

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra rozvojových a enviromentálních studií

Bakalářská práce

**Antropologické vlivy, které vedou ke snížení počtu
populací žraloků, a z toho vyplývající ohrožení diverzity
oceánů**

Autor: Jana Zábojníková

Vedoucí práce: doc. RNDr. Pavel Nováček, CSc.

Olomouc 2025

Bibliografické informace

Jméno autora: Jana Zábojníková

Název práce: Antropologické vlivy, které vedou ke snížení počtu populací žraloků, a z toho vyplývající ohrožení diverzity oceánů

Vedoucí práce: doc. RNDr. Pavel Nováček, CSc.

Zadávací katedra: Katedra rozvojových a environmentálních studií

Studijní program: B0288A320003 Mezinárodní rozvojová a environmentální studia

Abstrakt: Tato bakalářská práce se zabývá antropologickými faktory, které mají vliv na pokles populací žraloků, a důsledky vyplývající z toho trendu pro mořskou biodiverzitu. Mezi hlavní negativní vlivy patří nadměrný rybolov, lov žraloků kvůli ploutvím, degradace přirozeného prostředí, klimatická změna a socioekonomické faktory. Práce upozorňuje na klíčovou ekologickou roli žraloků, jako vrcholových predátorů, jejichž vymizení může rozvrátit celý oceánský ekosystém. Cílem je analyzovat hlavní antropogenní faktory, které ovlivňují populační trendy a zhodnotit jejich dopad na biodiverzitu oceánů.

Klíčová slova: žraloci, antropogenní vlivy, nadměrný rybolov, klimatická změna, mořská biodiverzita, oceánský ekosystém, žraločí ploutve

Bibliographic information

Author Name: Jana Zábojníková

Thesis title: Anthropological influences leading to a decline in shark populations and the resulting implications for ocean diversity

Supervisor: doc. RNDr. became the chairman. Pavel Nováček, CSc.

Assigning department: Department of Development and Environmental Studies

Study program: B0288A320003 International development and environmental studies

Abstract: This bachelor's thesis examines the anthropological factors influencing the decline of shark populations and the implications of this trend for marine biodiversity. The main negative influences include overfishing, shark fishing for fins, habitat degradation, climate change and socio-economic factors. The paper highlights the key ecological role of sharks as apex predators whose disappearance could disrupt the entire ocean ecosystem. The aim is to analyze the main anthropogenic factors and assess their impact on ocean biodiversity.

Keywords: sharks, anthropogenic impacts, overfishing, climate change, marine biodiversity, ocean ecosystem, shark fins

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „antropologické vlivy, které vedou ke snížení počtu populací žraloků, a z toho vyplývající ohrožení diverzity oceánu“ zpracovala samostatně a použila jen prameny uvedené v seznamu literatury.

V Olomouci dne 9. dubna 2025

.....

Jana Zábojníková

Poděkování

Chtěla bych vyjádřit svou vděčnost vedoucímu mé bakalářské práce, doc. RNDr. Pavlu Nováčkovi, CSc., za přidělení tématu a poskytnuté rady. Děkuji za pochopení, podporu a trpělivost.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Jana ZÁBOJNÍKOVÁ
Osobní číslo: R210490
Studijní program: B0588A330001 Mezinárodní rozvojová a environmentální studia
Téma práce: Antropologické vlivy, které vedou ke snížení počtu populací žraloků, a z toho vyplývající ohrožení diversity oceánů
Zadávající katedra: Katedra rozvojových a environmentálních studií

Zásady pro vypracování

Identifikovat a analyzovat nejvýznamnější faktory ohrožující populace žraloků, jako je komerční rybolov, změna klimatu a znečištění oceánů, a popsat hrozby vyplývající z úhynu žraloků pro oceánské ekosystémy.

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam doporučené literatury:

CORNWALL, Warren. BREATHLESS OCEANS. *Science*. 2023, 379(6631), 429-433, ISSN 00368075.
DULVY, NICHOLAS K., et al. 'Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays.' *eLife* 3 (2014): e00590.
MOTIVARASH YAGNESH, B., et al. 'Importance of sharks in ocean ecosystem.' *Journal of Entomology and Zoology Studies* 8.1 (2020): 611-613.
PACOUREAU, NATHAN, et al. 'Half a century of global decline in oceanic sharks and rays.' *Nature* 589.7843 (2021): 567-571.
PISTEVOS, Jennifer C. A., Ivan NAGELKERKEN, Tullio ROSSI, Maxime OLMOS a Sean D. CONNELL. 'Ocean acidification and global warming impair shark hunting behaviour and growth. *Scientific Reports* 2015, 16293-16293, ISSN 20452322.
RANDHAWA, HASEEB S., ROBERT POULIN, and MARTIN KRKOŠEK. 'Increasing rate of species discovery in sharks coincides with sharp population declines: implications for biodiversity.' *Ecography* 38.1 (2015): 96-107.
ROSA, RUI, JODIE L. RUMMER, and PHILIP L. MUNDAY. 'Biological responses of sharks to ocean acidification.' *Biology letters* 13.3 (2017): 20160796.
THE TIMES (LONDON, ENGLAND). 'Oceanic sharks at risk of extinction.' 2021, 13 ISSN 01400460.

Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Pavel Nováček, CSc.
Katedra rozvojových a environmentálních studií

Datum zadání bakalářské práce: 19. května 2023
Termín odevzdání bakalářské práce: 11. dubna 2024

L.S.

doc. RNDr. Martin Kubala, Ph.D.
děkan

doc. Mgr. Zdeněk Opršal, Ph.D.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 19. května 2023

Obsah

Úvod.....	10
1 Metodika	11
2 Biologie žraloků.....	12
2.1 Taxonomie a evoluce	13
2.2 Ekologie	14
3 Enviromentální a ekonomické souvislosti žraloků	15
3.1 Udržování potravní sítě.....	15
3.2 Udržování zdravých porostů mořských trav a dalších životně důležitých stanovišť	16
3.3 Udržování uhlíkového cyklu.....	18
3.4 Udržování ekonomiky.....	19
4 Antropologické činnosti ovlivňující populace žraloků	21
4.1 Rybolov a vedlejší úlovky	21
4.2 Znečištění oceánu	24
4.2.1 Plastové znečištění	25
4.2.2 Těžké kovy.....	26
4.2.3 Chemické znečištění	27
4.2.4 Zvukové znečištění	28
4.3 Oteplování oceánu a změna klimatu	28
4.4 Okyselování oceánu	30
4.5 Socioekonomické faktory	32
5 Dopady na diverzitu oceánů	34
6 Současný stav ochrany žraloků.....	37
7 Případová studie: Populační dynamika žraloka bílého (Carcharodon carcharias) v oblasti Jižní Afriky	38
7.1 Biogeografický a ekologický význam regionu	38

7.2	Historický vývoj a současný stav populace	39
7.3	Ekologické dopady populačních změn	44
7.4	Implikační rámec a doporučení pro ochranu druhu	45
8	Diskuse.....	46
9	Závěr	48
	Seznam použité literatury.....	49

Úvod

Žraloci jsou nejstarší skupinou paryb, vyskytující se na planetě již od devonské éry. V průběhu evoluce se přizpůsobili podmínkám svého prostředí a dnes hrají klíčovou roli pro oceánské ekosystémy i mořské živočichy. V posledních letech dochází k velkým populačním úbytkům, které jsou způsobeny hlavně antropologickými činnostmi. Lidé ovlivňují nejen jejich hojnost, ale také životní prostředí skrze několik přímých i nepřímých faktorů. V současné době je velký počet druhů této skupiny ohrožen do určité míry, a mnoho z nich se nachází na červeném seznamu ohrožených druhů vytvořeném IUCN.

Mezi faktory, které mají na žraločí populace největší vliv patří nadměrný rybolov, odchyt skrze vedlejší úlovky, lov pro ploutve a klimatická změna. Žraloci představují vrcholové predátory oceánských ekosystémů a hrají významnou roli při udržování ekologické rovnováhy, zdraví ekosystémů a regulaci potravních sítí. Jejich ztráta má výrazné dopady na fungování celého oceánu, rovnováhu v predaci mezi ostatními druhy a jejich zdraví.

Tato bakalářská práce se zaměřuje na ekologickou roli žraloků v mořských ekosystémech, analýze klíčových antropologických faktorů, které přispívají k úbytku žraločích populací a identifikuje důsledky z toho vyplývající pro diverzitu mořských ekosystémů. Součástí práce je také případová studie zaměřená na populační trendy druhu velkého žraloka bílého v oblasti Jižní Afriky. Záměrem je identifikovat příčiny případných poklesů/nárůstů ve výskytu tohoto druhu a následné ovlivnění celého ekosystému a ostatních druhů žijících v tomto regionu.

Cílem celé práce je přispět k hlubšímu porozumění vlivů lidské činnosti na populace žraloků, a dopadům z toho vyplývajícím pro oceánskou diverzitu. Výzkumné otázky, na které má tato práce odpovědět jsou: 1) Jaké lidské činnosti mají nejvýraznější vliv na populace žraloků? 2) Jaká je klíčová role žraloků na úrovni ekosystémů? 3) Jaký je populační stav žraloka bílého v Jižní Africe po zařazení mezi chráněné druhy před využíváním?

1 Metodika

Tato práce je založena na analytické rešerši odborné literatury a následné analýze dat. Informace byly čerpány primárně z odborných článků, vědeckých článků publikovaných v recenzovaných časopisech a údajích mezinárodních organizací. Vyhledávání probíhalo prostřednictvím akademických databází Elsevier, ScienceDirect, National Institutes for Health, Web of Science, ResearchGate, Google Scholar a oficiálních webových stránkách environmentálních organizací.

Při výběru zdrojů byl kladen důraz na relevanci a aktuálnost, tedy aby většina informací z použité literatury nebyla starší více než 10 let, až na několik výjimek kvůli nedostatečnému zkoumání těchto témat. Dále bylo dbáno na vědeckou kvalitu a relevanci k tématu. Informace byly tříděny tematicky dle ekologické role, hlavních antropologických vlivech, dále jejich dopadu na konkrétní ekologické procesy, a v závěru je představena případová studie.

2 Biologie žraloků

Žraloci představují jednu z nejstarších skupin obratlovců na zemi. Jejich tělesná stavba, smyslové orgány a reprodukční strategie jsou výsledkem dlouhodobé adaptace na život v různých biotopech. Právě jejich přizpůsobení se svému prostředí je činí vynikajícími predátory. Jedná se o dědičné aspekty, jako je anatomie, fyziologie a chování organismu, díky kterým přežívají (Abel & Grubbs, 2023).

Mají dva páry předních prsních ploutví, zadních pánevních, střední ploutve podél linie těla a jednu nebo dvě hřbetní. Většina skupin má také řitní ploutev. Klíčovou rolí ploutví je stabilizace při pohybu, naklánění nebo kývání. Nejsou schopni plavat dozadu, jak tomu bývá u kostnatých ryb. Někteří rybáři táhnou žraloka lodí dozadu, čímž poškozují jeho žábry, a často to pro ně končí smrtelně. V hlavě jsou umístěny klasické smyslové orgány, jako jsou oči, nozdry, vnější ušní otvory, a mimo to ještě řady gelových pórů zvaných Lorenziniho ampuly. Díky těmto smyslům spolu s postranní čarou, mohou žraloci interpretovat své okolí a vhodně reagovat. Odhalují tak kořist, predátory, potenciální partnery, jiné organismy a předměty, které mu mohou překážet. Také se díky nim orientují a pomáhají jim v migraci. Párové nozdry jsou umístěny na spodní straně čenichu. Žraloci jsou citliví na pachy spojené s některými chemickými látkami, např. bílkovinami z poraněných ryb, v poměrně malých složeních (Abel & Grubbs, 2023).

Žralok může některé z těchto informací využívat k vyhledávání kořisti, vyhýbání se predátorům, hledání partnera, vyhýbání se nezdravému prostředí, navigaci kolem překážek nebo dokonce k migraci na velké vzdálenosti. Nejcitlivější jsou na nepravidelné nízkofrekvenční zvuky, které mohou vydávat mimo jiné bojující ryby. Žraloci je mohou ve vnitřních uších slyšet až z 3 km vzdálenosti. Pokud se žralok řídí zvukovými podněty a směřuje k jejich zdroji, je schopen zachytit pachovou stopu z organického materiálu a tělesných tekutin poraněné ryby až na vzdálenost jednoho kilometru, za předpokladu, že se nachází po proudu. Mezi pohlavími jsou výrazné rozdíly. Pohlavní dimorfismus je nejvýraznější, kdy samice bývají mnohem větší než samci. Největší rozdíly jsou u druhů, které rodí živá mláďata, protože je samice musí nosit, na rozdíl od druhů, které kladou vejce (Abel & Grubbs, 2023).

2.1 Taxonomie a evoluce

Říše	<i>Animalia</i> (živořichové)
Kmen	<i>Chordata</i> (strunatci)
Podkmen	<i>Craniata</i> (lebečnatci)
Třída	<i>Chondryichthyes</i> (paryby)
Nadřád	<i>Gnathostomata</i> (živočichové s čelistmi)
Superřád	<i>Selachimorpha</i> (žraloci)
Podtřída	<i>Elasmobranchii</i> (žraloci a rejnoci)
Podřád	<i>Galeomorphii</i> (praví žraloci)
Podřád	<i>Squalomorphi</i> (primitivní žraloci)
Podřád	<i>Batoidea</i> (rejnoci, trnuchy)
Řády	<i>Carcharhiniformes</i> (žraloci šedí)
	<i>Lamniformes</i> (žralok bílý)
	<i>Heterodontiformes</i> (žralok rohatý)
	<i>Squaliformes</i> (žraloci psi)
	<i>Hexanhiiformes</i> (žralok šestihrotý)
	<i>Myliobatiformes</i> (rejnoci, trnuchy)
	<i>Rajiformes</i> (rejnoci kožatí)
Čeled'	<i>Carcharhinidae</i> (žraloci šedí)
	<i>Lamnidae</i> (žralok bílý)
	<i>Heterodontidae</i> (žralok rohatý)
	<i>Squalidae</i> (žraloci psi)
	<i>Hexandichae</i> (žralok šestihrotý)

Tabulka 1- Základní taxonomie

V dnešní době je známo 36 čeledí a zhruba 543 druhů žraloků. Všichni spadají do třídy paryb, ke kterým se řadí ještě batoidy a chiméry. Celkový počet je tedy 61 čeledí a asi 1 300 druhů (Abbel&Grubbs, 2023). Paryby jsou monofyletickou skupinou dravých ryb, která vznikla o zhruba 423 miliony let dříve než jiní dnes žijící obratlovci (Ferretti et al., 2010). Přežili alespoň 5 velkých vymírání (Dulvy et al., 2021). Paryby se staly jednou z prvních hlavních linií mořských ryb, kde bylo riziko vyhynutí klasifikováno u celé čeledi. První světový červený seznam ohrožených druhů dle IUCN označil minimálně 17,4 % z 1 041 druhů jako ohrožené, zatímco jiné modely odhadují, že ohrožena je až ¼ (Dulvy et al., 2021),

První zmínky o jejich nejspolehlivějším rozeznávacím znaku – tzv. teserátovém způsobu mineralizace chrupavek, pocházejí z pozdně devonských nalezišť. Nicméně první šupiny a ostny paryb se objevily

již ve spodním siluru, tedy středním paleozoiku. Dnes se chrupavčité ryby vyskytují ve všech světových oceánech. Mnoho z nich zaujímá vysoké trofické úrovně v mořských a některých sladkovodních biotopech (Dulvy et al., 2021), a zásadně se podílejí na ovlivňování struktury (skrze řízení potravní sítě) a funkci společenstev (Rosa et al., 2017).

Přestože vývoj paryb umožnil, aby zaplnily mnoho vodních stanovišť a nik, jejich schopnost se rychle přizpůsobit změnám prostředí způsobených člověkem je nejspíš omezená, protože na rozdíl od většiny mořských ryb mají K-selektovanou životní strategii – pomalý růst, pozdní věk dospělosti, dlouhé období březosti, nízkou plodnost s malým počtem potomků a dlouhý život. Jejich specifické rysy mají důsledky na jejich hojnost a zdraví, neboť jejich hlavními hrozbami je nadměrný rybolov a degradace biotopů. Jsou také silně ohroženi změnou klimatu (Rosa et al., 2017).

Původně se vyvinuli jako malí pobřežní konzumenti, a až v průběhu evoluce upřednostnila selekce větší tělesné rozměry, kontinuální růst, opožděný věk dospělosti a schopnost kolonizovat hlubší oceánské vody (Grogan & Lund, 2004). Paryby následně osídlily ekologické niky, které dříve obsazovali dnes již vymřelí draví obratlovci (Walker & Brett, 2002), a ovlivnily diverzifikaci a rozšíření kořisti a konkurenčních druhů (Lindberg & Peynson 2006). Jedním z příkladů je velkolepý megalodon (*Carcharodon megalodon*), dodnes největší zaznamenaná známá paryba, která pravděpodobně způsobila signifikantní změny v evoluční historii savců, jakožto své preferované kořisti (Lindberg & Pyenson, 2006).

2.2 Ekologie

Současní žraloci jsou skupinou, která je široce rozšířena od mělkých pobřežních vod až po hlubokomořské dno (Compagno, 1990). Většina druhů se drží na kontinentálních šelfech, avšak existují také druhy, které plně obývají oceán, například žralok veliký (*Cetorhinus maximus*) a žralok modrý (*Prionace glauca*). Někteří z větších jedinců, jako je žralok tygří (*Galeocerdo cuvier*) a kladivoun obecný (*Sphyrna zygaena*) se pohybují mezi pobřežními oblastmi a hlubinami oceánu (Motivarash et al., 2020).

Žraloci mají masožravou stravu a jejich velikost se pohybuje mezi 0,2 až 20 metry. Tyto ryby se živí širokou škálou způsobů, od filtrace drobných částic až po efektivní predátorské techniky. Většina jedinců přesahuje 3 metry (Motivarash et al., 2020) a představuje vrcholové predátory, tudíž představují důležitou roli v řízení struktury a funkce oceánských ekosystému skrze tzv. shora dolů kontrolu (Dulvy et al., 2014), nicméně existuje značné množství mezopredátorů, kteří obvykle dorůstají maximálně do 1,5 metru. Tito mezopredátoři jsou často obětí větších žraloků. Mnoho z nich se živí různorodou kořistí, jsou tzv. generalisté. To naznačuje vzájemné propojení mezi žraloky, které je možné pozorovat v rámci potravních řetězců, a pravděpodobně mají významný vliv na určité druhy kořisti (Motivarash et al., 2020).

3 Enviromentální a ekonomické souvislosti žraloků

V mořských ekosystémech zastupují signifikantní roli všechny druhy žraloků (Sharpless, 2017). Velký počet z nich se nachází na vrcholu potravního řetězce nebo ve vyšších trofických úrovních, a často zastávají roli klíčových predátorů, kteří jsou významní pro rovnováhu a udržování potravního řetězce. Jako jedna z nejrozmanitějších skupin predátorů poskytují vzor pro upřesnění predátorských rolí. Mnoho z nich, např. žralok bělavý (*Carcharhinus leucas*) nebo žralok měděný (*Carcharhinus brachyurus*) patří mezi vrcholové predátory (Motivarash et al., 2020).

Mnoho druhů za svůj život migruje tisíce kilometrů a napomáhá cyklení a redistribuci živin skrze celé ekosystémy. Tento proces pomáhá živočichům žijícím v povrchových vodách oceánu, například fytoplanktonu, získávat nezbytné živiny pro zvýšení produktivity. Podobně jako rostliny na souši, i fytoplankton využívá oxid uhličitý z atmosféry k výrobě kyslíku (Bird et al., 2018).

3.1 Udržování potravní sítě

Žraloci představují významnou ekologickou skupinu, přičemž mnozí z nich fungují jako vrcholoví predátoři a zauímají nejvyšší pozice v potravních řetězcích (Motivarash et al., 2020). Tímto způsobem hrají klíčovou roli ve stabilitě a fungování mořských potravních sítí. Pokles jejich populací může spustit

tzv. trofické kaskády – efekty, které se přenášejí shora dolů v potravní síti (Stevens et al., 2000). Snížení počtu predátorů vede k uvolnění tlaku na jejich kořist, což může mít za následek přemnožení mezopredátorů a následný úbytek jejich vlastní kořisti (Bornatowskiet al., 2014). Takové změny mohou mít zásadní dopad na rovnováhu ekosystémů.

Některé druhy velkých žraloků mají výrazný dopad na specifické skupiny živočichů, například mořské savce a plazy. Například predací tlak ze strany žraloka tygřího má významný vliv na populace sirén, delfínů, mořských hadů, kormoránů či mořských želv (Heithaus, 2001). Přítomnost těchto predátorů může omezit prostorové rozšíření druhů, které se predaci vyhýbají, jako jsou ploutvonožci či potápěči (Cairns et al., 2008). Výzkumy ukazují, že snížení počtu žraloků, může vést k přemnožení želv, které následně přehánějí pastvu v mořských loukách, čímž dochází k degradaci biotopu (Nicolas n.d.).

Zatímco většina větších druhů žraloků (obvykle nad 3 metry) funguje jako vrcholoví predátoři, existuje i značná diverzita mezopredátorů, kteří obvykle nedosahují více než 1,5 metru a mohou se stát potravou větších druhů. Mnozí z nich jsou generalisté – živí se různorodou kořistí a reagují flexibilně na změny v dostupnosti potravy. Tato ekologická variabilita vytváří hustě propojené potravní sítě, ve kterých jsou žraloci spojeni s mnoha dalšími druhy (Bascompte et al., 2005). Díky tomu mají často jen omezený vliv na konkrétní druhy, neboť se nespecializují pouze na jednu kořist (Ellis & Musick, 2007).

Svou přítomností také žraloci regulují populace kořistních druhů. Eliminací slabých, nemocných, starých nebo pomalých jedinců přispívají k celkovému zdraví ekosystému. Tímto způsobem nejen zabraňují šíření chorob, ale také posilují genofond kořistních populací, protože přežívají silnější a zdravější jedinci. Tento regulační mechanismus zároveň brání ekologické nerovnováze způsobené přemnožením či přetlakem některých druhů (Motivarash et al., 2020).

3.2 Udržování zdravých porostů mořských trav a dalších životně důležitých stanovišť

Žraloci hrají klíčovou roli při udržování rovnováhy ekosystémů tím, že regulují chování svých kořistí a brání nadměrnému spásání zdravých stanovišť.

Například vědci na Havaji zjistili, že žraloci tygří mají pozitivní vliv na zdraví porostů mořských trav tím, že omezují populace mořských želv, které se na těchto porostech pasou. Když žraloci nejsou přítomní, želvy se soustředí na kvalitní a výživné mořské trávy, což může vést k poškození zdravých habitatů. Naopak v oblastech s přítomností žraloků tygřích se želvy krmí na širším území, což pomáhá zachovat lokální ekosystémy (Motivarash, 2020).

Dlouhodobý výzkum v australské zátoce Shark Bay ukázal, jak přítomnost žraloků tygřích ovlivňuje chování a rozmístění jiných živočichů. V teplých měsících, kdy je jejich výskyt častější, dochází k ústupu citlivých druhů z produktivních, ale rizikových mělkých oblastí. V chladnějším období se predátoři téměř nevyskytují, což umožňuje kořistním druhům volněji využívat tyto biotopy (Heithaus et al., 2008). Přítomnost predátora tak ovlivňuje nejen přímou mortalitu, ale také prostorové chování, potravní strategii a ekologické vztahy napříč celým společenstvem (Adkins, 2017).

Kromě toho, žraloci tygří také pomáhají udržovat zdravé porosty mořské trávy kontrolou populací mořských krav (*Dugondiae*). Tímto způsobem chrání vegetaci před nadměrným spásáním želvami a jinými býložravci, což umožňuje rovnoměrnější rozšíření mořské trávy. Tento ekosystém čelí také dalším hrozbám, jako jsou vlny veder, které mohou devastovat porosty (Adkins, et al., 2017). V korálových útesových ekosystémech se pak stávají jejich potravou býložravé ryby, což posiluje schopnost takových ekosystémů zadržovat a ukládat uhlík (Nicolas, n.d.).

Mořské trávy, mangrovy a slané bažiny jsou tzv. ekosystémy modrého uhlíku jsou stále více ceněny v debatách o zmírňování změny klimatu a hrají zásadní roli v sekvestraci organického uhlíku (Gao et al., 2022). Jsou schopny zachytit až 50 % veškerého uhlíku uloženého v oceánu, přičemž zabírají méně než 0,2 % světových oceánů (Duarte et al., 2013). Například louky mořské trávy jsou unikátní tím, že organický uhlík se zde ukládá mnohem rychleji než v tropických deštných lesích, a to i po tisíciletí (Macreadie et al., 2015). V těchto případech se žraloci stávají ještě důležitějšími pro zdraví ekosystému, protože se ostatní druhy (např. mořské krávy) těmto predátorům vyhýbají, což brání trvalému ničení oblíbených pastvin (Adkins, 2017).

Žraloci, jakožto mobilní konzumenti, mají možnost snadno ovlivňovat ekologické procesy v těchto ekosystémech modrého uhlíku. Dlouhodobé ekologické monitorování, například pomocí biotelemetrie, umožnilo prozkoumat vztahy mezi žraloky a modrouhlíkovými ekosystémy (Hussey et al., 2015). Studie v subtropickém západním Atlantiku ukázaly, že tyto ekosystémy jsou klíčovými oblastmi pro výchovu a získávání potravy mladých žraloků citronových (*Negaprion brevirostis*) (Dhellemmes et al., 2021). Kromě toho bylo zjištěno, že žraloci tygří preferují louky s mořskou trávou před jinými typy stanovišť (Unsworth et al., 2019) a dospělí jedinci tohoto druhu a druhu žraloka citronového preferují louky s mořskou trávou a mangrovové laguny místo blízkých útesových biotopů (Gallagher et al., 2021).

Tyto modré uhlíkové ekosystémy vyhledávají velcí predátoři aktivně, pokud se v nich nachází energeticky bohatá kořist. Například žraloci tygří v Indickém oceánu byli pozorováni, jak migrují na velké vzdálenosti, aby se propojili s mořskými želvami zelenavými (*Chelonia mydas*) na ostrově Raine, známém svými mořskými travami. V subtropickém Atlantiku se také zaměřovali na louky s nejvyšší hustotou mořské trávy v krajině (Gallagher et al., 2021), což naznačuje jejich snahu zvýšit interakci s mořskými želvami (Dixon & Gallagher, 2023).

Využívání těchto stanovišť může poskytnout užitečné informace o tom, jak jednotliví žraloci i celé druhy interagují s těmito ekosystémy (Dixon & Gallagher, 2023). Tyto poznatky podtrhují důležitost těchto ekosystémů jako bohatých potravních oblastí pro velké predátory, díky jejich rozmanité kořisti a vysoké biomase. V australských pobřežních oblastech žraloci omezují spotřebu mořské trávy a/nebo řas býložravci, což přispívá k vyššímu příjmu CO₂ a podporuje větší zásoby uhlíku v sedimentech (Hammerschlag et al., 2019).

3.3 Udržování uhlíkového cyklu

Uhlík hraje klíčovou roli v biologických procesech a má významný vliv na globální změnu klimatu. Žraloci hrají klíčovou roli v udržování zdravého mořského prostředí (Holcomb, 2023). Přispívají k cyklu a transportu uhlíku v oceánu tím, že se živí mrtvými organismy, které se hromadí na mořském dně. Tito větší mořští živočichové, jako jsou velryby a žraloci, ukládají značné

množství uhlíku ve svých tělech. Po jejich přirozené smrti klesají ke dnu, kde jsou konzumováni mrchožrouty, což přispívá k recyklaci uhlíku. Naopak, pokud jsou tyto živočichy uloveny nebo chycené lidmi, jsou odstraněny z oceánu, což narušuje cyklus uhlíku v oceánu (Motivarash et al., 2020).

Žraloci živiny transportují také skrze své výkaly. Mají hnojivý účinek na mořskou vegetaci a fytoplankton, který uhlík ukládá, díky živinám jako je dusík a fosfor. Nicméně výkaly samy o sobě také obsahují uhlík a ukládají ho na dně oceánu, když klesají ke dnu. Například žraloci šedí v mělkých útesových ekosystémech dodávají do svých biotopů denně až několik kilogramů dusíku. V otevřeném oceánu těmto jevům přispívají třeba kladivouni (Holocomb, 2023).

Dalším způsobem, jak žraloci chrání zásoby uhlíku je predace na býložravých rybách. Redukují množství spásaných porostů a jejich přítomnost nutí pasoucí se ryby většímu rozptylu a snížení jejich úsilí při hledání potravy. Snížením potravního chování a aktivity ryb, které způsobují rozrušení sedimentu na oceánském dně, jež uhlík ukládá se snižuje možnost ztráty uloženého uhlíku pohybem (Nicolas, n.d.).

Mnoho druhů cestuje napříč ekosystémy tisíce kilometrů, a pomáhá tak koloběhu a redistribuci živin (Nicolas, n.d.). Živočichové, jako je fytoplankton, kteří žijí v povrchových vodách takto získávají živiny, které jsou pro ně potřebné k vyšší produktivitě. Fytoplankton z atmosféry odebírá oxid uhličitý a produkuje kyslík, stejně jako rostliny (Holocomb, 2023).

Po smrti živočichů v oceánu jejich těla, a v nich uložený kyslík, klesnou ke dnu a promění se v zásobárnu uhlíku na tisíce let. Tělo žraloka je tvořeno uhlíkem asi z 10-15 %. Tento cyklus je důležitý hlavně pro větší mořské živočichy (Nicolas, n.d.).

3.4 Udržování ekonomiky

V minulosti měli žraloci nízkou komerční hodnotu a nebyly běžně zahrnovány v rybářských statistikách (Ferreti 2010).

Nejvíce studií zabývajících se ekonomickým dopadům vzniklým potápěním se žraloky bylo provedeno v ostrovních státech jižního Pacifiku (Fedler, 2017). Z nedávné studie provedené skupinou Haas et al. (2017) bylo

zjištěno, že přímé výdaje potápěčů se žraloky na Bahamách přispěly celkově 48.8 milionů dolarů lokální ekonomice skrze celkem 44 potápěcích operací v roce 2015. Má se za to, že nárůst potápění se žraloky a bahamský potápěčský průmysl je úzce spjat z vyhlášení všech bahamských mořských vod za oblast ochrany žraloků (Haas et al., 2017). Tato iniciativa začala již v 90. letech minulého století zákazem lovu dlouhými lovnými šňůrami, a zesílila vyhlášením všech mořských vod za žraločí rezervaci v roce 2011 (Fedler, 2017).

V posledních letech počet států, které si začínají všimnout, že žraloci mají pro jejich ekonomiku větší hodnotu i z jiných aktivit, než je komerční rybolov narůstá. Potápění se žraloky stává hlavním lákadlem provozovatelů a zvyšuje se nabídka potápěčských výletů, které jsou zaměřené primárně na žraloky (Fedler, 2017). Několik nedávných studií zaměřuje na hodnotu žraloků pro lokální mořský turismus (Neff & Yang, 2013). Gallagher & Hammerschlag (2011) ve svém výzkumu zjistili, že potápění se žraloky provozuje téměř 400 provozovatelů ve 29 zemích. Další případové studie zdokumentovaly, jaké má potápění se žraloky ekonomický dopad pro malé ostrovní státy v jižním Pacifiku (Vianna et al., 2012), Jižní Afriku (Dicken & Hosking, 2009) nebo Bahamy (Haas et al., 2017).

Na Floridě ročně utratí potápěči více přes 682 milionů dolarů. Zhruba 20 %, tj 126 mil. dolarů, pochází z cíleného potápění se žraloky. Po přidání přidané hodnoty je celkový ekonomický dopad 217 milionů dolarů a téměř 3 800 generovaných pracovních míst (Fedler 2017).

V Austrálii na národní ekonomice přispívá potápěcí turismus se žraloky na více než 17,7 milionech ročně. Tyto aktivity vyzdvihují lokální podniky, které pronajímají lodě, firmy zaměřující se na potápění a mohou se podílet na tvoření pracovních nabídek (Motivarash et al., 2020).

4 Antropologické činnosti ovlivňující populace žraloků

Žraloci patří k nejohroženějším druhům na světě (Booth et al., 2019). V posledních desetiletích dochází na celosvětové úrovni k výraznému úbytku populací žraloků. Podle údajů Mezinárodní unie pro ochranu přírody (IUCN) je aktuálně ohroženo přibližně 24 % všech druhů paryb, tedy žraloků a jejich blízkých příbuzných (Dulvy et al., 2014). Na červeném seznamu IUCN z roku 2025 je evidováno 179 druhů žraloků jako zranitelní (VU), 129 jako ohrožení (EN), 93 jako kriticky ohrožení (CR) a jeden druh je již považován za vyhynulý (EX). Mezi hlavní antropogenní tlaky, které vedou k tomuto poklesu, patří především intenzivní rybolov, vysoká poptávka po žraločích ploutvích (Fedler, 2017) a probíhající klimatické změny.

4.1 Rybolov a vedlejší úlovky

Zásadním důvodem poklesu populací žraloků v posledních 50 letech je nadměrný rybolov. Až 77 % oceánských žraloků se nyní považuje za ohrožené vyhynutím dle kritérií červeného seznamu vytvořeného Mezinárodní Unií pro Ochranu Přírody. Některé dříve hojné druhy s širokým spektrem žraloků se zredukovaly natolik, že v současnosti spadají do dvou nejvyšších kategorií ohrožení na již zmíněném seznamu dle kritérií IUCN (Shark Specialist Group, 2021).

Žraloci jsou na nadměrný rybolov vysoce senzitivní, a to hlavně proto, že se vyvíjí pomalu a mají málo potomků. Jsou loveni pro maso, ploutve, jaterní olej, žaberní desky a rekreační rybaření a potápění (Shark Specialist Group, 2021). Nadměrné využívání již překonalo efektivní využívání zdrojů. V nedávné minulosti byl komerčně cenný krátkoploutvý žralok mako (*Isurus oxyrinchus*) klasifikován jako ohrožený, a žralok dlouhoploutvý (*Carcharhinus longimanus*) se již považuje za kriticky ohrožený druh.

V přirozených, nevyužívaných systémech se žraloci často vyznačují vysokou početností a rozmanitostí. Přesto je i mírný tlak na lov dostatečný k tomu, aby způsobil silný pokles populace zranitelných druhů, zejména velkých žraloků. Takové tendence byly prokázány u řemeslného lovu a lovu pro vlastní potřebu na odlehlých ostrovech, u programů lovu žraloků do sítí a u lovu pomocí vlečných sítí a dlouhých lovných šňůr v mnoha regionech, což vede k přesunu společenstev

od velkých k malým druhům. Poklesy populací velkých druhů často přesahovaly jeden, někdy až dva řády, přičemž docházelo k lokálním vymíráním. Přesto některé odolnější druhy neklesly tak drasticky nebo dokonce vzrostly, možná díky snížené konkurenci nebo predaci. Větší populace žraloků se stále vyskytují v některých odlehlých nebo chráněných oblastech, zejména v Pacifiku, a mohou poskytnout cenné příležitosti k dalšímu poznání ekologické role žraloků. Přesto se hlášené úlovky žraloků ve většině regionů stále zvyšují, což pravděpodobně naznačuje, že se stále více lovců zaměřuje na žraloky tam, kde v minulosti nebyli využíváni, což je trend částečně způsobený rostoucí poptávkou po vysoce ceněných žraločích ploutvích na asijských trzích (Oliver et al., 2015).

Vedlejší úlovky, tedy neúmyslné odlovy necílových druhů, představují významnou překážku pro udržitelný rybolov. Samotný pojem se však používá nejednotně, což přispívá k nejasnostem v jeho chápání a hodnocení. Tradičně jsou za vedlejší úlovky považováni jedinci, kteří jsou po ulovení odhozeni mrtví nebo uhynou krátce po vytažení z vody. Největší hrozbu pro paryby, zejména pro pelagické žraloky, představuje jejich náhodné zachycení při lovu jiných, komerčně cennějších druhů ryb. Přibližně polovina celosvětového výlovu žraloků pochází právě z těchto nechtěných úlovků při pelagickém rybolovu pomocí dlouhých lovných šňůr (Pollom et al., 2024).

Tyto úlovky bývají v oficiálních statistikách často uváděny pouze obecně, bez konkrétního určení druhu, nebo nejsou evidovány vůbec. Výsledkem je podhodnocení skutečného počtu žraloků uhynulých v souvislosti s rybolovem. Při použití dlouhých lovných šňůr tvoří v mnoha regionech největší podíl vedlejších úlovků žraloci modří (50–90 %), s výjimkou Indického oceánu a východní části Tichého oceánu, kde převažují žraloci hedvábní (*Carcharhinus falciformis*) a liškoun obecný (*Alopias vulpinus*) (Oliver et al., 2015).

Na Fidži jsou často žraloci odchyceni jako tzv. bycatch úlovek, tedy nejsou primárním cílem, ale vedlejším produktem činnosti. Neexistuje zde přísná regulace lovu žraloků a dosavadní předpisy v souvislosti s pobřežním rybolovem se omezují na mořské rezervace se zákazem odlovu. V dosud jediné studii provedené v této oblasti (Glaus et al.,) uvedlo 81,4 % dotazovaných rybářů,

že loví žraloky, a z nich 81,6 % uvedlo, že se na ně nezaměřují cíleně, ale loví je jako vedlejší úlovek. Takový lov má do budoucna potenciál stát se cílenějším (Glaus et al., 2019).

V regionu jihozápadního Indického oceánu a přilehlých oblastí je pro endemické žraloky rovněž největší hrozbou nadměrný rybolov způsobený cílenými i náhodnými úlovky, včetně komerčního, rekreačního a řemeslného rybolovu pomocí lovných zařízení (žábrové sítě, dlouhé lovné šňůry, ruční lovné šňůry, vlečné sítě a nevody). Všech 20 ohrožených i neohrožených druhů, specifických pro tento region, je vystaveno nadměrnému odlovu v důsledku náhodných úlovků. Rybolov je zaměřen na jiné a více produktivní druhy (např. ryby a krevety), ale uloví a ponechá si i jiné cenné druhy, jako jsou žraloci (Pollom et al., 2019).

Zvyšující se četností a závažností blednutí korálů se zvyšuje riziko vyhynutí žraloka krátkoocasého (*Pseudoginglymostoma brevicaudatum*). Jeho výskyt se v posledních 15 letech signifikantně zmenšil, a jeho stav byl změněn z VU na CR. Tento pokles je ještě více podpořen kombinací dalších faktorů, jako je právě nadměrný odlov, destruktivní rybářské praktiky a pokračující pokles kvality prostředí (Pollom et al., 2024).

Žralok hedvábný je v současnosti veden jako téměř ohrožený a liškoun obecný jako zranitelný druh. Žralok modrý převažuje ve vedlejších úlovcích při pelagickém rybolovu v subtropických a mírných pásmech po celém světě. V Tichém oceánu tvoří největší část těchto úlovků, následován žralokem dlouhoploutvým a žralokem hedvábným. Mezinárodní řízení a ochrana těchto druhů je zatím minimální, což vyvolává rostoucí obavy o stav jejich populací (Oliver et al., 2015), neboť v této oblasti je nadměrný rybolov označen jako hlavní hrozba v důsledku nízkého výskytu jiných hrozeb, rozšířenosti rybolovu a odchytu druhů zdokumentovaných v recenzovaných článcích i vládních zprávách (Oliver et al., 2015).

V povinnostech vyplývajících ze smlouvy o ochraně přírody, jejíž součástí je ochrana ohrožených druhů a ukončení neudržitelného mezinárodního obchodu s částmi těl žraloků vlády selhávají. Ani výsledky regionálních orgánů, které mají za úkol řídit mezinárodní rybolov mořských ryb, nemají v souvislosti

s dodržováním vědeckých doporučení a upřednostnění žraloků dobré výsledky. (Shark Specialist Group, 2021). Modely ekosystémů předpovídají, že úbytek žraloků by měl mít za následek komplexní změny ve společenstvu, včetně trofických kaskád a uvolnění mezopredátorů. Zdá se však, že síla a přetrvávání těchto účinků se snižuje od pobřežních a útesových až po mořské a pelagické prostředí. Pozorovací studie naznačují přítomnost silných druhových interakcí v některých regionech, zprostředkovaných přímou konzumací a rizikovými účinky, které někdy vedou k trofickým kaskádám (Ferreti, 2010).

4.2 Znečištění oceánu

S rychlým tempem urbanizace roste i znepokojení nad zvyšujícím se množstvím znečišťujících látek a jejich negativním dopadem na mořské organismy i lidské zdraví (Jepson et al., 2016). Znečištění mořského prostředí se přitom dotýká většiny ze 17 cílů udržitelného rozvoje OSN stanovených pro rok 2030. V důsledku toho se celosvětově zvyšuje povědomí o antropogenních aktivitách, které přispívají ke znečištění oceánů, a o jejich dlouhodobých dopadech na zdraví planety (UNEP, 2017).

Mezi nejběžnější znečišťující látky, které pronikají do mořského ekosystému, patří perzistentní organické polutanty (POPs), těžké kovy, mořský odpad včetně mikroplastů a další chemické sloučeniny (UNEP, 2017). Těžké kovy jsou přirozenou součástí mořských organismů, nicméně při zvýšených koncentracích vykazují toxické účinky a mohou narušovat základní biologické procesy a rovnováhu celých ekosystémů (Storelli et al., 2021). Některé z látek jsou využity účelově jako nástroj proti nemocem, škůdcům nebo ve výrobních a průmyslových procesech, jiné vznikají druhotně při procesech jako je spalování odpadů, emise z motorových vozidel a cigaretový kouř. Také přírodní procesy jako sopečná činnost či lesní požáry vytváří tyto sloučeniny (WHO, 2020). Do vodního prostředí se pak dostávají atmosférickou depozicí, erozí, vypouštěním ve městech, spalováním a průmyslovými odpady (Megson et al., 2014).

Skrze bioakumulaci a biomagnifikaci jsou následně neúměrným koncentracím vystaveni vrcholoví predátoři (Glaus et al., 2019). Navzdory tomu byla doposud parybám věnována menší pozornost v porovnání s jinými

skupinami obratlovců, přitom paryby zastávají vysoké trofické postavení a potýkají se s populačním poklesem (Dulvy et al., 2014).

Jednou z nejzranitelnějších oblastí s vysokým počtem ohrožených druhů paryb je Jižní Amerika, zejména pak Brazílie a Uruguay (Dulvy et al., 2021). Pandemie COVID-19 zde zhoršila plastové znečištění. Nadměrná spotřeba jednorázových prvků z polymerních materiálů (rukavice, obleky, chrániče obličeje) zvýšila koncentraci mikroplastů v mořském prostředí (Arias et al., 2019). Mimo to, Jižní Amerika je zasažena POPs z průmyslových chemikálií, jako jsou polychlorované bifenylly (PCB), pesticidů využívaných pro zemědělské a/nebo hygienické účely, nebo vedlejších průmyslových produktů, jako jsou polychlorované dibenzo-p-dioxiny a furany (PCDD/F) (UNEP, 2002).

Dopad kontaminujících látek na žraloky stále není v současnosti adekvátně prozkoumán, navzdory jejich ekologickému a ekonomickému významu. Nejsou známy ani rizika pro lidské zdraví vyplývající z konzumace žraločího masa. Dosud nebyly provedeny výzkumy znečišťujících látek u všech žraloků (Bezzera et al., 2019).

4.2.1 Plastové znečištění

Ohrožení na zdraví žraloků způsobených plastovým znečištěním je několik. Může dojít k poškození tkání, oxidačnímu stresu a následnému narušení imunitního systému. Ostré hrany mikroplastů mohou způsobit poškození trávicího traktu a vnitřních tkání, které následně vede ke komplikacím s vnitřními zraněními, a při dlouhodobém vystavení i ke smrti. Může dojít ke snížení kondice a zhoršení zdravotního stavu působením toxikologických účinků, jelikož mikroplasty fungují jako přenašeče toxinů adsorbci toxických přísad a chemických látek uvolněných do těla žraloka (Adebowale, 2024).

Hladovění je dalším zásadním rizikovým faktorem, neboť naplnění žaludku mikroplasty působí falešný pocit sytosti. Žraloci tak sníží konzumaci skutečné potravy a potřebné výživy, a časem tak může dojít k podvýživě, a v dlouhodobém měřítku i k úhynu. Obsažené chemické látky mají vliv na žraločí chování. Narušují endokrinní systém spolu s hormonální rovnováhou a systémy zodpovědné za přijímání a reakce na signály. Narušení smyslových a navigačních schopností může vést k odchylkám od migračních tras.

Hrozí snížení reprodukčních úspěšnosti spolu s ovlivněním populačních dynamik druhů, které také v důsledku přispěje ke globálnímu zvýšení znečištění (Adebowale, 2024).

4.2.2 Těžké kovy

Jedním z nejnebezpečnějších enviromentálních polutantů je rtuť. Je nebezpečná hlavně kvůli své persistenci. Její enviromentální reakce záleží na chemické formě. Většina je v mořském prostředí anorganická, ale může se konvertovat do formy methylrtuťi, a ta se jako organokovová sloučenina snadno dostane skrze buněčné stěny, a vysoká afinita k sulfhydrylovým skupinám bílkovin urychluje absorpci v organismech. Výsledkem akumulace, hlavně ve formě methylrtuťi, se u mořských organismů vyskytuje se souběžnými jevy bioamplifikace skrze trofické řetězce (Storelli et al, 2021).

Při výzkumech zaměřených na hodnoty rtuťi ve svalových tkáních různých druhů z oblasti středozemního moře, byly největší hodnoty naměřeny u kladivouna obecného (*Sphyrna zygaena*) s celkovou hodnotou rtuti 18,29mg/kg. Další vysoké koncentrace se objevily u žraloka hltače obecného (*Centrophorus granulosus*) a ptáčníka obecného (*Deania Calcea*). Průměrné hodnoty byly naměřeny u žraloka velkookého (*Hexanchus nakamurai*), máčky velkosvrnné (*Scyliorhinus stellaris*) a žraloka černoústého (*Galeau melastomus*) (Storelli et al., 2002).

Kadmium je dalším, vysoce toxickým kovem. Do oceánu se dostává ze spalování fosilních paliv, těžebního průmyslu, průmyslové odpady a atmosférickým spádem. Hromadí se v tkáních žraloků, nejvíce v játrech, ledvinách a žlázách, a výše vystavení ovlivňuje vyšší koncentrace. Při vyšších koncentracích dochází k poškození těchto orgánů a reprodukčního systému. U žraloků může narušovat metabolismus, imunitní funkce a hormonální systém. V mořském prostředí se rozkládá velmi pomalu, takže jeho účinky mohou působit dlouhodobě a kumulativně (Storelli et al., 2002).

Výsledky výzkumu koncentrace kadmia, zaměřeného na svalové a jaterní tkáň, měli signifikantně vyšší hodnoty v játrech s koncentrací $7050 \pm 21\,200$ ng/g-1. Tyto výsledky zaznamenaly výrazné rozdíly v koncentracích, které mohou souviset s rozdíly ve věku, stravě, lokality nebo

individuální expozici. V svalové tkáni byla nejvyšší koncentrace u žraloků ocasatých (*Cacharhinus porosus*) z vod Atlantiku (Mohammed & Mohammed, 2017). Při párových srovnáních byla zjištěna jediná výjimka u žraloků rohatých (*Carcharhiniformes*), kteří měli hodnoty vyšší ve svalových tkáních. Jinak se koncentrace ve svalových tkáních nelišily, za to v jaterní tkáni ano. Nejnížší hodnoty byly naměřeny u žraloků modrých, kteří obývají jihozápadní vody Portugalska, severovýchodního Atlantiku a žraloků bambusových (*Chiloscyllium plagoisum*) z jižních vod Hongkongu (Cornish et al., 2007).

4.2.3 Chemické znečištění

POPs představují významné riziko chemického znečištění a tlak pro celou planetu (Jones & De Voogt, 1999). Mezi jejich toxické účinky a chemicko-fyzikální vlastnosti patří dálkový přesnos a globální distribuce, bioakumulace a biomagnifikace v potravních řetězcích a dlouhé působení v životním prostředí. Kvůli těmto atributům je nezbytné neustálé monitorování a výzkum životního prostředí, podpořený Stockholmskou úmluvou (UNEP, 2004). Oceány jsou pro tyto látky jak pohlcovači, tak i zásobárnou, neboť dochází k vzájemnému působení několika procesů. Například mokrou a suchou depozicí, výměnou mezi vzduchem a vodou, kontinuální příjem vodních útvarů z pevniny, spojení s biomasou fytoplanktonu, toky usazování organických látek ve vodním sloupci, biologické pumpě, a působení s plasty a mikroplasty hojně rozšířenými v mořském prostředí (Froescheis et al., 2000).

Polychlorované bifenyly (PCB) a dichlordifenyiltrichlorethan (DDT) jsou perzistentní organické polutanty, které se hromadí v tkáních žraloků, zejména v játrech a svalech. Studie Tiktak et al. (2020) zjistila, že žraloci na vyšších trofických úrovních, jako jsou druhy z řádů žraloků bílých a šedých, vykazují nejvyšší koncentrace těchto látek. Akumulace PCB a DDT může negativně ovlivnit fyziologické funkce žraloků, narušit jejich reprodukci a imunitní systém. Navíc představuje riziko pro lidské zdraví, protože konzumace masa těchto žraloků může vést k překročení doporučených limitů expozice těmito toxickým látkám (Tiktak, et al., 2020).

Tyto látky jsou rozpustné v tukách, což usnadňuje jejich ukládání v tukových tkáních žraloků a jejich postupné zvyšování koncentrace s věkem a postavením v potravním řetězci. Chronická expozice PCB a DDT může u žraloků způsobit hormonální nerovnováhu, deformace plodů nebo sníženou schopnost přežít mláďat. Riziko je vyšší u druhů, které se zdržují blízko pobřeží, kde je znečištění výraznější. Dlouhá životnost a pomalý metabolismus žraloků navíc znamenají, že tyto látky zůstávají v jejich tělech velmi dlouho (Tiktak et al., 2020).

4.2.4 Zvukové znečištění

Vedle přímých hrozeb, jako je nadměrný rybolov a chemické znečištění, se v posledních letech začíná zkoumat i dopad zvukového znečištění na mořské predátory včetně žraloků. Žraloci jsou citliví na podvodní vibrace a zvuky, které využívají při hledání potravy i orientaci v prostoru. Zesílený hluk způsobený lodní dopravou, těžbou či stavbami v pobřežních vodách může narušovat jejich přirozené chování, například schopnost lokalizace kořisti nebo migrační trasy. Přestože je výzkum v počáteční fázi, výsledky naznačují, že hluk může představovat další stresor s potenciálním vlivem na přežití některých druhů (De Vicenzi et al., 2021)

4.3 Oteplování oceánu a změna klimatu

Ve spojitosti s označením „dokonalá bouře“, je již jasné, že v příštích desetiletích budeme čelit jak krizi biologické rozmanitosti, tak klimatické krizi (Portner et al., 2019). Spolu s nadměrným rybolovem, destrukcí biotopů a znečištěním vod vyvíjí klimatická změna stále větší tlak na mořské ekosystémy (Santos et al., 2024). Antropocén staví řadu výzev před volně žijící živočichy i planě rostoucí rostliny (Lewis & Maslin, 2015), přičemž nadměrné využívání a degradace stanovišť jsou důvodem úbytku populací a biodiverzity v celosvětovém měřítku (Payne et al., 2016). Narůstáním skleníkových plynů se navíc ztěžuje schopnost druhů se vyrovnávat s touto situací, protože se narušuje energetická a biogeochemická rovnováha planety (Portner et al., 2019).

Dle posledních odhadů se očekává, že průměrná globální teplota mořské hladiny se v důsledku skleníkového efektu zvýší do roku 2100 o 1-3°C. To je přidaná hodnota k současnému nárůstu o ~0,76 °C za posledních 150 let.

Skrze oteplování povrchové vody se oceán odkysličuje, a to vytváří hrozby pro mořský život, neboť se takto vytváří rozsáhlé nehostinné oblasti. Větší pozornosti se ale dostává okyselování oceánů a vlnám mořských veder. Přitom nehostinnost stanovišť mění ekosystémy a vytlačuje rybolov do neznámých vod. Pokud bude fenomén pokračovat stejným tempem, odhaduje se, že koncentrace kyslíku klesne do roku 2100 až o 20 % (Cornwell, 2023). Zvýšená teplota sice může mít negativní i pozitivní dopady na reakce, jako jsou vertikální a šířkové změny areálu, interakce mezi druhy, rychlosti krmení, růstu, přežití a vývoje. Nicméně, oteplování nebude probíhat samostatně, ale bude těsně provázáno s okyselováním oceánů (Pistevos et al., 2015).

To, jak žraloci budou reagovat na pokračování změny klimatu není jisté. Jejich pomalý růst naznačuje, že jsou vůči klimatické změně zranitelní (Perry et al., 2005), zatímco jejich vysoká mobilita značí opak (Sunday et al., 2015). Prostřednictvím pravidelným přesunům mezi stanovišti a hloubkám s variabilitou teplotních režimu provádí termoregulaci, aby si udrželi optimální tělesnou teplotu pro získávání potravy, trávení, růst a rozmnožování (Nakamura et al., 2020). Zvýšená teplota sice může mít negativní i pozitivní dopady na reakce, jako jsou vertikální a šířkové změny areálu, interakce mezi druhy, rychlosti krmení, růstu, přežití a vývoje.

Svým rychlým pohybem žraloci spalují velké množství kyslíku, křižují obrovské oceánské plochy a nachází se na vrcholu potravního řetězce. Při oteplování povrchové vody spolu s ovzduším oceán zadržuje méně kyslíku, a teplotní rozdíly mezi povrchovými vrstvami a hlubšími vodami zpomalují mísení vody, tudíž zpomalují dostávání kyslíku do hloubek. Ve vyšších zeměpisných šířkách, které se potýkají s táním ledovců, může led zaplavit povrch čerstvou vodou s nízkou hustotou a posílí se vrstvení vody (Cornwell, 2023).

V roce 2008 bylo zjištěno, že zóny v Africe a Americe, které obsahují málo kyslíku se prohlubovaly, a ztrácely ho ještě víc než jiné lokality (Science, 2008). Tyto oblasti se zvětšily o zhruba 4,5 mil. km² od 60. let 20. století. Ve vodách na africkém severozápadním pobřeží, které zkoumá organizace SIMS (Sydney Institute for Marine Science) se nízko kyslíková vrstva téměř zdvojnásobila ve své tloušťce za posledních 50 let ze 470 m na 690 m.

Z posledních zjištění vyplývá, že světové oceány ztratily od roku 1960 již 2 %, což je cca dvojnásobek odhadů modelů klimatu (Nature, 2017).

4.4 Okyselování oceánu

Lidské činnosti, které emitují skleníkové plyny do atmosféry, zásadně přispívají k rychlým změnám klimatu Země, přičemž se očekává zrychlení těchto procesů v následujících letech. V posledních 800 000 letech vzrostla koncentrace oxidu uhličitého (CO₂) na 400 μ atm, a pokud bude současný trend pokračovat, předpokládá se, že do roku 2100 překročí hodnotu 900 μ atm. Tento parciální tlak CO₂ roste v oceánu stejnou rychlostí jako v atmosféře, což způsobuje pokles pH oceánu. Odhaduje se, že pH povrchu oceánu se sníží o 0,13 až 0,42 jednotky do konce 21. století v závislosti na vývojových scénářích emisí CO₂. Tyto změny v chemickém složení mořské vody, známé jako okyselování oceánů, budou mít na mořské ekosystémy kaskádové účinky (Rosa et al., 2017).

Od roku 2018 byly provedeny studie tří druhů korálových útesových žraloků, konkrétně kobercového žralůčka okatého (*Hemiscyllium ocellatum*), žralůčka běloskvřnného (*Chiloscyllium plagiosum*) a žralůčka skvrnitého (*Chiloscyllium punctatum*). Tyto druhy vykazují specifické reakce na podmínky spojené s okyselováním oceánů. Kobercovití žraloci jsou relativně malí mezopredátoři s funkčně nadbytečnou rolí v ekosystémech korálových útesů (Roff et al., 2016). Klíčové pro udržení zdraví těchto ekosystémů bude porozumění vlivu pCO₂ na větší ekosystémově významné druhy mezopredátorů a vrcholových predátorů (Nagelkerken & Munday, 2016).

Cílem těchto studií bylo analyzovat účinky akutní expozice okyselování oceánů na fyziologické funkce mezopredátora. Vystavení zvýšeným hladinám pCO₂ nemělo vliv na rychlost metabolismu, ale krevní analýzy ukázaly variabilní reakce na zvýšené hladiny CO₂. Při očekávaných teplotách na konci století žraloci vykazovali zvýšenou spotřebu potravy, avšak v kombinaci s nárůstem CO₂ došlo k neefektivní alokaci zdrojů k maximálnímu somatickému růstu. Tento jev naznačuje antagonistický účinek CO₂ na teplotu, odrážející přímé metabolické náklady (Pistevos et al., 2015).

Následky rozporu mezi výživovými nároky a dostupností potravy byly dokumentovány v ekosystémech s nízkou produktivitou. Mechanismy

negativního vlivu CO₂ zahrnují snížení syntézy bílkovin a náklady spojené s regulací acidobazické rovnováhy a kardiorespirační kontrolou. Interakce mezi predátory a kořistí závisí na tělesné hmotnosti obou skupin, přičemž velikostní predace hraje klíčovou roli v přenosu energie v potravním řetězci. Zvyšující se teploty mohou vést ke změnám tělesných velikostí predátorů, což může mít kaskádové účinky na celé ekosystémy (Rummer et al., 2020).

V rámci hodnocení ekologických rizik pro změnu klimatu bylo uvedeno, že okyselování přímo neovlivní žraloky, nicméně může mít nepřímé účinky prostřednictvím změn habitatů, struktury společenstev a dostupnosti kořisti. Dnešní žraloci se vyvinuli v období devonu, kdy byla koncentrace CO₂ mnohem vyšší, což vyvolává předpoklady, že jsou vůči těmto vysokým hodnotám tolerantní (Rosa et al., 2017). Na rozdíl od této hypotézy však bylo prokázáno, že zvýšená koncentrace CO₂ má významný vliv na chování žraloků. Například Pistevos et al. (2015) zjistili, že žralokům z Port Jacksonu trvá za zvýšeného obsahu CO₂ téměř čtyřikrát déle, než začnou vyhledávat kořist než těm chovaným v kontrolních podmínkách. Kombinace se zvýšenou teplotou však zkrátila dobu potřebnou k odhalení kořisti o třetinu (Pistevos et al., 2015).

Většina studií se zatím soustředí na efekty okyselování a změny klimatu na bezobratlé, zatímco analýzy zaměřené na ryby se často omezují na malé druhy. Mnohé z těchto studií hodnotí vlivy CO₂ a teploty izolovaně, aniž by zohlednily vzájemné interakce. U žraloků chybí výzkum jejich interaktivních reakcí na oteplování a okyselování oceánů, což ztěžuje pochopení budoucích změn v jejich populacích a možnosti adaptace na měnící se prostředí, přičemž to může ovlivnit i intenzitu predace. Většina výzkumů používá nerealisticky zvýšené hodnoty CO₂ a teploty, a to v krátkých časových rámcích a pod jednoduchými laboratorními podmínkami, což vyžaduje opatrnost při interpretaci výsledků a jejich aplikaci na přirozené podmínky. Naše výsledky ukazují, že okyselování a oteplování oceánů mohou významně ovlivnit embryonální vývoj, lovecké chování a růst mezopredátorů, což může mít dalekosáhlé důsledky pro celkové zdraví mořských ekosystémů (Rummer et al., 2020).

4.5 Socioekonomické faktory

S nárustem ohrožení budoucnosti žraločích populací vyplývá na povrch, že zásadní složkou pro úspěšnou ochranu přírody, je změna vztahů lidí ke žralokům. Konflikt mezi žralokem a člověkem má více úrovní. Důsledkem jsou omezení pro zavádění úspěšných opatření pro ochranu žraloků (Macdonald et al., 2023). Přestože žraločí útoky mají vysokou publicitu, četnost výskytu je extrémně nízká. Po celém světě ročně zemře zhruba 10 lidí ročně (McPhee, 2014).

Pravých žraloků je více než 500 druhů, ale jen 3 druhy jsou zodpovědné za více než 60 % všech hlášených kousnutí a přes 80 % smrtelných kousnutí. Těmito druhy jsou žralok bílý (*Charchadon carharias*), žralok býčí (*Carcharhinus leucas*) a žralok tygří (*Galeocerdo cuvier*) (West, 2011). Většina druhů představuje pro lidskou bezpečnost jen velmi nízké riziko, ale v realitě této skutečnosti vnímání veřejnosti neodpovídá.

Výzkum z roku 1978 ve Spojených Státech ukázal, že lidé žraloci jsou vnímání nepříznivě. Na škále od 1 (velmi mají rádi) do 7 (silně nemají rádi) vyšla hodnota 4,82. Když studii ale zopakovali v roce 2014, názor na žraloky a několik dalších druhů být vnímán o něco lépe s hodnotou 3,90 (Kellert & Barry, 1980; George et al., 2016).

Dopady zobrazování žraloků ve fiktivních filmech, jako je film Čelisti od Stephen Hawkinga, jsou již dlouho označovány za součást komplikací spojených s ochranou žraloků (Neff, 2015). Média věnují mnohdy až nadbytečnou pozornost případům, kdy došlo ke kousnutí žralokem, a zvyšují tak vnímání rizik (McPhee, 2014). Lidé si pak mylně myslí, že tyto události mnohem častější, než tomu ve skutečnosti je (Macdonald, et al., 2023). Návštěvníci pláží se kousnutí žralokem bojí mnohem více než utonutí, ačkoli pravděpodobnost, že se člověk utopí je vyšší (Crossley et al., 2014). Lidskými reakcemi na predaci je potřeba snížit riziko interakcí. Těm se snaží lidé zabránit vybíjením v podobě eradikace či regulovaného odlovu nebo vyloučením (Treves & Karanth, 2003). V některých případech dokonce dochází k cílenému usmrcování žraloků, nicméně efektivita při snižování interakcí je sporná (McPhee, 2014).

Stále častěji vyzývají podnikatelé v oblasti ekoturistiky komunity, aby vyloučily nebo alespoň omezily lov žraloků v prospěch svých zařízení (Clua et al., 2011). Žraloci jsou velmi cenní už jen proto, že je potápěči mohou vidět (Stoeckl et al., 2010). Někteří však s cílenou interakcí lidí a žraloků nesouhlasí kvůli potenciálně nebezpečným druhům, a s tím se pojících rizik. Existují také názory, že turistika zaměřená na žraloky modifikuje jejich přirozené chování, které může mít negativní následky pro další druhy, a vzniklé spojení mezi lidmi a potravou zvyšuje riziko kousnutí žralokem. (Simpfendorfer et al., 2021)

Vysoká mezinárodní poptávka po komoditách získaných ze žraloků vytváří vysokou tržní hodnotu a způsobuje tlak na rybolov. Zájem je především o ploutve, maso chrupavky a olej z jater. Když se k těmto faktorům přidá nárůst celosvětového rybolovu s častým výskytem vedlejších úlovků bez řádných opatření ke snížení jejich zdražování (Clarke et al., 2006), je jasné, že žraloci budou častým cílem. Ročně je uloveno a usmrceno nejméně 100 milionů žraloků, a průměrný potenciál obnovy většiny je tak přesažen (Worm et al., 2013). Roční příspěvek žraloků skrze rybolov, obchod a cestovní ruch, do národních ekonomik je minimálně 1 miliarda dolarů (Dent & Clarke, 2014).

Člověk je schopen z oceánů získávat velké množství potravy. To vytváří předpoklad, že konkurence mezi žraloky a lidmi bude pokračovat, či dokonce narůstat. Žraloci konkurují lidem, nebo tak mohou být vnímání, u populací druhů, které lidé využívají jako potravu. Stejně jako v případech lovu predátorů na hospodářských zvířatech, žraloci loví často akvakulturních zařízeních, jako jsou například mořské ohrady, které chovají vysoce hodnotné druhy (Papastamatiou et al., 2010). Žraločí pytláčení tak vytváří riziko pro ekonomickou životaschopnost podniků akvakultury a může vést k vybití žraloků, kteří se dostanou do kontaktu s těmito zařízeními (Simpfendorfer et al., 2021).

5 Dopady na diverzitu oceánů

Celosvětový úbytek vrcholových predátorů má zásadní dopady na mořské ekosystémy. Žraloci, jakožto silně působící vrcholoví predátoři, sehrávají klíčovou roli zejména na korálových útesech, kde se podílejí na udržování rovnováhy. Jejich ubývání narušuje stabilitu potravních sítí a vyvolává kaskádové efekty. V takových případech může dojít k přemnožení mezopredačních druhů, které se následně nadměrně živí svou kořistí, což vede k úbytku vegetace, například mořských travin a řas (Ferretti et al., 2010).

Úbytek vrcholových predátorů nepředstavuje pouze přímé ohrožení jejich samotné existence, ale i širší ekologická rizika. Ačkoliv je literatura o trofických kaskádách poměrně rozsáhlá, dopady odstranění predátorů z ekosystémů jsou často nejasné. V komplexních mořských potravních sítích, kde dochází k mnoha interakcím mezi jednotlivými druhy, se mohou účinky vrcholových predátorů tlumit. Nedostatek empirických dat a studií zaměřených na tyto vztahy však znemožňuje plně porozumět rozsahu těchto dopadů (Meyers et al., 2007).

Modely potravních sítí předpokládají, že karibské korálové útesy jsou řízeny především shora dolů, přičemž útesoví žraloci plní roli klíčových regulátorů (Bascompte et al., 2005). Nicméně výzkumy v pacifických útesových systémech s vyšší biodiverzitou neprokázaly tento regulační efekt – výsledky spíše poukazují na vliv faktorů zdola nahoru, jako je proudění, typ substrátu nebo vlny. Tyto poznatky podtrhují důležitost fyzikálních procesů při studiu dynamiky společenstev. Mořští predátoři jsou po celém světě ohroženi kvůli rybolovu (Estes et al., 2011), přičemž negativní dopady pro žraloky byly potvrzeny i v oblasti severního Velkého bariérového útesu (Robbins et al., 2006). Přestože se účinky poklesu predátorů mezi studiemi liší, v severním korálovém útesu nebyly zjištěny jednoznačné negativní vztahy mezi trofickými úrovněmi. Tato oblast navíc patří mezi nejméně narušené a zachovává téměř přirozené populace žraloků (Frisch & Rizzari, 2019). Naopak v jiných oblastech zůstávají populace žraloků špatně prozkoumané, především kvůli nedostatku historických i aktuálních dat (Ward-Paige et al., 2010).

Z hlediska teoretického rámce je úbytek žraloků vysvětlitelný pomocí modelu čtyřstupňové potravní kaskády. Na jejím vrcholu se nacházejí žraloci jako

predátoři vyššího řádu, následování mezopredátory, dále býložravci a na nejnižší úrovni producenti. Hojnost žraloků by měla regulovat mezopredátory, čímž by byl umožněn rozvoj býložravců a snížena dominance velkých mořských řas. To by vedlo k usnadnění regenerace korálů (Bascompte et al., 2005). Terénní výzkumy podpořily existenci jak přímých konzumních, tak nepřímých (na strachu založených) interakcí mezi žraloky a jejich potenciální kořistí (Lester et al., 2020). Stále však není zcela jasné, do jaké míry se tyto interakce promítají na úroveň celého ekosystému (Desbiens et al., 2021; cit. dle Roff et al., 2016).

Mezi lety 1970 a 2020 se početnost oceánských žraloků snížila přibližně o 70 %, přičemž průměrný pokles činil 18,2 % za každé desetiletí. Podle studie Pacoureau et al. (2021) mohou být reálné hodnoty ještě vyšší, neboť výsledky nezohledňují nehlášené úlovky ani vedlejší úmrtnost spojenou s rybolovem. Navíc bylo zjištěno, že míra rybolovu není udržitelná již více než půl století.

Meyers et al. (2007) ve svém výzkumu severozápadního Atlantiku prokázali, že odstranění velkých žraloků vedlo až ke 100% nárůstu populace mezopredátorů. Tento nárůst byl spojen s 50% poklesem hojnosti komerčně významných druhů ryb. V oblastech s vymizením žraloků vzrostla početnost rejnoků a menších žraloků až trojnásobně, což vedlo ke snížení jejich kořisti, např. ryb, až o 80 %. Celkově během 35 let poklesla populace 11 druhů velkých žraloků, přičemž 12 z 14 jejich kořistních druhů naopak vzrostlo. Tento posun v komunitní struktuře vyústil v nadměrnou predaci rejnoka rohatého, což vedlo až k ukončení stoletého rybolovu škeblí (Meyers et al., 2007).

Trofické kaskády mohou být spuštěny i v důsledku jiných stresorů než jen poklesem predátorů. U želv zelenavých a mořských krav bylo prokázáno, že významně ovlivňují prostorové rozložení a složení porostů mořských travin prostřednictvím pastvy a rytí (Preen, 1995). Výzkumy v australské zátoce Shark Bay ukázaly, že přítomnost žraloka tygřího mění chování těchto býložravců, což se následně odráží i na vegetační struktuře mořských luk (Heithaus et al., 2007). Po úbytku žraloků a současném zotavení populací želv došlo k výraznému zvýšení tlaku pastvy, což mělo negativní vliv na travinné porosty (Murdoch et al., 2007). Podobné jevy se pravděpodobně vyskytují i v jiných částech světa, ale často zůstávají nezaznamenané kvůli nedostatku dat

o nekomerčních druzích nebo kvůli absenci komplexních výzkumů napříč časoprostorovými škálami (Ferretti et al., 2010).

Oteplování oceánů má za následek úbytek mořských travin – klíčového zdroje potravy pro mořské krávy a jiné býložravce, kteří jsou zároveň potravou pro žraloky. V zátocě Shark Bay dochází k pomalému obnovování těchto porostů, přičemž k jejich ochraně nečekaně přispívají právě žraloci (Nicolas, n.d.). Kromě regulační role v potravní síti se žraloci podílejí i na koloběhu živin – např. žraloci šedí denně vylučují několik kilogramů dusíku, čímž přispívají k hnojení svého stanoviště. Také druhy žijící v otevřeném oceánu, jako jsou kladivouni nebo žraloci mako, mají významný ekologický přínos díky přenosu živin v rámci oceánských cyklů (Holcomb, 2023).

6 Současný stav ochrany žraloků

V posledních desetiletích dochází ke zvýšení mezinárodního zájmu o ochranu populací žraloků, a to zejména v souvislosti s poklesem jejich početnosti v důsledku nadměrného rybolovu. Žraloci jsou loveni v rámci komerčního oceánského i drobného pobřežního rybolovu, přičemž často tvoří i vedlejší úlovky (Glaus et al., 2019).

Reakcí na tento vývoj je zavádění národních akčních plánů, které vycházejí z rámce Mezinárodní akční strategie pro žraloky vydané Organizací pro výživu a zemědělství (FAO). Tyto plány usilují o zlepšení sběru dat, snížení úmrtnosti způsobené rybolovem a posílení řízení využívání žraloků (FAO, n.d.). Vybrané druhy žraloků jsou rovněž zařazeny do seznamů Úmluvy o mezinárodním obchodu s ohroženými druhy (CITES), čímž se reguluje jejich mezinárodní obchod (Glaus et al., 2019).

Převážná část mezinárodních opatření se však zaměřuje na druhy s významem pro komerční rybolov, zatímco druhy obývající pobřežní a útesové ekosystémy jsou často opomíjeny (Glaus et al., 2019). Tyto populace jsou přitom vystaveny tlaku zejména ze strany drobného rybolovu, který je rozptýlený, obtížně kontrolovatelný a často nedostatečně regulovaný (Glaus et al., 2019).

Vedle vládních opatření se na ochraně žraloků podílejí také nevládní organizace a mezinárodní fondy. Shark Conservation Fund podporuje projekty zaměřené na vytváření chráněných mořských oblastí, reformu politik a vědecký výzkum (Shark Conservation Fund, n.d.). Světový fond na ochranu přírody (WWF) realizuje iniciativu Global Sharks and Rays Initiative, jejímž cílem je zlepšit správu oceánských ekosystémů a podporovat udržitelné využívání žraloků (World Wide Fund for Nature, n.d.).

Z výzkumů Mote Marine Laboratory vyplývá, že nejúčinnější strategií ochrany žraloků je kombinace chráněných oblastí s řízením rybolovu na národní úrovni. Samotné vyhlášení rezervací není dostatečné bez odpovídající legislativy a kontroly využívání přírodních zdrojů (Mote Marine Laboratory & Aquarium, 2023).

7 Případová studie: Populační dynamika žraloka bílého (*Carcharodon carcharias*) v oblasti Jižní Afriky

Žralok bílý (*Carcharodon carcharia*) se vyskytuje v celém jihozápadním Indickém oceánu v jižní Africe. Mezi známé stanoviště patří zátoky False Bay, Gansbaai, Struisbaai, Mossel Bay v Západním Kapsku a Platteenber Bay a Algoa Bay ve Východním Kapsku. (Bowlby et al., 2023).

Ve dvou z těchto tradičních oblastí výskytu byl zaznamenán výrazný úbytek jedinců, což vyvolalo obavy týkající se jejich ochrany (Hammerschlag et al., 2019). V zátoce False bay byl výskyt žraloka bílého hojný do roku 2015 (Johnson & Kock, 2006). Poté došlo ke změně v počtu hodinových pozorování na ostrově Seal Island a snížení predace na lachtanech jihoafrických (*Arctocephalus pusillus*) (Hammerschlag et al., 2019). Stejný pozorovací trend je pozorován od roku 2017 i v zátoce Gansbaai (Towner et al., 2022).

Přestože ve dvou klíčových lokalitách Západního Kapska žraloci bílí prakticky zmizeli, v jiných částech jejich jihoafrického areálu, jako je Mossel Bay, Plettenberg Bay či Algoa Bay, jsou nadále neoficiálně pozorováni. Příčiny tohoto ústupu z některých oblastí jsou předmětem intenzivní debaty mezi vědci a dalšími zainteresovanými stranami, přičemž pro odpovědné orgány zůstává situace nejasná a bez jednoznačných vodítek pro ochranná opatření (Fisher, 2021).

S populačním úbytkem žraloka bílého z regionu došlo k výraznému nárůstu lachtanů jihoafrických a žraloků širokonosých. Tento trend vědci spojují s poklesem ryb, na kterých se živí lachtai, a úbytkem menších žraloků, kteří jsou potravou pro žraloky širokonosé (Fisher, 2021).

7.1 Biogeografický a ekologický význam regionu

V pobřežních ekosystémech mají žraloci bílí důležitou roli. Skrze přímé i nepřímé predanční účinky ovlivňují strukturu a funkci společenstev. Dnes už je jasně dokázáno, že odstranění žraloků bílých z ekosystémů snižuje biologickou rozmanitost a způsobuje trofické kaskády. Žraloci bílí regulují populaci mezipredátorů, například lachtanů jihoafrických, kteří by při poklesu predace rozšířili svůj potravní areál a eliminovali útočiště druhů, které jsou pro ně kořistí.

V důsledku by se snížily populace druhů ryb, které jsou hospodářsky významné (Fisher, 2021).

Žraloci bílí se v Jihoafrické republice vyskytují v pobřežních vodách jihozápadního Kapska (Kock & Johnson, 2006). Tyto oblasti jsou často v blízkosti ostrovů, kde hnízdí lachtani jihoafričtí. (Kock et al., 2022). Ve dvou ze shromáždění, které nebyly spojeny s výskytem lachtanů, žraloci hlídkovali při pobřeží pomalejší rychlostí. Jejich chování v této oblasti tedy vykazuje odpočinkové chování. Ve třetí oblasti v blízkosti Seal Island, kde se lachtani vyskytují, žraloci projevovali vyšší aktivitu a rychlost pohybu. Toto chování nejspíše souvisí s lovem lachtanů jihoafrických.

V letech 2017-2018 byl zaznamenán neobvyklý výskyt žraloků šedounovitých na ostrově Seal Island. Podle Hammerschlag et al. (2019), je to výsledkem uvolnění predace a/nebo kompetice způsobené absencí žraloků bílých. Výskyt těchto žraloků je nejspíše způsoben poklesem žraloků bílých, který začal v roce 2015 a prahové hodnoty dosáhl v roce 2017. V minulosti mohli žraloci šedounovití proplouvat v blízkosti tohoto ostrova, ale v přítomnosti žraloků bílých se neodvážili přiblížit, a proto jejich výskyt nebyl při průzkumech zjištěn. Nicméně potřebuje tato hypotéza více údajů v souvislosti s monitorováním žraloků šedounovitých (Hammerschlag, 2019).

Žraloci šedounovití se v oblasti zálivu False bay objevují v pobřežních porostech chaluch. Jedno ze známých míst, kde se vyskytují se nachází zhruba 18 km jihozápadně od Seal Island, v blízkosti Millers Point. Při výzkumech byl výskyt žraloků bílých v této oblasti u Millers Point vzácný. To je nejspíš způsobeno tím, že v této oblasti jsou husté porosty haluch, které žralokům bílým brání v pohybu, což jim brání v lovu, a poskytuje útočiště jejich kořisti. Žraloci šedounovití tak v těchto porostech profitují ze snížené konkurence o společnou kořist a snížení rizika predace ze strany žraloků bílých (Bowlby et al., 2023).

7.2 Historický vývoj a současný stav populace

Tato kapitola stručně popíše historický vývoj populace v regionu, a následně interpretuje vědecké články, které se zabývaly populačními trendy v regionu. Autorem první studie je R. Fisher (2021) a druhý výzkum je od skupiny

Bowlby et al. (2023). Třetí, a poslední článek, je reakčním článkem od Gennari et al. (2024).

Nejprve budou představeny výsledky autora Fishera z roku 2021, které poukazují na pokles populace žraloka bílého v Jihoafrické republice. Následně budou popsány metody a závěry druhé studie, která naopak interpretuje dostupná data jako důkaz o stabilitě nebo dokonce mírném růstu populace. Třetí část se bude věnovat reakčnímu článku, jenž kriticky analyzuje metodologii druhé studie a zpochybňuje její závěry. Na závěr této části budou shrnuty hlavní rozpory mezi uvedenými studiemi a bude nabídnuto srovnání jejich přístupů, metod a interpretací výsledků.

V minulosti byli žraloci bílí cíleně loveni a dodnes se často vyskytují jako nechtěný vedlejší úlovek. Přestože jsou v Jihoafrické republice chráněni již od roku 1991, stále jsou legálně vybíjeni. Mezi lety 1976-2008 bylo b KwaZulu-Natal do žraločích sítí chyceno 1 073 jedinců. V důsledku se počet ulovených dospělých žraloků snížil o 99 %.

V zátocě False Bay u ostrova Seal Island byl do roku 2014 evidován nevýrazný pokles v počtu pozorování žraloků bílých, ale mezi lety 2016-2018 byla pozorování historicky nejnižší. Od srpna 2018 zde nebyl žádný žralok bílý spatřen (Hammerschlag et al., 2025). Je důležité zjistit důvody těchto poklesů, nejen kvůli ekologické roli velkých žraloků bílých, ale také kvůli jejich ekonomickému významu. Pozorování v letech 2011-2018 v zátocě Gansbaai v Západním mysu, která je pro tento druh horkou lokalitou, byly použity pro identifikaci některých možných příčin těchto úbytků (Fisher, 2021).

Výsledky výzkumu z roku 2021 (Fisher, 2021) prokázaly, že v časové ose osmi let se počet pozorování žraloků bílých rapidně snížil. V počáteční fázi bylo za jeden výlet pozorováno více než 6 žraloků, zatímco na konci výzkumu čísla klesly až na <1 , přitom šlo o mezinárodně uznávanou oblast pro hojný výskyt tohoto druhu.

V letech 2009-2013 proběhla analýza, která využila zpětný odchyt k hodnocení velikosti populace za pomoci značek a genetického vzorkování. Výsledky prokázaly, že žraloci bílí, kteří byli v Gansbaai odebráni mohou být považováni za reprezentativní vzorek celé jihoafrické populace. Tato studie

odhadla, že celková tamní populace má 353-522 jedinců, ale na rozmnožování se jich podílí pouze 333. Pokud jsou výsledky pozorování opravdu reprezentativní, pak populaci žraloka bílého hrozí vyhynutí (Fisher, 2021).

V roce 2023 provedla skupina Bowlby et al. studii populace za pomoci několika technik. Indikátory použity ve výzkumu byly CPUE (catch per unit effort/ úlovek na jednotku úsilí) a SPUE (sightings per effort/pozorování na jednotku úsilí). Pro výpočet dlouhodobých trendů početnosti byl použit zobecněný lineární model (GAM) s odchylkou 5,4 %.

Dále popisují, že „Hladký člen prokázal určitou nelinearitu relativní početnosti v čase (edf = 3,074), ale koeficient nebyl významný (p-hodnota = 0,194)“ (Bowlby et al., 2023). Vývoj v početnosti se v čase příliš neměnil. Po lehkém poklesu na začátku se držel na zhruba stejné úrovni. Důkazy o systematických změnách v celém jihoafrickém regionu v relativní početnosti neexistují (Bowlby et al., 2023). Různé sledované lokality měly rozdílné výsledky, takže nelze říct, že by se hojnost žraloků v celé Jihoafrické republice výrazně zvyšovala nebo snižovala.

Různé indexy ukazovaly odlišné trendy v počtech žraloků. Nejvýraznější rozdíly byly v posledních pěti letech výzkumu. V programu, který chrání plavce pomocí sítí a šňůr v KwaZulu-Natal, se počet žraloků chycených na kilometr sítě výrazně snížil, což může naznačovat populace. V letech 2019-2021 bylo nasazeno méně než 12 km sítí, zatímco v ostatních letech bylo použito více než 20 km. Tyto rozdíly ztěžují porovnání s lety, kdy bylo sítí více. Počet žraloků chycených na bubnové šňůry se pohyboval kolem 0,6 žraloka na jednu šňůru. V roce 2021 byla zaznamenána čtvrtá nejvyšší hodnota za celou dobu výzkumu, což může ukazovat určitou lokální stabilitu nebo nárůst.

V zátocě Algoa Bay se došlo k výrazným změnám v počtech úlovků na sezónu. V roce 2013 byla hodnota ulovených žraloků v rámci sezóny 6 jedinců, zatímco v roce 2019 to bylo až 59 jedinců. Počet pozorovaných jedinců v Mossel Bay rostl do roku 2017, ale poté začal klesat. To může naznačovat změny v rozšíření nebo početnosti žraloků v oblasti. Naopak v zátocě False Bay došlo k výraznému poklesu pozorování z průměru 2,5 jedince za hodinu v roce 2006 na hodnotu 0,6 jedince v roce 2017. V Gansbaai bylo nejvíce pozorování v roce 2011

(3,8 jedince/hodinu), a v roce 2020 pozorování klesla na hodnotu 0,2 jedince/hodinu. Tento dramatický pokles značí téměř vymizení žraloků z této lokality.

Data ukazují, že přítomnost bílých žraloků se v různých oblastech vyvíjela různě. Některé lokality zaznamenaly nárůst (např. Algoa Bay), ale jiná, dříve známá místa naopak zaznamenala pokles (False Bay, Gansbaai). To může naznačovat změny v migračním chování, lokální poklesy populace nebo vliv lidmi způsobených tlaků.

V západním mysu se mezi lety 2000-2022 incidenty se žraloky bílými posunovaly směrem na východ regionu, naopak v Západním mysu došlo k poklesu, a autoři se domnívají, že tyto trendy spolu souvisí. V lokalitách Východního Kapska a KZN nebyly zjištěny žádné jasné změny v počtu nebo rozložení incidentů se žraloky. Korelační koeficienty mezi monitorovacími indexy byly velmi nízké, tudíž měření počtů v různých oblastech mezi sebou moc nekorespondovala. Pouze dvojice oblastí Algoa Bay a Mossel Bay vykazovala výraznější zápornou korelaci. Když tedy v jedné lokalitě bylo žraloků víc, v druhé jich bylo méně, a naopak. U lokalit spojených pravidelnou směrovou migrací se očekávalo, že když jich v jednom regionu bude více, jinde jich bude méně, ale to se u většiny pozorování nestalo. Statisticky že žádná z těchto souvislostí nedala potvrdit jako významná na hladině 95% spolehlivosti. Závěry zůstaly neměnné i po testování různých úprav dat (vynechání let v době Covid-19 nebo při změně výpočtů).

Celkově z analýzy vyplynulo, že i když některé modely zachycují trendy o něco lépe, celkově nejsou schopny vysvětlit, proč se počty žraloků mění. V některých oblastech došlo k posunu výskytu incidentů směrem na Východ, ale v jiných regionech se žádné významné změny nepotvrdily. Obecně byla korelace mezi jednotlivými lokalitami slabá, a žádné prostorové přesuny nebo souvislosti nebyly spolehlivě prokázány.

Autoři také vysvětlují, že se změny v údajích početnosti žraloků nejspíše neřídí jen časem, a nedá se tedy říct, že by každý rok počty žraloků bílých narůstaly či klesaly, a za změnami mohou stát jiné faktory, které nejsou v modelech obsaženy.

Výzkum provedený skupinou Bowlby et al. (2023) a jeho interpretace výsledků se setkala s kritikou. V reakčním článku Gennari et al. (2024) vyjadřují nesouhlas prostřednictvím několika výtek.

V reakci na tvrzení, že populace žraloka bílého v Jižní Africe migrovala na východ tvrdí, že zvýšení počtu pozorování v zátocě Algoa Bay neznamená, že lze předpokládat, že je tento trend srovnatelný se snížením v jiném místě, ať už False Bay či Gansbaai. Dále stanovuje, že časová osa z Východního Kapska, založená na rozhovorech s rybáři v zátocě Algoa Bay bude nejspíše nejvlivnější (Bowlby et al., 2023), protože jako jediná zaznamenala nárůst v čase. Nicméně se autoři dále vyjadřují, že rybářské úsilí nebylo dostatečně kvantifikováno. Navíc zlepšení rybářských úlovků by mělo být spíše výsledkem změn v ulovitelnosti, nikoliv v početnosti.

Dále autoři zdůrazňují fakt, že navzdory uznání vnějších faktorů ze strany Bowlby et al. (2023) (zdokonalená technologie, zlepšené dovednosti rybářů apod.), nebylo upřesněno, zda byly zkreslující faktory zohledněny. A jelikož může vylepšená technologie rybářů mít podstatný vliv na ulovitelnost, a v závěru i na výsledky ze standardizovaného indexu, mohlo by se nezapočítání těchto vlivů projevit problematicky (Cooke et al., 2021).

V další části autoři říkají, že sice nelze zavrhnout hypotézu o lokálním nárůstu v zátocě Algoa Bay, nemyslí si, že by se měl zastupující ukazatel výskytu zohledňovat bez započítání změn v odlovitelnosti a jiných zkreslujících faktorech. Dále předkládají možný důvod pro populační nárůsty, které nebyly v originálním výzkumu vůbec zmíněny.

Prvním příkladem je studie o žralocích a rejnocích jižní Afriky z roku 2023, jejíž výzkum zjistil, že výstavba přístavu spolu s podmořskými stavbami v zátocě Algoa Bay (Port of Ngqura) z roku 2006, vytvořila nové biotopy (Dames et al., 2023). Tyto stanoviště se staly do roku 2010 významnou oblastí pro žraloky a rejnoky. Tato oba se shoduje s hlášenými nárůsty úlovků žraloků bílých rybáři Dicken & Booth (2013).

Ve smyslu, jak je zmíněno výše, v zátocě Algoa Bay byla v čase výzkumu skupinou Bowlby et al., (2023) zřízena soustava chráněných mořských oblastí (MPA), která může mít na populační vývoj žraloků bílých stejný vliv

(Gennari et al., 2024). V letech 2013-2016 byl zaznamenán nárůst komerčně významných druhů spojených s MPA Bird Island v zátocí Algoa Bay. Tyto nárůsty byly evidovány za pomoci podvodního stereovidea s návnadami. Je tedy možné, že zvýšený počet hlášených úlovků žraloků bílých v zátocí Algoa Bay v letech 2013-2019 mohl být alespoň částečně ovlivněn opožděnými důsledky blízkosti přístavu i mořské chráněné oblasti, a to buď přímo, nebo nepřímo prostřednictvím zvýšené koncentrace kořisti (Gennari et al., 2024).

V závěru skupina Gennari et al. (2024) říká, že pořízená data nejsou dostatečně spolehlivá na to, aby bylo možné tvrdit, že populace bílých žraloků v Jihoafrické republice je stabilní nebo že došlo jen k přerozdělení jejich výskytu. Naopak, souběžný úbytek žraloků na obou krajích jejich výskytu (západ i východ) a pokles pozorování velkých dospělých jedinců spíše naznačuje skutečný pokles celé populace. Tento závěr podporuje i zjištění, že se zmenšuje průměrná velikost odchycených samic, což může ukazovat na populační stres. Autoři proto doporučují opatrnost při interpretaci dat a zdůrazňují nutnost dalšího výzkumu.

7.3 Ekologické dopady populačních změn

V zátokách False Bay a Gansbai vedla nepřítomnost žraloků bílých ke strukturálním změnám v ekosystémech. Ve False Bay se zvýšil počet žraloků širokonosých (Hammerschlag et al., 2019) a žraloků měděných, kteří se objevili i v Gansbaji (Towner et al., 2022).

Evidovaný úbytek žraloků bílých v zátocí False Bay mezi jednotlivými obdobími potvrdil, že ztráta predace shora dolů může způsobit trofické kaskády. Došlo k nárůstu počtu druhů, které jsou kořistí pro žraloky bílé, a naopak k poklesu hojnosti kořisti těchto druhů. Dopady populačních poklesů vrcholových predátorů je obtížné zkoumat, zejména v mořském prostředí, ale v návaznosti na tempo a rozsah úbytku v celosvětovém měřítku, budou pravděpodobně rozšířenější, než se předpokládá. Pro budoucí výzkumy této lokality bude přínosné porozumět změnám struktury a funkcí společenstva, a v jaké míře se budou měnit v průběhu času. (Hammerschlag et al., 2025).

7.4 Implikační rámec a doporučení pro ochranu druhu

Žraloci bílí jsou v Jihoafrické republice od roku 1991 oficiálně chráněni před využíváním (Cliff et al., 1996). Nedostatky v otázkách ohledně chápání populačního stavu a biologie druhu žraloka bílého ztěžují jejich ochranu a celosvětová řízení. (Bowlby & Gibson, 2022. Je náročné vytvořit index početnosti, který by reprezentoval trendy pro rozšířenou populaci (Gwinn et al., 2019), zejména pro chráněné druhy žraloků. Jejich početnost je posuzována výhradně na základě pozorování v lokalizovaných stanovištích. Potenciál těchto netradičních sběrů dat je sice uznáván jako údaj pro hodnocení populací (Huveneers et al., 2018), pro vysoké náklady a logistickým problémům s monitoringem představují samostatné indexy u většiny druhů jen nepatrnou část celého rozsahu. U populací, které intenzivně migrují a dokážou se přesouvat mezi různými lokalitami, není pravděpodobné, že by místní sledování zachycovalo stejnou část populace.

Pohyb druhů v reakci na proměny prostředí mohou způsobit meziroční kolísání v podílu populace dostupném pro sledování (Gwinn et al., 2019), stejně jako změny v odlovitelnosti mohou narušovat předpoklad, že indexy odlovu na jednotku výkonu přesně odrážejí její velikost (Maudner et al., 2006). Vhodnější reprezentace trendů početnosti může zajistit kombinace více indexů ze stejné populace, protože by se tak snížila nejistota spojená s jednotlivými ukazateli (Gwinnn et al., 2019).

8 Diskuse

Provedená analýza prokázala, že žraloci hrají klíčovou ekologickou roli v mořských ekosystémech. Jejich funkce vrcholových predátorů je úzce propojena s regulací potravních sítí a podílí se na udržování zdraví biotopů. Antropogenní činnost, především nadměrný rybolov a vedlejší úlovky, ale také znečištění oceánů a klimatická změna, má zásadní vliv na jejich populace a celkovou stabilitu oceánského prostředí.

Významným zjištěním je propojenost jednotlivých antropogenních faktorů. Nadměrný rybolov nemá vliv jen na redukci početnosti druhů, ale zvyšuje pravděpodobnost vedlejších úlovků, které navíc nemusí být vždy uvedeny ve statistikách. Znečištění oceánu plastovým, chemickým a zvukovým znečištěním dochází k několika účinkům, které mají vliv na zdraví žraloků. Dochází k oslabení imunitního systému, snížení reprodukční úspěšnosti a rušení senzorických signálů potřebných pro správné reakce na jejich prostředí. Všechny tyto faktory působí synergicky a vedou k celkovému úbytku žraločí populace. Výsledkem může být kaskádový efekt ovlivňující celou mořskou biodiverzitu.

Z případové studie zaměřené na populaci žraloka bílého v oblasti Jižní Afriky vyplývá, že navzdory podniknutým legislativním krokům se situace v regionu nijak výrazně nezměnila, a výzvy vztahující se k ochraně tohoto druhu nadále přetrvávají. Navzdory evidenci určitých nárůstů je zapotřebí komplexní, mezioborová a mezinárodní spolupráce, aby bylo dosaženo skutečně účinné ochrany.

Studie, prezentované v kapitole o populačních trendech žraloka bílého v Jižní Africe byly sice protichůdné (Fisher, 2021; Bowlby et al., 2023), nicméně závěry o populačním úbytku s rizikem vyhynutí (Fisher, 2021) se zdají reálnější v kontextu nesrovnalostí s jednotlivými výsledky u studie provedené Bowlby et al., (2023) a porovnávání výsledků pouze na celou oblast Jižní Afriky místo zaměřování se na jednu lokalitu. Je zapotřebí důsledný a konzistentní sběr dat spolu se zapojením všech faktorů. Nicméně zůstává faktem, že zkoumat vliv migračních druhů nebo druhů, kteří žijí v hlubokých vodách oceánů a vliv na mořské ekosystémy je náročný a vyžaduje více přístupové způsoby.

Důležitým výstupem této práce je fakt, že ochrana žraloků není pouze otázkou ochrany jednoho taxonu, ale prioritou pro udržení ekologické rovnováhy oceánů, globálního klimatu i ekonomické stability přímořských regionů.

I přes důležitost a aktuálnost tohoto tématu je z výzkumu patrné, že chybí aktuální a systematické studie, které se hloubkově zajímají o dopadech lidské činnosti na žraloky. Když už v této oblasti je proveden výzkum, zahrnuje většinou také jiné druhy, např. rejnoky, a může ovlivnit výsledná zjištění a jejich interpretaci. Často analýza není dostatečně hloubková. To samé platí v oblasti dopadů populačních poklesů na mořské ekosystémy. Většina bádání zahrnuje teoretické informace, které mohou situace podceňovat.

9 Závěr

Tato bakalářská práce poukázala na závažnost antropogenních vlivů, které přispívají k úbytku populací žraloků, a jejich rozsah. Bylo prokázáno, že nejsilnějším faktorem, který populace ovlivňuje je nadměrný rybolov a vedlejší úlovky. Tyto činnosti jsou provázány se znečištěním oceánů a klimatickými změnami. Na tyto vlivy jsou žraloci obzvláště citliví kvůli svým biologickým a ekologickým vlastnostem.

Na úrovni ekosystémů plní žraloci velmi důležitou roli jako vrcholoví predátoři. Při jejich úbytku může dojít k vážným ekologickým důsledkům v podobě kolapsů potravních sítí a trofických kaskád, přemnožení kořistných druhů a degradaci stanovišť a narušení cyklu živin a uhlíku. Jejich role však není pouze ekologická, ale také klimatická (modré uhlíkové systémy) a ekonomická, protože například turismus s nimi spojený má výrazné příspěvky pro ekonomiky států a lokální podniky.

Cílem této práce bylo zjistit současný stav již zmíněných faktorů a analyzovat jejich závažnost. Tato práce může být použita jako varování před současnou situací a voláním po větší pozornosti, a to jak vědců pro oblast výzkumů, tak i pro edukaci veřejnosti, která na žraloky nahlíží spíše negativně. Práce může být využita jako podklad pro hlubší analýzy.

Je nezbytné se na toto téma více zaměřit a vymyslet účinnější ochranné praktiky. Posílit mezinárodní legislativu, zvyšovat povědomí o současném stavu a podpořit budoucí vědecké výzkumy. Bez těchto opatření hrozí, že některé druhy žraloků zcela vymizí a důsledky budou pro mořské ekosystémy mnohem závažnější.

Seznam použité literatury

Abel, D. C., & Grubbs, R. D. (2023). *The lives of sharks: A natural history of shark life*. Princeton University Press (50-72).

Adebowale, A. (2024, March 8). *Microplastics pollution and sharks: How are sharks affected?* Save Our Seas Foundation. <https://saveourseas.com/update/microplastics-pollution-and-sharks-how-are-sharks-affected/>

Adkins, J. C. (2017, červenec 26). Sharks revealed as the great protectors of seagrass. *Phys.org*. <https://phys.org/news/2017-07-sharks-revealed-great-protectors-seagrass.html>

Bascompte, J., Melián, C. J., & Sala, E. (2005). Interaction strength combinations and the overfishing of a marine food web. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(15), 5443–5447. <https://doi.org/10.1073/pnas.0501562102>

Bird, C. S., Veríssimo, A., Magozzi, S., Abrantes, K. G., Aguilar, A., Al-Reasi, H., Barnett, A., Bethea, D. M., Biaais, G., Borrell, A., Bouchoucha, M., Boyle, M., Brooks, E. J., Brunnschweiler, J., Bustamante, P., Carlisle, A., Catarino, D., Caut, S., Cherel, Y., ... Trueman, C. N. (2018). A global perspective on the trophic geography of sharks. *Nature Ecology & Evolution*, 2(2), 299–305. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0432-z>

Booth, H., Squires, D., & Milner-Gulland, E. J. (2019). The neglected complexities of shark fisheries, and priorities for holistic risk-based management. *Ocean & Coastal Management*, 182, 104994. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104994>

Bornatowski, H., Navia, A. F., Braga, R. R., Abilhoa, V., & Corrêa, M. F. M. (2014). Ecological importance of sharks and rays in a structural foodweb analysis in southern Brazil. *ICES Journal of Marine Science*, 71(7), 1586–1592. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu025>

Bowlby, H. D., Dicken, M. L., Towner, A. V., Waries, S., Rogers, T., & Kock, A. (2023). Decline or shifting distribution? A first regional trend assessment for white sharks (*Carcharodon carcharias*) in South Africa. *Ecological Indicators*, 154, 110720. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110720>

Brusseau, M. L. (2019). Sustainable Development and Other Solutions to Pollution and Global Change. In *Environmental and Pollution Science* (s. 585–603). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814719-1.00032-X>

- Cairns, D., Gaston, A., & Huettmann, F. (2008). Endothermy, ectothermy and the global structure of marine vertebrate communities. *Marine Ecology Progress Series*, 356, 239–250. <https://doi.org/10.3354/meps07286>
- Clarke, S. C., McAllister, M. K., Milner-Gulland, E. J., Kirkwood, G. P., Michielsens, C. G. J., Agnew, D. J., Pikitch, E. K., Nakano, H., & Shivji, M. S. (2006). Global estimates of shark catches using trade records from commercial markets. *Ecology Letters*, 9(10), 1115–1126. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00968.x>
- Cliff, G., Dudley, S. F. J., & Jury, M. R. (1996). Catches of White Sharks in KwaZulu–Natal, South Africa and Environmental Influences. In *Great White Sharks* (s. 351–362). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-012415031-7/50033-1>
- Clua, E., Buray, N., Legendre, P., Mourier, J., & Planes, S. (2011). Business partner or simple catch? The economic value of the sicklefin lemon shark in French Polynesia. *Marine and Freshwater Research*, 62(6), 764. <https://doi.org/10.1071/MF10163>
- Cooke, S. J., Venturelli, P., Twardek, W. M., Lennox, R. J., Brownscombe, J. W., Skov, C., Hyder, K., Suski, C. D., Diggles, B. K., Arlinghaus, R., & Danylchuk, A. J. (2021). Technological innovations in the recreational fishing sector: Implications for fisheries management and policy. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 31(2), 253–288. <https://doi.org/10.1007/s11160-021-09643-1>
- Cornish, A. S., Ng, W. C., Ho, V. C. M., Wong, H. L., Lam, J. C. W., Lam, P. K. S., & Leung, K. M. Y. (2007). Trace metals and organochlorines in the bamboo shark *Chiloscyllium plagiosum* from the southern waters of Hong Kong, China. *Science of The Total Environment*, 376(1–3), 335–345. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.01.070>
- Cornwall, W. (2023). Breathless oceans. *Science*, 379(6631), 429–433. <https://doi.org/10.1126/science.adg9263>
- Crossley, R., Collins, C. M., Sutton, S. G., & Huveneers, C. (2014). Public Perception and Understanding of Shark Attack Mitigation Measures in Australia. *Human Dimensions of Wildlife*, 19(2), 154–165. <https://doi.org/10.1080/10871209.2014.844289>
- Desbiens, A. A., Roff, G., Robbins, W. D., Taylor, B. M., Castro-Sanguino, C., Dempsey, A., & Mumby, P. J. (2021). Revisiting the paradigm of shark-driven trophic cascades in coral reef ecosystems. *Ecology*, 102(4), e03303. <https://doi.org/10.1002/ecy.3303>

- Dhellemmes, F., Smukall, M. J., Guttridge, T. L., Krause, J., & Hussey, N. E. (2021). Predator abundance drives the association between exploratory personality and foraging habitat risk in a wild marine meso-predator. *Functional Ecology*, 35(9), 1972–1984. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13874>
- Dicken, M. L., & Booth, A. J. (2013). Surveys of white sharks (*Carcharodon carcharias*) off bathing beaches in Algoa Bay, South Africa. *Marine and Freshwater Research*, 64(6), 530. <https://doi.org/10.1071/MF12336>
- Dicken, M. L., & Hosking, S. G. (2009). Socio-economic aspects of the tiger shark diving industry within the Aliwal Shoal Marine Protected Area, South Africa. *African Journal of Marine Science*, 31(2), 227–232. <https://doi.org/10.2989/AJMS.2009.31.2.10.882>
- Dixon, O. F. L., & Gallagher, A. J. (2023). Blue carbon ecosystems and shark behaviour: An overview of key relationships, network interactions, climate impacts, and future research needs. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1202972. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1202972>
- Duarte, C. M., Losada, I. J., Hendriks, I. E., Mazarrasa, I., & Marbà, N. (2013). The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nature Climate Change*, 3(11), 961–968. <https://doi.org/10.1038/nclimate1970>
- Dulvy, N. K., Pacoureau, N., Rigby, C. L., Pollom, R. A., Jabado, R. W., Ebert, D. A., Finucci, B., Pollock, C. M., Cheok, J., Derrick, D. H., Herman, K. B., Sherman, C. S., VanderWright, W. J., Lawson, J. M., Walls, R. H. L., Carlson, J. K., Charvet, P., Bineesh, K. K., Fernando, D., ... Simpfendorfer, C. A. (2021). Overfishing drives over one-third of all sharks and rays toward a global extinction crisis. *Current Biology*, 31(21), 4773–4787.e8. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.08.062>
- Ellis, J. K., & Musick, J. A. (2007). Ontogenetic changes in the diet of the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*, in lower Chesapeake Bay and Virginia (USA) coastal waters. *Environmental Biology of Fishes*, 80(1), 51–67. <https://doi.org/10.1007/s10641-006-9116-2>
- Estes, J. A., Terborgh, J., Brashares, J. S., Power, M. E., Berger, J., Bond, W. J., Carpenter, S. R., Essington, T. E., Holt, R. D., Jackson, J. B. C., Marquis, R. J., Oksanen, L., Oksanen, T., Paine, R. T., Pikitch, E. K., Ripple, W. J., Sandin, S. A., Scheffer, M.,

- Schoener, T. W., ... Wardle, D. A. (2011). Trophic Downgrading of Planet Earth. *Science*, 333(6040), 301–306. <https://doi.org/10.1126/science.1205106>
- FAO. (n.d.). *National Plan of Action for the Conservation and Management of Sharks*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC183259/>
- Ferretti, F., Worm, B., Britten, G. L., Heithaus, M. R., & Lotze, H. K. (2010). Patterns and ecosystem consequences of shark declines in the ocean. *Ecology Letters*, 13(8), 1055–1071. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01489.x>
- Fisher, R. (2021). Possible causes of a substantial decline in sightings in South Africa of an ecologically important apex predator, the white shark. *South African Journal of Science*, 117(1/2). <https://doi.org/10.17159/sajs.2021/8101>
- Frisch, A. J., & Rizzari, J. R. (2019). Parks for sharks: Human exclusion areas outperform no-take marine reserves. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(3), 145–150. <https://doi.org/10.1002/fee.2003>
- Froescheis, O., Looser, R., Cailliet, G. M., Jarman, W. M., & Ballschmiter, K. (2000). The deep-sea as a final global sink of semivolatile persistent organic pollutants? Part I: PCBs in surface and deep-sea dwelling fish of the North and South Atlantic and the Monterey Bay Canyon (California). *Chemosphere*, 40(6), 651–660. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(99\)00461-0](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(99)00461-0)
- Fuentes, S. N., Díaz Andrade, M. C., Awruch, C. A., Moya, A. C., & Arias, A. H. (2023). Impacts of water pollutants on chondrichthyans species from South America: A review. *Chemosphere*, 324, 138262. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138262>
- Gallagher, A. J., & Hammerschlag, N. (2011). Global shark currency: The distribution, frequency, and economic value of shark ecotourism. *Current Issues in Tourism*, 14(8), 797–812. <https://doi.org/10.1080/13683500.2011.585227>
- Gallagher, A. J., Alsudairy, N. A., Shea, B. D., Payne, N. L., & Duarte, C. M. (2021). First Application of 360-Degree Camera Technology to Marine Predator Bio-Logging. *Frontiers in Marine Science*, 8, 707376. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.707376>

- Gao, G., Beardall, J., Jin, P., Gao, L., Xie, S., & Gao, K. (2022). A review of existing and potential blue carbon contributions to climate change mitigation in the Anthropocene. *Journal of Applied Ecology*, 59(7), 1686–1699. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14173>
- Gennari, E., Hammerschlag, N., Andreotti, S., Fallows, C., Fallows, M., & Braccini, M. (2024). “Uncertainty remains for white sharks in South Africa, as population stability and redistribution cannot be concluded by Bowlby et al. (2023): “Decline or shifting distribution? a first regional trend assessment for white sharks (*Carcharodon carcharias*) in South Africa”. *Ecological Indicators*, 160, 111810. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111810>
- George, K. A., Slagle, K. M., Wilson, R. S., Moeller, S. J., & Bruskotter, J. T. (2016). Changes in attitudes toward animals in the United States from 1978 to 2014. *Biological Conservation*, 201, 237–242. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.07.013>
- Glaus, K. B. J., Adrian-Kalchhauser, I., Piovano, S., Appleyard, S. A., Brunnschweiler, J. M., & Rico, C. (2019). Fishing for profit or food? Socio-economic drivers and fishers’ attitudes towards sharks in Fiji. *Marine Policy*, 100, 249–257. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.11.037>
- Grogan, E., Lund, R., & Greenfest-Allen, E. (2012). The Origin and Relationships of Early Chondrichthyans. In J. Carrier, J. Musick, & M. Heithaus (Ed.), *Biology of Sharks and Their Relatives, Second Edition* (Roč. 20123460, s. 3–29). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b11867-3>
- Gwinn, D. C., Bacheler, N. M., & Shertzer, K. W. (2019). Integrating underwater video into traditional fisheries indices using a hierarchical formulation of a state-space model. *Fisheries Research*, 219, 105309. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2019.105309>
- Haas, A. R., Fedler, T., & Brooks, E. J. (2017). The contemporary economic value of elasmobranchs in The Bahamas: Reaping the rewards of 25 years of stewardship and conservation. *Biological Conservation*, 207, 55–63. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.01.007>
- Hammerschlag, N., Herskowitz, Y., Fallows, C., & Couto, T. B. A. (2025). Evidence of cascading ecosystem effects following the loss of white sharks from False Bay, South Africa. *Frontiers in Marine Science*, 12, 1530362. <https://doi.org/10.3389/fmars.2025.1530362>

- Hammerschlag, N., Schmitz, O. J., Flecker, A. S., Lafferty, K. D., Sih, A., Atwood, T. B., Gallagher, A. J., Irschick, D. J., Skubel, R., & Cooke, S. J. (2019). Ecosystem Function and Services of Aquatic Predators in the Anthropocene. *Trends in Ecology & Evolution*, 34(4), 369–383. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.01.005>
- Hannan, K. D., & Rummer, J. L. (2018). Aquatic acidification: A mechanism underpinning maintained oxygen transport and performance in fish experiencing elevated carbon dioxide conditions. *Journal of Experimental Biology*, 221(5), jeb154559. <https://doi.org/10.1242/jeb.154559>
- Heinrich, D. D. U., Rummer, J. L., Morash, A. J., Watson, S.-A., Simpfendorfer, C. A., Heupel, M. R., & Munday, P. L. (2014). A product of its environment: The epaulette shark (*Hemiscyllium ocellatum*) exhibits physiological tolerance to elevated environmental CO₂. *Conservation Physiology*, 2(1), cou047–cou047. <https://doi.org/10.1093/conphys/cou047>
- Heithaus, M. R. (2001). Predator–prey and competitive interactions between sharks (order Selachii) and dolphins (suborder Odontoceti): A review. *Journal of Zoology*, 253(1), 53–68. <https://doi.org/10.1017/S0952836901000061>
- Hussey, N. E., Kessel, S. T., Aarestrup, K., Cooke, S. J., Cowley, P. D., Fisk, A. T., Harcourt, R. G., Holland, K. N., Iverson, S. J., Kocik, J. F., Mills Flemming, J. E., & Whoriskey, F. G. (2015). Aquatic animal telemetry: A panoramic window into the underwater world. *Science*, 348(6240), 1255642. <https://doi.org/10.1126/science.1255642>
- Hutchins, R. (2025, 3. dubna). Vanishing great white shark impacts South African marine health. *Oceanographic Magazine*. <https://oceanographicmagazine.com/news/vanishing-great-white-shark-impacts-south-african-marine-health/>
- Huveneers, C., Apps, K., Becerril-García, E. E., Bruce, B., Butcher, P. A., Carlisle, A. B., Chapple, T. K., Christiansen, H. M., Cliff, G., Curtis, T. H., Daly-Engel, T. S., Dewar, H., Dicken, M. L., Domeier, M. L., Duffy, C. A. J., Ford, R., Francis, M. P., French, G. C. A., Galván-Magaña, F., ... Werry, J. M. (2018). Future Research Directions on the “Elusive” White Shark. *Frontiers in Marine Science*, 5, 455. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00455>

Intergovernmental Panel On Climate Change (Ipcc). (2022). *The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (1. vyd.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157964>

IUCN SSC Shark Specialist Group. (2021, January 27). *Oceanic sharks and rays face unprecedented extinction risk from overfishing*. <https://www.iucnssg.org/press/oceanic-sharks-and-rays-face-unprecedented-extinction-risk-from-overfishing>

Johnson, M. S., Kraver, D. W., Renshaw, G. M. C., & Rummer, J. L. (2016). Will ocean acidification affect the early ontogeny of a tropical oviparous elasmobranch (*Hemiscyllium ocellatum*)? *Conservation Physiology*, 4(1), cow003. <https://doi.org/10.1093/conphys/cow003>

Johnson, R., & Kock, A. (2006). South Africa's white shark cage-diving industry – Is there cause for concern? In D. C. Nel & T. P. Peschak (Eds.), *Finding a balance: White shark conservation and recreational safety in the inshore waters of Cape Town, South Africa; Proceedings of a specialist workshop* (WWF South Africa Report Series 2006/Marine/001). WWF South Africa.

Johnson, R., Bester, M. N., Dudley, S. F. J., Oosthuizen, W. H., Meyer, M., Hancke, L., & Gennari, E. (2009). Coastal swimming patterns of white sharks (*Carcharodon carcharias*) at Mossel Bay, South Africa. *Environmental Biology of Fishes*, 85(3), 189–200. <https://doi.org/10.1007/s10641-009-9477-4>

Jones, K. C., & De Voogt, P. (1999). Persistent organic pollutants (POPs): State of the science. *Environmental Pollution*, 100(1–3), 209–221. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(99\)00098-6](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(99)00098-6)

Kellert, S.R. and Berry, J.K. (1980) Knowledge, Affection and Basic Attitudes toward Animals in American Society. Phase III. Fish and Wildlife Service (Dept. of Interior), Washington DC.

Kock, A. A., Lombard, A. T., Daly, R., Goodall, V., Meyer, M., Johnson, R., Fischer, C., Koen, P., Irion, D., Gennari, E., Towner, A., Jewell, O. J. D., Da Silva, C., Dicken, M. L., Smale, M. J., & Photopoulou, T. (2022). Sex and Size Influence the Spatiotemporal Distribution of White Sharks, With Implications for Interactions With Fisheries and Spatial Management in the Southwest Indian Ocean. *Frontiers in Marine Science*, 9, 811985. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.811985>

- Lindberg, D. R., & Pyenson, N. D. (2007). Evolutionary Patterns in Cetacea Fishing Up Prey Size through Deep Time. In J. Estes (Ed.), *Whales, Whaling, and Ocean Ecosystems* (s. 66–81). University of California Press. <https://doi.org/10.1525/california/9780520248847.003.0007>
- Lopes, A. R., Sampaio, E., Santos, C., Couto, A., Pegado, M. R., Diniz, M., Munday, P. L., Rummer, J. L., & Rosa, R. (2018). Absence of cellular damage in tropical newly hatched sharks (*Chiloscyllium plagiosum*) under ocean acidification conditions. *Cell Stress and Chaperones*, 23(5), 837–846. <https://doi.org/10.1007/s12192-018-0892-3>
- Macdonald, C., McEntee, K., & Wester, J. (2023). Values, attitudes, and media exposure: Public perception of sharks and shark conservation in the USA. *Biological Conservation*, 286, 110305. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110305>
- Macreadie, P. I., Trevathan-Tackett, S. M., Skilbeck, C. G., Sanderman, J., Curlevski, N., Jacobsen, G., & Seymour, J. R. (2015). Losses and recovery of organic carbon from a seagrass ecosystem following disturbance. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1817), 20151537. <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.1537>
- Márquez-Velásquez, V., Navia, A. F., Rosa, R. S., Guimarães, P. R., & Raimundo, R. L. G. (2021). Resource partitioning between fisheries and endangered sharks in a tropical marine food web. *ICES Journal of Marine Science*, 78(7), 2518–2527. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsab129>
- Maunder, M. N., Sibert, J. R., Fonteneau, A., Hampton, J., Kleiber, P., & Harley, S. J. (2006). Interpreting catch per unit effort data to assess the status of individual stocks and communities. *ICES Journal of Marine Science*, 63(8), 1373–1385. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2006.05.008>
- Maury, O., Campling, L., Arrizabalaga, H., Aumont, O., Bopp, L., Merino, G., Squires, D., Cheung, W., Goujon, M., Guivarch, C., Lefort, S., Marsac, F., Monteagudo, P., Murtugudde, R., Österblom, H., Pulvenis, J. F., Ye, Y., & Van Ruijven, B. J. (2017). From shared socio-economic pathways (SSPs) to oceanic system pathways (OSPs): Building policy-relevant scenarios for global oceanic ecosystems and fisheries. *Global Environmental Change*, 45, 203–216. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.06.007>
- McPhee, D. (2014). Unprovoked shark bites: Are they becoming more prevalent? *Coastal Manage.* 42, 478–492. doi: 10.1080/08920753.2014.942046

- Mohammed, A., & Mohammed, T. (2017). Mercury, arsenic, cadmium and lead in two commercial shark species (*Sphyrna lewini* and *Caraharinus porosus*) in Trinidad and Tobago. *Marine Pollution Bulletin*, 119(2), 214–218. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.025>
- Mote Marine Laboratory & Aquarium. (2023). *New study finds global reef shark conservation depends on a combination of protected areas and national fisheries management*. <https://mote.org/news/new-study-finds-global-reef-shark-conservation-depends-on-a-combination-of-protected-areas-and-national-fisheries-management/>
- Motivarash, Y., Fofandi, D., Dabhi, R., Makrani, R., & Tanna, P. (2020). Importance of sharks in ocean ecosystem. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8(1), 611–613.
- Muñoz-Arnanz, J., Bartalini, A., Alves, L., Lemos, M. Fl., Novais, S. C., & Jiménez, B. (2022). Occurrence and distribution of persistent organic pollutants in the liver and muscle of Atlantic blue sharks: Relevance and health risks. *Environmental Pollution*, 309, 119750. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119750>
- Myers, R. A., Baum, J. K., Shepherd, T. D., Powers, S. P., & Peterson, C. H. (2007). Cascading effects of the loss of apex predatory sharks from a coastal ocean. *Science*, 315(5820), 1846–1850. <https://doi.org/10.1126/science.1138657>
- Nagelkerken, I., & Munday, P. L. (2016). Animal behaviour shapes the ecological effects of ocean acidification and warming: Moving from individual to community-level responses. *Global Change Biology*, 22(3), 974–989. <https://doi.org/10.1111/gcb.13167>
- Neff, C. (2015). *The Jaws Effect: How movie narratives are used to influence policy responses to shark bites in Western Australia*. Unpublished. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3099.7928>
- Neff, C. L., & Yang, J. Y. H. (2013). Shark bites and public attitudes: Policy implications from the first before and after shark bite survey. *Marine Policy*, 38, 545–547. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.06.017>
- Nicolas, A. (n.d.). *Sharks are key to the health of our oceans and climate*. World Wildlife Fund. <https://www.worldwildlife.org/stories/sharks-are-key-to-the-health-of-our-oceans-and-climate>

- Oliver, S., Braccini, M., Newman, S. J., & Harvey, E. S. (2015). Global patterns in the bycatch of sharks and rays. *Marine Policy*, 54, 86–97. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.12.017>
- Pacoureau, N., Rigby, C. L., Kyne, P. M., Sherley, R. B., Winker, H., Carlson, J. K., Fordham, S. V., Barreto, R., Fernando, D., Francis, M. P., Jabado, R. W., Herman, K. B., Liu, K.-M., Marshall, A. D., Pollom, R. A., Romanov, E. V., Simpfendorfer, C. A., Yin, J. S., Kindsvater, H. K., & Dulvy, N. K. (2021). Half a century of global decline in oceanic sharks and rays. *Nature*, 589(7843), 567–571. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-03173-9>
- Papastamatiou, Y. P., Itano, D. G., Dale, J. J., Meyer, C. G., & Holland, K. N. (2010). Site fidelity and movements of sharks associated with ocean-farming cages in Hawaii. *Marine and Freshwater Research*, 61(12), 1366. <https://doi.org/10.1071/MF10056>
- Payne, J.L., Bush, A.M., Heim, N.A., Knope, M.L., McCauley, D.J., 2016. Ecological selectivity of the emerging mass extinction in the oceans. *Science* 353 (6305), 1284–1286. <https://doi.org/10.1126/science.aaf2416>.
- Pegado, M. R., Santos, C., Couto, A., Pinto, E., Lopes, A. R., Diniz, M., & Rosa, R. (2018). Reduced impact of ocean acidification on growth and swimming performance of newly hatched tropical sharks (*Chiloscyllium plagiosum*). *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 51(6), 347–357. <https://doi.org/10.1080/10236244.2019.1590120>
- Pistevos, J. C. A., Nagelkerken, I., Rossi, T., Olmos, M., & Connell, S. D. (2015). Ocean acidification and global warming impair shark hunting behaviour and growth. *Scientific Reports*, 5(1), 16293. <https://doi.org/10.1038/srep16293>
- Pollom, R. A., Cheok, J., Pacoureau, N., Gledhill, K. S., Kyne, P. M., Ebert, D. A., Jabado, R. W., Herman, K. B., Bennett, R. H., Da Silva, C., Fernando, S., Kuguru, B., Leslie, R. W., McCord, M. E., Samoilys, M., Winker, H., Fennessy, S. T., Pollock, C. M., Rigby, C. L., & Dulvy, N. K. (2024). Overfishing and climate change elevate extinction risk of endemic sharks and rays in the southwest Indian Ocean hotspot. *PLOS ONE*, 19(9), e0306813. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0306813>
- Robbins, W. (2006). *Abundance, demography and population structure of the grey reef shark (Carcharhinus amblyrhynchos) and the white tip reef shark (Triaenodon obesus)*

(*Fam. Carcharhinidae*) [Doctoral dissertation, James Cook University]. James Cook University Research Repository. <http://eprints.jcu.edu.au/2096>

Roff, G., Doropoulos, C., Rogers, A., Bozec, Y.-M., Krueck, N. C., Aurellado, E., Priest, M., Birrell, C., & Mumby, P. J. (2016). The Ecological Role of Sharks on Coral Reefs. *Trends in Ecology & Evolution*, 31(5), 395–407. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.02.014>

Rosa, R., Baptista, M., Lopes, V. M., Pegado, M. R., Ricardo Paula, J., Trübenbach, K., Leal, M. C., Calado, R., & Repolho, T. (2014). Early-life exposure to climate change impairs tropical shark survival. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1793), 20141738. <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.1738>

Rosa, R., Rummer, J. L., & Munday, P. L. (2017). Biological responses of sharks to ocean acidification. *Biology Letters*, 13(3), 20160796. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2016.0796>

Rummer, J. L., Bouyoucos, I. A., Mourier, J., Nakamura, N., & Planes, S. (2020). Responses of a coral reef shark acutely exposed to ocean acidification conditions. *Coral Reefs*, 39(5), 1215–1220. <https://doi.org/10.1007/s00338-020-01972-0>

Shark Conservation Fund. (n.d.). *Our strategy*. <https://www.sharkconservationfund.org/our-strategy/>

Sharpless, A. (2017, podzim). THE VALUE OF KEEPING SHARKS ALIVE. *Oceana*. <https://oceana.org/blog/value-keeping-sharks-alive/>

Schwieterman, G. D., Bouyoucos, I. A., Potgieter, K., Simpfendorfer, C. A., Brill, R. W., & Rummer, J. L. (2019). Analysing tropical elasmobranch blood samples in the field: Blood stability during storage and validation of the HemoCue® haemoglobin analyser. *Conservation Physiology*, 7(1), coz081. <https://doi.org/10.1093/conphys/coz081>

Simpfendorfer, C. A., Heupel, M. R., & Kendal, D. (2021). Complex Human-Shark Conflicts Confound Conservation Action. *Frontiers in Conservation Science*, 2, 692767. <https://doi.org/10.3389/fcsc.2021.692767>

Stevens, J. (2000). The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*, 57(3), 476–494. <https://doi.org/10.1006/jmsc.2000.0724>

- Stoeckl, N., Birtles, A., Farr, M., Mangott, A., Curnock, M., & Valentine, P. (2010). Live-Aboard Dive Boats in the Great Barrier Reef: Regional Economic Impact and the Relative Values of Their Target Marine Species. *Tourism Economics*, 16(4), 995–1018. <https://doi.org/10.5367/te.2010.0005>
- Storelli, M. M., Giacomini-Stuffler, R., & Marcotrigiano, G. (2002). Mercury Accumulation and Speciation in Muscle Tissue of Different Species of Sharks from Mediterranean Sea, Italy. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 68(2), 201–210. <https://doi.org/10.1007/s001280239>
- Towner, A., Watson, R., Kock, A., Papastamatiou, Y., Sturup, M., Gennari, E., Baker, K., Booth, T., Dicken, M., Chivell, W., Elwen, S., Kaschke, T., Edwards, D., & Smale, M. (2022). Fear at the top: Killer whale predation drives white shark absence at South Africa’s largest aggregation site. *African Journal of Marine Science*, 44(2), 139–152. <https://doi.org/10.2989/1814232X.2022.2066723>
- Treves, A., & Karanth, K. U. (2003). Human-Carnivore Conflict and Perspectives on Carnivore Management Worldwide. *Conservation Biology*, 17(6), 1491–1499. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2003.00059.x>
- UNEP. (2017). *Towards a pollution-free planet: Background report*. UNEP - UN Environment Programme. <https://www.unep.org/resources/report/towards-pollution-free-planet-background-report>.
- United Nations Environment Programme. (2002). *Regionally based assessment of persistent toxic substances – Eastern and Western South America: Regional report*. UNEP.
- United Nations Environment Programme. (2002). *Regionally based assessment of persistent toxic substances: Eastern and Western South America: Regional report*. <https://digitallibrary.un.org/record/487296>
- United Nations Environment Programme. (2004). *Stockholm Convention – Home page*. <http://www.pops.int/>
- Urban, M.C., 2015. Accelerating extinction risk from climate change. *Science* 348 (6234), 571–573. <https://doi.org/10.1126/science.aaa4984>.

- Vianna, G. M. S., Meekan, M. G., Pannell, D. J., Marsh, S. P., & Meeuwig, J. J. (2012). Socio-economic value and community benefits from shark-diving tourism in Palau: A sustainable use of reef shark populations. *Biological Conservation*, 145(1), 267–277. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.11.022>
- Walker, S. E., & Brett, C. E. (2002). Post-Paleozoic patterns in marine predation: Was there a Mesozoic and Cenozoic marine predatory revolution? *Paleontological Society Papers*, 8, 119–194.
- Ward-Paige, C. A., Mora, C., Lotze, H. K., Pattengill-Semmens, C., McClenachan, L., Arias-Castro, E., & Myers, R. A. (2010). Large-Scale Absence of Sharks on Reefs in the Greater-Caribbean: A Footprint of Human Pressures. *PLoS ONE*, 5(8), e11968. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011968>
- Ward-Paige, C., Mills Flemming, J., & Lotze, H. K. (2010). Overestimating Fish Counts by Non-Instantaneous Visual Censuses: Consequences for Population and Community Descriptions. *PLoS ONE*, 5(7), e11722. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011722>
- West, J. G. (2011). Changing patterns of shark attacks in Australian waters. *Marine and Freshwater Research*, 62(6), 744. <https://doi.org/10.1071/MF10181>
- Wood, C. M. (1991). Acid-Base and ion Balance, Metabolism, and Their Interactions, After Exhaustive Exercise in Fish. *Journal of Experimental Biology*, 160(1), 285–308. <https://doi.org/10.1242/jeb.160.1.285>
- World Wide Fund for Nature. (n.d.). *Global Sharks and Rays Initiative*. <https://sharks.panda.org/about-us/global-sharks-and-rays-initiative>