

# Utjecaj podmorske buke na morske sisavce u Sredozemnom moru

---

**Barić, Sara**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zadar / Sveučilište u Zadru**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:431702>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-05**



**Sveučilište u Zadru**  
Universitas Studiorum  
Jadertina | 1396 | 2002 |

*Repository / Repozitorij:*

[University of Zadar Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu

Preddiplomski sveučilišni studij Podvodnih znanosti i tehnologija (jednopedmetni-redovni)



Zadar, 2022.

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu

Preddiplomski sveučilišni studij Podvodnih znanosti i tehnologija (jednopedmetni-redovni)

Utjecaj podmorske buke na morske sisavce u Sredozemnom moru

Završni rad

Student/ica:

Sara Barić

Mentor/ica:

Dr.sc. Ivana Zubak Čižmek

Zadar, 2022.



## Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Sara Barić**, ovime izjavljujem da je moj **završni** rad pod naslovom **Utjecaj podmorske buke na morske sisavce u Sredozemnom moru** rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije iskorišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Zadar, 27. lipnja 2022.

## SADRŽAJ

1. Uvod .....	1
2. Ciljevi i svrha rada .....	3
3. Razrada teme .....	4
1.1. Definicija i značenje podmorske buke.....	4
1.2. Morski sisavci i sluh .....	5
1.3. Utjecaj podmorske buke na morske sisavce .....	8
1.3.1. Promjene u glasanju morskih sisavaca.....	8
1.3.2. Promjene u zaronima i potrazi za hranom.....	9
1.3.3. Nasukavanje i smrtnost .....	9
1.3.4. Stres kao posljedica buke .....	10
1.4. Rješenja i načini smanjivanja buke u morskom okolišu.....	11
4. Zaključak.....	14
5. Literatura .....	15

# Utjecaj podmorske buke na morske sisavce u Sredozemnom moru

## Sažetak:

Sisavci se oslanjaju na sluh u svim aspektima svog života: za pronalazak hrane, razmnožavanje, komunikaciju s drugim jedinkama, izbjegavanje predatora i prepreka te naravno za navigaciju. Buka ima niz negativnih utjecaja u svim ekosustavima, ali njezin najveći utjecaj je u morskom okolišu jer zvuk putuje brže kroz vodu nego kroz zrak. Do naglog povećanja podmorske buke došlo je uslijed ubrzanog razvitka ljudskih aktivnosti (povećanje pomorskog prometa, istraživanja zaliha ugljikovodika, podvodnog miniranja). Sva ta buka ima negativan utjecaj na život u moru, pogotovo na one organizme koji se jako oslanjaju na svoj sluh za snalaženje u morskom okolišu. Buka najviše utječe na morske sisavce, ona ih zbunjuje i remeti njihov centar za navigaciju te im onemogućava orijentaciju, zbog čega dolazi do nasukavanja na obale.

Pregledom postojeće literature, ovaj rad doprinosi boljem razumijevanju utjecaja buke na morski okoliš, konkretno na morske sisavce koji sve svoje životne funkcije temelje na sluhu. Rad također doprinosi boljem razumijevanju ovog problema, među stručnjacima, ali i u široj javnosti tako što ukazuje na glavne probleme buke i njezinih izvora te predlaže alternative kako bi se negativan utjecaj na morske sisavce smanjio i spriječilo njihovo izumiranje.

Ključne riječi: buka, morski sisavci, sluh, onečišćenje

# **Impacts of underwater noise on marine mammals in the Mediterranean sea**

## Summary:

Hearing is of extreme value to marine mammals. They depend on their hearing in every aspect of their life: finding food, mating, communicating with other individuals, escaping the predators, avoiding objects in the sea, and, most importantly, navigation. Noise has many negative impacts on many ecosystems. Still, its most significant negative impact is on the marine environment because the sound travels faster through the water than it does through the air. The considerable increase in underwater noise was detected after the rapid connection of the whole world - the consequence was a rapid increase in the number of ships, oil drilling sites, and other marine activities. The result was a significant increase in underwater noise levels of different frequencies. All of this noise negatively impacts the marine organisms which depend on their hearing. Underwater noise has the most impact on marine mammals. It confuses and disorients them; therefore, they end up washed on the beach and can die.

This paper contributes to a better understanding of the impact underwater noise has on the marine environment, focusing on its impact on marine mammals. Also, the paper contributes not only to scientific fields but to educational purposes for the general public, showing major noise problems and their sources while simultaneously proposing alternative ways of managing underwater noise to protect marine mammals and prevent their extinction.

Keywords: underwater noise, marine mammals, hearing, pollution

## 1. Uvod

Preci današnjih sisavaca pojavili su se prije oko 200 milijuna godina, ali brojnost i raznolikost im se povećala prije oko 65 milijuna godina nakon nestanka dinosaura (Berta i sur., 2005.). Morski sisavci mogu se podijeliti u tri velika reda: Cetacea, Carnivora i Sirenia (Bowen, 1997.). Red Cetacea sastoji se od kitova, dupina i pliskavica, Sirenia od lamantina i dugonga, a Carnivora od morževa, morskih lavova i tuljana. Većina morskih sisavaca su potrošači najvišeg reda u trofičkoj ljestvici. Zbog izrazite veličine njihovih tijela i uloge u ekosustavu smatra se da imaju veliki utjecaj na strukturu i funkciju morskih zajednica, što se naziva „top-down“ efekt kojim se obrazlaže da morski sisavci kao vršni predatori utječu na funkcioniranje svih dijelova hranidbene mreže, sve do primarnih proizvođača (Bowen, 1997.). Također, morski sisavci su važni u održavanju kompeticije između predatorskih vrsta i načina na koje se one ponašaju, a djeluju i na procese pohrane nutrijenata i recikliranje tvari u okolišu (Bowen, 1997.).

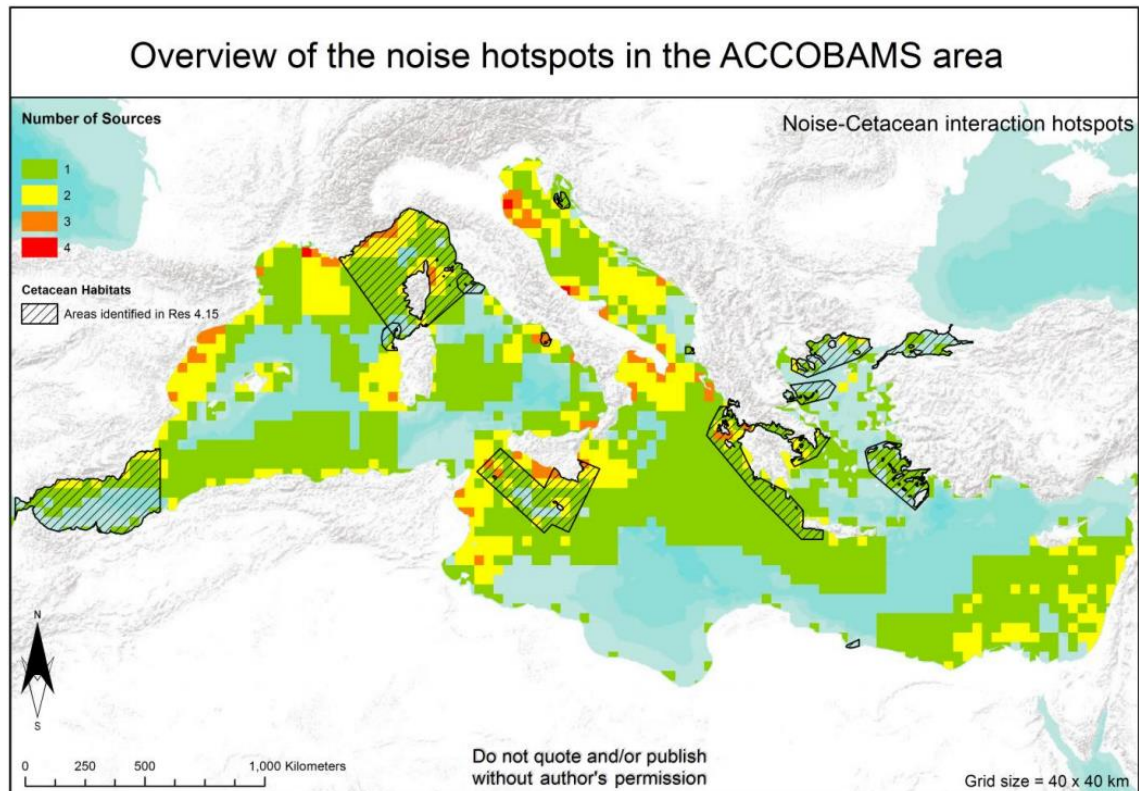
Iako predstavlja mali dio svjetskog mora (tek oko 0.8% površine), Sredozemno more dom je raznim morskim sisavcima. Ukupno je u Sredozemnom moru zabilježeno 28 vrsta morskih sisavaca, a 12 vrsta su stalni stanovnici (Notarbartolo di Sciara, 2016.). U stalne stanovnike spadaju sredozemna medvjedica (*Monachus monachus*), kit perajar (*Balaenoptera physalus*), ulješura (*Physeter macrocephalus*), Cuvierov kljunasti kit (*Ziphius cavirostris*), obični dupin (*Delphinus delphis*), bjelogrli dupin (*Globicephala melas*), Rissov dupin (*Grampus griseus*), orka (*Orcinus orca*), prugasti dupin (*Stenella coeruleoalba*), grubozubi dupin (*Steno bredanensis*), dobri dupin (*Tursiops truncatus*) i obalni dupin (*Phocoena phocoena*) (Notarbartolo di Sciara, 2016.).

Prijetnje morskim sisavcima uzrokuju antropogeni utjecaji poput interakcije i kolizije s ribarskim brodovima i njihovom opremom, zagađenje morske vode onečišćivačima s kopna, namjerno ubijanje, slučajni ulov, ali sve više novih istraživanja pokazuje da ogroman utjecaj na morske sisavce ima pomorska buka. Upotreba sonara, ispitivanje seizmičke aktivnosti, razni infrastrukturni zahvati u moru i na morskom dnu koje proizvode zvuk kao i buka iz brodova i drugih plovila ometaju morske sisavce u njihovim dnevnim aktivnosti (Erbe, 2012.). Sluh je morskim sisavcima od neizmjerne važnosti jer se oslanjaju na njega u potrazi za hranom, uz pomoć sluha i ispuštanja raznih klikova komuniciraju međusobno i snalaze se u prostoru (Richardson i sur., 1997.).

Sredozemno more je jako bučno i prometno more za svoje dimenzije (Slika 1.). Prometno je zbog industrije, pomorskih puteva koji prolazi kroz njega, seizmičkih ispitivanja, naftnih platformi i polja vjetrenjača. Sve ove aktivnosti čine ga jako bučnim, osobito u područjima jako



značajnih morskih staništa poput Ligurskog mora u kojem se nalazi utočište za morske sisavce, prolaza kod Sicilije, Helenske brazde i Balearskih otoka koji su istovremeno mjesta najveće izmjerene razine buke i raznolikosti i brojnosti morskih organizama (Maglio i sur., 2016.).



Slika 1. Prikaz gustoće antropogenih izvora buke u Sredozemnom moru i mjesta obitavanja morskih sisavaca (Maglio i sur., 2016., <https://www.oceancare.org/en/our-work/ocean-conservation/underwater-noise/silent-oceans-noise-mediterranean-sea/>)

## **2. Cilj i svrha rada**

Cilj ovog rada je pregledom literature i dostupnih znanstvenih radova prikazati utjecaj koji podmorska buka ima na morski okoliš i organizme koji u moru žive, s posebnim naglaskom na morske sisavce. U radu je objašnjen pojam buke te što ona znači za morski okoliš i kako se njezin utjecaj u moru razlikuje od utjecaja na kopnu. Također, navode se i izvori teintenzitet buke u moru. Glavna tema rada je utjecaj buke na morske sisavce. Rad pregledno prikazuje utjecaj buke na život morskih sisavaca, razloge zašto im šteti te na temelju znanstvenih rezultata prikazuje povećani mortalitet jedinki. Osim toga, cilj ovog rada je i prikazati alternativne metode kojima bi se smanjila razina buke u morskom okolišu čime bi se njen utjecaj na morske sisavce mogao smanjiti.

Svrha rada je pružiti jasne informacije o negativnom utjecaju buke na morske sisavce kako bi se znanstvenu i opću javnost potaknulo na razmišljanje i djelovanje. Javnost je potrebno educirati i upoznati s ovim nježnim bićima te načinima kako zbog vlastitog nemara činimo štetu njihovom postojanju. Svrha rada je i pokazati kako svakodnevnim malim promjenama ponašanja možemo pomoći smanjiti podvodnu buku, a znanstvenike potaknuti da posvete svoje vrijeme pronalaženju alternativnih metoda za provođenje raznih aktivnosti i metoda ispitivanja koje neće dovesti u opasnost život morskih sisavaca.

### 3. Razrada teme

#### 1.1. Definicija i značenje podmorske buke

Zvuk je longitudinalni val neke frekvencija koji se širi kroz medij. Frekvencija je brzina vibracija u sekundi (hertz - Hz). Zvučni val se širi zbog niza poremećaja tj. zgušćivanja ili razrjeđivanja sredstva koji nastaju zbog promjene tlaka. Također, zvuk je opis akustične energije, a može biti u velikom rasponu frekvencija. Čovjek ne može čuti sve frekvencije, no to ne znači da drugi organizmi također nemaju tu sposobnost. Čovjek čuje zvuk frekvencije 20 – 20000 Hz. Ultrazvučne frekvencije su previsoke za čovjekov sluh (<20 000 Hz), ali šišmiši, psi i morski sisavci ih mogu registrirati. Također postoje infrazvučne frekvencije koje su preniske za čovjekov sluh (> 20Hz), a čuju ih slonovi, neke ptice i kitovi usani. Svaki zvuk prati isti akustični model, „source-path-receiver“ model; izvor zvuka, promjena u zvuku dok putuje od svog izvora do primatelja zvuka koji je u mogućnosti prepoznati taj zvuk (Richardson i sur., 1995.). Zvuk možemo podijeliti iz perspektive primatelja na signal i na buku. Signal su zvukovi koji sadrže biološki bitne informacije poput lokacije predatora ili drugih jedinki iste vrste. Signale je teško detektirati podvodnim akustičnim sensorima zbog količine ostalih zvukova, koji determiniramo kao buku. Buka je termin koji opisuje veliku količinu zvukova koji ne doprinose biološkom svijetu (NOAA, 2004.).

Razlikujemo dvije vrste buke: ambijentalnu i antropogenu buku. Ambijentalna buka je okolišna buka. To su neželjeni zvukovi koji se nakupljaju i maskiraju druge zvukove od većeg značenja. Izvori ambijentalne buke mogu biti vjetar i valovi, seizmička buka uzrokovana aktivnošću vulkana i tektonike, buka uzrokovana kišom, biološka buka čiji su izvor morski organizmi: morski sisavci, ribe i drugi organizmi, te buka koju stvaraju morski led i ledenjaci (Richardson i sur., 1995.).

Antropogeni zvukovi su relativno novi u morskome okolišu, njihova visoka koncentracija dolazi početkom industrijalizacije (NOAA, 2004.). Antropogena buka je ona buka koja je u mogućnosti utjecati na morske organizme, njihovo ponašanje i njihove životne aktivnosti. Izvori ovakve buke su pomorski transport, morske konstrukcije i njihova izgradnja, eksploatacija mineralnih sirovina i sirovina ugljikovodika, geofizička istraživanja, sonari raznih vrsta, eksplozije, te druga znanstvena uzorkovanja (Tablica 1.) (Richardson i sur., 1995.).

Tablica 1. Prikaz izvora i vrsta antropogene buke u moru

<b>TRANSPORT</b>	<b>GEOFIZIČKA ISPITIVANJA</b>
• Zrakoplovi	• Zračni pištolji
• Plovila	• Plinski pištolji
• Ledolomci	• Vibracije
• Prijevozna sredstva na ledu	• Druge tehnike
<b>KONSTRUKCIJSKI RADOVI</b>	<b>SONARI</b>
• Bageriranje	<b>EKSPLOZIJE</b>
• Probijanje tunela	
• Drugi konstrukcijski radovi	
<b>NAFTNE I PLINSKE BUŠOTINE</b>	<b>ZNANSTVENA ISTRAŽIVANJA</b>
• Bušenje iz kesona	• Seizmološka ispitivanja
• Bušenje s platformi	• Bušenje s platformi
• Bušenje s plovila	• Akustična topografija
• Proizvodnja nafte i plina na pučini	• Akustična termometrija

Izvor: Richardson i sur., 1995.

## 1.2. Morski sisavci i sluh

Sluh je za morske sisavce primarno i najbitnije osjetilo, što je očito ako sagledamo kompleksnost građe uha i razvoj slušnog centra. Uho morskih sisavaca predstavlja zanimljiv paradoks. Unutarnje uho morskih sisavaca fizički je slično unutarnjem uhu kopnenih sisavaca, ali vanjski dio uha je odsutan i srednje uho je posebno modificirano kako bi se prilagodilo morskom okolišu (Tablica 2.). Uho morskih sisavaca trebalo je evoluirati na takav način da ih ne ometa prirodna okolišna buka, zbog toga njihovo unutarnje uho je otpornije na prijetnje gubitka sluha i može podnijeti veće frekvencije (Ketten, 2004.). Evolucijski termin teleskopiranje kojeg je uveo Miller (1923.) odnosi se na preslagivanje kostiju glave na način da se gornja vilica s nosnim otvorom preselila na vrh lubanje preklapivši se preko čeone kosti. Razlog teleskopiranja najvjerojatnije se pojavio zbog respiratorne prilagodbe, kako bi što manji dio tijela i glave izlazio iz vode prilikom udisanja. Također, ovaj evolucijski iskorak zaslužan je za kompleksnost i važnost zvuka u morskih sisavaca (Wartzok i Ketteen, 1999.). Najveća razlika u konstrukciji uha između morskih i kopnenih sisavaca je u ušnom kanalu. Uho kopnenih sisavaca ovisi o zvučnim valovima koji putuju zrakom i sakupljeni su vanjskih uhom (ušnom školjkom), zatim on prolazi kroz slušni kanal uzrokujući vibriranje bubne opne.

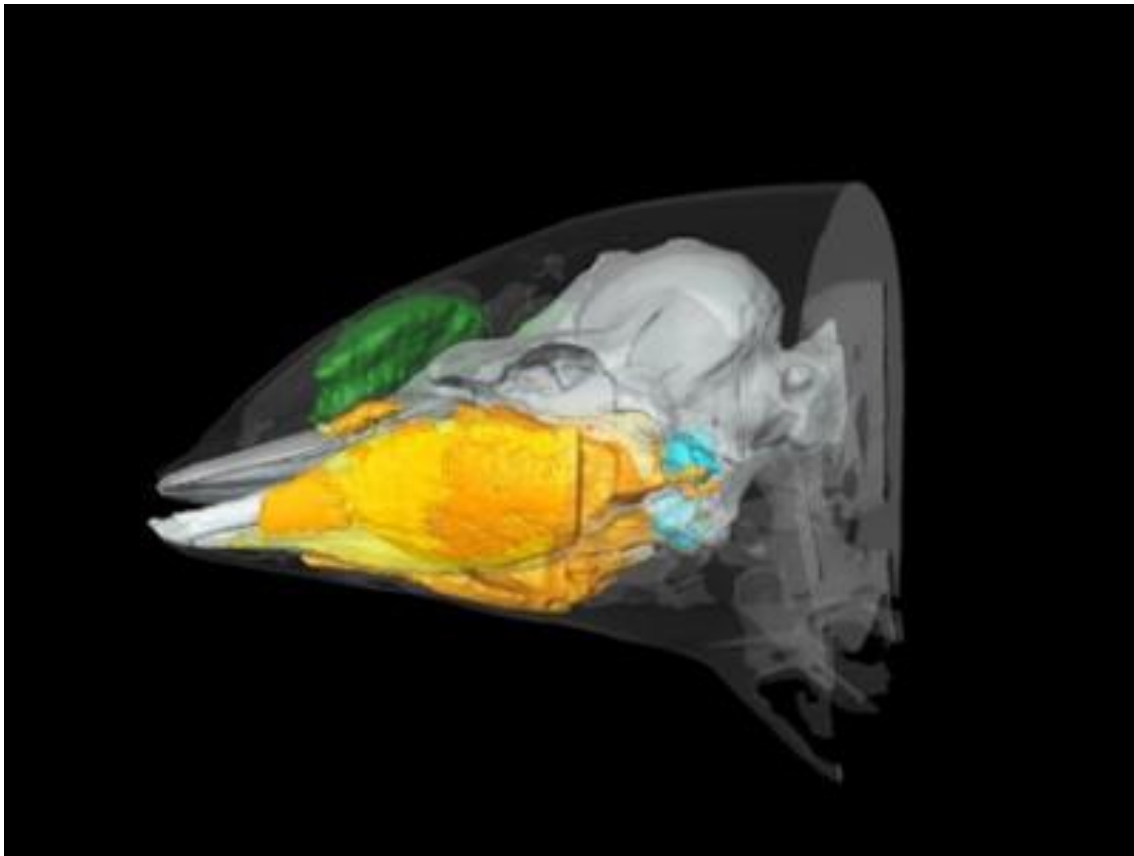
Vibracije se zatim prenose osikularnim lancem ( čekić, nakovanj i stremen) do unutarnjeg uha, uzrokujući savijanje dlačica koje prenose električni signal koji mozak registrira kao zvuk (Ketten, 2000.). Kada kopneni sisavci zarone njihove uši nisu akustično izolirane od lubanje te zbog toga nisu u mogućnosti razaznati iz kojeg smjera dolazi zvuk (Reidenberg, 2007.). Kod reda *Cetacea* ušni kanal se smatra nefunkcionalnim. Razred *Odonoceti* (kitovi zubani) ima uzak i voskom začepljen ušni kanal, također ušni kanal nije spojen s bubnjićem (URL 1, Discovery of Sound in the Sea). Isti izgled ušnog kanala imaju i kitovi usani. Kod kitova zubana donja vilica je okružena slojevima masti, također tu je prisutna i pan kost koja je spojena s lubanjom ligamentima. Pan kost prenosi zvuk do srednjeg uha (Slika 2.). U unutarnjem uhu nalazi se veliki broj slušnih ganglija (živčane stanice), te bazilijarna membrana koja je deblja i jača od one kopnenih sisavaca. Bazilijarna membrana nalazi se u pužnici uha, ona vibrira i razdvaja zvukove prema njihovoj frekvenciji. Zbog ove posebne građe morski sisavci imaju jedinstvene slušne mogućnosti. Debljina i jačina bazilijarne membrane ovisi o visini frekvencije koju morski sisavci mogu čuti; kitovi zubani imaju debelu membranu koja je ojačana koštanim potpornjima u pužnici što im omogućuje da čuju ultrazvučne frekvencije. Suprotno od njih kitovi usani imaju široku, tanku i elastičnu membranu stoga oni čuju niže frekvencije ili infrazvučne frekvencije (URL 1, Discovery of Sound in the Sea). Kitovi i dupini upotrebljavaju tri puta više neurona od bilo koje druge životinja za osjetilo sluha (Ketten, 2004.). Njihovi prednji režnjevi dominiraju mozgom, te zbog toga imaju bržu mogućnost obrade zvučnih signala od bilo kojeg drugog sisavca (Ketten, 2004.).

Također, morski sisavci stvaraju različite zvukove kako bi komunicirali o prisutnosti opasnosti, hrane, drugih organizama, njihovoj poziciji, identifikaciji, o teritoriju i reproduktivnom statusu. Zvukovi koje proizvode mogu biti razni klikovi, zvižduci, pulsovi, zavijanja raznih oblika, pjesme te mnogi drugi oblici zvučnog zova (Wartzok i Ketten, 1999.). Naime, kitovi zubani koriste ehlokaciju kako bi detektirali i odredili lokaciju objekta ispred njih, a to može biti: plijen, prepreka, predator ili jedinka iste vrste. Općenito, morski sisavci proizvode i prepoznaju izrazito velike količine različitih zvukova. Zvukovi se razlikuju od vrste do vrste, ali i unutar jedinki iste vrste postoje varijacije u zvukovima. Jedinke proizvode različite zvukove ili kombinacije zvukova kako bi obavijestili druge jedinke iste vrste o svojem stanju i stanju okoliša ( Richardson i sur, 1995.).

Tablica 2. Prikaz razlike u konstrukciji morskog i kopnenog uha

Cetacean versus Human Ears and Hearing		
	Cetaceans (Fully Aquatic Ears)	Human (Areal Ears)
<b>Outer Ear</b>	Temporal bone is not part of the skull	Temporal bone is part of the skull
	No pinnae	Pinnae
	Auditory meatus is plugged	Air-filled auditory meatus
<b>Middle Ear</b>	Middle ear is filled with air and soft tissue	Middle ear completely air-filled
	Basilar membrane thin and broad at apex of odontocetes	Basilar membrane thick and narrow at the basal end
	Mysticetes basilar membrane thinner and wider than odontocetes and human	
<b>Inner Ear</b>	Strong support of basilar membrane for odontocetes, less for mysticetes	Little support of basilar membrane
	Long basilar membrane length	Short basilar membrane length
	Semi-circular canals are small	Semi-circular canals are average to large
	Large number of auditory nerve fibers	Average number of auditory nerve fibers

Izvor: Discovery of Sound in the Sea; dostupno na <https://dosits.org/animals/sound-reception/marine-mammals-hear/hearing-in-cetaceans/>



Slika 2. Prikaz unutarnje građe slušnog aparata na primjeru dupina. Žuto i zeleno je masno tkivo oko vilice; plavo su kosti uha (Darlene Ketten, Woods Hole Oceanographic Institution and Harvard Medical School; dostupno na <https://dosits.org/animals/sound-reception/marine-mammals-hear/hearing-in-cetaceans/>)

### 1.3. Utjecaj podmorske buke na morske sisavce

Buka utječe na morske sisavce na razne načine; ona može utjecati na njih na niskoj razini koja je teško detektirana i zabilježena znanstvenim istraživanjima ili može utjecati na visokoj razini koju možemo lako uočiti. Podmorska buka onemogućuje komunikaciju između jedinki, može utjecati na njihovo ponašanje te može imati negativan utjecaj na njihove slušne organe (Erbe, 2012.). Također, buka utječe na reproduktivni i živčani sustav morskih sisavaca. Velika količina buke može ostaviti trajna fizička oštećenja na tkivima i organima morskih sisavaca. Osim toga, buka uzrokuje velike količine stresa. Stres je fiziološki odgovor na podražaje iz okoliša koje izazivaju iritacije, dugotrajna izloženost velikim količina stesa uzrokuje zdravstvene probleme. Utjecaj buke na organizme ovisi i o akustičnim karakteristikama izvora (jačini buke, dužini njezinog trajanja, intervalima u kojima se pojavljuje, okolišu, batimetriji itd.), ali i o karakteristikama primatelja podražaja buke (starost, ponašanje i slušne mogućnosti jedinke) (Erbe, 2012.). Reakcije na zvuk mogu biti različite; od suptilnih promjena u ponašanju poput promjena u izranjanju i obrazaca uzimanja zraka, prestanka vokaliziranja pa sve do aktivnog izbjegavanja ili napuštanja područja s prevelikom koncentracijom buke. Također, najgora posljedica buke je nasukavanje i smrtni slučajevi uzrokovani njezinom velikom koncentracijom. Brojna istraživanja su provedena kako bi se uvidio utjecaj antropogene buke na morske sisavce te kako ona utječe na njihovo ponašanje. Neke vrste morskih sisavaca se prestaju zadržavati ili bježe s mjesta gdje je prevelika buka, dok se druge prilagođavaju i mijenjaju način i frekvenciju svojeg klika ili zova poput ulješure (National Research Council (US) Committee on Potential Impacts of Ambient Noise in the Ocean on Marine Mammals, 2003.).

#### 1.3.1. Promjene u glasanju morskih sisavaca

Morski sisavci mogu na povećanje buke reagirati na dva načina: povećanjem svoje vokalizacije ili smanjenjem i potpunim prestankom glasanja. Povećanjem vokalizacije životinja pokušava nadglasati pozadinsku buku kako bi nastavila komunicirati s drugim jedinkama svoje vrste (National Research Council (US) Committee on Potential Impacts of Ambient Noise in the Ocean on Marine Mammals, 2003.). Maskiranje njihovog zova pozadinskom bukom rezultira u smanjenju dometa zvuka i smanjenju kvalitete same informacije. Morski sisavci mogu prestati s vokalizacijom kao odgovor na preveliku buku, a prestanak može trajati nekoliko tjedana ili mjeseci. Prestanak vokaliziranja negativno utječe na njihovo hranjenje, razmnožavanje i socijalnu strukturu u skupini (Weilgart, 2007.). Brojna istraživanja su rađena na ovu temu; proučavanjem Cuvierovog kljunastog kita tijekom lova i hranjenja u prisustvu

buke s brodova zaključeno je da je buka uvelike utjecala na uspješnost lova. Ulješure utihnu kada su izložene pingerima<sup>1</sup> i srednje jakim frekvencijama vojnih sonara te seizmičkim ispitivanjima. Također, kitovi perajari smanjuju svoj zov u prisustvu buke s brodova. Istraživanjem je zaključeno da je 250 muških jedinki kitova perajara prestalo sa svojim glasanjem u razdoblju od nekoliko mjeseci dok je trajalo seizmičko ispitivanje područja, a počeli su se opet glasati satima nakon završetka seizmičkih ispitivanja. Pretpostavlja se da je ovo ostavilo velike posljedice na sezonu parenja jer kitovi perajari koriste svoju pjesmu kako bi privukli partnera (Weilgart, 2007.).

### 1.3.2. Promjene u zaronima i potrazi za hranom

Morski sisavci mogu promijeniti svoje ponašanje pri izranjanju; mijenjaju brzinu plivanja i disanja u prisustvu buke, a najviše na njih utječu seizmička ispitivanja. Također, dolazi do promjena u zaronima u potrazi za hranom što dovodi do smanjenja uspješnosti pronalaska hrane. Studije su pokazale da ulješure nisu kretale u potragu za hranom na duge periode u prisustvu brodova za seizmička ispitivanja koji su koristili zračne pištolje za ispitivanja te su također smanjili broj zamaha repnom perajom i brzinu plivanja (IWC, 2007.). Zabilježeno je da Cuvierov kljunasti kit zaranja na kraće periode i manje vremena pridodaje eholokaciji u prisustvu navedenih brodova. Svi ovi faktori uzrokuju i do 50% manju uspješnost u potrazi za hranom (Weilgart, 2007.).

### 1.3.3. Nasukavanje i smrtnost

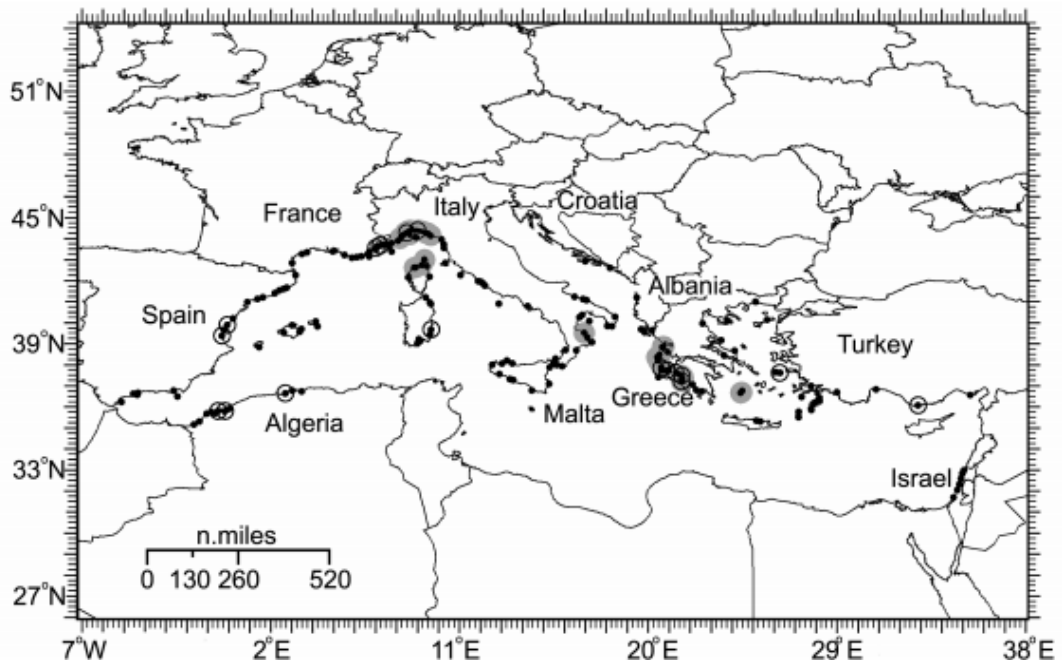
Nasukavanje i smrtnost u zadnjih nekoliko godina privlače sve više pažnje, osobito od kada je zabilježeno i potvrđeno da je američki vojni sonar srednje frekvencije uzrokovao masovno nasukavanje kljunastih kitova na Bahamima, što je ujedno i jedan od najbolje istraženih slučajeva nasukavanja do sada (Weilgart, 2007.). U Sredozemnom moru istraživanja su provedena na Cuvierovom kljunastom kitu. Nasukavanja su zabilježena u Albaniji, Hrvatskoj, Egiptu, Francuskoj, Izraelu, Italiji, Malti, Španjolskoj i Turskoj (Slika 3.). Gledajući geografsku distribuciju ovih slučajeva nasukavanja čini se da je velika većina koncentrirana u Ligurskom i Jonskom moru. Podaci su jako varijabilni jer ovise o državama i njihovim prikupljanjem i organiziranjem podataka; Francuska i Italija imaju dugu povijest prikupljanja podataka o nasukavanjima, za razliku od Španjolske i nekih južnih mediteranskih država koje

---

<sup>1</sup> Pinger, uređaj koji odašilje kratke signale visoke frekvencije u kratkim intervalima s ciljem detekcije mjerenja ili identifikacije objekta



nemaju dobro organizirane niti prikupljene podatke. Zadnjih godina došlo je do povećane zabrinutosti u znanstvenoj i vojnoj zajednici zbog antropogenih utjecaja i upotrebe akustičnih metoda. U Mediteranu samo jedno masovno nasukavanje od ukupnih 12 može se sa potpunom sigurnošću povezati s mornaričkim aktivnostima jer postoji zapis o aktivnosti sonara u broda s kojim je bio povezan. Druga nasukavanja ne mogu se s sigurnošću povezati sa direktnim utjecajem sonara, ali to ne znači da nije bilo uzročno-posljedične veze (Podesta i sur, 2006.).



Slika 3. Geografski prikaz svih slučajeva nasukavanja Cuvierovog kljunastog kita u Sredozemnom moru. Izvor: Podesta i sur, 2006.

#### 1.3.4. Stres kao posljedica buke

Stres je definiran kao poremećaj u homeostazi. Postoje dva različita međusobno povezana sustava koji daju odgovor na stresne situacije. Prvi je odgovor simpatičkog živčanog sustava koji uključuje otpuštanje endorfina i norepinefrina koji se očituju povećanim otkucajima srca, povećanjem krvnog tlaka i redistribucije kisika u mozak i mišiće (Erbe i sur.,2018.). Kratko trajanje stresa organizmima služi kao adaptacija za spas u životno prijetećim situacijama. Drugi oblik odgovora na stres je lanac hipotalamus-hipofiza-nadbubrežna žlijezda. To je lanac endokrinih reakcija čiji je cilj ponovno uspostavljanje homeostaze. HPA proces počinje 3-5 minuta nakon početka stresa a traje i nekoliko sati nakon prestanka stresa (Erbe i sur.,2018.). Dok god stres nije stalan tijelo je sposobno samo se povratiti u stanje homeostaze bez većih posljedica, ali ukoliko je stres kontinuiran posljedice mogu biti trajne i izazvati mnoge

probleme. Također, stres izaziva izlučivanje kortikotropina (CRF) iz hipotalamusa. CRF potiče ispuštanje glukokortikoida i katekolamina koji imitiraju imunološki odgovor što može dovesti do promjena u odgovoru na stvarnu infekciju, alergijsku reakciju, upale ili do autoimunih bolesti. Kronični stres može smanjiti mogućnost reprodukcije, te rast i razvoj jedinke (Fair i Becker, 2000). Utjecaj buke na morske sisavce ovisi o spolu i dobi jedinke te o stanju u kojem se ona nalazi. Životinja u fazi mirovanja lakše je ometena nego ona koja je aktivna u blizini izvora buke. Prema dosadašnjim istraživanjima možemo zaključiti da dupini koji miruju izbjegavaju izvore buke, najčešće brodove, dok oni koji su u fazi hranjenja se ne obaziru na prisutnost broda te mu mogu prići u fazi socijalizacije (National Research Council (US) Committee on Potential Impacts of Ambient Noise in the Ocean on Marine Mammals.). Buka može biti štetnija majci koja je skotna ili majci koja ima mladunče uza se nego jedinci koja nije. Grupe s jednim ili više mladunčeta su opreznije i ne prilaze brodovima te kontroliraju svoje ponašanje. Jedinke s mladunčeta mogu se osjećati ugroženo od strane brodova i zbog toga im ne prilaze (National Research Council (US) Committee on Potential Impacts of Ambient Noise in the Ocean on Marine Mammals.).

#### 1.4. Rješenja i načini smanjivanja buke u morskom okolišu

U Europskoj uniji glavni zakonski akt koji spominje podmorsku buku je Okvirna direktiva o morskoj strategiji (ODMS, u daljnjem tekstu Direktiva) koja je stupila na snagu 2008.god. Direktiva je pravni akt koji je uvrstio podmorsku buku kao jednog od zagađivača okoliša koji ugrožava život morskih organizama, degradira morski okoliš i potrebno ga je nadgledati. Direktivom se pokušava zaštititi morski okoliš u Europi i postići „dobro stanje okoliša“ do 2020. god. Isto tako, Direktivom je propisano što se podrazumijeva pod pojmom „dobro stanje okoliša“ i kako ga postići (Barnett, 2020.). Osim uspostavljanja Direktive osmišljavaju se morska zaštićena područja (MPA, eng. Marine Protected Area). Na tim područjima je smanjen utjecaj čovjeka, no dolazi do problema veličine i granica zaštićenih područja zbog činjenice da buka ili zvuk putuju morem. Primjer morskog zaštićenog područja je utočište za morske sisavce na Kanarskim otocima gdje se nadgleda podmorska buka i njen utjecaj zbog velike katastrofe koja je nastala nasukavanjem kljunastog kita zbog vojnih sonara. Također, sve se više spominju alternativne tehnologije i sve više industrija ih pokušava uvrstiti u svoje procese. Alternativne tehnologije podrazumijevaju nove metode rada, tehnološke modifikacije opreme ili zamjena stare opreme novom koja je manje štetna za okoliš, a daje jednake rezultate rada (Wright, 2014). U Mediteranu je uspostavljen quietMED projekt kojem je cilj bolja suradnja država koje dijele istu regiju mora. Suradnjom država pokušavaju smanjiti

štetu koja je nastala utjecajem buke kao posljedice ljudskog djelovanja na morske sisavce. To se postiže na način da su postavljene mjerne stanice (Slika 4.) koje bilježe količinu okolišne buke i prisutnost morskih sisavaca. Rezultatima prikupljenim ovom vrstom monitoringa moći će se doći do zaključka kako smanjiti određenu buku, treba li još neko područje proglasiti zaštićenim, a isto tako saznat će se migracijski putevi morskih sisavaca i njihova preferirana obitavališta (URL [accobams.org](https://accobams.org); <https://accobams.org/conservations-action/anthropogenic-noise/>).

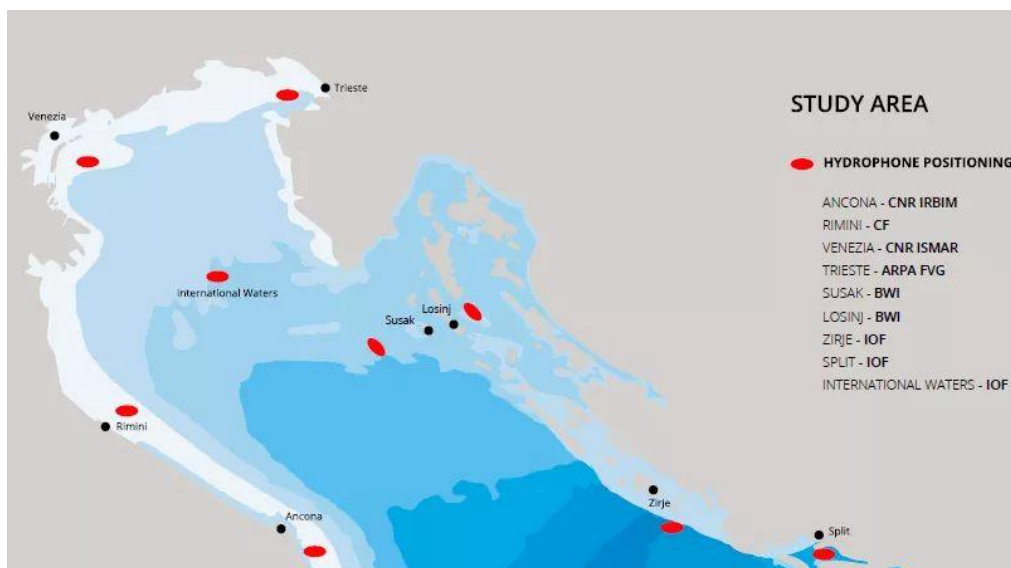


Slika 4. Prikaz lokacija mjernih stanica quietMED projekta.

Izvor: <https://accobams.org/conservations-action/anthropogenic-noise/>.

Dugotrajno rješenje smanjenja buke bio bi prestanak korištenja nafte i plina. Osim problema koje nafta uzrokuje u okolišu, a s kojima smo svi dobro upoznati, proces pronalaska nafte i bušenja te postavljanja naftnih platformi je jako bučan. Pri pronalaženju nafte koriste se seizmička ispitivanja. Osim toga, buka koju stvaraju brodovi i njihovi motori smanjit će se kada svi brodovi zamjene svoje dizel ili benzinske motore s električnim koji su puno tiši. Dizel motori osim što su glasni proizvode i velike količine vibracija.

U Hrvatskoj Institut Plavi svijet u suradnji sa Institutom za oceanografiju i ribarstvo (IOR) u Splitu nadgleda i odrađuje monitoring pomorske buke u Jadranskom moru i njen utjecaj na morske sisavce. Projekt SOUNDSCAPE ima za cilj pomoću niza postavljenih hidrofona (Slika 5.) prikupljati podatke jačine buke plovila i drugih podmorskih aktivnosti te praćenje morskih sisavaca i korelaciju ili preklapanje njihovih pozicija. Isto tako IOR izrađuje modele širenja buke iz raznih plovila kako bi se bolje razumio brodski promet i utjecaj plovila (URL [plavi-svijet.org](https://www.plavi-svijet.org); <https://www.plavi-svijet.org/cime-se-bavimo/nasi-projekti/soundscape/>).



Slika 5. Prikaz položaja hidrofona projekta SOUNDSCAPE.  
 Izvor: <https://www.plavi-svijet.org/cime-se-bavimo/nasi-projekti/soundscape/>.

## 4. Zaključak

Morski sisavci su jedni od najugroženijih organizama današnjice. Istraživanjem njihovih navika, ponašanja i komunikacije možemo bolje razumjeti njihovu ulogu i važnost u ekosustavu. Buka je najveći neprijatelj morskim sisavcima jer onemogućuje njihovu komunikaciju koja im je potrebna u svim aspektima života. Također, buka ometa njihovo snalaženje u prostoru i uspješnost obavljanja životnih funkcija.

Sredozemno more je jedno od najbučnijih mora zbog velikog broja pomorskih puteva koji prolaze njime; ti putevi preklapaju se s putevima kretanja morskih sisavaca i samim time im nanose štetu. Istraživanja su i dalje malobrojna što se tiče utjecaja buke na morske sisavce, no sve više i više znanstvenika se bavi ovom temom, pa i znanstvenici diljem Hrvatske.

Postoji mnogo opcija dostupnih za smanjenje utjecaja buke na morske sisavce, no njihova uspješnost je ograničena.

Sigurne zone i utočišta za morske sisavce su kratkotrajno rješenje koje nije u potpunosti učinkovito. Potrebno je smanjiti utjecaj ljudskih aktivnosti na morski okoliš. Također, tehnološki razvoj i upotreba novih tehnologija za obavljanje aktivnosti smanjila bi proizvodnju podmorske buke jer bi nove tehnologije bile tiše i ne bi emitirale vibracije.

Najbrže i najefektivnije rješenje je prestanak nekih podmorskih aktivnosti, poput izvlačenja nafte i crpljenja plina, čime bi se veliki broj izvora buke uklonio iz okoliša.

Društvo koje ne pripada znanstvenoj zajednici potrebno je educirati i pokazati koliko zapravo utjecaj buka ima na morske sisavce. Održavanjem radionica, reklamama i zanimljivim edukativnim mrežnim stranicama zaokupiti pažnju građanima o ovom velikom problemu s kojim se suočava morski okoliš i njegovi stanovnici. Ako ljudi nisu educirani promjena neće biti učinkovita jer smatraju da problem ne postoji. Znanstvena zajednica ne može sama donijeti promjene, ona može pokazati rezultate istraživanja i snimke utjecaja buke na morske sisavce, ali samo sa zainteresiranošću javnosti promjene mogu uistinu stupiti na snagu.

## 5. Literatura

- Bennett, K. (2020), Underwater noise- The neglected threat to marine life  
[https://ccb.se/wp-content/uploads/2020/11/underwaternoise\\_theneglectedthreat\\_final\\_2020-11-05.pdf](https://ccb.se/wp-content/uploads/2020/11/underwaternoise_theneglectedthreat_final_2020-11-05.pdf)
- Bowen, W.D. (1997), Role of marine mammals in aquatic ecosystems  
<https://www.int-res.com/articles/meps/158/m158p267.pdf>
- Erbe, C. (2012.), Effects of Underwater Noise on Marine Mammals. The effects of Noise on Aquatic Life, 17-22.
- Fair, P.A., Becker, P.R. (2000), Review of stress in marine mammals. Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery 7, 335–354  
<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1009968113079#citeas>
- Ketten, D. R. (2000). Cetacean Ears. Springer Handbook of Auditory Research
- Myrberg, A. A. (1990). The effects of man-made noise on the behavior of marine animals. Environment International, 16(4-6), 575–586.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0160412090900285>
- National Research Council (US) (2003), Committee on Potential Impacts of Ambient Noise in the Ocean on Marine Mammals. Ocean Noise and Marine Mammals. Washington (DC): National Academies Press (US)  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25057640/>
- Podesta, M i sur, (2006), A review of Cuvier’s beaked whale strandings in the Mediterranean Sea
- Richardson, W. J., Greene, Jr. C. R., Malme, C. I., Thomson, D. H. (1997), Marine Mammals and Noise. Academic Press
- Weilgart, L. (2007). A Brief Review of Known Effects of Noise on Marine Mammals. International Journal of Comparative Psychology, 20(2)  
<https://escholarship.org/uc/item/11m5g19h#author>
- Wright, A. J. (2014). Reducing Impacts of Noise from Human Activities on Cetaceans Knowledge Gap Analysis and Recommendations, WWF.

Mrežni izvori:

- URL1- <https://www.cbd.int/doc/meetings/mar/mcbem-2014-01/other/mcbem-2014-01-submission-wwf-01-en.pdf>
- URL2- <https://www.oceancare.org/en/our-work/ocean-conservation/underwater-noise/silent-oceans-noise-mediterranean-sea/>
- URL3- <https://accobams.org/conservations-action/anthropogenic-noise/>