány, i když jim poměrně velká část čichových receptorů chybí. Stejně jako u suchozemských savců se čichové nervy soustřeďují v nosních dutinách. Nosní dírky zůstávají při potápění naplněné vzduchem a jsou chráněny před vniknutím vody, což znamená, že velryby mohou používat čich pouze nad vodou. Kosticovcům chybí dorzální doména čichového bulbu, která je zodpovědná za vyhýbání se pachům predátorů a zkažených nebo nepoživatelných potravin. Čichový bulbus tvoří zhruba 0,13 % hmotnosti mozku. Thewissen et al. (2011) zjistili, že asi 51 % genů čichových receptorů není poškozeno, což naznačuje, že jejich čich je zřejmě lépe vyvinutý než u mikrosmatických savců, jako jsou např. lidé. Svůj čich pravděpodobně využívají při hledání potravy (Thewissen et al. 2011).

Co se týče chuti, má se za to, že všichni kytovci ztratili funkční receptory pro sladkou, hořkou a tzv. umami chuť („pátá chuť“). Celkově toho o chuti i čichu Mysticeti je známo jen velmi málo, jelikož zkoumat chemosenzorické schopnosti v kontrolovaném prostředí je v podstatě nemožné (Kishida et al. 2015).

Kůže kosticovců se vyznačuje absencí žláz (mazových, potních) a chlupů, s výjimkou několika hmatových chlupů (obdobné štětinám) vyskytující se v oblasti kolem úst, které zřejmě hrají roli při hledání potravy (Berta et al. 2005). Nejcitlivější hmat mají kosticovci v oblasti nozder, tedy na hřbetu. Jinak se hmatová citlivost zdá být dostačující k poskytnutí senzorického signálu, ale jak se aferentní a eferentní dráhy spojují a fungují není zatím známo.

3.5 Kostice a způsob krmení

Na rozdíl od většiny savců nemají Mysticeti zuby, ale tzv. kostice: keratinózní hřebenovitá filtrační struktura, která vyrůstá z horní čelisti (Karlsen 1962). Předkové kosticovců, archaické velryby, však vlastnily dobře vyvinutý heterodontní chrup. V současné době existují tři hypotézy o tom, jak velryby přešly z ozubeného stavu ke kosticím. První naznačuje, že archaické velryby používaly svoje zuby k filtrování potravy podobně jako tuleň krabožravý (*Lobodon carcinophaga* Hombron & Jacquinot, 1842) nebo tuleň leopardí (*Hydrurga leptonyx* de Blainville, 1820) a postupem času se u nich vyvinuly kostice (Geisler et al. 2017). Druhá hypotéza, která v podstatě vyplývá z první, předpokládá období, během něhož kostice i zuby fungovaly vedle sebe (Deméré et al. 2008). Poslední hypotéza navrhuje, že raptoriální kosticovci přešli nejprve k sání, čímž došlo ke ztrátě zubů a usnadnilo to vznik kostic (Marx et al. 2016).

Vůbec nejprozkoumanějšími skupinami, co se shánění, techniky pohlcování a filtrování potravy týče, jsou čeledi Balaenidae a Balaenopteridae. Zatímco Balaenidae pohlcují potravu při nízké rychlosti (<1 m/s), Balaenopteridae pohlcují kořist při vyšší rychlosti (2-5 m/s), čímž dochází k větším energetickým výdajům. Vzhledem k těmto rozdílům byl způsob pohlcování a filtrace krmiva u Balaenidae klasifikován jako mořská pastva (Hazen et al. 2015), kdežto u Balaenopteridae je spíše dravější povahy (predátor vs kořist) (Potvin et al. 2010).

Ačkoliv se mechanismus plynulého nárazového krmení u Balaenidae liší od ostatních velryb (Werth 2004), je v mnoha ohledech podobný jako u jiných mořských obratlovců, např. žraloků velrybích nebo mant (Motta et al. 2010). Balaenidae plavou pomalu s otevřenými ústy a zavírají je jen občas, aby odfiltrovaly vodu skrz kostice (Wilson & Mittermeier 2014). Plankton pohlcují u hladiny nebo i v jiných úrovních vodního sloupce (Simon et al. 2009; Parks et al. 2012), popř i u mořského dna. Kostice u velrybovitých jsou pozoruhodné svou extrémní délkou, s deskami přesahujícími více než 4 metry, a jejich velmi jemnými třásněmi s průměrem <0,25 mm (Lambertsen et al. 2005). Díky velmi jemným kosticím jsou schopni pohlcovat vůbec nejmenší kořist ze všech kytovců (cca 3-5 mm dlouhou). Živí se zooplanktonem, především klanonožci a dalšími korýši. Také ryby mohou být příležitostně přijímány během krmení. Za celý den zkonzumují přibližně 500 kilo potravy (Wilson & Mittermeier 2014). Mezi typické znaky u velrybovitých patří nápadná středová mezera mezi pravým a levým kosticovým plátem, vysoké klenuté rostrum, velké půlkruhové rty a drážka mezi rty a kosticovými pláty. Všechny tyto znaky přispívají k nepřetržitému proudění vody skrz ústa, která slouží také k termoregulaci, kdy velké množství studené vody protéká přes vysoce vaskularizovaný palatální orgán (Ford et al. 2013). Data od označených Balaenidae dle Simon et al. (2009) odhalila krmení v hloubce 100 metrů, 15 – 20minutové ponory s 2 - 3minutovými krátkými přestávkami.

Na rozdíl od plynulého jednosměrného krmení a filtrace s nízkou rychlostí u velrybovitých, vykazují plejtvákovití vysokorychlostní přerušovaný mechanismus krmení. Mimořádná pohlcovací schopnost je umožněna pomocí specifických morfologických znaků. Pohlcovací ústrojí se skládá z prodloužené lebky (Goldbogen et al. 2010), ventrálních drážek, které lemují orofaryngeální dutinu (Orton & Brodie 1987) a pohyblivého jazyka. Živí se planktonními korýši (různonožci, klanonožci, krunýřovky) a malými rybami (sardinky, sledě, makrely). Plejtvákovití tráví téměř polovinu roku krmením a budováním zásob v letních

krmných oblastech a druhou polovinu roku půstem v zimních chovných oblastech. Energie, kterou využívají přes zimu, pochází z velrybího tuku, což je specializovaná tuková tkáň, která se nachází mezi pokožkou a spodními svalovými vrstvami. Hlava Balaenopteridae představuje asi 22-25 % z celkové délky těla. Plejtvákovití výrazně zvětšili objem své ústní dutiny, což je umožněno řadou anatomických prvků, např. velkým pohyblivým jazykem, velrybím tukem v podobě ventrálních drážek, které sahají od brady k pupku, nebo velmi pohyblivými temporomandibulárními a čelistními klouby, které umožňují vysoký stupeň pohyblivosti dolní čelisti. Během jednoho výpadu, který může trvat pouhých šest sekund, se ústní dutina plní rychlostí 20 m^3/s, nakonec pojme až 70 000 litrů mořské vody a více než 10 kg kořisti. Při plném roztažení překrývá ventrální hrdelní vak až 60 % celkové délky těla. U plejtváka myšoka dochází v závislosti na hloubce ke třem až šesti výpadům během jednoho 15minutového ponoru (Wilson & Mitttermeier 2014).

Krmení v noci se uskutečňuje v menší hloubce, kdy má kořist tendenci stoupat k povrchu a je rovnoměrněji rozložená ve vodním sloupci, z čehož vyplývá, že plejtváci mají sice více času na shánění potravy a provedou více výpadů během ponoru, ale nepřijmou tolik potravy. Během dne se krmení uskutečňuje ve větších hloubkách, kde je kořist více koncentrovaná. Při denním krmení mají plejtváci méně času na shánění potravy a neprovedou tolik výpadů na ponor, ale vzhledem ke koncentraci pohltí mnohem více kořisti, což vede k vyššímu průměrnému kalorickému příjmu (Wilson & Mittermeier 2014). Pozoruhodná strategie krmení se vyvinula u keporkaků. Při krmení malými rybami (např. sleď) totiž vytvářejí tzv. bublinový mrak, který má v průměru cca 10 metrů. Jde v podstatě o stoupající bubliny vydechovaného vzduchu, čímž vznikne jakási clona, která slouží ke zmatení a shlukování kořisti a tím i k účinnějšímu krmení. Během tohoto způsobu krmení dochází mezi keporkaky ke spolupráci. Zatímco jeden člen skupiny vytváří bublinový mrak, ostatní se mohou ponořit pod skupinu ryb a pohlcovat ji zespodu (Berta et al. 2005).

Složení potravy a způsob filtrace velrybky malé (*Caperea marginata*) z čeledi Neobalaenidae není zatím dobře prostudovaný. Velrybka má dlouhé a úzké kosticové pláty umístěné po obou stranách horní čelisti. Třásně vyrůstající z vnitřní strany jsou velmi dlouhé a jemné. Hustota třásní je srovnatelná s mladými druhy velrybovitých (dospělí mají asi 40-50 třásní/cm). Průměr kostic je většinou menší než u ostatních kosticovců. Vzhledem k podobnosti s Balaenidae bude pravděpodobně strava velrybky zahrnovat velkou část klanonožců. Neobalaenidae nemají roztažitelné drážky na ventrální straně krku, takže i způsob krmení se bude zřejmě podobat spíše čeledi Balaenidae než Balaenopteridae (Wilson & Mittermeier 2014).

Plejtvákovci šedí se pasou v relativně mělké vodě (50 metrů i méně). Dospělý plejtvákovec zkonzumuje asi 1200 kg potravy za den po dobu 180 dní. Během zimy se moc nekrmí a můžou tak ztratit až 30 % tělesné hmotnosti. Spoléhají se na lipidy uložené v jejich těle a velrybí tuk jako na primární zdroj energie. Největší náklady představuje kojení, proto březí samice zvyšují svou hmotnost o 25-30 % během letního krmení. Vodu získávají z potravy, popř. metabolismem tělesného tuku. Plejtvákovci se krmí tzv. sáním. Při hledání kořisti žijící v měkkém mořském dně, se plejtvákovec natáčí na bok a plave pomalu těsně nad dnem, přičemž pomocí zvětšené jazylky a svalnatého jazyka nasává potravu, vodu a sediment. Následně vodu a sediment vypudí a kořist se zachytí na vnitřní straně hrubých kostic. Primární

bentická kořist zahrnuje různonožce, červi a mlže. Během krmení zanechávají plejtvákovci na mořském dně typické krmné jámy, které jsou zhruba tři metry dlouhé a půl metru hluboké. Kromě pastvy na mořském dně jsou však schopni pohlcovat i pohyblivou kořist jako např. plovoucí korýše (krevety) nebo menší ryby (ančovičky a sardinky). Mimo to přijímají i některé rostliny (řasy nebo mořskou trávu), což činí plejtvákovce částečnými býložravci (Wilson & Mittermeier 2014).

3.6 Způsob komunikace kosticovců

Zvuk se ve vodě šíří asi pětkrát rychleji než ve vzduchu. Velryby používají ke komunikaci a identifikaci často nízkofrekvenční zvuky. Nízkofrekvenční zvuky jsou vhodné pro komunikaci na dlouhé vzdálenosti, jelikož zeslabují mnohem pomaleji než vysokofrekvenční zvuky. Obvykle se pohybují v rozmezí 30–100 Hz. Některé druhy využívají i tzv. infrazvuk pohybující se kolem 15-20 Hz. Oproti ozubeným nemají kosticovci schopnost echolokace (Berta et al. 2005).

Dlouhou dobu se předpokládalo a mylně uvádělo, že Mysticeti nemají hlasivky (např. Quayle 1991). Odontoceti mají komplexní systém nosních vzdušných vaků (Mead 1975) a tukových tkání (Au et al. 2006), které generují a upravují zvuk. Kosticovci však tyto struktury nemají, a ikdyž se odhadovalo, že k produkci zvuku dochází pouze v jejich hrtanu (Purves & Pilleri 1983), mechanismus vokalizace zůstával stále záhadou. Až na základě studie objevili Reidenberg & Laitman (2007) v hrtanu kosticovců struktury homologní s hlasivkami suchozemských savců. Mysticeti mají v lumen hrtanu záhyb ve tvaru písmene U (tzv. U-fold), který se zdá být homologní s hlasivkami na základě podobnosti orientace, připojení, pohybů chrupavky, inervace a přítomnosti hlasového vazu. Na rozdíl od terestriálních savců, u kterých leží hlasivky kolmo k ose hrtanu a průdušnice, u kosticovců leží jejich „hlasivky“ rovnoběžně s osou hrtanu a průdušnice (posun o 90°), tedy rovnoběžně i s prouděním vzduchu. Struktura i poloha hrtanu je také obdobná jako u suchozemských savců. Rostrální část hrtanu leží pod základnou lebky a kaudální část je umístěna u hrudního vstupu. Přechod v poloze hrtanu od subkraniální po nitrohrudní souvisí s výrazně stlačenými (příp. srostlými) krčními obratli, a tím i malým skoro žádným krkem u kosticovců. Hrtan se skládá ze tří nepárových chrupavek (příklopka hrtanová, štítná chrupavka, prstencová chrupavka) a dvou párových chrupavek (hlasivková, corniculata) (Reidenberg & Laitman 2007).

Pohyby hlasivek (U-fold) mohou řídit proudění vzduchu, čímž dochází k vibracím a generování zvuku. Na produkci zvuku se podílí i laryngeální vak, který slouží jako rezonanční prostor a je zodpovědný za úpravu i přenos zvuku. Může totiž ovlivňovat frekvenci a amplitudu prostřednictvím objemu vzduchu a napětím stěn. Rozsáhlé svalstvo obklopující laryngeální vak umožňuje rychlé a silné vytlačení vzduchu z vaku do jiných dýchacích prostor. Díky recyklaci vzduchu se nemusí velryby při každé jednotlivé vokalizaci vynořovat, aby se nadechly (Reidenberg & Laitman 2007).

Komunikace může být akustická, vizuální nebo hmatová (např. matka a potomek). Akustickou komunikaci využívají kosticovci k udržení kontaktu mezi jednotlivci a vyhledávání dalších jedinců či skupin. Zvuky mohou sloužit i k vyjádření hrozby. Hlavními důvody komunikace kosticovců jsou však shlukování krmících se skupin a páření. Vokalizace velrybovitých zahrnuje sténání, výkřiky, kontaktní volání nebo krátké nárazové zvuky přirovnávané k výstřelu. Většina zvuků je produkována pod 500 Hz, ale někdy se mohou pohybovat i okolo 2000 Hz. U velryb grónských jsou známá i dlouhá samčí volání nebo písně, přičemž některé zvuky dosahují až 3500 Hz. Jejich písně se skládají z několika typů volání. Každým rokem se mění a liší se i mezi populacemi (Wilson & Mittermeier 2014).

Zvuky vydávané plejtvákovci šedými se pohybují obvykle v rozmezí 100-1600 Hz. Při ohrožení (konfrontace zvuky predátorů nebo neznámými zvuky) reagují tím, že přestanou produkovat veškerý zvuk a splývají s okolním hlukem. Mimo chovné oblasti samice s mláďaty často plavou v blízkosti pobřežních řas a chaluh, o nichž se předpokládá, že poskytují akustický úkryt před detekcí predátorů, jako jsou kosatky dravé (Wilson & Mittermeier 2014). O komunikaci velrybky malé není známo mnoho informací. Produkovaný zvuk se pohybuje v rozmezí 60-120 Hz. V porovnání s jinými kosticovci produkuje poněkud podobné, ale jednodušší zvuky (Wilson & Mittermeier 2014).

Plejtvákovití (zejména plejtvák obrovský a plejtvák myšok) často produkují infrazvuk (kolem 10-20 Hz), který je pro člověka neslyšitelný. Kromě toho ale vydávají i další zvuky jako cvakání, pískání, pištění, vřískání, skřehotání, bručení, sténání nebo kvílení. Mnohé z těchto hlasových projevů lze klasifikovat jako písně nebo volání. Zatímco volání jsou spíše jednotlivé krátkodobé zvuky vydávané v nepravidelných intervalech, písně jsou dlouhé sekvence strukturovaných vokalizací, které obsahují omezený počet zvuků vydávaných v pravidelných intervalech. Keporkak je vůbec nejhlasitějším druhem plejtvákovitých (Wilson & Mittermeier 2014).

Fascinující písně keporkaků jsou produkované především dospělými samci během námluv. Jejich písně jsou v chovných oblastech dlouhé, akusticky složité a liší se u jednotlivých populací po celém světě. Každá píseň trvá zhruba 10-15 minut, ale může se opakovat i celé hodiny. Vždy se skládá z několika témat, frází a subfrází. Struktura písní se v průběhu času postupně mění, přičemž změny nastávají hlavně v četnosti a době trvání (Payne et al. 1983). Písně hrají důležitou roli v reprodukci (podobně jako u ptáků). Slouží jednak k identifikaci druhu a pohlaví, a jednak i k lokalizaci nebo značí připravenost k páření a odhodlanost soupeřit s ostatními samci (Tyack 1981). Zpěv byl ovšem zaznamenán i v letních krmných oblastech. Zdejší písně byly v podstatě zkrácenými verzemi těch z chovných oblastí (Berta et al. 2005). Zajímavé je, že všichni samci v dané chovné oblasti zpívají stejnou základní píseň ve dne i v noci, která se v průběhu rozmnožovací sezóny různě vyvíjí s přidáváním nových veršů. Samci používají písně zejména k přilákání samic. Herman et al. (2013) na základě výzkumu zjistili, že zpívají všichni samci (nejen ti pohlavně dospělí) kromě novorozenců nebo ročních jedinců. Toto chování je často označováno jako mutualismus, jelikož zpěv více samců vytvoří lepší akustický signál, čímž přiláká i větší počet samic. Výhoda pro pohlavně dospělé samce spočívá ve vyšší pravděpodobnosti spářit se. Pohlavně nezralí samci mají výhodu do budoucna, tímto způsobem se totiž učí a procvičují struktury písní, mimo to se budou i úspěšněji orientovat v sociálním systému. U jiných druhů písně nejsou tak složité.

Za další způsob komunikace jsou považovány i různé fyzické aktivity velryb na hladině vody (nevokální komunikace), jako např. vyskakování do vzduchu, plácání ploutvemi o hladinu vody nebo tzv. „lobtailing“ neboli údery zadní ploutví o hladinu vody. Tyto zvuky jsou slyšet stovky metrů pod vodou. Nevokální projevy komunikace jsou v chovných oblastech prováděny zejména samci soupeřícími o samice. Na druhou stranu v krmných oblastech jsou využívány k vyděšení a seskupení kořisti, aby bylo usnadněno její požití. Fyzické projevy zahrnují i interakce mezi samci a samicemi a slouží k námluvám. Jde např. o tření nebo dotýkání se prsními ploutvemi nebo o doprovázení samice samcem. Většina těchto fyzických (hmatových) projevů byla pozorována u keporkaků (Wilson & Mittermeier 2014).

3.7 Reprodukce kosticovců

3.7.1 Samčí pohlavní soustava

Varlata jsou umístěna, stejně jako u všech kytovců, v břišní dutině mírně za ledvinami. Jsou podlouhlého válcovitého tvaru, v průřezu oválná nebo kulatá. Poměr hmotnosti varlat k tělesné hmotnosti kosticovců je velmi vysoký. Např. u Balaenidae mohou varlata vážit až 900 kg, což představuje téměř 10 % jejich tělesné hmotnosti (Atkinson 2002). Ve varlatech se tvoří spermie, které dále postupují do nadvarlat. Ocas nadvarlete je rezervoárem spermií a zde také spermie dozrávají. Jedinou přídatnou žlázu tvoří prostata, jež obklopuje urogenitální kanál a produkuje sekret, který vyživuje spermie. Kytovci nemají pyjovou kost. Penis je v klidovém stavu zcela ukrytý v břišní dutině (viz příloha č. 5, obrázek č. 8). Fibroelastický penis, který může měřit 2,5-3 metry a v průměru má cca 30 cm (Slijper 1966), je vztyčen za pomoci svalových vláken (natahovač pyje), nikoliv vazodilatací. Při ztopoření tedy penis nenabývá ani délky ani objemu. Vzhledem k pohlavnímu dimorfismu mezi samci a samicemi u kosticovců je jediným nápadným vnějším rozdílem vzdálenost mezi anální a genitální štěrbinou, která je u samců větší a tvoří asi 10 % délky těla (Berta et al. 2005).

3.7.2 Samičí pohlavní soustava

U samic se zdá být genitální štěrbina spojitá s anální štěrbinou a po obou stranách genitální štěrbiny je uložena mléčná žláza (viz příloha č. 5, obrázek č. 9). Kanálky mléčné žlázy se shlukují do jedné bradavky na každé straně a v klidovém stavu jsou uloženy v kožním pouzdře (Yablokov et al. 1972). V břišní dutině jsou uloženy dva vaječníky, které jsou poměrně obnažené, v porovnání s ozubenými kytovci, kde jsou vaječníky kryty vyvinutými vaječníkovými váčky. Vaječníky kosticovců jsou oválné, podlouhlé a spletité, u dospělých samic připomínají hrozen, což je způsobeno vyčnívajícími folikuly v různém stádiu dozrávání. Ve folikulech se vyvíjejí vajíčka, po jejich dozrání folikuly praskají a v místě prasknutí se vytvoří žluté tělísko, které produkuje progesteron. U kosticovců jsou oba vaječníky plně funkční a k ovulaci dochází od počátku pohlavní dospělosti. Dělohu mají všichni kytovci dvourohou. Vagina je pokryta podélnými i příčnými záhyby (Pabst et al. 1998). Tloušťka, popř. hloubka, mléčné žlázy závisí na vyspělosti a sexuálním stavu samice. Nezralá žláza je asi jen 2,5 cm silná, ale s nástupem pohlavní dospělosti se zvětší a prohloubí (Berta et al. 2005).

Březost trvá obvykle 10-13 měsíců v závislosti na druhu, např. samice plejtváka obrovského je březí 11-12 měsíců, u velrybky malé je to 10 měsíců. Většina kosticovců vykazuje víceleté reprodukční cykly (2-3 roky), přičemž mezi pářením a porodem je obvykle 1 - 2letý odstup. Pohlavní dospělost nastává v závislosti na druhu kolem 4-10 roku života. Reprodukce je řízena nervovým a endokrinním systémem. Na vaječníku dozrávají folikuly, ze kterých se uvolňují vajíčka (v případě kosticovců se obvykle uvolní pouze jedno vajíčko z ovariálního folikulu). Progesteron, produkovaný žlutým tělískem, je nezbytný pro přípravu dělohy k implantaci vajíčka, pozastavení ovulačního cyklu a k udržení březosti. Estrus se objevuje s ovulací a bezprostředně po ní, u kytovců je však estrus a páření velmi obtížné zdokumentovat (Berta et al. 2005).

3.7.3 Páření a porod

Páření i porod jsou jen velmi těžko pozorovatelné u kosticovců, má se však za to, že páření se uskutečňuje tzv. břicho na břicho. Samice rodí zpravidla jen jedno mládě, narození dvojčat je velmi vzácné. K páření i zabřeznutí dochází v teplých a chráněných vodách, kam kosticovci v zimě migrují (Best 1982). Vztah mezi migrací a reprodukčním načasováním je nejlépe popsán u plejtvákovce šedého. Mnohé studie naznačují (např. Herzing & Mate 1984; Poole 1984), že roční migrace plejtváků se uskutečňuje ve dvou překrývajících se vzorcích souvisejících s reprodukční situací dospělých samic. Každým rokem je třetina až polovina dospělých samic březích. Tyto samice začínají migraci na jih o 2 týdny dříve (Rice & Wolman 1971). Samice, které nejsou březí, migrují na jih ve společnosti dospělých samců později a zdržují se zde kratší dobu (zhruba 30 dní). V lagunách a přilehlých pobřežních oblastech si kojící samice se svými novorozenými telaty udržují odstup od ostatních jedinců (Norris et al. 1983). Laguny opouštějí samice se svými mláďaty na jaře (cca po 80 dnech) (Jones & Swartz 1984). Všichni kytovci, včetně kosticovců, se páří a rodí ve vodě. Většina kosticovců nevykazuje přetrvávající sociální chování mezi matkou a mládětem po odstavu, popř. je o tom jen velmi málo důkazů (Valsecchi et al. 2002). Celkově kosticovci nejsou zdaleka tak sociální jako jejich sesterská skupina, Odontoceti. U většiny druhů je jedinou uznávanou sociální jednotkou pár matka-mládě. Za určitých okolností však mohou vytvářet agregace o 2-6 jedincích, ačkoliv byly pozorovány i skupiny s více jak 20 jedinci (Lockyer 1981). Převážná část studovaných kosticovců je promiskuitních. Vzhledem k relativní velikosti varlat a penisu (např. u Balaenidae nebo Eschrichtidae) bude důležitým faktorem reprodukčního úspěchu konkurence spermií (Brownell & Ralls 1986). Jiné druhy však vykazují vlastnosti polygynního systému (Wells et al. 1999; Mesnick & Ralls 2002). U všech druhů kosticovců jsou samice větší než samci, což jim umožňuje se lépe přizpůsobit energetickým nákladům spojených s březostí a laktací (Clapham 1996).

Keporkak je jedním z nejprostudovanějších kosticovců, co se sociálního chování týče. Obvykle se pohybuje v malých nestabilních skupinách (Clapham 1996). Typickým znakem páření keporkaků je zpěv samců. Zpěv je provozován především v zimních chovných oblastech, ale občas se ozývá i v krmných oblastech. Během rozmnožovací sezóny se v okolí jednotlivých samic zdržují dospělí samci, kteří čekají na příležitost k páření, popř. hlídají samici po tom, co s ní kopulovali. Po kopulaci s danou samicí se samec následně snaží zabránit další kopulaci s ostatními samci (Mobley & Herman 1985; Clapham et al. 1992). Defenzivní a soutěživé chování zahrnuje údery zadní ploutví nebo používání bublinových clon či proudů. Toto agonistické chování se zvyšuje s rostoucím počtem velryb v chovné oblasti (Baker & Herman 1984). Jestli se samice spáří s více než jedním samcem během sezóny není známo, ale molekulární analýzy prokazují, že během let se páří s více samci (Clapham a Palsbøll 1997).

Většina plejtváků šedých se páří v pobřežních vodách nebo lagunách. Stejně jako u jiných kosticovců je páření promiskuitní. Dle Jones & Swartz (1984) byly zpozorovány pářící se skupiny až o 17 jedincích. Balaenidae vykazují sexuální aktivitu po celý rok, přesto jsou však porody soustředěny v zimním období. Na páření s jednou samicí se obvykle podílí více samců. Vzhledem k nízké agresivitě mezi samci lze předpokládat, že významnou roli bude hrát opět konkurence spermií (Berta et al. 2005).

3.7.4 Laktace

U všech mořských savců o mládě pečuje pouze samice a laktace je považována za energeticky nejnákladnější část reprodukce. Rozděluje se na tři hlavní strategie vyskytující se u mořských savců: 1) strategie půstu, 2) strategie shánění potravy a 3) strategie vodního ošetřování, přičemž všichni kosticovci se řadí do první skupiny. Během období porodu a kojení v chovných oblastech, které jsou obvykle chudé na potravu, se samice krmí jen velmi málo nebo vůbec. Telata jsou krmena mlékem, které je velmi bohaté na tuky (až 53 %) a rychle rostou a nabírají na hmotnosti. Obsah bílkovin v mléce se pohybuje kolem 4-14 %. Laktace může trvat 20-44 týdnů v závislosti na druhu (viz příloha č. 5, tabulka č. 1). Mláďata jsou odstavena během prvního roku života, v průběhu první migrace do krmných oblastí nebo krátce po ní (Sumich 1986a). Velryby grónské tvoří jistou výjimku z této laktační strategie. Otelí se ve vysokých zeměpisných šířkách koncem jara nebo v létě a následně se začínají opět krmit. Na rozdíl od jiných druhů kosticovců velryby grónské nemigrují do nižších zeměpisných šířek, aby porodily. Důvodem by mohla být jejich arktická adaptace, ale Corkeron & Conor (1999) předpokládali, že velryby migrují do chovných oblastí, aby se vyhnuly predaci ze strany kosatek, velryby grónské jsou však chráněny hustým ledem, přes který se kosatky kvůli svým hřbetním ploutvím nedostanou (Berta et al. 2005).

3.8 Migrace kosticovců

Migrace v podstatě představuje pohyb mezi dvěma cíli, u velryb patří vůbec k nejdelším známým pohybům mezi savci (Stone et al. 1990). Suchozemští savci migrují primárně za potravou či vodou, ale u kosticovců není nutriční odměna pokaždé považována za primární důvod migrace (Fryxell 1995; Murray 1995). Obecně jsou migrace kosticovců sezónními pohyby mezi krmnými oblastmi ve vysokých zeměpisných šířkách a chovnými oblastmi v nízkých zeměpisných šířkách. Během migrace mohou velryby urazit značnou vzdálenost, ale není zcela jasné, zda je to fyziologicky náročnější ve srovnání s nemigrací (Corkeron & Connor 1999). Giuseppe Notarbartolo di Sciara (1997) navrhl, že při migraci v přímé linii by nemusely existovat žádné dodatečné náklady na energii ve srovnání s cestováním mnoha směry. Průměrná migrační rychlost u dvou nejprostudovanějších druhů, keporkaka a plejtvákovce šedého, je kolem 4-5 km/h (Mate & Harvey 1984; Mate et al. 1998).

Brodieho hypotéza (1975) tvrdí, že jsou energetické náklady kosticovců optimalizovány migrací do teplých vod během zimy, kdy je nedostatek kořisti a velmi nízké teploty v polárních vodách. Jiné studie však tuto hypotézu nepodporují a naznačují, že u většiny velryb k optimalizaci nákladů během migrace nedochází (Lavigne et al. 1990; Ryg et al. 1993; Watts et al. 1993). Roku 1987 navrhl Evans, že migrace je v podstatě jenom pozůstalostní chování z minulé éry, kdy byly kontinenty blíže k sobě. Tato hypotéza však byla zamítnuta na základě pozorování, při kterém bylo zjištěno, že někteří jedinci migrujících druhů nemigrují každý rok. Payne (1995) naznačil, že velryby mohou zkrátit dobu bez potravy tím, že se živí planktonem ve středních zeměpisných šířkách. Paynova hypotéza se může vztahovat na velryby rodu *Eubalaena* spp. Gray, 1864, které se zřejmě živí během období rozmnožování, ale spíše nepravděpodobná je u plejtvákovce šedého nebo keporkaka, kteří se málokdy živí v blízkosti místa rozmnožování.

Hlavním důvodem migrace je zřejmě porod. Mláďata jsou vystavena největšímu riziku během prvních pár týdnů po porodu, kdy se pohybují stále v místě narození nebo jeho blízkosti (Eberhardt & Norris 1964; Pacheco 1998). Např. samice keporkaků s mláďaty v Karibiku zřejmě upřednostňují vody v závětří korálových útesů, což může mláďatům usnadnit plavání (Whitehead & Moore 1982). Naproti tomu bouřky ve vyšších zeměpisných šířkách by mohly představovat riziko pro přežití (Payne 1995). Předpokládá se, že snížené riziko predátorů, konkrétně kosatek dravých, je dalším z důvodů, proč velryby rodí v tropických vodách (Corkeron & Conor 1999).

Migrace souvisí i s ročním obdobím. Většina velryb migruje na jaře do krmných oblastí s vyšší zeměpisnou šířkou a koncem podzimu se vrací do teplejších vod, aby zde samice porodily (Mackintosh 1965). Zdá se, že u některých velryb, např. velryby černé (*Eubalaena glacialis* Müller, 1776), je migrace směrem k rovníku omezena na rodící samice a mladistvé. Někteří dospělí jedinci zůstávají v krmných oblastech po celý rok. Samice s mláďaty často cestují blíže k pobřeží než ostatní jednotlivci, aby se alespoň částečně vyhnuly predátorům. Na rozdíl od většiny velryb jižní polokoule, které migrují mezi Antarktickými krmnými oblastmi v létě a chovnými oblastmi v zimě, čeleď Neobalaenidae (*Caperea marginata*) nebyla v Antarktidě zaznamenána. Většina druhů z čeledi Balaenopteridae je kosmopolitní a pohybují se od pólů po rovník, ale některé druhy mají omezenější výskyt, např. plejtvák Omurův

(*Balaenoptera omurai* Wada, Oishi & Yamada, 2003) je endemitem centrálního Indo-Pacifiku a plejtváka jižního (*Balaenoptera bonaerensis* Burmeister, 1867) bychom našli pouze na jižní polokouli. I u této čeledi se vyskytuje stereotypní vzorec sezónní migrace, tedy pohyb mezi krmnými oblastmi s vysokou zeměpisnou šířkou a chovnými oblastmi s nízkou zeměpisnou šířkou. Rekordmanem pro nejdelší známou migrační trasu u savců je keporkak. Je u něj známa trasa z tropického severního Pacifiku až do krmné oblasti kolem Antarktidy (zhruba 8300 km). Dobře definovaná je i migrační trasa mezi aljašskými vodami a chovnými oblastmi v blízkosti Havaje (cca 4830 km) (Wilson & Mittermeier 2014).

Plejtvákovec šedý (*Eschrichtius robustus* Lilljeborg, 1860) migruje nepřetržitě ve dne i v noci rychlostí 6-7 km/h, pozastavuje se pouze při spánku, krmení nebo páření. Matky s mláďaty zůstávají v chovných oblastech po dobu 1-3 měsíců, aby mláďata zesílila před migrací. Migrují samostatně nebo v páru a zdržují se blízko pobřeží (Wilson & Mittermeier 2014).

Podle literatury provádí většina velryb sezónní migraci mezi vysokou a nízkou zeměpisnou šířkou (Norris 1967; Clapham 1999). Ale na základě přezkumu Geijer et al. (2016) lze tvrdit, že velryby vykazují různé migrační strategie a existuje i mnoho nemigrujících nebo sezónně se rozšiřujících populací. Klasický model migrace byl vyvinut v době, kdy byla data odvozena ze záznamů o lovu velryb nebo vizuálních pozorování. Kromě toho se týkala především keporkaků, plejtvákovce šedého a na jižní polokouli plejtváka obrovského nebo plejtváka myšoka (Mackintosh 1966). Zatímco populace plejtvákovců šedých a keporkaků se primárně řídí klasickým modelem migrace, u jiných druhů se vyvinuly poněkud složitější migrační vzorce (Geijer et al. 2016). Mezi dvě nejvýznamnější výjimky patří plejtvák Brydeův (*Balaenoptera edeni* Anderson, 1879), který se vyskytuje výhradně v tropických či subtropických zeměpisných šířkách (Best 1977), a velryba grónská (*Balaena mysticetus* Linnaeus 1758), která se pohybuje pouze v arktických a subarktických oblastech (Citta et al. 2011). U jihoafrického pobřeží bychom našli menší pobřežní populaci plejtváka Brydeova *(Balaenoptera edeni),* která je považována za nemigrační, zatímco větší pelagický druh *(Balaenoptera brydei* Olsen, 1913) vykazuje sezónní migraci k rovníku a zpět (Best 1977, 2001). Tři druhy velryb z rodu *Eubalaena* spp. mají výraznější severojižní migrační cyklus. Některé velryby černé (*Eubalaena glacialis*) migrují v blízkosti severoamerického pobřeží mezi krmnými oblastmi např. v Cape Cod Bay nebo zálivem Fundy a chovnými oblastmi na jihovýchodě USA (Kenney et al. 2001). Západní a východní populace velryb japonských (*Eubalaena japonica* Lacépède, 1818) se pohybují v severním Pacifiku, kde se velryby shromažďují a krmí se v Beringově moři, Aljašském zálivu nebo v Okhotském moři. Následně migrují do neznámých pobřežních oblastí, aby se rozmnožily (Clapham et al. 2004).

Na jižní polokouli migrují velryby jižní (*Eubalaena australis* Desmoulins, 1822) mezi chovnými oblastmi Austrálie, Nového Zélandu, Jižní Afriky a Ameriky a krmnými areály ve vyšších zeměpisných šířkách (Rowntree et al. 2001; Carroll et al. 2011; Mate et al. 2011). Celoroční přítomnost byla hlášena u západního pobřeží Jihoafrické republiky (Barendse & Best 2014). Plejtvákovci šedí sezónně cestují podél tichomořského pobřeží Ameriky mezi krmnými oblastmi v aljašských vodách a chovnými areály v lagunách Baja California (Swartz et al. 2006). Méně známé jsou migrační trasy plejtvákovců ze severozápadního Tichého oceánu podél východního pobřeží Asie (Swartz et al. 2006). Migrační chování plejtváků obrovských je

také méně známé. Východní a západní stěhovavé populace bychom našli v severním Pacifiku (Mate et al. 1999; Stafford et al. 2001). V subtropickém Costa Rica Dome bylo pozorováno zimní krmení, popř. celoroční výskyt (Reilly & Thayer 1990; Hoyt 2009). V antarktických oblastech se po celý rok vyskytuje poddruh plejtváka obrovského (*Balaenoptera musculus intermedia* Burmeister, 1871) pouze s částečnou migrací (Širović et al. 2004). U zbývajících druhů z čeledi Balaenopteridae (*B. acutorostrata* Lacépède, 1804, *B. bonaerensis, B. borealis* Lesson, 1828) i u jediného zástupce čeledi Neobalaenidae (*Caperea marginata*) jsou migrační vzorce téměř neznámé (Geijer et al. 2016).

Keporkaci primárně dodržují klasický model migrace, ačkoliv s některými odchylkami. Populace v severním Pacifiku vykazují silnou věrnost krmným oblastem a filopatrii ke známým chovným areálům (Baker et al. 2013). Podobně také v severním Atlantiku keporkaci migrují z východoatlantických a západoatlantických krmných oblastí do Antil, aby se rozmnožili (Kennedy et al. 2013). U keporkaků se zřejmě vyskytuje i částečná nebo diferenciální migrace. V britských vodách byly od října do března zaznamenávány písně samců keporkaků, a je zde velká pravděpodobnost, že ti, kteří zpívali až v březnu, neprováděli úplnou migraci do Antil (Charif et al. 2001). Kennedy et al. (2013) navrhují, že vysoké energetické náklady spojené s migrací mezi Islandem či Norskem a Antilami mohou přimět některé jedince (např. kojící samice) nedokončit migraci nebo zůstat v krmných oblastech. U mnoha populací bylo zdokumentováno zimní krmení, a to i v chovných oblastech u Baja California (Gendron & Urban 1993) nebo na cestě z pobřeží Austrálie (Stamation et al. 2007). Malá populace nemigrujících keporkaků obývá celoročně Arabské moře (Mikhalev 1997). Tyto velryby mají po celý rok přístup k dostatku kořisti (Pomilla et al. 2014). Dokážou plavat rychlostí až 134 km/den neboli 5-6 km/h (Wilson & Mittermeier 2014).

Populace plejtváka myšoka (*Balaenoptera physalus* Linnaeus, 1758) na jižní polokouli byly popsány jako stěhovavé, ovšem zimní distribuce není známa (Mackintosh 1966). Akustická data potvrzují jejich přítomnost v Antarktických krmných oblastech a absenci během zimních měsíců (Širović 2009). Předpokládá se, že chovné oblasti těchto velryb se nalézají u pobřeží Chile (Acevedo et al. 2012). Soule & Wilcock (2013) navrhli, že někteří plejtváci tohoto druhu (např. nezralí samci) na podzim nemigrují. Na rozdíl od nemigrujících populací v nižších zeměpisných šířkách je celoroční přítomnost v polárních vodách způsobena buď částečnou migrací, během které ne všichni jedinci populace migraci provádějí, nebo diferenciální migrací, kde existují určité rozdíly v migračních vzorcích, např. mezi pohlavím nebo mladšími a staršími jedinci (Dingle & Drake 2007). V severozápadním Atlantickém oceánu se ukázalo, že plejtváci zůstávají ve vyšších zeměpisných šířkách kvůli krmení a páření i v zimě (Delarue et al. 2009; Simon et al. 2010). Celoroční přítomnost byla prokázána v severních zeměpisných šířkách kolem Mainského zálivu, zálivu svatého Vavřince a Nového Skotska (Delarue et al. 2009). V Davisově úžině někteří jedinci nemigrují na jih, dokud se nevytvoří mořský led, což nastává během listopadu až prosince (Širović et al. 2004 , Simon et al. 2010). V severovýchodním Atlantickém oceánu se prokázalo, že populace plejtváků myšoků, stejně jako i keporkaků nebo plejtváků obrovských, načasují svou jarní migraci tak, aby dorazily na Azory s počátkem jarního květu fytoplanktonu. Tuto zastávku střední zeměpisné šířky využívají pro doplnění živin před pokračováním v migrační cestě (Visser et al. 2011 , Silva et al. 2013). Přerušení cesty jim poskytuje kromě energetických zásob i

příležitost k odpočinku, tato strategie je dobře známa především u migrujících ptáků (Alerstam & Hedenström 1998). Mizroch et al. (2009) diskutovali o dvou stěhovavých populacích plejtváků v severním Pacifiku, které každoročně migrují mezi letními krmnými oblastmi na Aljašce a Beringově moři, a oddělenými zimními chovnými místy ve východním a západním Tichém oceánu.

Zdá se, že klasický model migrace mezi nízkou a vysokou zeměpisnou šířkou je jen jedna z mnoha migračních strategií dnešních velryb a že částečná migrace, diferenciální migrace nebo i nemigrující populace nejsou pouhou výjimkou (Geijer et al. 2016).

3.9 Status ohrožení kosticovců dle IUCN

IUCN (International Union for Conservation of Nature neboli česky Mezinárodní svaz ochrany přírody) je mezinárodní unie pro ochranu přírody a přírodních zdrojů, založená roku 1948 ve Francii. Je v ní zapojeno více než 1400 členských organizací (např. Organización para la Conservación de los Cetáceos) a působí ve více než 160 zemích po celém světě (IUCN 1996a). Červený seznam ohrožených druhů (The IUCN Red List of Treatened Species) je kritickým ukazatelem světové biodiverzity a je pravidelně aktualizován (The IUCN Red List of Threatened Species 2002a).

Dle Červeného seznamu IUCN hrozí více než 32 000 druhů vyhynutí, což je zhruba 27 % hodnocených druhů (z toho 41 % obojživelníků, 26 % savců, 34 % jehličnanů, 14 % ptáků, 30 % žraloků a rejnoků, 33 % korálových útesů a 28 % korýšů) (The IUCN Red List of Threatened Species 2002b).

Dobrou zprávou je, že na rozdíl od 20. století, kdy byly velryby téměř vyhubeny především komerčním lovem, se jejich počty zvyšují a až polovina všech druhů kosticovců je jen málo dotčená (LC) (např. keporkak, velryba jižní nebo velrybka malá). Jediným kriticky ohroženým (CR) druhem je velryba černá (*Eubalaena glacialis*), u které se počet jedinců ve volné přírodě odhaduje na pouhých 200-250 kusů a stále klesá. Kromě toho je kriticky ohrožený ještě poddruh plejtváka obrovského (*Balaenoptera musculus intermedia*), ale jeho počty pomalu rostou a ve volné přírodě se pohybuje okolo 3000 jedinců. Ohrožené druhy (EN) tvoří „pouze“ 21 % kosticovců, ale i jejich četnost ve volné přírodě mírně roste. Zřejmě nejvíce dospělých jedinců ve volné přírodě má plejtvák malý (*Balaenoptera acutorostrata* Lacépède, 1804). U plejtváka Omurova (*Balaenoptera omurai*) nejsou dostatečná data. Více ohrožené jsou konkrétní subpopulace, jako např. subpopulace velryby japonské v severovýchodním Pacifiku nebo velryby jižní vyskytující se kolem Chile a Peru, které jsou kriticky ohrožené (CR) (The IUCN Red List of Threatened Species 2002b).

3.10 Příčiny ohrožení kosticovců ve volné přírodě

Ačkoliv jsou kosticovci na vrcholu potravního řetězce a mají jen velmi málo přirozených predátorů, musí čelit, podobně jako drtivá většina dalších druhů na této planetě, významným negativním antropogenním vlivům. Kosticovci se všeobecně špatně přizpůsobují měnícím se podmínkám, což značně komplikuje zotavení jednotlivých populací. S tím souvisí i fakt, že to jsou tzv. K-stratégové (zvířata dožívající se vyššího věku, rodící méně mláďat a podílející se na dlouhodobé rodičovské péči) a nejen že pohlavně dospívají později než tzv. r-stratégové (zvířata vysoce plodná s mnohočetnými vrhy), ale i intervaly mezi jednotlivými porody jsou delší (Perrin et al. 2009).

Clapham et al. (1999) poskytli kompletní přehled hrozeb pro velryby a uvedli, že primárními hrozbami jsou především srážky s loďmi nebo zapletení či zachycení velryb do lovných zařízení. V dnešní době zůstávají tyto dvě hrozby stále nejzávažnější a nejčastější příčinou úmrtí kosticovců. Kromě toho v Japonsku, Norsku nebo na Islandu i nadále pokračuje komerční lov velryb ve formě výzkumu anebo jako protest proti zákazu komerčního lovu velryb. Mimo příčin, známých již z minulého století, je třeba vzít v úvahu i hrozby jako je globální oteplování a s ním související acidifikace (okyselování) oceánů, celkové znečištění, nadměrný rybolov, rušící turistické pozorování kosticovců nebo další negativní antropogenní vlivy (Thomas et al. 2015).

V mořích a oceánech žije až 80 % všech živočišných druhů. Tyto obrovské vodní plochy udržují klima, regulují teplotu a významně se podílejí i na fotosyntéze. Kosticovci jsou důležitou součástí ekosystému. Ekosystém je souhrn živých i neživých složek, které spolu vzájemně fungují. Člověk však tuto rovnováhu neustále narušuje a mění životní prostředí ku svému prospěchu (kácení deštných pralesů, zemědělství, budování měst, nadměrný rybolov, znečištění ovzduší i oceánů). Veškeré tyto zásahy mají fatální dopad na životní prostředí. Odhaduje se, že v pobřežních vodách zmizelo od původního stavu až 80 % velkých obratlovců. Většina korálových útesů je mrtvá nebo blízko vyhynutí. Je potřeba nejen sledovat měnící se ekosystémy, ale především porozumět biologickým základům, využívat obnovitelné zdroje a snažit se vyhledávat nástroje a techniky pro obnovení narušených ekosystémů (Mooney et al. 2009).

3.10.1 Lov velryb

Lidé loví velryby již několik tisíciletí. Pro Inuity (Eskymáky), Basky nebo Japonce sloužil lov velryb jako zdroj obživy nebo i jako součást jejich kultury. Každá část velryby našla své využití. Maso, orgány i tuk byly konzumovány jako bohatý zdroj bílkovin, tuků a vitamínů. Kostice sloužily jako vlasec či střešní krytina nebo se z nich pletly košíky. Z kostí se vyráběly různé nástroje. Během středověku a renesance si lov velryb získal popularitu v celé severní Evropě, odkud se následně rozšířil do Ameriky (National Geographic 2011).

Až koncem 18. století začal mít lov výraznější dopad na populace velryb, což bylo z velké části způsobeno nástupem průmyslové revoluce v Evropě a USA. Velrybí olej se využíval jako mazivo pro stroje v továrnách nebo jako svítidlo do olejových lamp. V 19. století umožnil další pokrok v technologiích (např. lodě poháněné parou nebo explodující harpuny)

využívat větší oblasti a zabít více velryb. Lov se již rozšířil po celém světě (Ocean Alliance 1994b).

Komerční lov 20. století je považován za nejdramatičtější vykořisťování divoké zvěře v historii lidstva. Zabito bylo až 30 000 kosticovců ročně (Paccalet 2005). Mnoho druhů se rázem ocitlo na pokraji vyhynutí a řada populací zanikla úplně (např. severoatlantická populace plejtvákovce šedého) (Perrin et al. 2009). Roku 1946 byla založena International Whaling Commission (IWC), jejímž účelem bylo zabránit nadměrnému lovu velryb. Po dlouhém boji si nakonec IWC prosadila roku 1986 zákaz komerčního lovu (až na výjimky) (Ocean Alliance 1994b). Lov začal ustupovat již v 70. letech, kdy byla stále více upřednostňována fosilní paliva před velrybím tukem a došlo i k rozvoji různých náhražek za velrybí produkty (Perrin et al. 2009). Od 90. let se zvyšovalo i povědomí o těchto tvorech a díky „velrybím písním" si jich lidé začali více vážit a stále více usilovali o jejich ochranu. Od té doby se mnoho druhů a populací zotavilo a jejich počty pomalu narůstají (Wilson & Mittermeier 2014).

Podle IWC jsou uznávány tři druhy lovu velryb. První z nich je domorodý lov, který slouží jako obživa pro původní obyvatele. Mezi čtyři členské země IWC, které provádějí domorodý lov, patří Grónsko (Dánsko), Čukotka (Rusko), Bequia (Sv. Vincenc a Grenadiny) a Aljaška (USA). V těchto zemích hrají velrybí produkty důležitou nutriční i kulturní roli. Podstatné je, že domorodý lov nijak neohrožuje žádný druh kosticovce, jelikož nejde o maximalizování úlovků nebo zisku. Tento lov je regulován IWC, která každých pět nebo šest let stanoví limit pro počet úlovků (IWC 2012a; IWC 2012m). Tato metoda výpočtu bezpečných úlovků se nazývá Strike Limit Algorithm (SLA). Např. v Západním Grónsku je pro roky 2019-2025 povolený roční limit dvě velryby grónské, 19 plejtváků myšoků, 164 plejtváků malých a 10 keporkaků (IWC 2012d).

Dalším typem je komerční lov, který byl až do roku 1986 regulován IWC. Poté byl pozastaven (vystavení moratoria). I v dnešní době ho však provádí několik zemí, které moratorium neuznávají a mají k němu námitky. Patří mezi ně např. Norsko, Island, Japonsko, popř. Rusko. Tyto země si samy stanovují limity odlovu (není regulováno IWC), ale mají povinnost s Komisí sdílet veškeré údaje o úlovcích. Počet komerčních úlovků za rok 2019 (viz příloha č. 6, tabulka č. 2). Pro všechny ostatní členy IWC je moratorium závazné (IWC 2012h; IWC 2012m).

Poslední typ lovu slouží k vědeckým účelům (zvláštní povolení). Ani tento typ není regulován IWC, Komise má pouze poradní (kontrolní) funkci. Veškeré vědecké poznatky získané na základě zvláštního povolení lovu velryb by měly být předkládány Komisi alespoň jednou za rok. Tyto poznatky jsou následně přezkoumávány Vědeckým výborem IWC. Zvláštní povolení pro lov velryb využívalo až do roku 2019 především Japonsko. Vzhledem k neshodám opustila dne 30. června 2019 japonská vláda IWC (IWC 2012m; IWC 2012o).

3.10.2 Zapletení a zachycení do lovných zařízení

Úmrtnost velryb následkem používání rybářského náčiní je hlavním problémem pro kytovce v pobřežních a kontinentálních šelfových vodách, popř. v pobřežních oblastech (Read et al. 2006; Reeves et al. 2013). Předpokládá se, že více než 300 000 kosticovců či ozubených zemře ročně v důsledku zapletení do lovného zařízení, což může mít zničující dopad na již

ohrožené populace. Zapletení do různých lan a sítí vede často k utonutí (nemožnost včasného nadechnutí), hladovění (v důsledku zapletení má omezený pohyb a nemůže účinně přijímat potravu) nebo způsobuje tržné rány, do kterých se může dostat infekce. Poškozeni jsou samozřejmě i rybáři, kteří tak přichází o svá drahá lovná zařízení (IWC 2012k).

V roce 2011 zahájila IWC Global Whale Entanglement Response Network. Cílem tohoto programu bylo, jak bezpečně a efektivně reagovat na zapletení velryb po celém světě. Skupina odborníků z IWC a Center for Coastal Studies (CCS) vypracovala příručku s osvědčenými postupy. Účastníci jsou důkladně proškoleni a vycvičeni, aby byli schopni manipulovat se zapleteným, velkým, divokým zvířetem a nebyli přitom zraněni. První školící seminář se uskutečnil v březnu 2012. Od té doby oslovila odborná příprava již více než 1200 vědců či ochránců přírody z více než 30 zemí (IWC 2012k).

Tzv. „bycatch“ (= vedlejší úlovek) je náhodné nechtěné zachycení zvířete do lovných zařízení a může mít negativní dopad na úrovni celého druhu nebo populace. Bycatch je velmi závažným celosvětovým problémem. Odhaduje se, že tímto způsobem je ročně zachyceno přes 300 000 kytovců, což je více než 800 zvířat denně (IWC 2012c). Za velkou část vedlejších úlovků je odpovědný rybolov pomocí vlečných sítí nebo lovných rybářských pastí (Reeves et al. 2013). V Jižní Africe nebo Austrálii představují velký problém sítě s velkými oky pro kontrolu žraloků (Meÿer et al. 2011). Bycatch má známé negativní důsledky na populace velryb černých (Johnson et al. 2007), plejtvákovců šedých v západním severním Pacifiku (Weller et al. 2008) nebo na subpopulaci keporkaků v Arabském moři (Minton et al. 2011). Mezi další ohrožené populace, u kterých ale chybí dostatečné údaje, patří např. velryby japonské nebo velryby jižní z jihovýchodního Pacifiku. Keporkaci jsou často zapleteni do sítí v severním Pacifiku nebo Atlantiku, ale zdá se, že úmrtnost není tak vysoká, aby ohrozila celé populace. Velrybky malé jsou obzvláště citlivé na zachycení do vlečných sítí kvůli jejich malé velikosti a pobřežnímu výskytu (Reeves et al. 2013).

Obzvláště nebezpečné jsou tetanové a vlečné sítě, jejichž využívání se rozšířilo v 60. letech 20. století (Perrin et al. 2009). Tyto sítě mohou být široké i několik kilometrů a jsou vyrobeny z nylonu, takže jsou prakticky nerozložitelné. Tetanové sítě se upevňují ke sloupům zafixovaných do mořského substrátu a slouží k chytání ryb za žábry (ryba projde skrz síť pouze hlavou a při pokusu dostat se ven uvízne) (NOAA Fisheries 2000b). Jedná se o poměrně efektivní způsob rybaření, ale bohužel tyto sítě zachycují všechno, co je větší než oka pletiva. Sítě jsou špatně viditelné a někdy i splývají s vodou (WWF 1996b). Kosticovci se nejčastěji zaplétají v oblasti krku nebo ploutví. Kromě utonutí nebo vážných zranění mohou velryby za sebou zařízení táhnout na míle daleko, což vede k vyčerpání (NOAA Fisheries 2000b).

Tzv. „ghost nets“ neboli sítě duchů jsou ztracené, opuštěné nebo poničené rybářské sítě unášené napříč oceány. Ačkoliv již sítě nejsou používány lidmi, neznamená to, že přestaly fungovat. I nadále totiž sítě zachycují vše, co jim stojí v cestě a představují značnou hrozbu nejen pro mořské živočichy, kteří kromě zapletení mohou sítě požírat a utrpět vážná vnitřní zranění, ale i pro prostředí. Tento jev se nazývá „ghost fishing“ (doslova rybaření duchů) (WWF 2019).

Redukce vedlejších úlovků však lze snížit úpravou lovného zařízení, tak aby bylo chyceno méně necílových druhů, popř. aby necílové druhy mohly uniknout. Tato opatření

přitom nemusí být drahá a složitá. Zahrnují např. akustická zařízení pro varování kytovců před sítěmi. V mnoha oblastech jsou již klasické tetanové sítě pro chytání ryb za žábry zakázané nebo jsou sítě speciálně upravené, aby se v případě zapletení mohla velryba uvolnit a uniknout. WWF (World Wildlife Fund) dokonce vytvořila International Smart Gear Competition (Mezinárodní soutěž inteligentních zařízení) na podporu vývoje inovativních technologií pro zmírnění bycatch. Mnoho řešení pochází od samotných rybářů (WWF 1996b).

3.10.3 Vyčerpání potravních zdrojů a stanovišť

Od druhé poloviny 20. století se začala intenzita rybolovu dramaticky zvyšovat. K nárůstu přispěly také modernější a rychlejší lodě. Až do konce minulého století se rybolov nijak významně neomezil (Hernvann & Gascual 2020). Kromě toho se za posledních 50 let loví ve větších hloubkách (200-2000 metrů), čímž dochází k dalšímu úbytku ryb či jiných živočichů (Mooney et al. 2009). Až 80 % ryb, korýšů a měkkýšů trpí v současnosti nadměrným rybolovem. Kosticovci a další mořští predátoři na vrcholu potravního řetězce tak trpí nedostatkem potravy. Shánění kořisti jim zabere více času i úsilí. Krill, kterým se řada druhů kosticovců živí, má také své využití v rybářském průmyslu. Využívá se při výrobě potravinových doplňků s omega-3 mastnými kyselinami, jako krmivo pro ryby nebo jako náplň do konzerv pro zvířata (Greenpeace 2018).

Dle Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) dosáhla roku 2018 světová produkce rybolovu zatím nejvyšších zaznamenaných čísel, kdy bylo vyloveno 96,4 milionu tun ryb (z toho 84,4 milionu tun z mořského rybolovu). Mezi hlavní producenty ryb patří Čína, Indonésie, Peru, Indie nebo USA. Mimo to je Čína i hlavním vývozcem ryb a rybích produktů. Bohužel až 35 % celosvětových úlovků je buď ztraceno nebo uloveno zbytečně a nenachází využití. Toto nadměrné plýtvání je potřeba omezit, aby bylo odvětví rybolovu lépe udržitelné (FAO 1993). Vzhledem k tomu, že se člověk zaměřuje především na lov dravých ryb (kvůli chutnějšímu masu), jiným mořským živočichům tak mizí přirození nepřátelé a přemnožují se. Nejznámějším příkladem přemnožení jsou medúzy (Pražský studentský summit 2015).

Další negativní vliv na lovná stanoviště má lov ryb pomocí tetanových sítí, které jsou taženy po mořském dně. Mimo to, že mají na svědomí bycatch nebo různá zranění kytovců, podílí se i na mechanickém poškozování mořského dna a s ním např. korálových útesů, které jsou domovem mnoha druhů ryb (Pražský studentský summit 2015). Budováním přístavů, měst atd. jsou narušena stanoviště, která byla dříve využívána pro páření nebo shánění potravy. V dnešní době je nejlepším způsobem ochrany mořských stanovišť a živočišných druhů vyhlašování chráněných mořských oblastí (Marine protected areas – MPA‘s) (Smith et al. 2020).

3.10.4 Uvíznutí kytovců na břehu

Každým rokem uhynou stovky až tisíce kytovců v důsledku uvíznutí na břehu. Uvízlí kytovci jsou problémem v podstatě všech pobřežních zemí. Ke ztroskotání dochází ze dvou hlavních důvodů: 1) přírodní faktory zahrnující např. věk nebo nemoci; 2) antropogenní faktory zahrnující bycatch, kolize s plavidly nebo zhoršující se životní prostředí (IWC 2012p). Staří a

nemocní jedinci jsou často slabí a dezorientovaní, proto snadněji uváznou. U řady uvízlých zvířat byla zjištěna podvýživa nebo různé toxiny, které se nahromadily ve velrybím tuku. Jedním z důvodů podvýživy velryb bylo velké množství plastů nebo jiného mořského odpadu v jejich žaludcích či střevech. Stále častější příčinou uvíznutí je však zapletení do lovných zařízení nebo následkem srážky s lodí, po kterém zvíře utrpí vážná zranění, popř. rovnou zahyne (Project Jonah 2000b).

Zvířata mohou na břehu uvíznout živá nebo zahynou na moři a mořské proudy následně jejich mrtvá těla vyplaví na souš (tzv. beachcast). Podstatné je však vypořádání se s živými uvízlými zvířaty. Na souši nejsou kytovci schopni regulovat svou tělesnou teplotu a nepřirozený tlak může způsobovat vážná vnitřní zranění, popř. smrt. U menších kytovců (delfíni, sviňuchy) je návrat zpět do moře možný, ale pouze v případě, že je prováděn vyškolenými respondenty a zvíře je zdravé bez vnitřních zranění. Pro velké kosticovce je však návrat zpět často nemožný. V mnoha případech je nejlepším a nejhumánnějším řešením pro uvízlého kytovce eutanázie. U malých kytovců se eutanázie provádí obdobným způsobem jako např. u psů a koček. Kosticovci by vzhledem k jejich velikosti potřebovali obrovské množství eutanázie, proto byly v řadě zemí vyvinuty balistické protokoly pro usmrcení velkých velryb. Přesný výstřel nebo umístění výbušných náloží se zdá být jako nejrychlejší a nejméně bolestná smrt pro velké kosticovce (IWC 2012p).

3.10.5 Srážky s loďmi (*Ship strikes*)

Námořní doprava je jedním z nejrozvinutějších průmyslových odvětví a hraje podstatnou roli v mezinárodním (mezikontinentálním) obchodu. Patří mezi nejstarší druhy dopravy. Od 19. století se začaly značně rozvíjet technologie lodí poháněné parou a od 50. let 20. století se zvyšovaly počty i rychlost lodí. V souvislosti s tím, byly začátkem 19. století hlášeny první fatální srážky lodí s velrybami (Laist et al. 2001). Dle Tournadre (2014) se komerční lodní doprava zvýšila až čtyřnásobně mezi lety 1992-2012, přičemž nejvíce v Indickém oceánu nebo mořích Číny.

Srážky velryb s loďmi jsou největší hrozbou právě tam, kde se hlavní přepravní lodní trasy, vysokorychlostní trajektové trasy nebo jiné oblasti intenzivní lodní dopravy překrývají s oblastmi, ať už krmnými nebo chovnými, výskytu ohrožených populací (Clapham et al. 1999; Neilson et al. 2012). Výrazný dopad mají lodní srážky např. na velrybu černou. V letech 2005-2009 byla průměrná hlášená úmrtnost nebo vážné zranění 1,6 velryby ročně, a to i přes veškerá opatření ke snížení lodních srážek podél východního pobřeží Kanady a USA (Waring et al. 2011). V roce 2008 zavedla U. S. National Marine Fisheries Service (Americká Národní služba pro mořský rybolov) pětileté opatření, aby v oblastech s pravděpodobným výskytem černých velryb, omezily velké lodě svou rychlost na 10 uzlů. Vzhledem k tomu, že se opatření ukázalo jako efektivní (Laist et al. 2014), bylo v roce 2013 prodlouženo na dobu neurčitou (Thomas et al. 2015). Po mnoha střetech s plejtváky obrovskými v severovýchodním Pacifiku byla roku 2007 zavedena dobrovolná opatření ve vodách Kalifornie (zejména v průlivu Santa Barbara). Lodní srážky ohrožují i poddruh plejtváka obrovského (*Balaenoptera musculus brevicauda* Ichihara 1966), který se často vyskytuje poblíž lodních tras u jižního pobřeží Srí Lanky, nebo keporkaky v Arabském moři. Ani v jednom případě však nebyla sledována úmrtnost, a tak není známo, jak moc velké riziko představují lodní srážky pro tyto velryby (Thomas et al. 2015).

Srážky kosticovců s velkými plavidly zůstávají často bez povšimnutí a nejsou tak hlášeny. Zdroje o kolizích pocházejí buď přímo ze zasažených plavidel nebo z pitvy uhynulých jedinců vyplavených na břeh, popř. vyšetřením mrtvých těl plovoucích na moři. Byly zaznamenány i případy, kdy se posádka dozvěděla o srážce s velrybou až po příjezdu do přístavu. Hlášené počty srážek tak ani zdaleka nejsou přesné. Zvířata mohou být po střetu s lodí usmrcena nebo vážně zraněna a následkem těchto zranění pak nakonec umírají (IWC 2012n) (viz příloha č. 6, obrázek č. 10). Dle Redfern et al. (2013) je střet s plavidlem nejběžnější příčina úmrtí keporkaka, plejtváka obrovského nebo plejtváka myšoka.

Zranění způsobená střetem s plavidlem mají dvě formy: 1) vnější řezné rány, způsobené nejčastěji lodním šroubem, nebo narušená (v horším případě odříznutá) zadní ploutev; 2) poranění následkem tupého úderu (zlomeniny, vnitřní zranění, masivní modřiny). Zranění prvního typu se týkalo nejčastěji druhů z čeledi Balaenidae, naproti tomu Balaenopteridae jsou nejčastěji zasaženi přídí lodi a mnohdy jsou takto dopraveni až do přístavu (Laist et al. 2001).

International Whaling Commission (IWC) se snaží vyvíjet různá zmírňující opatření po celém světě, aby ke střetům s plavidly docházelo v co nejmenším měřítku. V současné době je nejúčinnějším způsobem snížení rizika udržení velryb a plavidel odděleně, aby se lodní trasy nepřekrývaly s migračními trasami kosticovců a tam, kde toto není možné, by lodě měly zpomalit a dodržovat maximální povolenou rychlost (IWC 2012n). V USA nebo Kanadě byly navrženy oblasti, kterým se musejí lodě přímo vyhýbat (tzv. Areas to be Avoided = ATBAs). Riziko kolizí se tak podél východního pobřeží USA snižuje o 80-90 %. V dalších oblastech podél východního pobřeží USA nebo kolem zálivu svatého Vavřince byla zavedena opatření, která nařizují plavidlům s délkou 20 a více metrů snížit svou rychlost na zhruba 5 m/s, čímž se šance na srážku s velrybou snižuje až o 60 % (WDC 1996c). Nicméně i přes veškerá nařízení nebo zákazy jsou tato opatření často porušována.

3.10.6 Rušící faktory lidské činnosti

Protože jsou kosticovci závislí na dorozumívání se zvukem, který je jejich primárním smyslem, jsou lidské činnosti vytvářející hluk velmi znepokojivé (Richardson et al. 1995; Moore et al. 2012 a). Již v minulém století byly vyjádřeny obavy o možnosti rušení ze strany lodí na pozorování velryb. Dle Reeves (1977) tato pozorování ohrožovala zotavení plejtvákovců šedých ve východním Pacifiku. Podobně tomu bylo i u keporkaků kolem Havaje (Norris & Reeves 1978). Od sedmdesátých let minulého století dochází k narušování nebo i poranění sluchu velryb hlukem z průzkumu ropy a zemního plynu v moři (tzv. seismické průzkumy), lodní dopravy nebo dalších průmyslových aktivit, které se vztahují na všechny druhy kosticovců (Richardson et al. 1995). V některých oblastech se úroveň hluku každých deset let zdvojnásobuje (AWI 2000a). Narůstající antropogenní hluk se rozděluje na akutní a chronický, zatímco akutní hluk má vysokou intenzitu s krátkou dobou trvání a způsobují ho seismické průzkumy nebo vojenské sonary, chronický hluk je dlouhodobější s nízkou intenzitou a je způsobován především lodní dopravou (IWC 2012b).

Kosticovci produkují nízkofrekvenční zvuky, které se mohou šířit na dlouhé vzdálenosti (Brownell et al. 2008). Z toho důvodu je pro ně hluk ze seismických průzkumů obzvláště znepokojivý, jelikož může narušovat jejich chování nebo dokonce způsobit akustické trauma

(poranění ucha s dočasnou nebo trvalou ztrátou sluchu). Často také dochází ke smrtelným nebo vážným zraněním, jako je krvácení do mozku nebo embolie (AWI 2000a). Změny chování v reakci na seismický hluk byly prokázány především u velryb grónských, plejtvákovců šedých (Gailey et al. 2007) nebo u keporkaků (McCauley et al. 2000), přičemž zvířata vykazovala abnormální chování při vynořování, dýchání nebo potápění. Z toho důvodu jsou vydávána zmírňující opatření, jako je například nutnost pozastavit seismické činnosti, když jsou velryby pozorovány v dostatečné blízkosti zdroje zvuku a mohlo by tak dojít k poškození sluchu (Thomas et al. 2015).

Nízkofrekvenční aktivní sonar (LFAS – Low Frequency Active Sonar) je využíván vojenskými plavidly. Frekvence používaná sonarovými systémy se obvykle pohybuje v rozmezí 0,1 – 10 kHz a intenzita zvuku produkovaná LFAS může u zdroje dosahovat až 250 decibelů, přičemž již při síle 180 decibelů dochází k významnému narušení nebo k úplné ztrátě sluchu. Bohužel však zatím neexistují zákony, které by toto zvukové znečištění nějakým způsobem regulovaly (Paccalet 2005; AWI 2000a).

Hluk vytvářený lodní dopravou se pohybuje v rozmezí 10 Hz – 1 kHz a je schopný se šířit na obrovské vzdálenosti ve všech směrech. Kvůli hluku z lodní dopravy přišli kosticovci až o 67 % „komunikačního prostoru“, což může značně ovlivňovat vnitrodruhovou komunikaci související s hledáním potravy, migrací, reprodukcí nebo interakcí mezi matkou a mládětem (Hatch et al. 2012; Moore et al. 2012a). Na základě výzkumu měření hladiny glukokortikoidů zjistili Rolland et al. (2012), že vystavení nízkofrekvenčnímu hluku může být spojeno s chronickým stresem u velryb černých. Rychlost lodí značně ovlivňuje výši hluku. Mnohdy mají malé motorové čluny větší negativní dopad na kosticovce než velké pomalu plující lodě (WDC 1996b). Hluk z lodní dopravy je dnes nejrozšířenějším zdrojem akustického znečištění v oceánech (AWI 2000a).

3.10.6.1 Pozorování a turismus (whalewatching)

Cestovní ruch zaměřený na pozorování velryb (termín zahrnující všechny kytovce) je stále žádanější a představuje ekonomickou příležitost pro mnoho organizací a komunit po celém světě (IWC 2012l). Více než 13 milionů lidí z více než sto zemí se každoročně vydá pozorovat velryby, přičemž finanční zisk činí několik miliard eur (dolarů). V důsledku zvyšující se poptávky roste i počet provozovatelů nabízejících výlety. Příliš časté pozorování však zvířata značně obtěžuje, což vede ke stresu a změnám v jejich chování. V některých případech dokonce vedlo nezodpovědné pozorování ke zraněním i smrti, pokud byla zvířata zasažena turistickou lodí (AWI 2000b).

Turismus je důležitý ekonomický příjem v mnoha přímořských státech. V některých zemích (např. u pobřeží Argentiny) se již pozorování velryb rozrostlo z pevniny na pozorování na volném moři. Lodě se však často přibližují k velrybám blíže, než by bylo vhodné, čímž jsou velryby nuceny měnit svá stanoviště nebo své přirozené chování, které zahrnuje např. délku a hloubku ponoru. Stres má neblahý účinek na celý organismus zvířete (Wilson & Mittermeier 2014).

IWC spolupracuje s řadou mezivládních organizací (např. CMS – Convention for Migratory Species), ale i s členskými vládami, vědci a nevládními organizacemi na porozumění

a zmírnění dopadu pozorování velryb na jednotlivé druhy a populace (IWC 2012l). Podobně Animal Welfare Institute (AWI) podporuje zodpovědné pozorování velryb. Obecné parametry, které by provozovatelé odpovědní za pozorování velryb měli dodržovat je třeba motivace turistů k ochraně kytovců a jejich stanovišť, dodržování povolené vzdálenosti a rychlosti plavidla, omezení času stráveného v blízkosti zvířat, nepovolené krmení a dotýkaní se zvířat či respektování a dobré znalosti o daných kytovcích. Pokud však nejsou stanovené limity dodržovány, stává se whalewatching další z mnoha příčin ohrožení všech kytovců (AWI 2000b).

3.10.7 Znečištění

Mořské trosky jsou dalším ohrožujícím faktorem kosticovců. Jedná se o jakýkoliv vyrobený nebo zpracovaný pevný materiál, který v oceánech nemá co dělat (Sheavly & Register 2007). Mezi mořský odpad patří např. sklo, kov, dřevo, plasty nebo různá ztracená rybářská vybavení. Řada z těchto nečistot je syntetických a může vydržet až 600 let (IWC 2012j). Ročně končí v oceánech až 12 milionů tun plastů, jelikož recyklováno je pouze cca 9 % a zbytek je buď spálen nebo zůstává v životním prostředí (Greenpeace International 2017). Kromě toho, že se kosticovci i další zvířata mohou o mořské trosky zranit nebo do nich být zapleteni, hrozí také jejich pozření. Nejčastěji takto požitým materiálem je právě plast. Pozřený plast představuje vážné ohrožení zdraví kosticovců. Způsobuje nechutenství a s ním související podvýživu, zpomalení růstu, snížení plodnosti nebo i smrt. Smrt je nejčastěji zapříčiněna uvolňováním různých látek z plastů, které následně mohou poškodit funkci orgánů (Pengl et al. 2019). Riziko představují i mikroplasty pocházející především ze ztracených rybářských sítí. Mikroplasty se v tělech kosticovců akumulují a ohrožují tím jejich zdraví (IWC 2012j).

Kromě mořských trosek oceány znečišťují také chemické látky. Chemickou látkou je v tomto případě myšlena sloučenina nebo látka vyrobená člověkem. Nepatří sem chemické látky vyprodukované mořskými rostlinami nebo zvířaty během svých běžných životních procesů. Komerčně se dnes využívá více než 100 000 chemických látek, přičemž do moře se dostávají absorpcí z atmosféry nebo přímým vypuštěním do vody (Ocean Health Index 2009).

V mořském prostředí se vyskytují tři hlavní kategorie chemických látek: ropa, toxické kovy a perzistentní organické znečišťující látky (Persistent Organic pollutants – POPs) (Ocean Health Index 2009). Na základě výzkumu u různých druhů savců, včetně člověka, byly perzistentní organické znečišťující látky označeny za tzv. „endokrinní disruptory“, což znamená, že narušují hormonální (endokrinní) systém. To má za následek vyšší náchylnost k nemocem nebo snížení reprodukčního úspěchu (IWC 2012f).

Ropa je obecně hustá, viskózní, často hořlavá kapalina, která není rozpustná ve vodě, ale je rozpustná v organických rozpouštědlech (Ocean Health Index 2009). Ropa je jednou z příčin vzniku tzv. mrtvých zón, které zahrnují oblasti vod, kde se hladina kyslíku snížila natolik, že zde není prakticky žádný život (Pražský studentský summit 2015). Největším zdrojem znečištění ropou je vypouštění paliva z lodní dopravy a přístavů nebo odtok z měst. Vypouštění spojené s lodní dopravou představuje až 24 % celkového množství ropy v oceánech. Pouze 8 % představuje znečištění z ropných skvrn, avšak toxicita z těchto skvrn má tendenci přetrvávat po dlouhou dobu. Např. únik ropy z tankeru Exxon Valdez z roku 1989

na Aljašce je v některých oblastech i po tolika letech stejně toxický, jako na začátku (Ocean Health Index 2009).

Před deseti lety došlo k vůbec největší havárii ropné plošiny v historii lidstva. Plovoucí ropná plošina Deepwater Horizon v Mexickém zálivu byla postavena v roce 2001. Dne 20. dubna 2010 došlo k výbuchu a obrovskému požáru. Hlavní příčinou bylo nedostatečné zabezpečení hlubinného vrtu a celkové podcenění možného výbuchu. O dva dny později již ropná plošina klesala ke dnu. Téměř tři měsíce trvalo, než se podařilo unikající ropu zastavit (Smejkal 2020). Během této doby se do moře vylilo kolem 5 milionů barelů ropy. Vzniklá ropná skvrna zaujímala plochu větší než 10 000 km^2. Následkem této havárie zahynulo více než 26 000 kytovců, obrovské množství ryb, ptáků i dalších živočichů (Pražský studentský summit 2015). Významný dopad měla tato katastrofa i na sledě tichomořského (*Clupea pallasii* Valenciennes, 1847), který je součástí potravy keporkaků i jiných druhů kosticovců (Wilson & Mittermeier 2014).

Součástí ropy (nebo uhlí) jsou polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH), což jsou atmosférické nebo vodou přenášené kontaminanty a jsou produkovány při spalování. Pro kosticovce a další zvířata jsou velmi toxické (IWC 2012f).

V oceánech se vyskytuje i tzv. přírodní ropa, která tvoří asi 47 % veškeré ropy v oceánech. Každoročně do oceánu přirozeně vstupuje asi 600 000 metrických tun této ropy. Děje se tak především prosakováním přes praskliny na mořském dně. Průsak je však pomalý a přírodní ropa se nepovažuje za významné znečištění. Ropa pocházející z antropogenních zdrojů představuje mnohem větší hrozbu. Jejím znečištěním dochází ke zhoršování nebo i ničení mořských ekosystémů a následkem může být i zvýšení koncentrace toxických kovů (Ocean Health Index 2009).

Do druhé kategorie chemických znečišťujících látek patří toxické těžké kovy. Kov je obecně chemický prvek, který je obvykle tvrdý, lesklý, tavitelný a má dobrou elektrickou a tepelnou vodivost. Toxickými se stávají v případě, že mění strukturu nebo funkci proteinů a enzymů (Ocean Health Index 2009). Ukazatelem škodlivosti je i doba, za kterou je organismus schopen tyto látky odbourat z těla ven (tzv. biologická perioda). V některých případech organismus nedokáže škodlivé látky odbourat a ty se dále hromadí v těle a mohou být přeneseny z matky na potomka (Paccalet 2005).

Mezi vysoce toxické kovy vyskytující se v oceánu patří rtuť, kadmium, olovo, arsen, selen, cín, měď, nikl a zinek. V kombinaci s organickými sloučeninami může dojít ještě k vyšší toxicitě, např. rtuť vytváří v kombinaci s uhlíkem vysoce neurotoxické sloučeniny, jako je methylrtuť (CH_3Hg). Požití rtuti má za následek vážné poškození ledvin, jater, imunitního systému nebo centrální nervové soustavy (Ocean Health Index 2009). Otrava olovem, v podobě jeho organických forem tetraethylolova ($C_8H_{20}Pb$) a tetramethylolova ($C_4H_{12}Pb$), způsobuje poruchy trávení, poškozuje ledviny, srdce nebo může vyvolávat neurologické problémy. Požitím kadmia zase dochází k odvápnění kostí (Paccalet 2005). Arsen, měď, nikl, selen, cín a zinek nejsou samy o sobě toxické, ale schopnost reagovat s organickými materiály jim umožňuje vytvářet velmi toxické sloučeniny (Ocean Health Index 2009).

Mnoho kovů se v životním prostředí vyskytuje přirozeně, ale emise z průmyslových a těžebních činností mohou zvýšit jejich koncentrace až na toxickou úroveň. Za posledních 20 let se koncentrace rtuti v Tichém oceánu zvýšila o 30 % v důsledku emisí. Až 96 % rtuti vstupuje do oceánu prostřednictvím atmosféry (Ocean Health Index 2009).

Poslední kategorií chemických znečišťujících látek jsou perzistentní organické znečišťující látky (POP). POP jsou chemické sloučeniny toxické pro živočichy i člověka, které dokážou v prostředí setrvat dlouhou dobu. Jedná se o pesticidy (DDT – dichlor-difenyl-trichlorethan), insekticidy, herbicidy, polychlorované bifenyly (PCB), které jsou součástí chladících kapalin nebo lepidel, a bisfenol A (BPA), což je sloučenina vyskytující se v plastech (především plastové lahve) (Ocean Health Index 2009).

Nejvyšší koncentrace POP lze najít u vrcholových predátorů (včetně velryb), kteří se vyskytují na vysoké trofické úrovni. Mohou způsobovat vrozené vady, zvyšovat riziko rakoviny, narušovat endokrinní systém nebo mají negativní vliv na reprodukční či imunitní systém. K dispozici je mnoho měření koncentrací POP ve tkáních mořských živočichů, bohužel ale nebyla sloučena do komplexní databáze, která by se dala použít jako globální ukazatel. Chemická kontaminace vody se proto odhaduje na základě množství pesticidů používaných v každé dané zemi (Ocean Health Index 2009).

3.10.8 Přirození nepřátelé

Kosticovci, i vzhledem ke své velikosti, nemají vysoký počet přirozených nepřátel. O kosatce dravé je známo, že může ohrožovat menší druhy nebo mláďata kosticovců. V žaludcích několika druhů žraloků byly sice nalezeny zbytky velrybího masa a tuku, ale spíše než aby žraloci velryby aktivně lovili, přiživují se na jejich mrtvých tělech. Velrybí tuk je totiž velmi výživný a pro žraloky je snadným zdrojem energie. Stejně jako i jiná zvířata kosticovce ohrožují především parazité a různé infekční nemoci způsobené viry, bakteriemi, prvoky a houbami (Wilson & Mittermeier 2014).

Některá infekční onemocnění způsobují pouze mírné a nevýrazné příznaky, jiná mohou vést až k úhynu jednotlivců či celých populací. Mnohé z těchto infekčních nemocí jsou nakažlivé a přenášejí se z jednoho zvířete na druhé prostřednictvím kontaminovaného vzduchu, tělesnými tekutinami, otevřenými ranami nebo z matky na potomka. Lze se nakazit i pozřením kontaminované potravy nebo z prostředí. Většina nemocí byla rozpoznána na základě vyšetření mrtvých zvířat vyplavených na břeh. Respirační infekce jsou vůbec nejčastějším typem onemocnění u všech kytovců (IWC 2012e). Mezi další častá onemocnění patří rakovina, žaludeční vředy, různé infekce v oblasti střev, jater či ledvin, srdeční poruchy nebo poruchy imunitního systému (Wilson & Mittermeier 2014).

CeMV (*Cetacean morbillivirus*) je jedním z nejznámějších patogenů významně ovlivňující zdraví kytovců po celém světě. Ačkoliv se vyskytuje spíše u zástupců z podřádu ozubených, byl objeven i u některých druhů velkých velryb (např. u plejtváka myšoka). Akutní fáze infekce je spojena s těžkou bronchopneumonií (zápal plic), nehnisající encefalitidou, tvorbou syncytií (velké mnohojaderné útvary) a s imunosupresí (potlačení imunity). Jedinci, kteří přežijí akutní fázi onemocnění, často podlehnou sekundárním infekcím v důsledku imunosuprese (Van Bressem et al. 2014).

Parazitismus je všudypřítomný a ani u mořských savců není výjimkou. I když určité množství parazitů nemusí ovlivňovat fyziologické pochody hostitele, těžké infekce mohou mít vážné patogenní účinky na zdraví a kondici napadeného jedince (Lehnert et al. 2019). Parazité často napadené jedince oslabují, ale sami o sobě nezpůsobují smrt, jelikož by si pak museli hledat nového hostitele (Paccalet 2005).

Mezi endoparazity napadající kosticovce patří prvoci (Protozoa – např. rod *Giardia*), tasemnice (Cestoda – např. rody *Phyllobotrium, Tetrabothrium, Diplogonoporus*), motolice (Trematoda – např. rody *Ogmogaster, Nasitrema*), vrtejši (Acanthocephala – např. rod *Bolbosoma*) a hlístice (Nematoda – např. rody *Anisakis, Stenurus, Crassicauda*). Většina z nich nejčastěji parazituje v žaludku nebo ve střevě, popř. v plicích, játrech nebo podkoží (Hermosilla et al. 2015).

Vnější parazité (ektoparazité) nejsou pro kosticovce nebezpeční, ale spíše nepříjemní. Většina napadení ektoparazity je způsobena členovci, kteří se přizpůsobili mořskému prostředí. Jedná se např. o přisedlé korýše (*Coronula diadema, C. reginae* a *Crytolepas rhachianecti*), kteří se připevní na kůži hostitele a po odstranění po nich zůstává jizva (Félix et al. 2006). Poněkud nepříjemnějším parazitem je *Pennella balaenopterae*, patřící mezi klanonožce. Tento parazit proniká do kůže a usadí se hluboko v tukové tkáni, kterou se živí. Na kůži kosticovců se mohou přiživovat i mihule (např. *Entosphenustridentatus*), což jsou největší ektoparazité kosticovců (Hermosilla et al. 2015). Nejčastějšími ektoparazity jsou však tzv. „velrybí vši“ (whale lice) z čeledi Cyamidae (viz příloha č. 6, obrázek č. 11), které obývají kalozity nebo různé praskliny a drážky v kůži. Živí se epidermální vrstvou velrybí kůže (Rowntree 1996). U silně napadených zvířat může dojít k dermatitidě (Leung 1970), ale ve většině případů jsou velrybí vši považovány spíše za komenzály než za parazity (Berta et al. 2005).

3.10.9 Klimatické změny

Změna klimatu není hrozbou pouze pro kosticovce, nýbrž má vliv na celou planetu. Její důsledky jsou velmi rozšířené a ovlivňují mnoho aspektů životního prostředí. Kromě toho se následkem klimatických změn pravděpodobně zhorší výše zmíněné hrozby, jako je znečištění, ztráta stanovišť nebo nemoci. Jak budou kosticovci v budoucnosti reagovat na zhoršující se klimatické podmínky, není dosud dostatečně známo. Nicméně druhy vyskytující se v arktických vodách (např. velryba grónská), kde se mořský ekosystém již významně změnil, se přizpůsobují mnohem obtížněji (IWC 2012g). Největší dopad má na mořské prostředí změna teploty, množství arktického ledu a s ním související změna úrovně mořské hladiny a salinita oceánů, změna cirkulace mořských proudů nebo koncentrace skleníkových plynů v atmosféře (CO_2, CO_3, O_3 atd.) (Mooney et al. 2009). Právě kvůli zvyšující se koncentraci oxidu uhličitého (CO_2) v atmosféře dochází k okyselování oceánů (Pražský studentský summit 2015).

Průměrná teplota nad pevninou se od konce 19. století zvýšila o 0,6+- 0,2 °C, teplota mořského vzduchu vzrostla o 0,4 – 0,7 °C a teplota moře o 0,4 – 0,8 °C. Nárůst teplot se týká především horní vrstvy oceánů (do hloubky 300 metrů). Předpokládá se, že průměrná povrchová teplota vzroste do roku 2100 o 1,4 – 5,8 °C (Gibson et al. 2007). V důsledku globálního oteplování dochází k ústupu ledové arktické pokrývky. Ta se od padesátých let

minulého století zmenšila již více než o polovinu a během následujících let by mohla být Arktida úplně bez ledu (Marčík 2018).

Kvůli tání ledovců a zvýšenému odpařování v závislosti na rostoucí globální teplotě se mění i salinita moří. Tento jev však nemá zásadní vliv na kytovce, ti jsou v tomto ohledu poměrně přizpůsobiví. I hladina oceánů vzrostla během 20. století zhruba o 15 cm a do roku 2100 by se mohla navýšit až o 80 cm (Gibson et al. 2007). Kromě toho se za posledních dvacet let rozšířily oligotrofní vody (vody málo bohaté na živiny) (Mooney et al. 2009).

Veškeré tyto změny mohou mít negativní vliv na metabolismus, reprodukci, komunikaci a celkovou kvalitu života kosticovců. Mění se také dostupnost, lokace nebo nutriční hodnota kořisti a tím i migrační trasy. Migrující kosticovci musejí urazit větší vzdálenost, aby dosáhli oblastí bohatých na potravu, což zvyšuje jejich energetické potřeby a zkracuje dobu krmné sezóny (Learmonth et al. 2006).

3.10.10Další významné příčiny úmrtí kosticovců

V roce 1987 uhynulo v zátoce Cape Cod 14 keporkaků po konzumaci makrely obecné (*Scomber scombrus* Linnaeus, 1758) obsahující saxitoxin, což je druh neurotoxinu pocházející z řas, měkkýšů nebo dalších vodních organismů. Tento dinoflagelátový neurotoxin je odpovědný za otravu paralytickými měkkýši u lidí (Geraci et al. 1989). Podobná úmrtí velryb se odehrála i roku 2003 v Maine, kde uhynulo 16 keporkaků, jeden plejtvák malý, jeden plejtvák myšok a další dvě neidentifikované velryby. Příčina těchto úmrtí nebyla přesně stanovena, ale u několika zkoumaných keporkaků byly zjištěny dva druhy biotoxinu – saxitoxin a kyselina doomová, která je produkována některými mikroskopickými organismy mořského planktonu (Gulland & Hall 2007). V roce 2009 uvízlo na australských plážích 46 keporkaků (asi dvacet z nich byla telata). Ačkoliv se zdálo, že většina jedinců má podváhu, příčina smrti nebyla určena (Coughran et al. 2013). Následující rok uvízlo 13 keporkaků jen na brazilských plážích (Moura et al. 2012).

Za možnou příčinu rozsáhlého úhynu plejtvákovce šedého v letech 1999-2001 bylo považováno hladovění. Během těchto let bylo potvrzeno minimálně 651 úmrtí, z nichž ale ne všechna souvisela přímo s hladověním. Na základě pitvy několika zvířat navrhl Gulland et al. (2005) hypotézu, že zvířata, která trpí podvýživou a jsou napadena parazity, biotoxiny či jakoukoliv infekcí, nakonec v důsledku toho uhynou.

Zhruba od roku 2003 umírají ve vyšším počtu velryby jižní (převážně mláďata) v chovných oblastech kolem Península Valdés v Argentině (Uhart et al. 2008; Rowntree et al. 2013). IWC (International Whaling Commission) předložila roku 2011 tři hypotézy vysvětlující tato úmrtí: 1) špatný nutriční stav matek; 2) vystavení biotoxinům v krmných nebo chovných oblastech, kdy dochází k narušení ještě nenarozeného mláděte; 3) infekční onemocnění (bakteriální, virové atd.). V poslední době se zvláštní pozornost věnuje opakovaným útokům racků jižních (*Larus dominicanus* Lichtenstein, 1823) na telata, což vede ke stresu, dehydrataci a traumatu v důsledku otevřených ran (Rowntree et al. 2013; Thomas et al. 2013).

3.11 Ochrana kosticovců

Snaha o ochranu a zachování kytovců začala až ve 20. století. Do té doby byly velryby nadměrně loveny a mnoho druhů se tak ocitlo na pokraji vyhynutí (viz kapitola 3.10.1). Protože se hojnost velryb i celých populací rapidně snížila, bylo stále obtížnější je lovit a na základě toho začal komerční lov v některých oblastech ustupovat, což byla v podstatě záchrana zbývajících jedinců či druhů v dané oblasti. To však zdaleka nebylo dostačující pro obnovu populací, jelikož se lov přesunul do jiných oblastí a zaměřil se na jiné početnější druhy. Počátkem 20. století tak byla zabita každá velryba, která byla spatřena (Perrin et al. 2009). Vzhledem k tomu, že velryby migrují po celém světě, bylo zřejmé, že bude potřeba mezinárodní spolupráce při jejich ochraně. Ve 30. letech 20. století uznala Společnost národů (League of Nations), že jsou velryby nadměrně využívány a je potřeba regulovat velrybářství (WWF 2005). Ve Washingtonu v roce 1946 byla proto sjednána Mezinárodní úmluva o regulaci velrybářství (International Convention for the Regulation of Whaling – ICRW), která vstoupila v platnost v roce 1948. Původní účel úmluvy byl ochránit velrybí populace před nadměrným vykořisťováním a zachovat možnost jejich lovu i pro budoucnost. Na základě ICRW byla zřízena Mezinárodní velrybářská komise (IWC) (MŽP 2008b). Fosilní paliva byla dalším důvodem, proč se v 70. letech 20. století výrazně snížila poptávka po velrybím tuku a lov proto začal ustupovat (National Geographic 2011).

V posledních letech se snaha o zachování kosticovců zaměřuje především na ochranu prostředí, stanovišť a míst výskytu, tedy oblastí důležitých pro jejich přežití. U kosticovců se jedná o krmné oblasti poskytující důležité živiny a energii a chovné oblasti, ve kterých se rozmnožují (Liu et al. 2019).

Ochrana velryb se zaměřuje především na volně žijící populace a na jejich přirozené prostředí. Chov v zařízeních podobných zoologickým zahradám u nich není možný a uchování zmraženého DNA by také nepředstavovalo efektivní způsob přežití pro tato zvířata. Otázka ohledně znečištění a degradace přirozeného prostředí je v současnosti velmi naléhavá, proto se mnoho světových vládních i nevládních organizací snaží zavádět opatření, která by snížila riziko úbytku populací (Perrin et al. 2009).

Existuje mnoho světových organizací, které se zaměřují všeobecně na ochranu všech ohrožených zvířat, včetně kytovců, a na ochranu životního prostředí, jako je například IUCN nebo World Wildlife Fund (WWF). Jednou z nejznámějších organizací, která se zabývá konkrétně kytovci je již zmiňovaná Mezinárodní velrybářská komise (IWC), která v roce 1986 prosadila globální moratorium na komerční lov velryb. Existuje však i velké množství neziskových organizací, které se snaží o ochranu tohoto řádu. Jedná se například o Whale and Dolphin Conservation (WDC), Sea Shepherd Conservation Society nebo Project Jonah. Ve snaze chránit mořské savce a jejich přirozené prostředí jsou zřizovány smlouvy a zákony. Jedna z velmi známých úmluv, která umožňuje ochranu kytovců, je Úmluva o mezinárodním obchodu s ohroženými druhy volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin (CITES). Ve vodách USA zase platí zákon na ochranu všech mořských savců (US MMPA). Uzavřeny byly i různé dohody, jako třeba Dohoda o ochraně kytovců v Černém moři, Středozemním moři a přilehlých oblastech Atlantiku (ACCOBAMS) z roku 2001.

Snaha o záchovu ohrožených zvířat je obrovská a mnoho dříve kriticky ohrožených druhů a populací se úspěšně zotavilo nebo jejich počty rostou (např. populace keporkaků severní polokoule). I přesto je však mnoho druhů, jejichž četnost stále klesá, a proto je nutné využít získané zkušenosti k záchově právě těchto zvířat (Perrin et al. 2009).

Existují dva hlavní způsoby ochrany, které se využívají k zachování rozmanitosti jednotlivých druhů. Jedná se o ochranu *ex situ* a *in situ*. *In situ* znamená v podstatě ochrana v místě výskytu, tedy ochrana zvířat žijících ve volné přírodě, a především ochrana jejich přirozeného prostředí a ekosystémů. Naproti tomu *ex situ* je ochrana v uměle vytvořeném prostředí neboli v lidské péči (např. zoologické zahrady), kde jsou chovány hlavně ohrožené druhy zvířat. Většina *ex situ* záchranných programů podporuje i *in situ* ochranu.

Vzhledem k velikosti kosticovců a jejich behaviorálním či potravním návykům je prakticky nemožné je chovat v lidské péči, ačkoliv historicky bylo zaznamenáno pár pokusů o chov různých druhů – nejčastěji plejtvákovce šedého a plejtváka malého (Pushmann et al. 2013). Tyto pokusy však nebyly zrovna úspěšné. Pokud zvíře neuhynulo již při převozu, tak uhynulo během jednoho měsíce. Jediným úspěšnějším případem byl chov mladé samičky plejtvákovce šedého, která v roce 1997 uvízla na kalifornském pobřeží, a tak byla převezena do Sea World v San Diegu. Zde byla krmena kašovitou směsí mléka a rybího masa čtyřikrát denně pomocí hadice. Samice však rostla velmi rychle, po třech měsících měřila už devět metrů. Za dalších 14 měsíců byla úspěšně vypuštěna zpátky do moře (Pushmann et al. 2013). V současné době nejsou žádní kosticovci chováni v lidské péči.

3.11.1 Vybrané organizace, zákony a úmluvy související s ochranou kosticovců

3.11.1.1 International Whaling Commission (IWC)

Jednou z nejproslulejších organizací, která se zabývá výhradně mořskými savci, je Mezinárodní velrybářská komise (International Whaling Commission – IWC). Jedná se o mezivládní organizaci, která byla právně zřízena na základě Úmluvy o regulaci lovu velryb (International Convention for the Regulation of Whaling – ICRW). Tato úmluva byla podepsána 2. prosince 1946 ve Washingtonu DC a stala se tak jednou z prvních částí mezinárodních právních předpisů v oblasti životního prostředí. Hlavním účelem Úmluvy byla ochrana velryb a regulace jejich lovu. V současnosti zahrnuje IWC 88 členských vlád ze zemí celého světa. Mezi členské země patří i Česká republika, která do organizace vstoupila v roce 2005, potom co se stala členem Evropské unie (IWC 2012i).

Úkolem IWC je přijímat opatření k regulaci lovu velryb a dohlížet na jejich dodržování. Opatření a omezení v rámci regulace lovu zahrnují např. vymezení specifických oblastí, které slouží jako útočiště pro velryby nebo ochrana telat a jejich matek. Roku 1982 bylo odsouhlaseno dočasné moratorium na komerční lov, které vstoupilo v platnost roku 1986 a trvá dodnes. V dnešní době provádí komerční lov jen málo zemí na základě uplatňování výhrady proti moratoriu (viz kapitola 3.10.1). Kromě regulace a kontroly lovu se organizace snaží řešit i další a v dnešní době podstatnější příčiny ohrožení kytovců. Koordinuje a někdy i financuje záchranné práce, které kromě různých výzkumů zahrnují např. schopnost reagovat na bycatch,

prevenci proti srážkám s plavidly nebo vypracovávání plánů na ochranu klíčových druhů a populací. Řeší také otázky znečištění a nadměrného hluku v oceánech (IWC 2012i).

Mimo to Komise provádí rozsáhlé studie a výzkum populací kytovců, vyvíjí a udržuje vědecké databáze a vydává vlastní recenzovaný vědecký časopis „Journal of Cetacean Research and Management“ (IWC 2012i).

Vědecký výbor se schází každý rok a účastní se ho až 200 vědců. Zasedání Komise se uskutečňuje jednou za dva roky a účastní se ho zhruba 400 lidí včetně vládních delegátů z každé členské země. IWC pořádá také semináře a workshopy na různá témata, čímž přispívá k lepší informovanosti veřejnosti o ohrožení tohoto řádu. Například v roce 1996 se uskutečnil první seminář na téma vliv změny klimatu na kytovce nebo v roce 2016 proběhl workshop zaměřený na zkoumání maskujícího účinku antropogenního hluku na kytovce. IWC spolupracuje i s dalšími mezinárodními organizacemi jako je IUCN nebo třeba Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources (CCAMLR) (IWC 2012i).

3.11.1.2 International Union for Conservation of Nature (IUCN)

Mezinárodní unie pro ochranu přírody (International Union for Conservation of Nature – IUCN) byla založena 5. října 1948 ve francouzském městě Fontainebleau. Jejím cílem bylo, kromě ochrany přírody, rozvíjet mezinárodní spolupráci a poskytovat vědecké znalosti a nástroje pro vedení ochranářských činností. Během prvního desetiletí se zaměřila především na zkoumání dopadu lidské činnosti na přírodu, např. označila škodlivé účinky pesticidů na celkovou biodiverzitu. V 60. a 70. letech začala IUCN více směřovat svůj záměr na ochranu druhů a stanovišť nezbytných pro jejich přežití. V roce 1964 založila IUCN Červený seznam ohrožených druhů (The IUCN Red List of Treatened Species), který se stal nejkomplexnějším zdrojem dat o celosvětové biodiverzitě a ohrožených druzích. Seznam je pravidelně aktualizován a poskytuje informace o výskytu, velikosti populací, ekologii, hrozbách a samozřejmě i ochranných opatřeních jednotlivých druhů (IUCN 1996c).

IUCN hrála zásadní roli při vytváření klíčových mezinárodních úmluv, včetně Ramsarské úmluvy o mokřadech (1971), Úmluvy o ochraně světového kulturního a přírodního dědictví (UNESCO - 1972), Úmluvy o mezinárodním obchodu s ohroženými druhy volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin (CITES - 1974) a Úmluvy o biologické rozmanitosti (CBD - 1992). Spolupracuje i se světovými organizacemi, jako je Světový fond na ochranu přírody (WWF) nebo Program OSN pro životní prostředí (UNEP), se kterými v roce 1980 společně zveřejnila průkopnický dokument „the World Conservation Strategy“ (IUCN 1996c).

V současnosti je do IUCN zapojeno více jak 1400 členských organizací, mezi které patří nejen státy a vládní agentury, ale i nevládní organizace, organizace domorodého obyvatelstva nebo vědecké a akademické instituce. Využívá zkušeností a vědomostí od více než 17 000 odborníků z více než 160 zemí po celém světě. Každé čtyři roky se koná Světový kongres ochrany přírody IUCN, jehož cílem je zlepšovat ochranu životního prostředí v závislosti na sociálním a ekonomickém rozvoji lidstva (IUCN 1996a).

I přes vysoký počet ohrožených druhů se IUCN snaží alespoň zastavit pokles celosvětové biodiverzity. Jednotlivé druhy a poddruhy jsou řazeny do sedmi kategorií podle stupně jejich ohrožení: Extinct (EX) – vyhynulý, Extinct in Wild (EW) – vyhubený v přírodě, Critically Endangered (CR) – kriticky ohrožený, Endangered (EN) – ohrožený, Vulnerable (VU) – zranitelný, Near Threatened (NT) – blízko ohrožení, Least Concern (LC) – málo dotčený (The IUCN Red List of Threatened Species 2002b).

Komise pro přežití druhů IUCN (The IUCN Species Survival Commission – SSC) je vědecky založená síť, která se skládá z více než 160 specializovaných skupin pracovníků. Jednotlivé skupiny se zabývají otázkami souvisejícími buď s konkrétními druhy rostlin, hub či zvířat, nebo se zaměřují na širší okruh problémů (např. změna klimatu, reintrodukce, zdraví zvířat atd.). Hlavní úlohou SSC je poskytovat IUCN odborné informace a hodnocení potřebné pro Červený seznam ohrožených druhů. Jednou ze specializovaných skupin je i SSC Cetacean Specialist Group (CSG) zabývající se kytovci. CSG má v současné době 130 členů po celém světě, kteří přispívají významnými zkušenostmi a technickou odborností do rostoucí zásoby znalostí o kytovcích. Pravidelně poskytují globální přehledy a související akční plány na ochranu daných druhů kytovců. Nejnovější akční plán vydaný pro roky 2002-2010 poskytuje komplexní přehled vědeckých informací o hrozbách pro kytovce po celém světě a doporučuje konkrétní opatření pro jejich zachování (IUCN 1996b).

3.11.1.3 Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES)

Úmluva o mezinárodním obchodu s ohroženými druhy volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin (CITES) je mezinárodní dohoda mezi vládami přijatá dne 3. března 1973 ve Washingtonu DC (též nazývaná Washingtonská úmluva), v platnost však vstoupila až 1. července 1975. Jejím cílem je zajistit, aby mezinárodní obchod s exempláři divokých zvířat a rostlin neohrožoval jejich přežití (CITES 1997c).

Odhaduje se, že obchod s volně žijícími živočichy a planě rostoucími rostlinami dosahuje několika miliard dolarů ročně a zahrnuje několik milionů rostlinných i živočišných vzorků. CITES se ovšem nevztahuje pouze na živá či neživá zvířata a rostliny, ale i na širokou škálu produktů z nich vyrobených nebo odvozených, jako jsou části jejich těl, potravinářské výrobky, exotické kožené zboží, výrobky ze dřeva nebo různé turistické suvenýry a léky. Kontroluje i obchod s ohroženými živočichy odchovanými v lidské péči nebo obchod s rostlinami vypěstovanými člověkem. Ve většině případů se však úmluva nedotýká domestikovaných zvířat a kulturních rostlin. Bohužel i přes veškerou snahu CITES stále probíhá rozsáhlý nelegální obchod s ohroženými druhy, a to zejména v rozvojových zemích (CITES 1997c; MŽP 2008a).

V současné době má CITES 183 smluvních stran (=členských států). Připojení je dobrovolné. Ačkoliv je CITES pro smluvní strany právně závazná, nenahrazuje vnitrostátní právní předpisy. Československo podepsalo úmluvu dne 28. května 1992. V lednu po rozdělení ČSFR převzala Česká republika veškeré závazky z úmluvy. CITES také spolupracuje s významnými mezinárodními ochranářskými organizacemi, jako je IUCN, WWF a mnoho dalších. Každé dva až tři roky se schází konference smluvních stran, aby přezkoumala

fungování úmluvy a projednala změny ohledně seznamu ohrožených druhů. Jako pozorovatelé se těchto zasedání mohou účastnit i nesignatářské státy a nevládní organizace (CITES 1997a; MŽP 2008a).

Kontrola mezinárodního obchodu probíhá na základě udělení povolení (tzv. „CITES permity“). Tyto permity jsou vydávány výkonnými orgány jednotlivých smluvních stran a jsou kontrolovány celními orgány všech zemí CITES, které obchod uskutečňují. Povolení se uděluje pouze v případě, prokáže-li se, že odběrem daného živočicha či rostliny nedojde k ohrožení druhu vyhubením. CITES permit slouží jako doklad o tom, že z hlediska ochrany přírody je obchod v pořádku (MŽP 2008a).

Dnes poskytuje CITES různou míru ochrany pro více než 37 000 druhů rostlin a zvířat. Podle stupně ohrožení jsou rozděleny do tří kategorií. Příloha I obsahuje druhy přímo ohrožené vyhynutím, se kterými není možné obchodovat vůbec, nebo jen velmi výjimečně. Příloha II zahrnuje druhy, jejichž situace v přírodě není kritická, ale mohlo by dojít k ohrožení v případě, že by mezinárodní obchod s nimi nebyl regulován. Druhy z Přílohy III jsou ohrožené pouze na území určitého státu, který si vyžádal regulaci mezinárodního obchodu s danými živočichy či rostlinami. Druhy v jednotlivých přílohách jsou seřazeny podle toho, jak moc jsou mezinárodním obchodem ohroženy. Mohou být zahrnuty celé řády (např. primáti nebo kytovci) nebo v některých případech jsou uvedeny pouze poddruhy nebo určité populace druhů. Drtivá většina kosticovců je uvedena v Příloze I, zbytek je uveden v Příloze II (CITES 1997b; MŽP 2008a).

V Evropské unii funguje úmluva CITES již od roku 1984. Předpisy EU jsou však v mnohém poněkud přísnější než samotná úmluva. Namísto CITES příloh (I, II, III) rozdělila EU seznam druhů do čtyř kategorií A až D, přičemž příloha A zhruba odpovídá CITES I, příloha B CITES II a příloha C CITES III. V příloze D jsou uvedeny druhy, pro které platí povinnost hlásit jejich dovoz celním orgánům EU. Velké množství druhů je však řazeno do přísnější kategorie než u CITES. V příloze D je uvedeno i mnoho druhů, které úmluvou CITES chráněny nejsou. Povolení k vývozu či dovozu přes hranice EU (CITES permity) u nás vydává Ministerstvo životního prostředí (MŽP 2008a).

3.11.1.4 Convention on Migratory Species of Wild Animals (CMS)

Úmluva o ochraně stěhovavých druhů volně žijících zvířat (CMS), známá také jako Bonnská úmluva, je smlouva pro životní prostředí Organizace spojených národů (OSN), která poskytuje globální platformu pro zachování a udržitelné využívání stěhovavých druhů (pozemních, vodních i ptačích) a jejich stanovišť. CMS byla sjednána v červnu 1979 v německém Bonnu, přičemž v platnost vstoupila dne 1. listopadu 1983. Tato úmluva sdružuje státy, kterými procházejí migrační trasy zvířat a vytváří právní základ pro mezinárodně koordinovaná ochranná opatření v celém migračním pásmu. V dnešní době má již přes 120 smluvních stran s největším zastoupením v Africe a Evropě. Zájem o členství však roste i v Jižní Americe nebo Asii. Roku 1994 se stala smluvní stranou i Česká republika (CMS 2003a).

CMS identifikovala již několik stovek stěhovavých druhů zvířat, které jsou pod její ochranou. Podobně jako CITES i CMS rozděluje druhy do příloh podle stupně ohrožení a potřeby ochrany. Úmluva má dva dodatky. V Příloze I jsou uvedeny stěhovavé druhy, kterým

přímo hrozí vyhynutí v celém areálu jejich rozšíření nebo na jeho významné části. Smluvní strany usilují o přísnou ochranu těchto druhů, o zachování a obnovu jejich stanovišť, o odstranění či zmírnění překážek během jejich migrace a o kontrolu dalších faktorů, které by je mohly ohrozit. Příloha II zahrnuje druhy, které mají nepříznivý stav z hlediska ochrany a vyžadují proto mezinárodní dohody. Dohody se mohou pohybovat od právně závazných smluv až po méně formální nástroje, jako jsou např. Memoranda porozumění, a je možné je přizpůsobit požadavkům konkrétních regionů (CMS 2003a).

Ve spolupráci CMS s Tichomořským regionálním programem pro životní prostředí (Pacific Regional Environment Programme – SPREP) bylo uzavřeno Memorandum porozumění o ochraně kytovců a jejich stanovišť v oblasti tichomořských ostrovů, které vstoupilo v platnost 12. září 2006. Memorandum zahrnuje všechny populace kytovců v oblasti kolem tichomořských ostrovů. Jeho cílem je dosáhnout a udržovat příznivý stav z hlediska ochrany pro všechny kytovce a jejich stanoviště v dané oblasti. Jeho prostřednictvím se oblast tichomořských ostrovů snaží posílit spolupráci a zajistit koordinovanou celoregionální ochranu kytovců a jejich stanovišť. Byly provedeny různé studie zaměřené na interakce mezi kytovci a komerčním rybolovem a vzdělávací programy na zvýšení informovanosti o jejich ohrožení a ochraně (CMS 2003b).

V roce 2001 vstoupila v platnost Dohoda o ochraně kytovců v Černém moři, Středozemním moři a přilehlých oblastech Atlantiku (ACCOBAMS). Jde o první dohodu o ochraně kytovců, která zavazuje země těchto regionů ke spolupráci. Jejím účelem je snížit ohrožení kytovců a zlepšit současné znalosti o těchto tvorech. V roce 2018 měla dohoda již 24 smluvních stran (ACCOBAMS 2003).

CMS, jako jediná globální úmluva specializující se na ochranu stěhovavých druhů a jejich stanovišť, spolupracuje s řadou dalších mezinárodních i nevládních organizací, jako je IUCN, CITES, WDC, IWC a další (CMS 2003a).

3.11.1.5 Marine Mammal Protection Act (MMPA)

Zákon o ochraně mořských savců (Marine Mammal Protection Act) byl přijat v USA v říjnu roku 1972 z důvodu rostoucích obav vědců i veřejnosti, že výrazný pokles některých druhů mořských savců byl způsoben právě lidskou činností. Stal se tak prvním právním předpisem, který nařizoval ekosystémový přístup k řízení mořských zdrojů. MMPA je nástrojem, který má pomoci udržet populace všech mořských savců na optimální úrovni, tedy aby jejich počty neklesly pod hranici, kdy by přestaly být významnými funkčními prvky ekosystému, jehož jsou součástí. Za MMPA zodpovídají NOAA Fisheries, U. S. Fish and Wildlife Service a Marine Mammal Commission (NOAA 2000c).

V zájmu ochrany mořských savců MMPA zakazuje lov („odběr“) jakéhokoliv druhu mořského savce ve vodách USA. Kromě klasického odlovu se vztahuje i na obtěžování, ubližování, dotýkání se, krmení, omezování, zabití či pokusy o zabití. Rovněž zakazuje dovoz a vývoz mořských savců a jejich částí nebo produktů. Existují však i různé výjimky jako třeba dovoz či vývoz mořských savců pro vědecké účely nebo neúmyslné zabití (např. bycatch) (NOAA 2000c).

3.11.1.6 Marine protected areas (MPA)

Definice Chráněných mořských oblastí (Marine protected areas – MPA) zní podle WWF takto: „Území určené a účinně řízené k ochraně mořských ekosystémů, procesů, stanovišť a druhů, které může přispět k obnově a doplnění zdrojů pro sociální, ekonomické a kulturní obohacení.“. MPA zahrnují mořské rezervace, plně chráněné mořské oblasti, oblasti zákazu rybolovu, mořské parky, mořské a oceánské svatyně a další. Mnoho z nich má různé úrovně ochrany a rozsah zakázaných či povolených činností se také může lišit. Řada z těchto mořských parků a rezervací je však špatně spravována nebo se o ně nikdo nestará (WWF 1996c). Vůbec největší chráněnou mořskou oblastí je Ross Sea Region v Antarktidě s rozlohou přes 1,5 milionu km^2. Velmi známé jsou také mořské parky v Austrálii, jako je Velký bariérový útes nebo Korálové moře (Marine Conservation Institute 2011).

Dle IUCN je v současné době chráněno zhruba 6,35 % oceánu, ale jen něco přes 1,89 % je pokryto výhradně MPA, které neumožňují žádný rybolov, těžbu nebo vrtání. Každá chráněná oblast je vytvořena přesným vymezením zón s povoleným či nepovoleným využíváním. Je nezbytné mít velmi dobré znalosti, aby bylo možné definovat ekologické hranice a stanovit cíle pro MPA. Vytvoření sítí MPA je zásadní pro udržení odolnosti proti změně klimatu, znovuobnovení ekologické a sociální odolnosti a zvýšení přežití druhů (IUCN 1996e).

3.11.1.7 NOAA Fisheries

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) neboli česky Národní úřad pro oceán a atmosféru je americká enviromentální agentura v rámci Ministerstva obchodu, která vznikla v roce 1970 spojením tří agentur – U.S. Coast and Geodetic Survey, The Weather Bureau a U.S. Commission of Fish and Fisheries. NOAA Fisheries je zodpovědná za správu mořských zdrojů a stanovišť. Svým působením se snaží zajistit nejen ochranu mořských ekosystémů, ale i udržitelný rybolov. Spolupracuje s regionálními radami pro řízení rybolovu s cílem posoudit i předpovědět stav rybích populací, omezit lov některých druhů, zajistit dodržování předpisů o rybolovu a omezit vedlejší úlovky. Podle zákona o ochraně mořských savců (MMPA) pracuje NOAA Fisheries na obnově chráněných mořských druhů. V současnosti agentura zaměstnává zhruba 4200 zaměstnanců po celém USA, včetně vědců (NOAA Fisheries 2000a).

3.11.1.8 Whale and Dolphin Conservation (WDC)

Whale and Dolphin Conservation je jednou z hlavních neziskových organizací věnujících se ochraně velryb a delfínů a jejich životního prostředí. Byla založena roku 1987 ve Velké Británii a nyní působí po celém světě. WDC je partnerem Úmluvy o stěhovavých druzích (Convention on Migratory Species – CMS), která je součástí Programu OSN pro životní prostředí. Po celém světě má přibližně 80 zaměstnanců a řadu dobrovolníků, kteří navzájem spolupracují na základě kampaní, vědeckých a terénních výzkumů, ochranářských projektů, vzdělávacích programů nebo poradenství vládám. Mezi jejich čtyři hlavní cíle patří ukončení zajetí (zástupci ozubených v různých akváriích), zastavení lovu velryb (především v Japonsku,

Norsku a na Islandu), vytvoření čistého a zdravého mořského prostředí (omezit rybolov, těžbu a lodní dopravu) a zabránění bycatch (snížení počtů úhynů v lovných zařízeních) (WDC 1996a).

3.11.1.9 World Wildlife Fund (WWF)

World Wildlife Fund (WWF) je nezávislá ochranářská organizace založená v roce 1961. WWF působí téměř ve sto zemích a ve spolupráci s mnoha dalšími (od jednotlivců po podniky a vlády) se snaží chránit a obnovovat přírodní stanoviště, zastavit vymírání divokých zvířat a zajistit udržitelný způsob využívání obnovitelných přírodních zdrojů. Jejím posláním je zastavit degradaci přírodního prostředí, zachovat biologickou rozmanitost druhů a snižovat znečištění. Mimo jiné spolupracuje s komunitami, podniky a vládami na obnovení zdraví oceánů. WWF vyzývá vlády, podniky a instituce, aby ukončily škodlivé aktivity a dotace a místo toho investovaly do udržitelné „modré“ ekonomiky. Snaží se například zajistit udržitelnost rybolovu (neboli udržovat zdravé populace ryb) a minimalizovat negativní dopad na stanoviště a jiné druhy. Kromě toho se zaměřuje i na obnovu kritických pobřežních oblastí, jako jsou korálové útesy nebo mangrovy (WWF 1996a).

3.11.1.10 Sea Shepherd Conservation Society

Tato nevládní společnost byla založena v roce 1977 kapitánem Paulem Watsonem ve Vancouveru. Hlavním cílem je zachovat a chránit veškerý mořský život. Její poselství spočívá ve snaze odhalit a čelit nezákonným činnostem, které jakýmkoliv způsobem narušují nebo ničí mořské ekosystémy. V současnosti má tisíce dobrovolníků z více než 40 zemí, kteří spolupracují na různých kampaních po celém světě. Sea Shepherd se stala průkopníkem efektivního a jedinečného přístupu k ochraně oceánů. S podporou specializovaných posádek poskytuje lodě, vybavení nebo i konzultace mnoha partnerům, včetně místních komunit a vládních agentur po celém světě. Mezi úspěchy společnosti patří například zastavení pytláků a ničení stanovišť v Ekvádoru, Indonésii, Itálii, Mexiku a dalších zemích. Za své úspěchy obdrželi několik ocenění, včetně Amazonské ceny za mír nebo Medaile za významnou službu z Libérie (Sea Shepherd Conservation Society 1996).

3.11.1.11 Project Jonah New Zealand

Project Jonah je novozélandská dobrovolná charitativní organizace fungující od roku 1974, kdy organizace zahájila hnutí proti lovu velryb na Novém Zélandu. Díky tomuto hnutí zakázala vláda Nového Zélandu v roce 1975 dovoz všech velrybích produktů. V roce 1976 se Nový Zéland znovu připojil k IWC, kde dodnes zůstává jedním z největších zastánců ochrany velryb. Mezi hlavní cíle organizace patří záchrana zvířat (poskytnutí první pomoci uvízlým či zraněným mořským savcům), inspirativní akce (podpora veřejných vzdělávacích a světových kampaní) a samozřejmě ochrana (např. prosazování zákonů na ochranu mořských savců). Všeobecně se Project Jonah snaží zastavit záměrné zabíjení mořských savců pro komerční, sportovní nebo „vědecké“ účely a podporovat ochranu mořského prostředí s cílem snížit utrpení těchto zvířat v důsledku lidské činnosti. Do organizace se zapojuje mnoho dobrovolníků, kteří pomáhají mořským savcům prostřednictvím různých záchranných programů nebo třeba i „obyčejným“ sbíráním odpadků na plážích (Project Jonah 2000a).

3.11.1.12 Ocean Alliance

Nezisková organizace Ocean Alliance byla založena roku 1971 biologem Rogerem Paynem. Na základě Paynova objevu v 70. letech, že velryby zpívají, se zvýšil zájem a veřejné mínění o těchto tvorech, což vedlo ke globálnímu hnutí za jejich záchranu. V roce 2000 byl spuštěn program Voyage of the Odyssey. Jednalo se o pětiletou studii, která shromáždila vůbec první globální údaje o znečišťujících látkách v oceánech s použitím jediného indikátoru, vorvaně obrovského (*Physeter macrocephalus* Linnaeus, 1758). Studie měla velký úspěch a ukázala světu, jak moc se oceány znečistily. Po Voyage of the Odyssey následoval pětiletý program v Mexickém zálivu, jehož cílem bylo určit rozsah znečištění z ropné havárie Deepwater Horizon z roku 2010. Všeobecným posláním společnosti je ochrana velryb a jejich oceánského prostředí prostřednictvím výzkumu, vědecké spolupráce a veřejného vzdělávání. V současnosti se k vědeckým výzkumům stále častěji a s oblibou využívají drony, které jsou efektivní a hlavně neinvazivní, díky čemuž se stávají klíčovou součástí programů na výzkum velryb po celém světě. Ocean Alliance úzce spolupracuje s dalšími organizacemi (např. National Oceanographic and Atmospheric Administration nebo Sea Shepherd Conservation Society) (Ocean Alliance 1994a).

4 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vyhledat odborné vědecké informace o fylogenezi, biologii, způsobu života a behaviorálních návycích kosticovců (Mysticeti) z řádu Cetacea. Dalším cílem bylo zaměřit se a sepsat hlavní příčiny ohrožení tohoto podřádu. Kromě toho se práce zabývá i ochranou *in situ* a s ní spojenými vybranými institucemi. Podnětem pro sepsání této bakalářské práce bylo jednak sjednotit dostupné informace o největších tvorech naší planety, což by mělo vést i k větší informovanosti o nich, a jednak fakt, že jejich životní podmínky se neustále zhoršují a je proto důležité upozornit na hlavní hrozby, které jsou z velké části zapříčiněny člověkem.

První část práce je věnována obecným faktům o fylogenezi, morfologii a behaviorálních návycích kosticovců. Nejstarší předkové, např. *Pakicetus*, byli sice suchozemská zvířata, ale současné druhy kosticovců jsou plně přizpůsobeny životu ve vodním prostředí. I přesto si však ponechali několik společných znaků, např. dýchají vzdušný kyslík. Kosticovci si na rozdíl od své sesterské skupiny ponechali dva nosní otvory, které se posunuly z rostrální části více směrem na hřbet. Kromě své úctyhodné velikosti jsou specifičtí i ztrátou zubů, které nahradily tzv. kostice neboli keratinózní filtrační aparát sloužící k pohlcování planktonu či menších ryb. Na rozdíl od ozubených se u nich nevyskytuje ultrazvuková echolokace pro detekci kořisti. Ke komunikaci využívají infrazvuky. Patří mezi tzv. K-stratégy, kteří jsou charakterističtí delším dospíváním, dlouhými intervaly mezi porody a většinou rodí pouze jedno mládě, o které se matka stará poměrně dlouhou dobu. Z tohoto důvodu je zotavování populací zdlouhavé a náročné, jelikož kosticovci nejsou schopni se dostatečně přizpůsobit neustále se měnícím podmínkám životního prostředí.

Druhá část práce se již zaměřuje na nejaktuálnější příčiny ohrožení kosticovců ve volné přírodě a jejich ochranu *in situ*. Zatímco v minulosti bylo mnoho druhů velryb málem vyhubeno komerčním lovem, který byl až na výjimky v roce 1986 zakázán, v současnosti představuje největší hrozbu stále se rozrůstající lodní doprava a s ní spojené srážky s plavidly nebo zapletení velryb do lovných zařízení (tzv. bycatch), což jim způsobuje vážná zranění a v horším případě smrt. Mezi další hrozby patří i klimatické změny nebo znečištění světových oceánů nejen mořskými troskami, ale i různými chemickými látkami jako je např. ropa.

Co se týče ochrany *in situ*, tedy ochrany zvířat ve volné přírodě, bylo vybráno 12 nejvýznamnějších organizací či úmluv, které se významně podílejí na záchově a snaze o obnovení populací kosticovců. Kromě Mezinárodní unie pro ochranu přírody (IUCN) nebo světoznámé Mezinárodní velrybářské komise (IWC), která se zasloužila o vystavení moratoria na komerční lov velryb, mezi ně patří i Národní úřad pro oceán a atmosféru (NOAA Fisheries) nebo World Wildlife Fund (WWF). Byly však vybrány i neziskové organizace jako je Project Jonah, Sea Shepherd Conservation Society, Ocean Alliance nebo Whale and Dolphin Conservation (WDC). Úmluva o mezinárodním obchodu s ohroženými druhy volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin (CITES), Úmluva o ochraně stěhovavých druhů volně žijících zvířat (CMS) nebo Zákon o ochraně mořských savců (Marine Mammal Protection Act) se také významně podílejí na ochraně kosticovců. Zřizovány jsou i Chráněné mořské oblasti (MPA), jejichž cílem je chránit veškeré mořské ekosystémy a přispívat k jejich obnově. Tato literární rešerše by měla posloužit k větší informovanosti, pochopení, a hlavně uvědomění si,

že je potřeba chránit nejen velryby a ostatní zvířata, ale především také životní prostředí, které je součástí nás všech.

5 SEZNAM LITERATURY

Acevedo J, O´Grady M, Wallis B. 2012. Sighting of the fin whale in the Eastern Subtropical South Pacific: potential breeding ground? Revista de Biología Marina y Oceanografía **47**: 559-563.

Alerstam T, Hedenström A. 1998. The development of bird migration theory. Journal of Avian Biology **29**: 343-369.

Atkinson S. 2002. Male reproductive systems. Pages 700-704 in Perrin WF, Würsig B, Thewissen JGM, editors. Encyclopedia of Marine Mammals. Academic Press. San Diego.

Au WWL, Kastelein RA, Benoit-Bird KJ, Cranford TW, McKenna MF. 2006. Acoustic radiation from the head of echolocating harbor porpoises (*Phocoena phocoena*). Journal of Experimental Biology **209**: 2726-2733.

Baker CS, Herman LM. 1984. Aggressive Behavior Between Humpback Whales (*Megaptera novaeagliae*) on the Hawaiian Wintering Grounds. Canadian Journal of Zoology **62**: 1922–1937.

Baker CS, Steele D, Calambokidis J, Falcone E, Gonzales-Peral U, Barlow J. 2013. Strong maternal fidelity and natal pholopatry shape genetic structure in an oceanic population of whales. Marine Ecology Progress Series **494**: 291-306.

Barendse J, Best PB. 2014. Shore-based observations of seasonality, movements, and group behavior of southern right whales in a non-nursery area on the South African west coast. Marine Mammal Science **30**: 1358-1382.

Berta A, Sumich JL, Kovacs KM. 2005. Marine mammals: Evolutionary Biology. Elsevier, USA.

Best PB. 1977. Two allopatric forms of Bryde´s whales off South Africa. Reports of International Whaling Commision (Special Issue) **1**: 10-35.

Best PB. 1982. Seasonal Abundance, Feeding, Reproduction, Age and Growth in Minke Whales off Durban (with Incidental Observations from the Antarctic). Reports of the International Whaling Commission **32**: 759–786.

Best PB. 2011. Distribution and population separating of Bryde´s whale *Balaenoptera edeni* off southern Africa. Marine Ecology Progress Series **220**: 277-289.

Brodie PF. 1975. Cetacean energetics, an overview of intraspecific size variation. Ecology **56**: 152-161.

Brownell RLJ, Ralls K. 1986. Potential for Sperm Competition in Baleen Whales. Report of the International Whaling Commission (Special Issue) **8**: 97–112.

Brownell RL Jr, Nowacek DP, Ralls K. 2008. Hunting cetaceans with sounds: a worldwide review. Journal of Cetacean Research and Management **10**: 81-88.

Boyd RB. 1975. A gross and microscopic study of the respirátory anatomy of the Antarctic Weddell seal, *Leptonychotes weddelli*. Journal of morphology **14**7: 309-336.

Buchholtz EA. 2001. Vertebral osteology and swimming style in living and fossil whales (Order: Cetacea). Journal of Zoology **253**: 175-190.

Carroll E, Patenaude N, Alexander A, Steel D, Harcourt R, Childerhouse S. 2011. Population structure and individual movements of southern right whales around New Zealand and Australia. Marine Ecology Progress Series **432**: 257-268.

Citta JJ, Quakenbush LT, George JC, Small RJ, Heide-Jogensen MP, Brower H, Adams B, Brow L. 2011. Winter movements of bowhead whales (*Balaena mysticetus*) in the Bering Sea. Arctic **65**: 13-34.

Charif R, Clapham PJ, Gagnon W, Loveday P, Clark CW. 2001. Acoustic detections of singing humpback whales in the waters of the British Isles. Marine Mammal Science **17**: 751-768.

Clapham PJ. 1996. The Social and Reproductive Biology of Humpback Whales: An Ecological Perspective. Mammal Review **26**: 27–49.

Clapham PJ, Palsbøll PJ. 1997. Molecular Analysis of Paternity Shows Promiscous Mating in Female Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae Borowski*). Proceeding of the Royal Society **264**: 95–98.

Clapham PJ, Palsbøll PJ, Mattila DK, Vasquez O. 1992. Composition and Dynamics of Humpback Whales Competitive Groups in the West-Indies. Behaviour **122**: 182–194.

Clapham PJ, Young S, Brownell R. 1999. Baleen whales: conservation issues and the status of the most endagered populations. Mammal Review **29**: 35-60.

Clapham PJ, Good C, Quinn SE, Reeves RR, Scarff JE. 2004. Distribution of North Pacific right whales (*Eubalaena japonica*) as shown by 19th and 20th century whaling catch and sighting records. Journal of Cetacean Research and Management **6**: 1-6.

Cranford T, McKenna M, Soldeville M, Wiggins S, Goldbogen J, Shadwick R, Krysl P, St. Leger J, Hildebrand J. 2008 b. Anatomic geometry of sound transmission and reception in Cuvier´s beaked whale (*Ziphius cavirostris*). Anatomical record-advances in integrative anatomy and evolutionary biology **291**: 353-378.

Corkeron PJ, Connor RC. 1999. Why do baleen whales migrate? Marine mammal science **15**: 1228-1245.

Coughran DK, Gales NJ, Smith HC. 2013. A note on the spike in recorded mortality of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Western Australia. Journal of Cetacean Research and Management **13**: 105-108.

Cozzi B, Bagnoli P, Acocella F, Constantino ML. 2005. Structure and biomechanical properties of the trachea of the striped dolphin *Stenella coeruleoalba*: Evidence for evolutionary adaptations to diving. Anatomical record-advances in integrative anatomy and evolutionary biology **284 A**: 500-510.

Cummings WC, Thompson PO. 1971. Underwater sounds from the blue whale, *Balaenoptera musculus*. Journal of the Acoustical Society of America **50**: 1193-1198.

Cuvier G. 1817. La règne animal distribué d'après son organisation, pour servir de base l'histoire naturelle des animaux et d'introduction l'anatomie comparée. Les Mammiféres, Déterville, Paris.

Dawson WW. 1980. The cetacean eye. Pages 53-100 in Herman LM, editor. Cetacean behavior: mechanism and function. Wiley. New York.

Dawson WW, Adams CK, Barris MC, Litzkow CA. 1979. Static and kinetic properties of the dolphin pupil. American Journal of Physiology **237**: R301-R305.

Dawson WW, Schroeder JP, Dawson JF. 1987 a. The ocular fundus of two cetaceans. Marine Mammal Science **3**: 1-13.

Delarue J, Todd SK, Van Parijs S, Di Lorio L. 2009. Geographic varation on Northwest Atlantic fin whale (*Balaenoptera physalus*) song: implications for stock structure assessment. The Journal of the Acoustical Society of America **125**: 1774-1782.

Deméré TA, McGowen MR, Berta A, Gatesy J. 2008. Morphological and Molecular Evidence for a Stepwise Evolutionary Transition From Teeth to Baleen in Mysticete Whales. Systematic biology **57**: 15-37.

Dingle H, Drake VA. 2007. What is migration? BioScience **57**: 113-121.

Dral ADG. 1983. The retinal ganglion cells of *Delphinus delphis* and their distribution. Aquatic Mammals **10**: 57-68.

Eberhardt RL, Norris KS. 1964. Observation of newborn Pacific gray whales on Mexican calving grounds. Journal of Mammalogy **45**: 88-95.

Edds PL. 1982. Vocalizations ofthe blue whale, *Balaenoptera musculus*, in the St Lawrence River. Journal of Mammalogy **63**:345-347.

Evans PGH. 1987. The natural history of whale and dolphins. Christopher Helm, London.

Falke KJ, Hill RD, Qvist J, Schneider RC, Gupy M, Liggins GC, Hochachka PW, Elliott RE, Zapol WM. 1985. Seal lungs collapse during free diving: evidence from arterial nitrogen tensions. Science **229**: 556-558.

Fejfar O, Major P. 2005. Zaniklá sláva savců. Academia, Praha.

Félix F, Bearson B, Falconí J. 2006. Epizoic barnacles removed from the skin of a humpback whale after a period of intense surface activity. Marine Mammal Science **22**: 979–984.

Felts WJL. 1996. Some functional and structural characteristics of cetaceans' flippers and flukes. Pages 255-276 in Noriis KS, editor. Whales, dolphins and porpoises. University of California Press. California.

Fitzgerald EMG. 2006. A bizarre new toothed mysticete (Cetacea) from Australia and the early evolution of baleen whales. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences **7**: 2955-2963.

Ford TJ, Werth AJ, George JC. 2013. An intraoral thermoregulatory organ in the bowhead whale (*Balaena mysticetus*), the corpus cavernosum maxillaris. Anatomical Records **296**: 701–708.

Fryxell J. 1995. Aggregation and migration by grazing ungulates in relation to resources and predators. Pages 257-273 in Sinclair ARE, Arcese P, editors. Serengeti II: Dynamics, management and conservation of an ecosystem. University of Chicago Press. Chicago.

Gailey G, Würsig B, McDonald TL. 2007. Abundance, behavior, and movement patterns of western gray whales in relation to a 3-D seismic survey, Northeast Sakhalin Island, Russia. Environmental Monitoring and Assessment **134**: 75-91.

Gatesy J, Geisler JH, Chang J, Buell C, Berta A, Meredith RW, Springer MS, McGowen MR. 2013. A phylogenetic blueprint for a modern whale. Molecural Phylogenetics and Evolution. **66**: 479-506.

Geijer CKA, Notabartolo di Sciara G, Panigada S. 2016. Mysticete migration revisited: are Mediterranean fin whales an anomaly? Mammal Review **46**: 284-296.

Geisler JH, Boessenecker RW, Brown M, Beatty BL. 2017. The origin of filter feeding in whales. Current Biology **27**: 2036–2042.

Geisler JH, Uhen MD. 2003. Morphological support for a close relationship between hippos and whales. Journal of Vertebrate Paleontology **23**: 991-996.

Geisler JH, Uhen MD. 2005. Phylogenetic relationships of extinct Cetartiodactyls: results of simultaneous analyses of molecular, morphological, and stratigraphic data. Journal of Mammal Evolution **12**: 145-160.

Gendron D, Urban J. 1993. Evidence of feeding by humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Baja California breeding ground, Mexico. Marine Mammal Science **9**: 76-81.

Geraci JR, Donald M, Anderson RJ. 1989. Humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) fatally poisoned by dinoflagellate toxin. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **45**: 1895-1898.

Gheerbrant E, Sudre J, Tassy P, Amaghzaz M, Bouya B, Iarochéne M. 2005 b. Nouvelles données sur *Phosphatherium escuilliei* (Mammalia, Proboscidea) de l'Eocéne inférieur du Maroc, apports à la phylogénie des Proboscidea et des ongulés lophodontes. Geodiversitas **27**: 239-333.

Gibson RN, Atkinson RJA, Gordon JDM. 2007. Potential Effects Of Climate Change On Marine Mammals. Oceanography and marine biology **44**: 431-464.

Gingerich PD. 2005 a. Aquatic adaptation and swimming mode inferred from skeletal proportions in the Miocene desmostylian *Desmostylus*. Journal of Mammal Evolution **12**: 183-194.

Gingerich PD, Haq MU, Zalmout IS, Khan IH, Malakani MS. 2001. Origin of whales fromearly artiodactyls: hands and feet of Eocene Protocetidae from Pakistan. Science **293**: 2239-2242.

Gingerich PD, Raza SM, Arif M, Anwar M, Zhou X. 1994 b. New whale from the Eocene of Pakistan and the origin of cetacean swimming. Nature **368**: 844-847.

Goldbogen JA. 2010. The ultimate mouthful: lunge feeding in rorqual whales. American Scientist **98**: 124–131.

Gulland FMD, Hall AJ. 2007. Is marine mammal health deteriorating? Trends in the global reporting of marine mammal disease. EcoHealth **4**: 135-150.

Gulland FMD, Perez-Cortes HM, Urban JR. 2005. Eastern north Pacific gray whale (*Eschrichtius robustus*) unusual mortality event, 1999–2000. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Memorandum NMFS-AFSC-150.

Hatch LT, Clark CW, Van Parijs SM, Frankel AS, Ponirakis DW. 2012. Quantifying loss of acoustic communication space for right whales in and around a U.S. National marine sanctuary. Conservation Biology **26**: 983-994.

Hazen EL, Friedlaender AS, Goldbogen JA. 2015. Blue whales (*Balaenoptera musculus*) optimize foraging efficiency by balancing oxygen use and energy gain as a function of prey density. Science Advances **1**: e1500469.

Herman LM, Peacock MF, Yunker MP, Madsen CJ. 1975. Bottlenosed dolphin: double-split pupil yields equivalent aerial and underwater diurnal acuity. Science **189**: 650-652.

Herman LM, Pack AA, Spitz SS, Herman EYK, Rose K, Hakala S, Deakos MH. 2013. Humpback whale song: who sings? Behavior Ecology and Sociobiology **67**: 1653-1663.

Hermosilla C, Silva LMR, Prieto R, Kleinertz S, Taubert A, Silva MA. 2015. Endo – and ectoparasites of large whales (Cetartiodactyla: Balaenopteridae, Physeteridae): Overcoming difficulties in obtaining appropriate samples by non – and minimally – ivasive methods. The International Journal of Parasitology: Parasites and Wildlife **4**: 414-420.

Hernvann PY, Gascuel D. 2020. Exploring the impacts of fishing and environment on the Celtic Sea ecosystem since 1950. Fisheries Research **225**: 105472.

Herwig RP, Staley JT, Nerini MK, Braham HW. 1984. Baleen whales: preliminary evidence for forestomach microbial fermentation. Appliied and Environmental Microbiology **47**: 421-423.

Herzing DL, Mate BR. 1984. Gray whale migrations along the Oregon coast. Pages 289-308 in Jones ML, Swartz SL, Leatherwood S, editors. The Gray Whale, *Eschrichtius robustus* (Lilljeborg, 1861). Academic Press. New York.

Heyning JE. 1995. Masters of the Ocean Realm: Whales, Dolphins, Porpoises. UBC Press. Vancouver.

Hoelzel AR. 2002. Marine Mammal Biology. Blackwell Science. Malden.

Hoyt E. 2009. The Blue Whale, *Balaenoptera musculus*: an Endangered Species Thriving on the Costa Rica Dome. Report for the Whale and Dolphin Conservation Society, London.

Jefferson TA, Webber MA, Pitman RL. 2008. Marine mammals of the world: a comprehensive guide to their identification. Academic Press, London.

Johnson AJ, Kraus SD, Kenney JF, Mayo CA. 2007. The entangled lives of right whales and fishermen: Can they co-exist? Pages 380-408 in Kraus SD, Rolland RM, editors. The urban whale: North Atlantic right whales at the crossroads. Harvard University Press, Cambridge, MA.

Jones ML, Swartz SL. 1984. Demography and phenology of gray whales (*Eschrichtius robustus*) in Laguna San Ignacio, Baja California Sur, Mexico. Pages 309-374 in Jones ML, Swartz SL, Leatherwood S, editors. The Gray Whale, *Eschrichtius robustus* (Lilljeborg, 1861). Academic Press. New York.

Karlsen K. 1962. Development of tooth germs and adjacent structures in the whalebone whale (*Balaenoptera physalus*). Hvalrådets Skrifter **45**: 1–56.

Kennedy AS, Zerbini AN, Vasquez OV, Gandilhon N, Clapham PJ, Adam O. 2013. Local and migratory movements of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) satellite-tracked in the North Atlantic Ocean. Canadian Journal of Zoology **92**: 8-17.

Kenney RD, Mayo CA, Winn HE. 2001. Migration and foraging strategies at varying spatial scales in western North Atlantic right whales: a review of hypotheses. Journal of Cetacean Research and Management (special issue) **2**: 251-260.

Kishida T, Thewissen JGM, Haykawa T, Imai H, Agata K. 2015. Aquatic adaptation and the evolution of smell and taste in whales. Zoological Letters **1**: Article number: 9.

Kröger RH, Kirschfeld K. 1992. The cornea as an optical element in the cetacean eye. Pages 97-106 in Thomas RA, Kastelein RA, Supin AYA, editors. Marine mammal sensory systems. Plenum. New York.

Kröger RH, Kirschfeld K. 1993. Optics of the harbor porpoise yey in water. Journal of the Optical Society of America A-Optics Image Science and Vision **10**: 1481-1489.

Kröger RH, Kirschfeld K. 1994. Refractive index in the cornea of a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) measured by two-wavelengths laser interferometry. Aquatic Mammals **20**: 99-107.

Laist DW, Knowlton AR, Mead JG, Collet AS, Podesta M. 2001. Collisions between ships and whales. Marine Mammal Science **17**: 35-75.

Laist DW, Knowlton AR, Pendleton D. 2014. Effectiveness of mandatory vessel speed limits for protecting North Atlantic right whales. Endangered Species Research **23**: 133-147.

Lambertsen RH, Rasmussen KJ, Lancaster WC, Hintz RJ. 2005. Functional morphology of the mouth of thebowhead whale and its implications for conservation. Journal of Mammalogy **86**: 342–52.

Lavigne DM, Innes G, Worthy AJ, Edwarts EF. 1990. Lower critical temperatures of blue whales, *Balaenoptera musculus.* Journal of Theoretical Biology **144**: 249-257.

Learmonth JA, MacLeod CD, Santos MB, Pierce GJ, Crick HQP, Robinson RA. 2006. Potential effects of climate change on marine mammals. Oceanography and Marine Biology **44**: 431-464.

Lehnert K, Poulin R, Presswell B. 2019. Checklist of marine mammal parasites in New Zealand and Australian waters. Journal of helminthology **93**: 649-676.

Leung YM. 1970. First record of the whale-louse genus Syncyamus (Cyamidae: Amphipoda) from the western Mediterranean, with notes on the biology of adontocete cyamids. Pages 243-247 in Pilleri G, editor. Investigations of Cetacea. Benteli Ag, Berne-Bumpliz, Switzerland.

Linnaeus C. 1758. Systema naturae per Regna tria Naturae, secundum Classes, Ordines, Genera, Species, cum Characteribus, Differentiis, Sinominis, Locis. Holmiae, Impensis direct. apud Laurentii Salvii.

Liu M, Bejder L, Lin M, Zhang P, Dong L, Li S. 2019. Determining spatial use of the world's second largest humpback dolphin population: Implications for place-based conservation and management. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems **30**: 364–374.

Lockyer C. 1981. Growth and Energy Budgets of Large Baleen Whales from the Southern Hemisphere. FAO Fisheries Series **3**: 489–504.

Madar SI. 1998. Structural adaptations of early archaeocete long bones. Pages 353-378 in Thewissen JGM, editor. The Emergence of Whales. Springer US. New York.

Mackintosh NA. 1965. The Stocks of Whales. Fishing News (Books), London.

Mackintosh NA. 1966. The distribution of southern blue and fin whales. Pages 125-144 in Norris KS, editor. Whales, Dolphins, and Porpoises. University of California Press, California.

Mann G. 1946. Ojo y vision de las balenas. Biologica **4**: 23-71.

Marx FG, Hocking DP, Park T, Ziegler T, Evans AR, Fitzgerald EMG. 2016. Suction feeding preceded filtering in baleen whale evolution. Memoirs of Museum Victoria **75**: 71–82.

Mass AM, Supin AYA. 1986. Topographic distribution of sizes and density of ganglion cells in the retina of a porpoise, *Phocoena phocoena*. Aquatic Mammals **12**: 95-102.

Mass AM, Supin AYA. 1997. Ocular anatomy, retinal ganglion cell distribution, and visual resolution in the gray whale, *Eschrichtius gibbosus*. Aquatic Mammals **23**: 17-28.

Mass AM, Supin AYA. 2002. Visual field organization and retinal resolution of the beluga, *Delphinapterus leucas* (Pallas). Aquatic Mammals **28**: 241-250.

Mass AM, Supin AYA. 2007. Adaptive features of aquatic mammal´s eye. Anatomical Record **290**: 701-7015.

Mate BR, Best PB, Lagerquist BA, Winsor MH. 2011. Coastal, offshore, and migratory movements of South African right whales revealed by satellite telemetry. Marine Mammal Science **27**: 455-476.

Mate BR, Gisiner R, Mobley J. 1998. Local and migratory movements of Hawaiian humpback whales tracked by satellite telemetry. Canadian Journal nof Zoology **76**: 863-868.

Mate BR, Harvey JT. 1984. Ocean movements of radio-tagged gray whales. Pages 277-589 in Jones ML, Swartt SL, Leatherwood S, editors. The gray whale. Academic Press Inc. Orlando.

Mate BR, Lagerquist BA, Calambokidis J. 1999. Movements of North Pacific blue whales during the feeding season off southern California and their southern fall migration. Marine Mammal Science **15**: 1246-1257.

McCauley RD, Fewtrell J, Duncan AJ. 2000. Marine seismic surveys: Analysis and propagation of air-gun signals; and effects of air-gun exposure on humpback whales, sea turtles, fishes and squid. Australian Petroleum Production Exploration Association, Project Cmst 163, Report R99-15.

McGowen MR, Spaulding M, Gatesy J. 2009. Divergence Date Estimation and a Comprehensive Molecular Tree of Extant Cetacean. Molecular Phylogenetics and Evolution **53**: 891-906.

McKenna MC, Bell SK. 1997. Classification of mammals above the species level. Columbia University, New York.

Mead JG. 1975. Anatomy of the external nasal passages and facial complex in the delphinidae (Mammalia: Cetacea). Smithsonian Contributions to Zoology **207**: 1-72.

Meÿer MA, Best PB, Anderson-Reade MD, Cliff G, Dudley SFJ, Kirkman SP. 2011. Trends and interventions in large whale entanglement along the South African coast. African Journal of Marine Science **33**: 429-439.

Mesnick SL, Ralls K. 2002. Mating systems. Pages 726-733 in Perrin WF, Würsig B, Thewissen JGM, editors. Encyclopedia of Marine Mammals. Academic Press. San Diego.

Mikhalev YA. 1997. Humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the Arabian Sea. Marine Ecology Progress Series **149**: 13-21.

Minton G, Collins T, Findlay KP, Ersts PJ, Rosenbaum HC, Berggren P, Baldwin RM. 2011. Seasonal distribution, abundance, habitat use and population identity of humpback whales in Oman. Journal of Cetacean Research and Management (Special Issue) **3**: 185-198.

Mizroch SA, Rice D, Zwiefelhofer D, Waite J, Perryman W. 2009. Distribution and movements of fin whales in the North Pacific Ocean. Mammal Review **39**: 193-227.

Mobley JRJ, Herman LM. 1985. Transience of Social Affiliations Among Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*) on the Hawaiian Wintering Grounds.Canadian Journal of Zoology **63**: 762–772.

Mooney H, Larigauderie A, Cesario M, Elmquist T, Hoegh-Guldberg O, Lavorel S, Mace GM, Palmer M, Scholes R, Yahara T. 2009. Biodiversity, climate change, and ecosystem services. Current Opinion in Environmental Sustainability **1**: 46-54.

Moore SE, Reeves RR, Southall BL, Ragen TJ, Suydam RS, Clark CW. 2012 a. A new framework for assessing the effects of anthropogenic sound on marine mammals in a rapidly changing Arctic. BioScience **62**: 289-295.

Motta PJ, Maslanka M, Hueter RE, Davis RL, de la Parra R. 2010. Feeding anatomy, filter-feeding rate, and diet of whale sharks *Rhincodon typus* during surface ram filter feeding off the Yucatan Peninsula, Mexico. Zoology **113**: 199–212.

Moura JF, Rodrigues DP, Roges EM. 2012. Humpback whales washed ashore on the coast of Rio De Janeiro, southeastern Brazil: Stranding patterns and microbial pathogens survey. Paper SC/64/SH17 submitted to the IWC Scientific Committee (unpublished). Available from the International Whaling Commission Secretariat, Cambridge, U.K.

Murayama T, Fujise Y, Aoki I, Ishii T. 1992 a. Histological characteristics and distribution of ganglion cells in the retina of the Dall´s porpoise and minke whale. Pages 137-145 in Thomas JA, Kastelein RA, Supin AYA, editors. Marine mammal sensory systems. Plenum. New York.

Murayama T, Somiya H, Aoki I, Ishii T. 1992 b. The distribution of ganglion cells in the retina and visual acuity of minke whale. Nippon Suissan Gakkaishi **58**: 1057-1061.

Murray MG. 1995. Specific nutrient requirements and migration of wildebeest. Pages 231-256 in Sinclair ARE, Arcese P, editors. Serengeti II: Dynamics, management and conservation of an ecosystem. University of Chicago Press, Chicago.

Neilson, JL, Gabriele CM, Jensen AS, Jackson K, Straley JM. 2012. Summary of reported whale-vessel collisions in Alaskan waters. Journal of Marine Biology **2012**: Article ID 106282.

Ninomiya H, Inomata T, Shirouzu H, Katsumata E. 2005. Microanatomy of the terminal air spaces of Baird´s beaked whale (*Berardius bairdii*) lungs. Journal of veterinary medical science **67**: 473-479.

Noren SR, Williams TM, Pabst DA, McLellan WA, Dearolf JL. 2001. The development of diving in marine endotherms: preparing the skeletal muscles of dolphin, penguins, and seals for activity during submergence. Journal of Comparative Physiology B **171**: 127-134.

Norris KS. 1967. Some observations on the migration and orientation of marine mammals. Pages 320-380 in Storm RM, editor. Animal Orientation and Navigation. University of California Press, California.

Norris KS, Reeves RR. 1978. Report on a workshop on problems related to humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Hawaii. Prepared for the Marine Mammal Commission, April 1978. Available from the Marine Mammal Commission, Bethesda, MD.

Norris KS, Villa-Ramirez B, Nichols G, Würsig B, Miller K. 1983. Lagoon entrance and other aggregations of gray whales (*Eschrichtius robustus*). Pages 259-293 in Payne R, editor. Communication and Behavior of Whales. Westview Press. Boulder, CO.

Notarbartolo di Sciara G, Jahoda M, Biassoni N, Lafortuna C. 1997. Reaction of fin whales to approaching vessels assessed by means of a laser range finder. Europian Research on Cetaceans **10**: 38-42.

Orton LS, Brodie PF. 1987. Engulfing mechanics of fin whales. Canadian Journal of Zoology **65**: 2898–2907.

Pabst DA, Rommel SA, McLellan WA. 1998. Evolution of the thermoregulatory function in the cetacean reproductive systems. Pages 379-397 in Thewissen JGM, editor. The Emergence of Whales: Patterns in the Origin of Cetacea. Plenum Press, New York.

Paccalet Y. 2005. Tajemný život delfínů. Paseka, Praha – Litomyšl.

Pacheco JAS. 1998. Gray whale mortality at Ojo de Liebre and Guerrero Negro Lagoons, Baja California Sur, Mexico. Marine Mammal Science **14**: 149-155.

Pardue MT, Sivak JG, Kovacs KM. 1993. Corneal anatomy of marine mammals. Canadian Journal of Zoology **71**: 2282-2290.

Parks SE, Warren JD, Stamieszkin K, Mayo CA, Wiley D. 2012. Dangerous dining: surface foraging of North Atlantic right whales increases risk of vessel collisions. Biology Letters **8**: 57–60.

Payne K, Tyack P, Payne R. 1983. Progressive changes in the songs of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*): A detailed analysis of two seasons in Hawaii. Pages 9-57 in Payne R, editor. Communication and Behavior of Whales. Westview Press. Boulder, CO.

Payne R. 1995. Among whales. Scribner, New York.

Peng L, Fu D, Qi H, Lan CQ, Yu H, GeC. 2019. Micro-and nano-plastics in marine environment: Source, distribution and threats – A review. Science of The Total Environment: 134254.

Perrin WF, Würsig B, Thewissen JGM. 2009. Encyclopedia of marine mammals, second edition. Academic Press, Massachusetts, USA.

Pomilla C, Amaral AR, Collins T, Minton G, Findlay K, Leslie MS. 2014. The world´s most isolated and distinct whale population? Humpback whales of the Arabian Sea. PLoS One **9**: e114162.

Poole MM. 1984. Migration corridors of gray whales along the central California coast, 1980-1982. Pages 389-408 in Jones ML, Swartz SL, Leatherwood S, editors. The Gray Whale, *Eschrichtius robustus* (Lilljeborg, 1861). Academic Press, New York.

Potvin J, Goldbogen JA, Shadwick RE. 2010. Scaling of lunge feeding in rorqual whales: an integrated model of engulfment duration. Journal of Theoretical Biology **267**: 437–453.

Purves PE, Pilleri G. 1983. Echolocation in whales and dolphins. Academic Press, New York.

Puschmann W, Zscheile D, Zscheile K. 2013. Savci – Chov zvířat v Zoo. Zoo Dvůr Králové, Dvůr Králové nad Labem.

Quayle CJ. 1991. A dissection of the larynx of a humpback whale calf with a review of its functional morphology. Memoirs of the Queensland Museum **30**: 351-354.

Rauschmann MA, Huggenberger S, Kossatz LS, Oeschlager HHA. 2006. Head morphology in perinatal dolphins: a window into phylogeny and ontogeny. Journal of Morphology **267**: 1295-1315.

Read AJ, Drinker P, Northridge S. 2006. Bycatch of marine mammals in U. S. and global fisheries. Conservation Biology **20**: 163-169.

Redfern J, McKenna MG, Moore TJ, Calambokidis J. 2013. Assessing the Risk of Ships Striking Large Whales in Marine Spatial Planning. Conservation Biology **27**: 292-302.

Reeves RR. 1977. The problem of gray whale (*Eschrichtius robustus*) harassment: At the breeding lagoons and during migration. Marine Mammal Commission Contract. MM6AC021, final report. Reproduced by NTIS, PB 272 506.

Reeves RR, McClellan K, Werner TB. 2013. Marine mammal bycatch in gillnet and other entangling net fisheries, 1990 to 2011. Endangered Species Research **20**: 71-97.

Reidenberg JS. 2007. Anatomical adaptations of aquaric mammals. Anatomical record-advances in integrative anatomy and evolutionary biology **290**: 507-513.

Reidenberg JS, Laitman JT. 1987. Position of the larynx in Odontoceti (toothed whales). Anatomical record-advances in integrative anatomy and evolutionary biology **218**: 98-106.

Reidenberg JS, Laitman JT. 2007. Discovery of a low frequency sound source in mysticeti (Baleen whales): anatomical establishment of a vocal fold homolog. Anatomical record-advances in integrative anatomy and evolutionary biology **290**: 745-760.

Reidenberg JS, Laitman JT. 2008. Sisters of the Sinuses: Cetacean Air Sacs. Anatomical record-advances in integrative anatomy and evolutionary biology **291**: 1389-1396.

Reilly SB, Thayer VG. 1990. Blue whale (*Balaenoptera musculus*) distribution in the eastern tropical Pacific. Marine Mammal Science **6**: 265-277.

Reysenbach de Haan EW. 1956. Hearing in whales. Acta Orolaryngologica (Suppl.) **134**: 1-114.

Rice DW, Wolman AA. 1971. The Life History and Ecology of the Gray Whale (*Eschrichtius robustus*). American Society of Mammalogists (Special publication) **3**: 1–142.

Richardson WJ, Greene CR Jr, Malme CI, Thomson DH. 1995. Marine mammals and noise. Academic Press, San Diego, CA.

Ridgway SH, Howard R. 1979. Dolphin lung collapse and intramuscular circulation during free diving: evidence from nitrogen washout. Science **206**: 1182-1183.

Roček Z. 2002. Historie obratlovců. Academia, Praha.

Rolland RM, Parks SE, Hunt KE. 2012. Evidence that ship noise increases stress in right whales. Proceedings of the Royal Society B **279**: 2363-2368.

Rowntree VJ. 1996. Feeding, Distribution, and Reproductive Behavior of Cyamids (Crustacea: Amphipoda) Living on Humpback and Right Whales. Canadian Journal of Zoology **74**: 103-109.

Rowntree VJ, Payne RS, Schell DM. 2001. Changing patterns of habitat use by southern right whales (*Eubalaena australis*) on their nursery ground at Península Valdés, Argentina, and in their long-range movements. Journal of Cetacean Research and Management **2**: 133-143.

Rowntree VJ, Uhart MM, Sironi M. 2013. High mortalities of southern right whale calves (*Eubalaena australis*) on their nursery ground at Península Valdés, Argentina. Marine Ecology Progress Series **493**: 275-289.

Ryg M, Lydersen C, Knutsen LØ, Bjørge A, Smith TG, ØRitsland NA. 1993. Scaling of insulation in seals and whales. Journal of Zoology **230**: 193-206.

Sheavly SB, Register KM. 2007. Marine debris & plastics: environmental concerns, sources, impacts and solutions. Journal of Polymers and the Environment **15**: 301-305.

Silva MA, Prieto R, Jonsen I, Baumgartner MF, Santos RS. 2013. North Atlantic blue and fin whales suspend their spring migration to forage in middle latitudes: building up energy reserves for the journey? PLoS One **8**: e76507.

Simon M, Johnson M, Tyack P, Madsen PT. 2009. Behaviour and kinematics of continuous ram filtration in bowhead whales (*Balaena mysticetus*). Proceedings of the Royal Society B **276**: 3819–3828.

Simon M, Stafford KM, Beedholm K, Lee CM, Madsen PT. 2010. Singing behaviour of fin whales in the Davis Strait with imlications for mating, migration and foraging. Journal of the Acoustic Society of America **128**: 3200-3210.

Simpson GG. 1945. The principles of classification and a classification of mammals. Bulletin of the American Museum of Natural History, New York.

Sivak JG. 1980. Accommodation in vertebrates: contemporary survey. Pages 281-330 in Zadunaisky JA, Davson H, editors. Current topics in eye research. Academic Press. New York.

Slijper EJ. 1936. Die Cetaceen. Vergleichend-Anatomisch und Systematisch. Capita Zool. **7**: 1-590.

Slijper EJ. 1962. Whales. Basic Books, New York.

Slijper EJ. 1966. Functional morphology of the reproductive system in Cetacea. Pages 277-319 in Norris K, editor. Whales, Dolphins and Porpoises. University of California Press, Berkeley.

Smith JN, Kelly N, Childerhouse S, Redfern JV, Moore TJ, Peel D. 2020. Quantifying ship strike risk to breeding whales in a multiple-use marine park: The Great Barrier Reef. Frontiers in Marine Science **7**: 67.

Soule DC, Wilcock WSD. 2013. Fin whales tracks recorded by a seismic network on the Juan de Fuca Ridge, Northeast Pacific Ocean. Journal of the Acoustical Society of America **133**: 1751-1761.

Springer MS, Stanhope MJ, Madsen O, de Jong WW. 2004. Molecules concolidate the placental mammal tree. Trends in ekology and evolution **19**: 430-438.

Stafford KM, Nieukirk SL, Fox C. 2001. Geographic and seasonal variation of blue whale calls in the North Pacific. Journal of Cetacean Research and Management **3**: 65-76.

Stamation KA, Croft DB, Shaughnessy PD, Waples KA. 2007. Observations of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) feeding during their southward migration along the coast of south eastern New South Wales, Australia: identification of a possible supplemental feeding ground. Aquatic Mammals **33**: 165-174.

Stone G, González F, Katona SK. 1990. Whale migration record. Nature **346**: 705.

Sumich JL. 1986 a. Growth in Young Gray Whales (*Eschrichtius robustus*). Marine Mammal Science **2**: 145–152.

Swartz SL, Taylor BL, Rugh DJ. 2006. Gray whale *Eschrichtius robustus* population and stock identity. Mammal Review **36**: 66-84.

Širović A, Hildebrand JA, Wiggins SM, McDonald MA, Moore SE, Thiele D. 2004. Seasonality of blue and fin whale calls and the influence of sea ice in the western Antarctic Peninsula. Deep-Sea Research II **51**: 2327-2344.

Širović A, Hildebrand JA, Wiggins SM, Thiele D. 2009. Blue and fin whale acoustic presence around Antarctica during 2003 and 2004. Marine Mammal Science **25**: 125-136.

Špinar V, Burian Z. 1984. Paleontologie obratlovců. Academia, Praha.

Thewissen JGM, Bajpai S. 2001. Whale Origins as a Poster Child for Macroevolution: Fossils collected in the last decade document the ways in which Cetacea (whales, dolphins, and porpoises) became aquatic, a transition that i sone of the best documented examples of macroevolution in mammals. BioScience **51**: 1037-1049.

Thewissen JGM, Cooper LN, George JC, Bajpai S. 2009. From Land to Water: the Origin of Whales, Dolphins, and Porpoises. Evolution: Education and Outreach **2**: 272-288.

Thewissen JGM, George J, Rosa C, Kishida T. 2010. Olfaction and brain size in the bowhead whale (*Balaena mysticetus*). Marine Mammal Science **27**: 282-294.

Thewissen JGM, Roe LJ, O'Neil JR, Hussain ST, Sahni A, Bajpai S. 1996. Evolution of cetacean osmoregulation. Nature **381**: 379-380.

Thewissen JGM, Williams EM, Roe LJ, Hussain ST. 2001. Skeletons of terrestrial cetaceans and the relationship of whales to artiodactyls. Nature **413**: 277-281.

Thomas PO, Reeves RR, Brownell RL Jr. 2015. Status of the world´s baleen whales. Marine Mammal Science **32**: 682-734.

Thomas PO, Uhart M, McAloose D. 2013. Workshop on the Southern right whale die-off at Península Valdés, Argentina. Paper SC/65 a/BRG15 submitted to the IWC Scientific Committee (unpublished). Available from the International Whaling Commission Secretariat, Cambridge, U.K.

Tournadre J. 2014. Anthropogenic pressure on the open ocean: The growth of ship traffic revealed by altimeter data analysis. Geophysical Research Letters **41**: 7924-7932.

Tyack P. 1981. Interactions Between Singing Hawaiian Humpback Whales and Conspecifics Nearby. behavioral Ecology and Sociobiology **8**: 105-116.

Uhart M, Rowntree VJ, Mohamed N. 2008. Strandings of southern right whales (*Eubalaena australis*) at Península Valdés, Argentina from 2003–2007. Paper SC/60/BRG15 submitted to the IWC Scientific Committee (unpublished). Available from the International Whaling Commission Secretariat, Cambridge, U.K.

Uhen MD. 1998 b. Middle to Late Eocene Basilosaurines and Dorudontines. Pages 29-61 in Thewissen JGM, editor. The Emergence of Whales. Springer US. New York.

Uhen MD. 2007. Evolution of marine mammals: Back to the sea after 300 million years. Anatomical record-advances in integrative anatomy and evolutionary biology **290**: 514-522.

Uhen MD. 2010. The Origin(s) of Whales. Annual Review of Earth and Planetary Sciences **38**: 189-219.

Valsecchi E, Hale P, Corkeron P, Amos W. 2002. Social Structure in Migrating Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*). Molecular Ecology **11**: 507–518.

Van Bressem MF, Duignan PJ, Banyard A, Barbieri M, Colegrove KM, De Guise S, ... & Fernandez A. 2014. Cetacean morbillivirus: current knowledge and future directions. Viruses **6**: 5145-5181.

van der Pol KM, Worst JGF, van Andel P. 1995. Macro-anatomical aspects of the cetacean eye and its imaging systém. Pages 409-418 in Kastelein RA, Thomas JA, Nachtigall PE, editors. Sensory systems of aquatic mammals. Woerden. The Netherlands: De Spil.

Van Valen LM. 1966. Deltatheridia, a new order of mammals. Blletin of the American Museum of Natural History **132**: 1-126.

Visser F, Hartman KL, Pierce GJ, Valavanis VD, Huisman J. 2011. Timing of migratory baleen whales at the Azores in relation to the North Atlantic spring bloom. Marine Ecology Progress Series **440**: 267-279.

Waller G. 1984. The ocular anatomy of cetacea: an historical perspective. Pages 138-148 in Pilleri GV, editor. Investigation of cetacea. University of Berne. Bern.

Waring GT, Josephson E, Maze-Foley K, Rosel PE. 2011. U.S. Atlantic and Gulf of Mexico Marine Mammal Stock Assessments–2011. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Memorandum NMFS-NE-221.

Wartzok D, Ketten DR. 1999. Marine Mammal Sensory Systems. Pages 117-175 in Reynolds J, Rommel S, editors. Biology of Marine Mammals. Smithsonian Institution Press. Washington DC.

Watkins WA, Tyack P, Moore KE, Bird JE. 1987. The 20 Hz signals of finback whales, *Balaenoptera physalus*. Journal of the Acoustical Society of America **82**:1901-1912.

Weller DW, Bradford AL, Lang AR. 2008. Status of western gray whales off northeastern Sakhalin Island, Russia, in 2007. Paper SC/60/BRG3 submitted to the IWC Scientific Committee (unpublished). Available from the International Whaling Commission Secretariat, Cambridge, U. K.

Wells RSD, Boness J, Rathbun GB. 1999. Behavior. Pages 324-422 in Reynolds III JE, Rommel SA, editors. Biology of Marine Mammals. Smithsonian Institute Press. Washington DC.

Werth AJ. 2004. Models of hydrodynamic flow in the bowhead whale filter feeding apparatus. Journal of Experimental Biology **207**: 3569–3580.

Wilson DE, Mittermeier RA. 2014. Handbook of the Mammals of the World. Vol. 4. Sea Mammals. Lyn Edition, Barcelona.

Wilson DE, Reeder DM. 2005. Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference. The Johns Hopkins University, Baltimore.

Watts P, Hansen S, Lavigne DM. 1993. Model of heat loss by marine mammals: Thermoregulation below the zone of irrelevance. Journal of Theoretical Biology **163**:505-525.

Whitehead H, Moore MJ. 1982. Distribution and movements of West Indian humpback whales in winter. Canadian Journal of Zoology **209**: 2576-2585.

Wright TJ, Davis RW. 2006. The effect of myoglobin concentration on aerobic dive limit in a Weddell seal. Journal of Experimental Biology **209**: 2576-2585.

Yablokov AV, Bel'kovich VM, Botisov VI. 1972. Whales and Dolphins. Nauka, Moscow.

SEZNAM INTERNETOVÝCH ZDROJŮ

ACCOBAMS – Agreement for the Conservation of Cetaceans of the Black Sea, Mediterranean Sea and Contiguous Atlantic Area. 2003. Introduction. ACCOBAMS. Available from https://accobams.org/about/introduction/ (accessed October 2020).

AWI – Animal Welfare Institute. 2000a. Ocean Noise. AWI. Available from https://awionline.org/content/ocean-noise (accessed October 2020).

AWI – Animal Welfare Institute. 2000b. Whale Watching. AWI. Available from https://awionline.org/content/whale-watching (accessed October 2020).

CITES – Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. 1997a. Conference of the Parties. CITES. Available from https://cites.org/eng/disc/cop.php (accessed November 2020).

CITES – Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. 1997b. How CITES works. CITES. Available from https://cites.org/eng/disc/how.php (accessed November 2020).

CITES – Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. 1997c. What is CITES? CITES. Available from https://cites.org/eng/disc/what.php (accessed November 2020).

CMS – Convention on the Conversation of Migratory Species of Wild Animals. 2003a. CMS. CMS. Available from https://www.cms.int/en/legalinstrument/cms (accessed November 2020).

CMS – Convention on the Conversation of Migratory Species of Wild Animals. 2003b. Pacific Islands Cetaceans. CMS. Available from https://www.cms.int/pacific-cetaceans/en/legalinstrument/pacific-islands-cetaceans (accessed November 2020).

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1993. The state of the World Fisheries and Aquaculture. FAO. Available from The State of World Fisheries and Aquaculture 2020 (fao.org) (accessed October 2020).

Greenpeace International. 2017. The Ocean Plastic Critic. Greenpeace International. Available from https://www.greenpeace.org/international/story/11871/the-ocean-plasticcrisis/ (accessed October 2020).

Greenpeace Česká republika. 2018. Vyšetřování Greenpeace ukazuje, že rybářský průmysl krade potravu tučňákům a velrybám. Greenpeace Česká republika. Available from https://www.greenpeace.org/czech/tiskova-zprava/778/vysetrovani-greenpeace-ukazujeze-rybarsky-prumysl-krade-potravu-tucnakum-a-velrybam/ (accessed October 2020).

IUCN – International Union for Conservation of Nature. 1996a. About IUCN. IUCN. Available from https://www.iucn.org/about (accessed September 2020).

IUCN – International Union for Conservation of Nature. 1996b. About the CSG. IUCN. Avaialble from https://iucn-csg.org/about/ (accessed September 2020).

IUCN – International Union for Conservation of Nature. 1996c. A brief history. IUCN. Available from https://www.iucn.org/about/iucn-a-brief-history (accessed September 2020).

IUCN – International Union for Conservation of Nature. 1996d. IUCN Members. IUCN. Available from https://www.iucn.org/about/members/iucn-members (accessed September 2020).

IUCN – International Union for Conservation of Nature. 1996e. Marine protected areas and climate change. IUCN. Available from https://www.iucn.org/resources/issues-briefs/marine-protected-areas-and-climate-change (accessed September 2020).

IWC – International Whaling Commission. 2012a. Aboriginal Subsistence Whaling. IWC. Available from https://iwc.int/aboriginal (accessed October 2020).

IWC – International Whaling Commission. 2012b. Anthropogenic Sound. IWC. Available from https://iwc.int/anthropogenic-sound (accessed October 2020).

IWC – International Whaling Commission. 2012c. Bycatch. IWC. Available from https://iwc.int/bycatch (accessed October 2020).

IWC – International Whaling Commission. 2012d. Catch Limits for Aboriginal Subsistence Whaling. IWC. Available from https://iwc.int/html_76 (accessed October 2020).

IWC – International Whaling Commission. 2012e. Cetacean Infectious Diseases. IWC. Available from https://iwc.int/infectious-disease (accessed October 2020).

IWC – International Whaling Commission. 2012f. Chemical Pollution. IWC. Available from https://iwc.int/chemical-pollution (accessed October 2020).

IWC – International Whaling Commission. 2012g. Climate Change. IWC. Available from https://iwc.int/climate-change (accessed October 2020).

IWC – International Whaling Commission. 2012h. Commercial Whaling. IWC. Available from https://iwc.int/commercial (accessed October 2020).

IWC – International Whaling Commission. 2012i. Commission. IWC. Awailable from https://iwc.int/iwcmain (accessed October 2020).

IWC – International Whaling Commission. 2012j. Marine Debris. IWC. Available from https://iwc.int/marine-debris (accessed October 2020).

IWC – International Whaling Commission. 2012k. Whale Entanglement – Building a Global Response. IWC. Available from https://iwc.int/entanglement (accessed October 2020).

IWC – International Whaling Commission. 2012l. Whale Watching. IWC. Available from https://iwc.int/whalewatching (accessed October 2020).

IWC – International Whaling Commission. 2012m. Whaling. IWC. Available from https://iwc.int/whaling (accessed October 2020).

IWC – International Whaling Commission. 2012n. Ship Strikes: collisions between whales and vessels. IWC. Available from https://iwc.int/ship-strikes (accessed October 2020).

IWC – International Whaling Commission. 2012o. Special Permit Whaling. IWC. Available from https://iwc.int/permits (accessed October 2020).

IWC – International Whaling Commission. 2012p. Stranded Cetaceans (whales, dolphins and porpoises). IWC. Available from https://iwc.int/strandings (accessed October 2020).

Marčík F. 2018. Ocitne se Arktida úplně bez ledu během následujících let? Obnovitelně.cz. Available from https://www.obnovitelne.cz/clanek/644/ocitne-se-arktida-uplne-bez-ledu-behem-nasledujicich-let/ (accessed December 2020).

Marine Conservation Institute. 2011. Global Marine Protection. Marine Conservation Institute. Available from https://mpatlas.org/zones/ (accessed November 2020).

MŽP – Ministerstvo životního prostředí. 2008a. CITES. MŽP. Available from https://www.mzp.cz/cz/cites_obchod_ohrozenymi_druhy (accessed November 2020).

MŽP – Ministerstvo životního prostředí. 2008b. Mezinárodní úmluva o regulaci velrybářství. MŽP. Available from https://www.mzp.cz/cz/mezinarodni_umluva_o_regulaci_velrybarstvi (accessed November 2020).

National Geographic. 2011. Big Fish: A Brief History of Whaling. National Geographic. Available from https://www.nationalgeographic.org/article/big-fish-history-whaling/ (accessed November 2020).

NOAA Fisheries. 2000a. About Us. NOAA. Available from https://www.fisheries.noaa.gov/about-us#overall (accessed October 2020).

NOAA Fisheries. 2000b. Fishing Gear: Gillnets. NOAA. Available from https://www.fisheries.noaa.gov/national/bycatch/fishing-gear-gillnets (accessed October 2020).

NOAA Fisheries. 2000c. Laws & Policies – Marine Mammal Protection Act. NOAA. Available from Laws & Policies | NOAA Fisheries (accessed October 2020).

Ocean Alliance. 1994a. Our history. Ocean Alliance. Available from https://whale.org/our-history/#! (accessed October 2020).

Ocean Alliance. 1994b. Whaling. Ocean Alliance. Available from https://whale.org/a-brief-history-of-whales/ (accessed October 2020).

Ocean Health Index. 2009. Chemical Pollution. Ocean Health Index. Available from http://www.oceanhealthindex.org/methodology/components/chemical-pollution (accessed October 2020).

Pražský studentský summit. 2015. Ochrana mořských ekosystémů. Pražský studentský summit. Available from https://www.studentsummit.cz/wpcontent/uploads/2019/02/PSS-Ochrana-morskych-ekosystemu-UNEA.pdf (accessed September 2020).

Project Jonah. 2000a. About Us. Project Jonah. Available from https://www.projectjonah.org.nz/About+Us.html (accessed October 2020).

Project Jonah. 2000b. Why Whales Strand. Project Jonah. Available from https://www.projectjonah.org.nz/Stranded+dolphins++whales/Why+Whales+Strand.html (accessed October 2020).

Sea Shepherd Conservation Society. 1996. Our story. Sea Shepherd Conservation Society. Available from https://seashepherd.org/our-story/ (accessed November 2020).

Smejkal P. 2020. Výročí: 20. dubna 2010 došlo k největší havárii ropné plošiny v historii lidstva. iPrima. Available from https://zoommagazin.iprima.cz/vyroci/havarie-deepwater-horizon (accessed September 2020).

The IUCN Red List of Threatened Species. 2002a. Backround&History. IUCN. Available from https://www.iucnredlist.org/about/background-history (accessed September 2020).

The IUCN Red List of Threatened Species. 2002b. IUCN Red List of Threatened Species. IUCN. Available from https://www.iucnredlist.org/ (accessed September 2020).

WDC – Whale and Dolphin Conservation. 1996a. About us. Whale and Dolphin Conservation. Available from About us – Whale & Dolphin Conservation USA (whales.org) (accessed October 2020).

WDC – Whale and Dolphin Conservation. 1996b. Mayday Monday – Boat Traffic and Noise Pollution. Whale and Dolphin Conservation. Available from https://us.whales.org/2016/02/29/mayday-monday-boat-traffic-and-noise-pollution/ (accessed October 2020).

WDC – Whale and Dolphin Conservation. 1996c. The treat from vessel strikes. Whale and Dolphin Conservation. Available from https://us.whales.org/our-4-goals/create-healthyseas/the-threat-from-vessel-strikes/ (accessed October 2020).

WWF – World Wildlife Fund. 1996a. About WWF. WWF. Available from https://wwf.panda.org/discover/about_wwf/ (accessed November 2020).

WWF – World Wildlife Fund. 1996b. Bycatch. WWF. Available from https://www.worldwildlife.org/threats/bycatch (accessed November 2020).

WWF – World Wildlife Fund. 1996c. Marine protected areas. WWF. Available from https://wwf.panda.org/discover/our_focus/oceans_practice/solutions/protection/protected_areas/ (accessed November 2020).

WWF – World Wildlife Fund. 2019. Our oceans are haunted by ghost nets: Why that´s scary and what we can do. WWF. Available from https://www.worldwildlife.org/stories/our-oceans-are-haunted-by-ghost-nets-why-that-s-scary-and-what-we-can-do--23 (accessed November 2020).

WWF – World Wildlife Fund. 2005. The History of Whaling and the International Whaling Commission (IWC). WWF. Available from https://wwf.panda.org/?13796/The-History-of-Whaling-and-the-International-Whaling-Commission-IWC (accessed November 2020).

6 SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA Č. 1: Fylogeneze fosilních a recentních zástupců Cetacea

PŘÍLOHA Č. 2: Aktuální taxonomie podřádu kosticovců

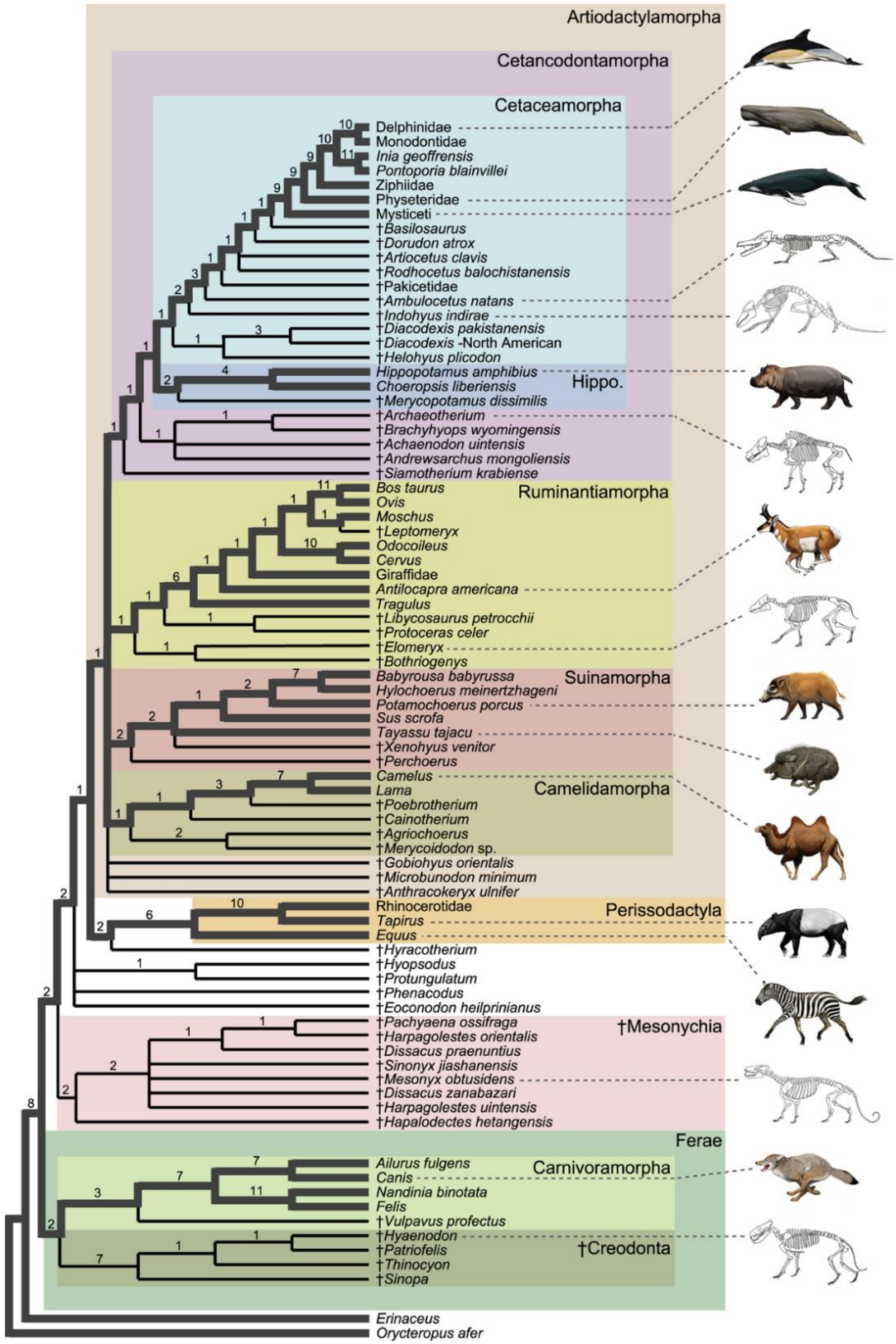
PŘÍLOHA Č. 3: Anatomické uspořádání žaludku kosticovců

PŘÍLOHA Č. 4: Sítnice kytovců

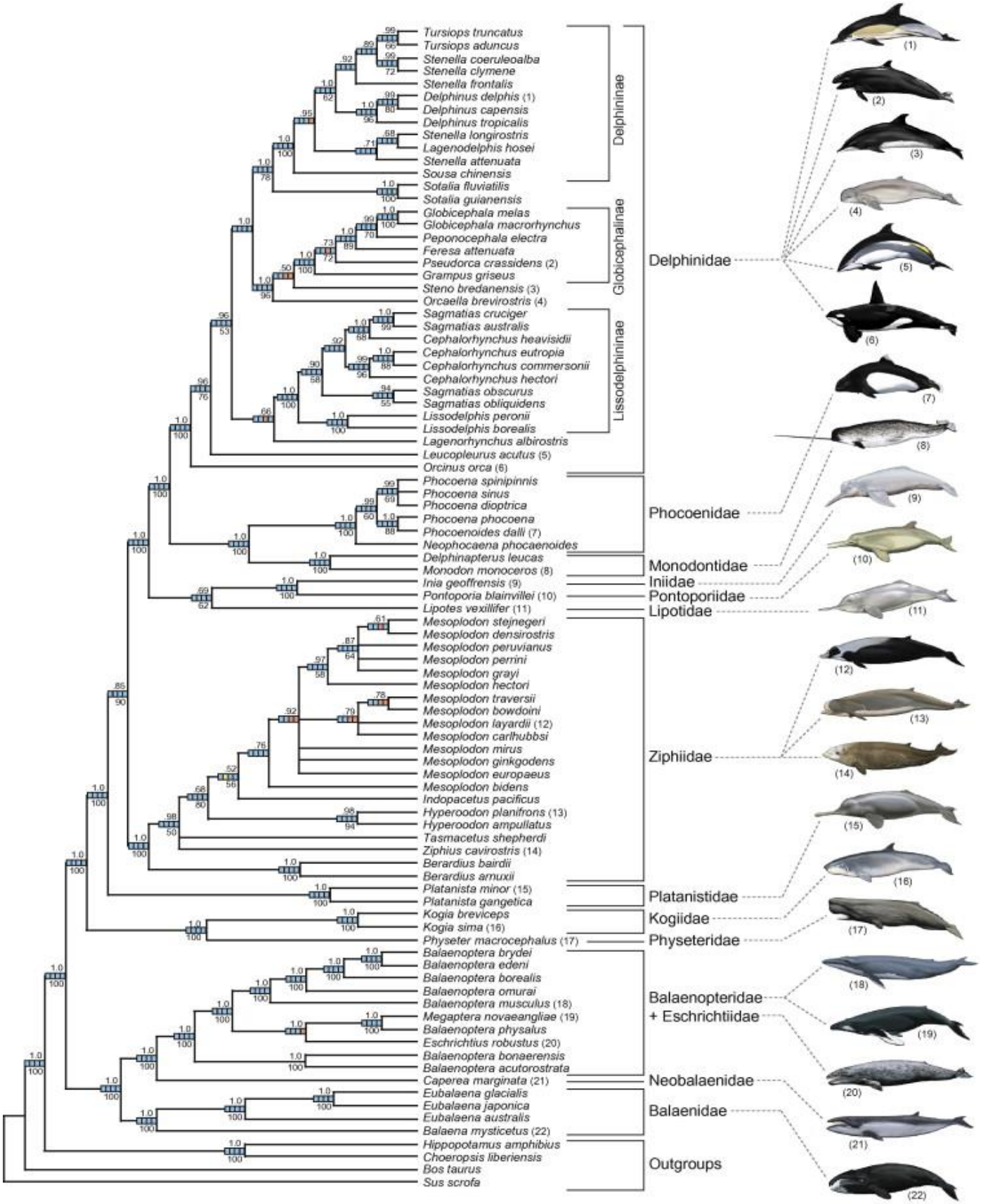
PŘÍLOHA Č. 5: Reprodukce kosticovců

PŘÍLOHA Č. 6: Příčiny ohrožení kosticovců

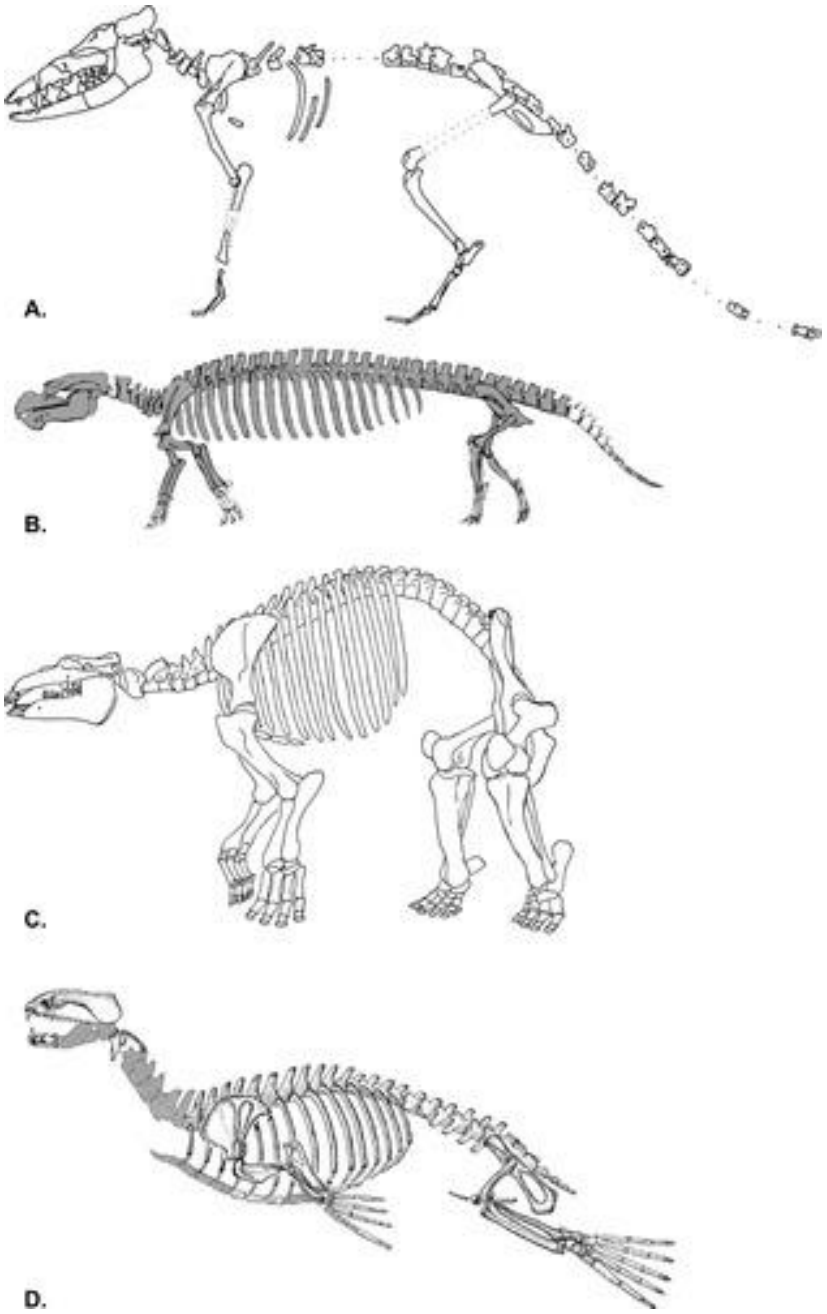
PŘÍLOHA Č. 1: Fylogeneze fosilních a recentních zástupců Cetacea



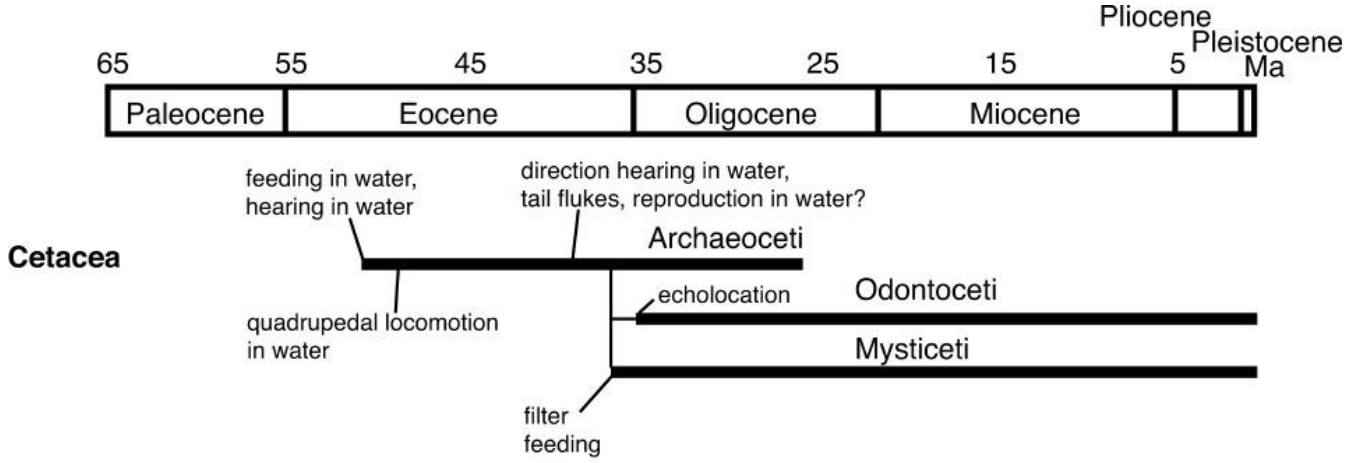
Obrázek č. 1: Vazby v rámci evoluce savců. Kytovci jsou nejblíže příbuzní hrochům Hippopotamidae (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/28/Cladogram_of_Cetacea_within_Artiodactyla.png). O této problematice se pojednává v kapitola č. 3.1.



Obrázek č. 2: Kladogram kytovců vyznačující čeledi kosticovců i ozubených a jejich příbuznost s hrochovitými (McGowen et al. 2009). O této problematice se pojednává v kapitole č. 3.1.



Obrázek č. 3: Kostry předků různých mořských savců. **A:** ***Pakicetus*** (kytovci), B: *Pezosiren*, C: *Paleoparadoxia*, D: *Enaliarctos* (Uhen 2007). O této problematice se pojednává v kapitole č. 3.1.



Obrázek č. 4: Fylogenetický strom kytovců a důležité přechody v jejich evoluční historii (Uhen 2007). O této problematice se pojednává v kapitole č. 3.1.

PŘÍLOHA Č. 2: Aktuální taxonomie podřádu kosticovců

Taxonomické rozdělení dle Wilson & Reeder (2005): O této problematice se pojednává v kapitole č. 3.2.

Podřád: KOSTICOVCI **Mysticeti** Cope, 1891

Čeleď: velrybovití Balaenidae Gray, 1821

Rod: ***Balaena*** Linnaeus, 1758

Druh: velryba grónská *Balaena mysticetus* (Linnaeus, 1758)

Rod: ***Eubalaena*** Gray, 1864

Druh: velryba jižní *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822)

Druh: velryba černá *Eubalaena* glacialis (Müller, 1776)

Druh: velryba japonská *Eubalaena japonica* (Lacépède, 1818)

Čeleď: plejtvákovití Balaenopteridae Gray, 1864

Rod: ***Balaenoptera*** Lacépède, 1804

Druh: plejtvák malý *Balaenoptera acutorostrata* (Lacépède, 1804)

Druh: plejtvák jižní *Balaenoptera bonaerensis* (Burmeister, 1867)

Druh: plejtvák sejval *Balaenoptera borealis* (Lesson, 1828)

Druh: plejtvák Brydeův *Balaenoptera edeni* (Anderson, 1879)

Druh: plejtvák obrovský *Balaenoptera musculus* (Linnaeus, 1758)

Druh: plejtvák myšok *Balaenoptera physalus* (Linnaeus, 1758)

Rod: ***Megaptera*** Gray, 1846

Druh: keporkak *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781)

Čeleď: velrybkovití Neobalaenidae Gray, 1873

Rod: ***Caperea*** Gray, 1864

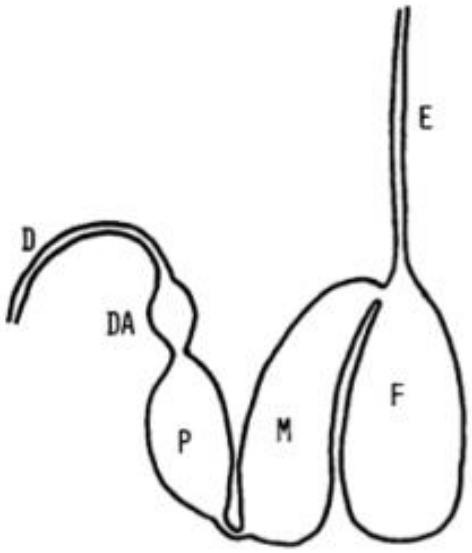
Druh: velrybka malá *Caperea marginata* (Gray, 1846)

Čeleď: plejtvákovcovití Eschrichtidae Ellerman & Morrison-Scott, 1951

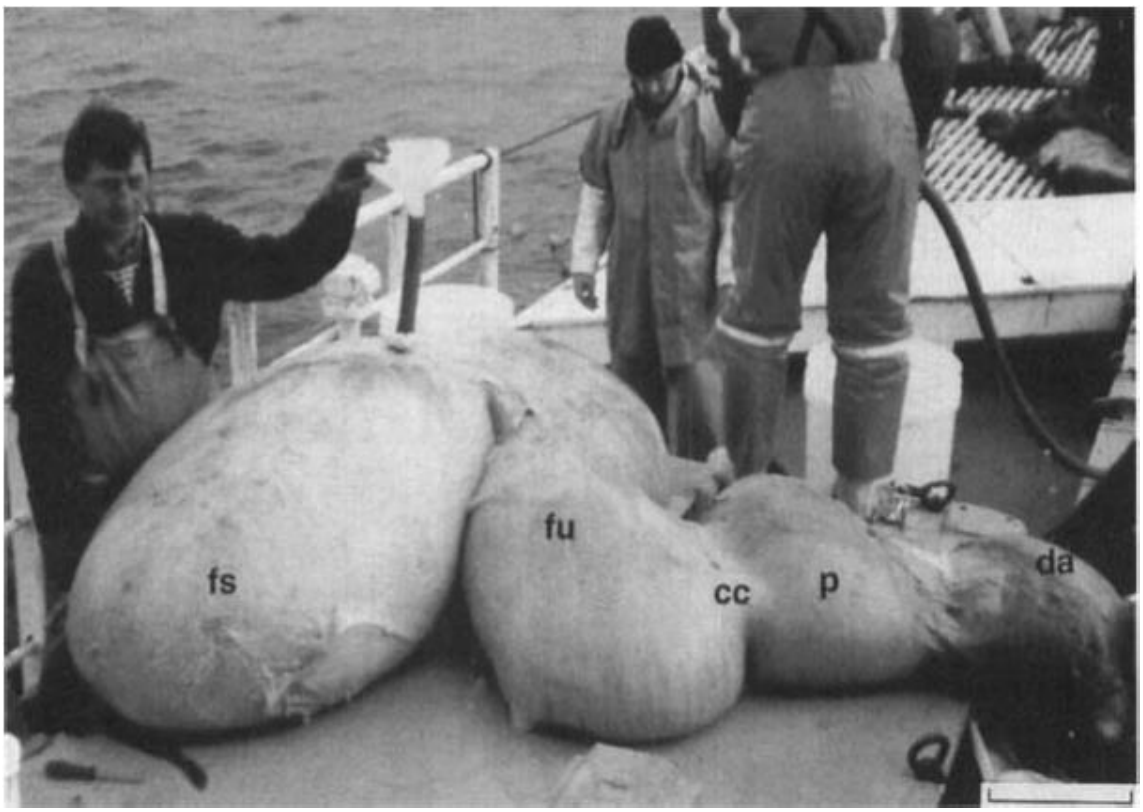
Rod: ***Eschrichtius*** Gray, 1864

Druh: plejtvákovec šedý *Eschrichtius robustus* (Lilljeborg, 1860)

PŘÍLOHA Č. 3: Anatomické uspořádání žaludku kosticovců

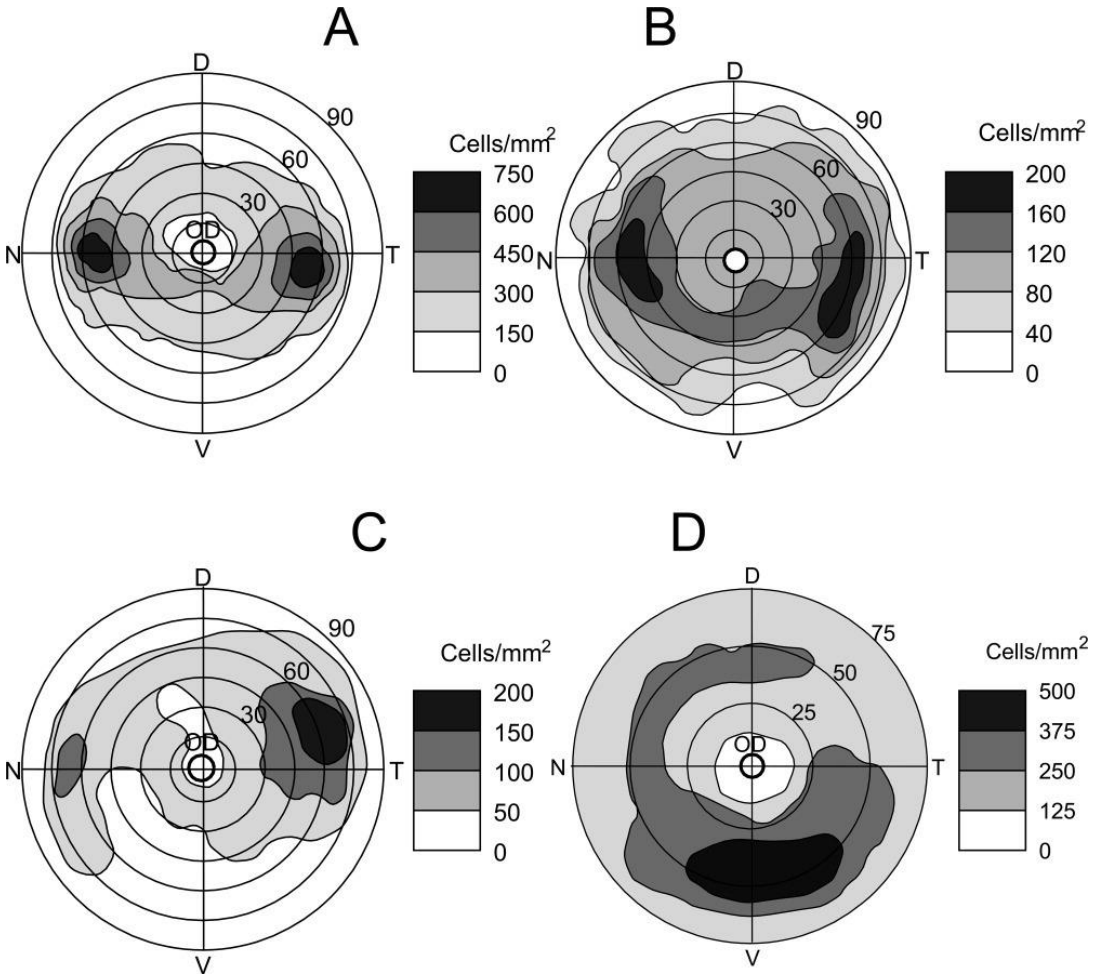


Obrázek č. 5: Schéma žaludku plejtváka myšoka (*Balaenoptera physalus*). Jícen (E), předžaludek (F), hlavní žaludek (M), pylorický žaludek (P), duodenální ampula (DA), duodenum (D) (Herwig & Staley 1986). O této problematice se pojednává v kapitole č. 3.4.



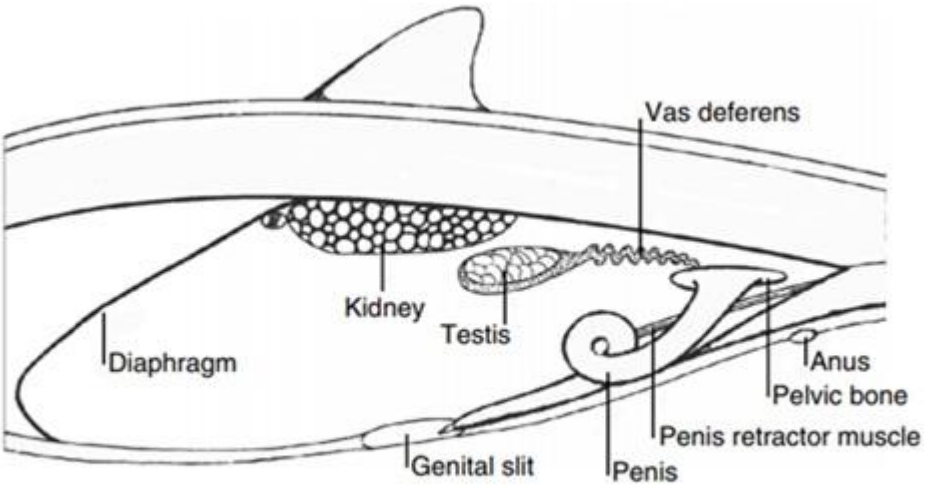
Obrázek č. 6: Zažívací trakt plejtváka malého (*Balaenoptera acutorostrata*). Předžaludek (fs), hlavní žaludek (fu), průchod mezi hlavním a pylorickým žaludkem (cc), pylorický žaludek (p), duodenální ampula (da) (Olsen et al. 1994). O této problematice se pojednává v kapitole č. 3.4.

PŘÍLOHA Č. 4: Sítnice kytovců



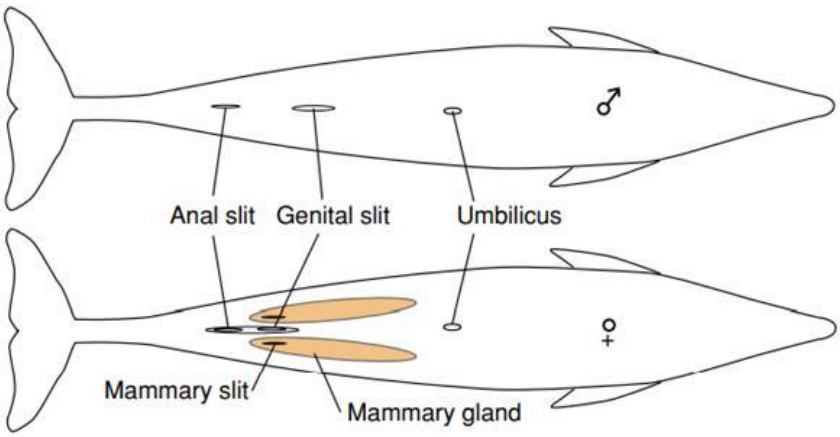
Obrázek č. 7: Hustota gangliových buněk v sítnici různých kytovců. A: delfín skákavý, B: delfín brazilský, **C: plejtvákovec šedý,** D: delfín amazonský. Hustota buněk je vyjádřena počtem buněk na mm^2 a je znázorněna různými odstíny šedé. D, V, N, T = dorzální, ventrální, nasální a spánkový pól sítnice. OD = střed čočky (Mass & Supin 2007). O této problematice se pojednává v kapitole č. 3.4.3.

PŘÍLOHA Č. 5: Reprodukce kosticovců



Cetacean male reproductive system. (Adapted from Slijper, 1966.)

Obrázek č. 8: Samčí pohlavní soustava. [Diaphragm – bránice, Kidney – ledvina, Testis – varle, Vas deferens – chámovod, Anus – řitní otvor, Pelvic bone – pánevní kost, Penis retractor – natahovač penisu, Penis, Genital slit – genitální štěrbina (Slijper 1966)]. O této problematice se pojednává v kapitole č. 3.7.1.



External sexual differences of cetaceans.

Obrázek č. 9: Vnější pohlavní rozdíly mezi samcem a samicí (nahoře samec, dole samice). [Anal slit – řitní otvor, Genital slit – genitální štěrbina, Umbilicus – pupek, Mammary gland – mléčná žláza, Mammary slit – bradavka]. Vzdálenost mezi genitální štěrbinou a análním otvorem je u samic podstatně kratší (Berta et al. 2005). O této problematice se pojednává v kapitole č. 3.7.2.

Vybrané charakteristiky laktace u několika druhů kosticovců

Druh	Délka laktace (týdny)	Množství tuku v mléce (%)	Množství bílkovin (%)	Zdroj
Plejtvák myšok (*Balaenoptera physalus*)	24-28	17-51	4-13	(Lockyer, 1984; White, 1953)
Plejtvák malý (*Balaenoptera acutorostrata*)	20-24	24	14	(Best, 1982)
Plejtvák jižní (*Balaenoptera bonaerensis*)	20-24	24	14	(Best, 1982)
Plejtvák obrovský (*Balaenoptera musculus*)	24-28	35-50	11-14	(Lockyer, 1984; Gregory et al., 1955)
Plejtvákovec šedý (*Eschrichtius robustus*)	28-32	53	6	(Swartz, 1986; Rice & Wolman, 1971; Zenkovich, 1938)
Keporkak (*Megaptera novaeangliae*)	40-44	33-39	13	(Lockyer, 1984; Glockner-Ferrari & Ferrari, 1984)

Tabulka č. 1: Vybrané charakteristiky laktace u několika druhů kosticovců. O této problematice se pojednává v kapitole č. 3.7.4. Převzato z Marine Mammals Evolutionary Biology 2nd ed (Berta et al. 2005).

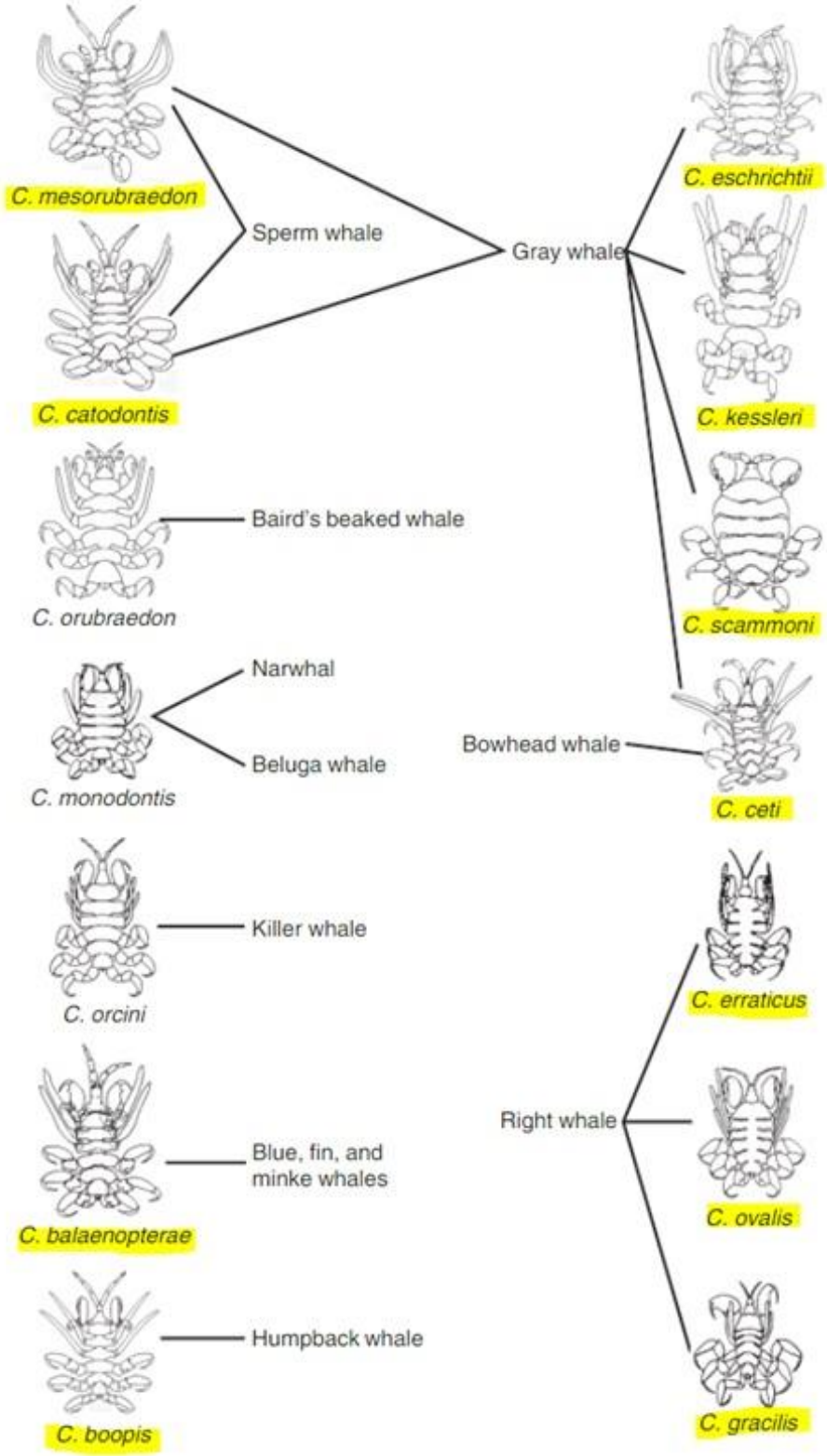
PŘÍLOHA Č. 5: Příčiny ohrožení kosticovců

Počty komerčních úlovků za rok 2019

Země (oblast)	Plejtvák sejval	Plejtvák Brydeův	Plejtvák malý/jižní	Celkem
Norsko (SV Atlantik)	0	0	429	**429**
Japonsko (pobřeží Japonska)	0	0	33	**33**
Japonsko (SZ Pacifik)	25	187	11	**223**

Tabulka č. 2: Počty komerčních úlovků za rok 2019. O této problematice se pojednává v kapitole č. 3.10.1. (IWC 2012h).

Obrázek č. 10: Zranění keporkaka po srážce s lodí – tržné rány v oblasti hlavy a prsních ploutví (IWC 2012n). O této problematice se pojednává v kapitole č. 3.10.5.



Obrázek č. 11: Různé druhy velrybích vší. Velikost se pohybuje od 5 mm (*C. balaenopterae*) do 27 mm (*C. scammoni*). Žlutě vyznačené se vyskytují u kosticovců (Berta et al. 2005). O této problematice se pojednává v kapitole č. 3.10.8.