

Termalna biologija morskih kornjača

Vidaček, Mia

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:137:856949>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-29**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)



Sveučilište Jurja Dobrile u Puli
Odjel za prirodne i zdravstvene studije

MIA VIDAČEK

TERMALNA BIOLOGIJA MORSKIH KORNJAČA

Završni rad

Pula, 12. rujna, 2017. godine

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli
Odjel za prirodne i zdravstvene studije

MIA VIDAČEK

TERMALNA BIOLOGIJA MORSKIH KORNJAČA

Završni rad

JMBAG: 0303046512 redoviti student

Studijski smjer: Preddiplomski studij znanosti o moru

Predmet: Kralješnjaci mora

Znanstveno područje: Prirodne znanosti

Znanstveno polje: Interdisciplinarne prirodne znanosti

Znanstvena grana: Znanost o moru

Mentor: Bojan Lazar

Pula, rujan, 2017. godine



IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisani Mia Vidaček, kandidat za prvostupnika Znanosti o moru ovime izjavljujem da je ovaj Završni rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Završnog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Student

Mia Vidaček

U Puli, 12. rujna, 2017. godine



IZJAVA
o korištenju autorskog djela

Ja, Mia Vidaček dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj završni rad pod nazivom Termalna biologija morskih kornjača koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu s Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama.

Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, 12. rujna 2017.

Potpis

Mia Vidaček

SADRŽAJ

| | |
|---|----|
| 1. Uvod | 6 |
| 1.1. Termalna biologija..... | 6 |
| 1.2. Termalna biologija vodenih organizama | 8 |
| 1.3. Biologija i životni ciklus morskih kornjača | 10 |
| 2. Utjecaj temperaturnog okoliša na morske kornjače | 14 |
| 2.1. Razmnožavanje i embrionalni razvoj..... | 14 |
| 2.1.1. Vrijeme inkubacije i preživljavanje gnijezda | 14 |
| 2.1.2. Determinacija i odnos spolova | 15 |
| 2.2. Ekologija u morskim staništima | 19 |
| 2.2.1. Rasprostranjenost i sezonske migracije | 19 |
| 2.2.2. Zimovanje | 21 |
| 2.2.3. Ishrana..... | 24 |
| 2.3. Anatomsko-fiziološke prilagodbe..... | 26 |
| 2.3.1. Izolacija..... | 26 |
| 2.3.2. Protustrujna izmjena topline | 29 |
| 3. Utjecaj klimatskih promjena na morske kornjače | 32 |
| 4. Zaključak..... | 34 |
| 5. Literatura..... | 35 |
| 6. Izvori slika | 39 |
| 7. Sažetak | 41 |
| 8. Ključne riječi | 41 |
| 9. Abstract..... | 42 |
| 10. Key words | 42 |

1. UVOD

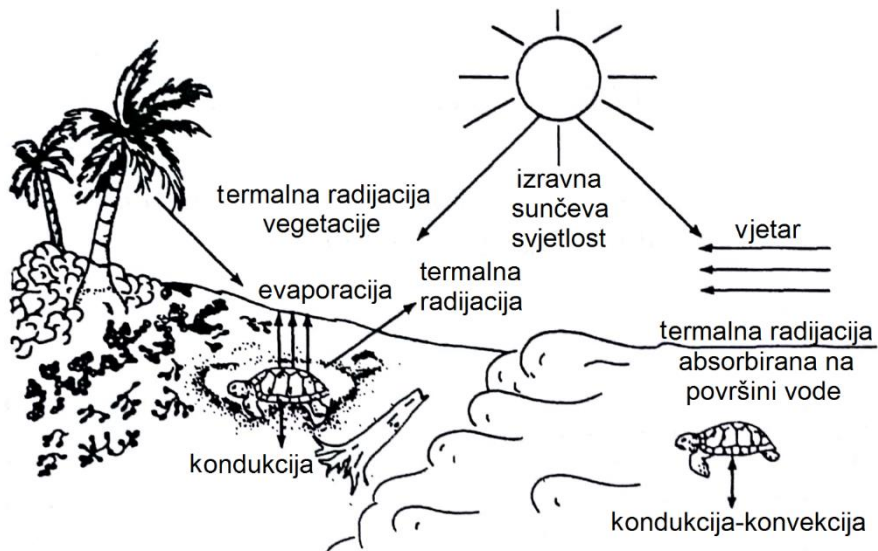
1.1. Termalna biologija

Termalna biologija proučava utjecaj temperature na organizme te fiziološke i anatomske prilagodbe organizma na temperaturu okoliša (Willis, 1997). Organizme možemo dijeliti na termoregulatore i termokonformere. Temperatura unutrašnjosti tijela termoregulatornog organizma regulirana je u određenoj mjeri autonomnim procesima i/ili ponašanjem. Temperatura tijela termokonformnog organizma varira u ovisnosti od temperature okoline (Bligh i Johnsons, 1973).

Prema odnosu tjelesne temperature i temperature okoliša, organizme dijelimo na poikiloterme (grč. *poikilos* – varijabilan) i homeoterme (grč. *homoios* – sličan). Tjelesna temperatura poikilotermnih organizama oscilira zajedno sa temperaturom okoliša. Homeotermni organizmi zadržavaju konstantnu tjelesnu temperaturu neovisno o oscilacijama temperature okoliša. Niže temperature uzrokuju smanjenje aktivnosti poikilotermnih organizama, dok homeotermni organizmi ostaju aktivni.

Temperatura se prenosi sa toplijeg tijela prema hladnijem tijelu na tri načina: evaporacijom, kondukcijom i radijacijom (slika 1). Gubitak tjelesne tekućine evaporacijom je fiziološki mehanizam koji služi za hlađenje organizma. Dišni sustav kralješnjaka koji dišu atmosferski zrak omogućava izdisanje zraka koji je zasićen vodenom parom. Na taj način organizam konstanto ispušta toplinu kroz dišni sustav, čak i u odsutnosti termalnog stresa.

Da bi se temperatura prenijela kondukcijom, tijela moraju biti u kontaktu. Temperatura će se prenijeti bez obzira jesu li krute tvari, tekućine ili plinovi. Koliko će se lako prenijeti temperatura ovisi o provodljivosti tijela. Svaki materijal ima svoji koeficijent provodljivosti. Na primjer, provodljivost zraka je $0,000057 \text{ cal s}^{-1} \text{ cm}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, dok je provodljivost vode $0,0014 \text{ cal s}^{-1} \text{ cm}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. U fluidima, prijenos topline je ubrzan procesom konvekcije potaknut masovnim kretanjem fluida. Kada fluid dolazi u kontakt sa krutom tvari koja je toplija, kondukcijom toplina prelazi iz krute tvari u fluid. Ako je fluid u pokretu, zagrijan fluid zamjenjuje hladan fluid te je gubitak topline krute tvari ubrzan (Schmidt-Nielsen, 1997).



Slika 1. Izmjena topline između morskih kornjača i okoliša. Na kopnu se izmjena odvija radijacijom, konvekcijom (vjetar), evaporacijom i kondukcijom. U vodi se izmjena odvija kondukcijom-konvekcijom (Lutz i Musick, 1997).

Kada tijela nisu u kontaktu, toplina se prenosi radijacijom. Svi fizički objekti čija je temperatura iznad 0K emitiraju i primaju elektromagnetsko zračenje od okoline. Temperatura tijela koje emitira radijaciju određuje intenzitet i valnu duljinu zračenja. Količina topline koju će tijelo dobiti elektromagnetskom radijacijom ovisi o apsorpciji tijela. Savršeno crno tijelo će apsorbirati 100% radijacije, dok će savršeni reflektor odraziti 100% radijacije i njegova će apsorpcija biti 0%. Apсорpcija elektromagnetskog zračenja je proporcionalna emisiji elektromagnetskog zračenja. Vrhunac intenziteta radijacije Sunca se nalazi u spektru vidljivog svjetla te boja tijela koje apsorpira radijaciju utječe na količinu apsorbirane topline. Tijela tamnije boje koja su izložena direktnoj sunčevoj svjetlosti će apsorbirati znatno više radijacije od tijela svjetlije boje izložena istoj radijaciji.

Manji objekti, kao i manji organizmi, imaju veći odnos površine i volumena tijela. Iz tog razloga se puno brže griju i hlade. Središnji dio tijela malih organizama je bliži površini tijela te se lakše grije i hladi dok je središnji dio tijela udaljeniji kod većih organizama te je utjecaj temperature okoliša manji. Kako temperaturni gradijent ide od hladnijeg tijela prema toplijem, temperatura se konstantno izmjenjuje između okoliša i organizma. Da bi organizam zadržao konstantnu tjelesnu temperaturu, dobitak i gubitak topline moraju biti izjednačeni (Schmidt-Nielsen, 1997).

Neki poikilotermni organizmi poput guštera mogu održavati tjelesnu temperaturu iznad temperature okoliša izlaganjem radijaciji Sunca. Da bi smo razlikovali takve poikilotermne organizme od onih koji održavaju temperaturu metaboličkom proizvodnjom topline dijelimo ih na endotermne i egzotermne. Endotermni organizmi održavaju stabilnu tjelesnu temperaturu unutar njom metaboličkom proizvodnjom topline, dok egzotermni organizmi ovise o vanjskim izvorima topline, poput solarne radijacije.

Organizmi koriste kemijsku energiju pohranjenu u stanicama u kemijskim vezama u obliku ATP-a da bi obavili razne fiziološke funkcije. Ukupnu upotrebu te energije nazivamo energetske metabolizmom. Metabolička aktivnost se odnosi na energetske metabolizam po jedinici vremena, a možemo je mjeriti kao ukupnu proizvodnju topline organizma. Drugi način određivanja metaboličke aktivnosti je potrošnja kisika tijekom oksidacijskih procesa. Ova metoda se ne može primijeniti za procjenu metaboličke aktivnosti anaerobnih organizama jer je njihova potrošnja kisika jednaka nuli, ali metabolička aktivnost nije. Količina topline proizvedena u organizmu po litri kisika korištenog u metabolizmu je gotovo konstanta: $4,8 \text{ kcal l(O}_2\text{)}^{-1}$ (Schmidt-Nielsen, 1997).

1.2. Termalna biologija vodenih organizama

Zbog velikog toplinskog kapaciteta i velike termalne provodljivosti, koeficijent konvekcije vode je otprilike 25 puta veći od koeficijenta konvekcije zraka. Voda apsorbira ultraljubičasto i infracrveno zračenje te je poprilično propusna za vidljivu radijaciju. Organizmi koji se nalaze u vodi, poput morskih kornjača, mogu apsorbirati dio radijacije, ali je ne mogu emitirati da bi zagrijali okoliš. Izmjena topline konvekcijom u vodi je veoma brza te ograničava sposobnost zagrijavanja organizma metabolizmom.

Veliki dio organizama koji žive u hladnim područjima koriste krzno kako bi se izolirali od hladnog okoliša. Stupanj izolacije ovisi o gustoći krzna te će organizmi koji žive u hladnijim područjima imati gušće krzno. U vodi, krzno ne pruža dobru termalnu izolaciju. Organizmi koji žive u vodi, poput tuljana i kitova, koriste sloj masnoće (engl. *blubber*) kako bi se zaštitili od hladne morske vode. Odnos veličine i površine organizma je također bitan čimbenik preživljavanja u hladnom okolišu. Veći organizmi, poput kitova, bolje podnose niske temperature (Schmidt-Nielsen, 1997).

U slučaju morskih kornjača, veće vrste poput glavate želve (*Caretta caretta*) i zelene želve (*Chelonia mydas*) mogu održati temperaturu unutrašnjosti tijela 1 do 2°C iznad temperature okolne morske vode. Zelena želva može povećati temperaturu tijela do 7°C iznad temperature okolne morske vode pri velikoj lokomotornoj aktivnosti.

Sedmopruga usminjača (*Dermochelys coriacea*), najveća među morskim kornjačama, se često nalazi u vodama sjeverno od Newfoundlanda gdje je temperatura vode između 0 i 15°C (srednja temperatura vode je 12,6 °C). U hladnijem okolišu, potreba za metaboličkom aktivnošću je veća. Čak i izležene sedmopruge usminjače imaju tri puta veću metaboličku aktivnost od izležanih glavatih i zelenih želva što ukazuje na to da je standardna metabolička aktivnost veća u sedmoprugoj usminjači u odnosu na druge vrste morskih kornjača. Ova vrsta ne održava tjelesnu temperaturu isključivo metaboličkom aktivnošću već nizom anatomske-fizioloških adaptacija te ponašanjem (Lutz i Musick, 1997).

Povećanje temperature okoliša uzrokuje ubrzavanje mnogih fizioloških procesa u organizmu među kojima ubrajamo i potrošnju kisika. Porast temperature za 10°C će povećati potrošnju kisika za dva ili tri puta. Ovaj fenomen nazivamo Q_{10} načelom.

Dok u morskoj vodi postoji problem hlađenja konvekcijom, na kopnu je prisutan problem pregrijavanja radijacijom. Tjelesna temperatura kornjača u trenutku gniježdenja je između 29 i 32°C. Pretpostavlja se da je gornja temperaturna granica subletalne tjelesne temperature za morske kornjače 40°C. Gotovo sve vrste morskih kornjača se gnijezde noću kako bi izbjegle pregrijavanje zbog solarne radijacije. Jedina vrsta koja se može gnijezditi i danju je pacifička maslinasta želva. Mala veličina tijela joj omogućava efikasnije hlađenje konvekcijom te se može gnijezditi tijekom vjetrovitih oblačnih dana. Na Havajskom otočju, Otočju Galápagos, u Australiji i Meksiku, zabilježen je i dolazak morskih kornjača na plaže kako bi izbjegle morske pse ili parenje sa mužjacima. Kornjače dolaze na hladnije vjetrovite plaže te izbjegavaju periferno pregrijavanje prekrivanjem peraja slojem pijeska, na taj se način površinska temperatura može smanjiti za najviše 10°C (Lutz i Musick, 1997). Sedmopruge usminjače se sunčaju na morskoj površini sa ispruženim perajama tijekom središnjeg dijela dana. Izlaganje cijelog dorzalnog dijela tijela koje je crne boje maksimizira apsorpciju solarne radijacije što olakšava probavu hrane i održavanje tjelesne temperature (James i sur., 2005).

1.3. Biologija i životni ciklus morskih kornjača

Postoji sedam recentnih vrsta morskih kornjača koje potiču od kornjača koje su živjele u estuarnim područjima te su se adaptirale životu u morskom okolišu (Lutz i sur., 2003; Spotila, 2004). Ove vrste se dijele u dvije porodice: Dermochelyidae i Cheloniidae (tablica 1). Sedmopruga usminjača je jedina preživjele vrsta svoje evolucijske linije koja se razlikovala od ostalih kornjača tijekom perioda krede ili jure. Ostale recentne vrste morskih kornjača pripadaju porodici Cheloniidae i smatra se da su se razvile iz zajedničkog pretka u srednjem tercijaru (Dutton i sur., 1999). Kornjače u morskom okolišu su vjerojatno živjele prvenstveno u neritičkoj provinciji, u blizini obale. Selektivnim pritiskom ishrane dio mlađih juvenilnih jedinki je migriralo u oceansku provinciju gdje je konkurencija za hranu manja i rizik od predacije je smanjen. Neke od kornjača iz oceanske provincije se u kasnijim juvenilnim stadijima vratilo u neritičku provinciju. Razlog povratka u neritičku provinciju nakon juvenilne faze mogla bi biti ishrana bentičkim organizmima koji omogućavaju brži rast. Na ovaj se način razvila diferencijacija životnih ciklusa morskih kornjača.

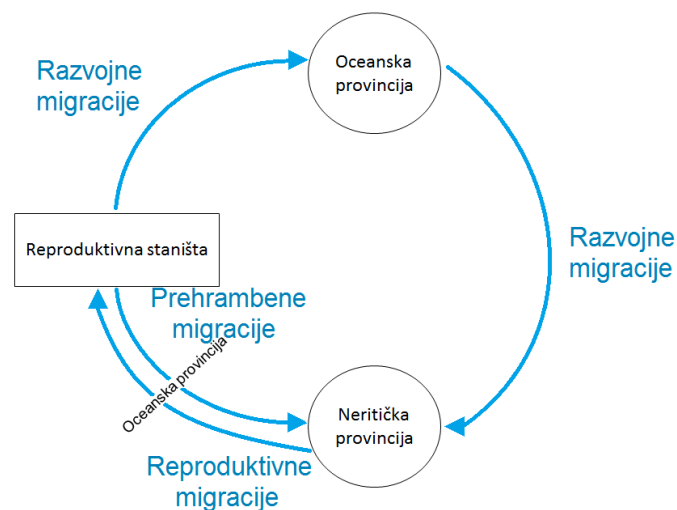
Tablica 1. Klasifikacija živućih morskih kornjača (podaci iz Davenport, 1997).

| | | | |
|----------|----------------|---------------------|---|
| Porodica | Dermochelyidae | | |
| | Rod | <i>Dermochelys</i> | <i>Dermochelys coriacea</i> (sedmopruga usminjača) |
| Porodica | Cheloniidae | | |
| | Rod | <i>Chelonia</i> | <i>Chelonia mydas</i> (zelena želva) |
| | Rod | <i>Caretta</i> | <i>Caretta caretta</i> (glavata želva) |
| | Rod | <i>Eretmochelys</i> | <i>Eretmochelys imbricata</i> (karetna želva) |
| | Rod | <i>Lepidochelys</i> | <i>Lepidochelys olivacea</i> (pacifička maslinasta želva) |
| | | | <i>Lepidochelys kempii</i> (kempijeva želva) |
| | Rod | <i>Natator</i> | <i>Natator depressus</i> (ravnoledna želva) |

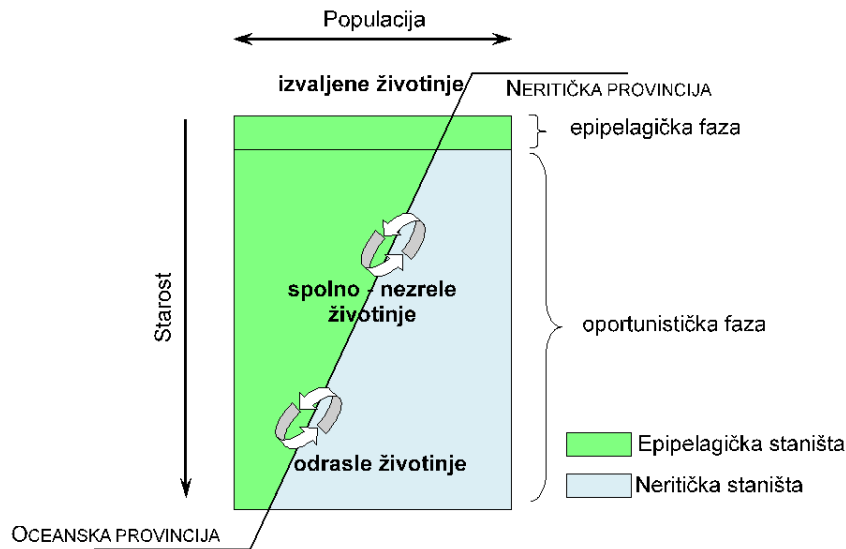
Danas možemo generalizirati tri osnovna životna ciklusa u kojima se najviše razlikuje način i mjesto odvijanja juvenilne faze. Nakon izlijeganja, kornjače izlaze iz gnijezda i kreću se prema moru kako bi otplivale do novog staništa. Juvenilni razvoj

morskih kornjača može započeti u oceanu i kasnije se pomaknuti u neritičku provinciju, može se u potpunosti odvijati u neritičkoj ili oceanskoj provinciji.

Najveći broj vrsta morskih kornjača ima oceansko-neritički životni ciklus, glavni predstavnik je glavata želva (Lutz i sur., 2003). Životni ciklus u moru započinje plivanjem do oceanske provincije gdje provodi rani razvojni stadiji te prelazi u neritičku provinciju za kasni razvojni stadiji (slika 2). U oceanskoj fazi (7 do 11,5 godina), kornjače se hrane pelagičnim plijenom u vodenom stupcu. U neritičkoj fazi hrane se pretežno bentičkim organizmima. Ontogenetska promjena staništa se odvija tranzicijski (slika 3). Samo mlade izležene kornjače koje ne mogu zaroniti do morskog dna nalaze se strogo u oceanskoj provinciji (epipelagička faza), ostale jedinke se kreću između staništa. Mogli bi smo podijeliti juvenilni razvojni stadiji glavate želve na tri faze: oceanska juvenilna faza, tranzicijska juvenilna faza i neritička juvenilna faza (Casale i sur., 2008; Lutz i sur., 2003). Odrasle jedinke oceansko-neritičkog životnog ciklusa mogu ostaviti neritičku provinciju da bi migrirale u reproduktivna staništa što može uključivati prolazak kroz oceansku provinciju između područja ishrane (u neritičkoj provinciji) u područja reprodukcije (u drugoj neritičkoj provinciji).



Slika 2. Shematski prikaz oceansko-neritičkog životnog ciklusa.



Slika 3. Životni model glavate želve (Casale i sur., 2008).

Neritički životni ciklus je karakterističan samo za ravnolednu želvu. Izležene kornjače se hrane u vodenom stupcu te kada dostignu juvenilni stadiji počinju se hraniti bentičkim organizmima. Odrasle jedinke ostaju u neritičkoj provinciji (slika 4). Disperzija jedinki nakon ulaska u more je manja u odnosu na razvojne cikluse koji započinju u oceanu, te je broj jaja po gnijezdu manji u odnosu na ostale vrste, ali su izležene jedinke veće.



Slika 4. Shematski prikaz neritičkog životnog ciklusa.

Rani životni ciklus pacifičke maslinaste želve nije isti u svim populacijama. Filogenetski uzorak ukazuje da su se neke populacije ove vrste nedavno adaptirale na oceanski životni ciklus. Populacije zapadnog Atlantskog oceana i Australije

provode oceansko-neritički životni ciklus, dok populacije istočnog Atlantskog oceana provode oceanski životni ciklus kao i sedmopruga usminjače. Kod obih vrsta izležene kornjače otplivaju kroz neritik da bi dostigle ocean gdje će provesti ostatak života, vraćajući se u neritičku provinciju samo zbog parenja (slika 5; Lutz i sur., 2003).



Slika 5. Shematski prikaz oceanskog životnog ciklusa.

2. UTJECAJ TEMPERATURNOG OKOLIŠA NA MORSKE KORNJAČE

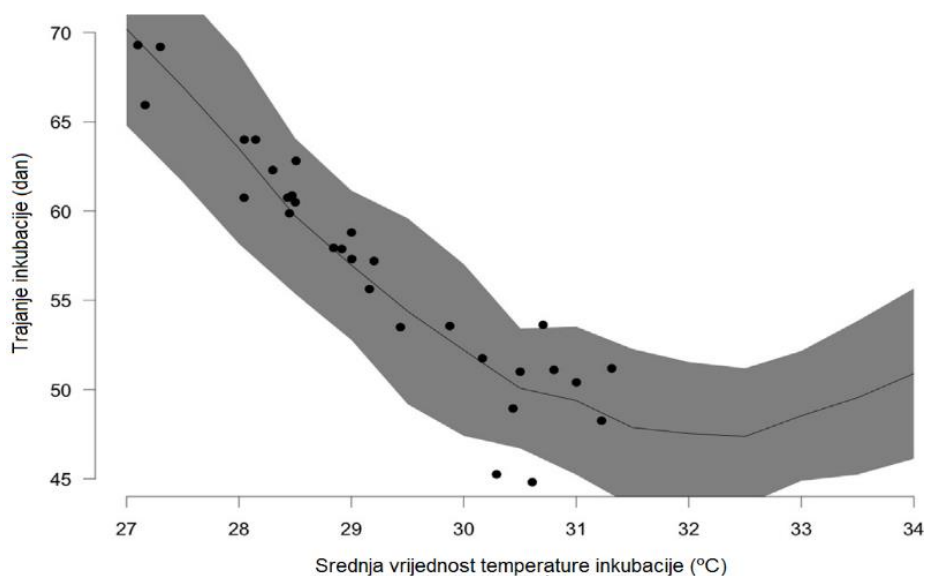
2.1. Razmnožavanje i embrionalni razvoj

Nakon parenja, velike ženske jedinke morskih kornjača dolaze na pješčane plaže kako bi iskopale gnijezdo i položile jaja. U gnijezdu jaja započinju period inkubacije, odnosno vrijeme potrebno da se embriji razvije i izlegne. Temperatura utječe na inkubaciju na dva načina: preživljavanje gnijezda ovisi o tome da li se gnijezdo nalazi unutar termalnih ograničenja te odnos spolova ovisi o temperaturi (Davenport, 1997).

2.1.1. Vrijeme inkubacije i preživljavanje gnijezda

Pri temperaturi od 31°C primijećena je najveća stopa uspješnog izlijeganja, na višim temperaturama je primijećeno značajno smanjenje stope uspješnog razvoja embrija. Embriji glavate želve razvijaju se u rasponu od 25 do 35°C pri konstantnoj temperaturi. Razvoj embrija izvan tog raspona je ugrožen te su mogući subletalni učinci. U drugoj polovici inkubacije u laboratoriju, temperatura od 36°C nije letalna. Na temperaturi od 20°C nisu uočeni vidljivi znakovi razvoja embrija. Primijećeno je da su embriji inkubirani na nižim temperaturama veći od onih inkubiranih na višim temperaturama (Girondot i Kaska, 2014). Pri konstantnoj temperaturi, period inkubacije je duži na nižim temperaturama (Mrosovsky, 1980; Mrosovsky i Yntema, 1980; Spotila, 2004). Ako je temperatura pijeska niska (oko 25°C) inkubacija će trajati između 65 i 70 dana, ako je temperatura pijeska visoka (35°C) period inkubacije će biti kraći (slika 6). Najkraći period inkubacije je 45 dana (Spotila, 2004). U rasponu temperature 26-32 °C, smanjenje temperature za 1°C povećava period inkubacije za pet do osam dana (Mrosovsky, 1980; Mrosovsky i Yntema, 1980). U prirodi se inkubacija ne odvija pri konstantnoj temperaturi. Pretpostavlja se da korelacija između temperature i perioda inkubacije nije linearna (Girondot i Kaska, 2014).

Jaja morskih kornjača se mogu izleći u bilo koje doba dana ili noći, međutim, izlaze iz gnijezda samo u noćnim satima kada je temperatura pijeska niža. Kod zelene želve je primijećeno da jedinke izlaze iz gnijezda kada je temperatura okolnog pijeska ispod 30°C. Izležene kornjače kolektivno izlaze iz gnijezda. Valovi aktivnosti ili



Slika 6. Odnos inkubacije pri konstantnoj temperaturi i perioda inkubacije sa 95% intervalom pouzdanosti (neisprekidana crta i siva regija). Točke označavaju prosječnu temperaturu inkubacije i period inkubacije za 21 proučavano gnijezdo (Girondot i Kaska, 2014).

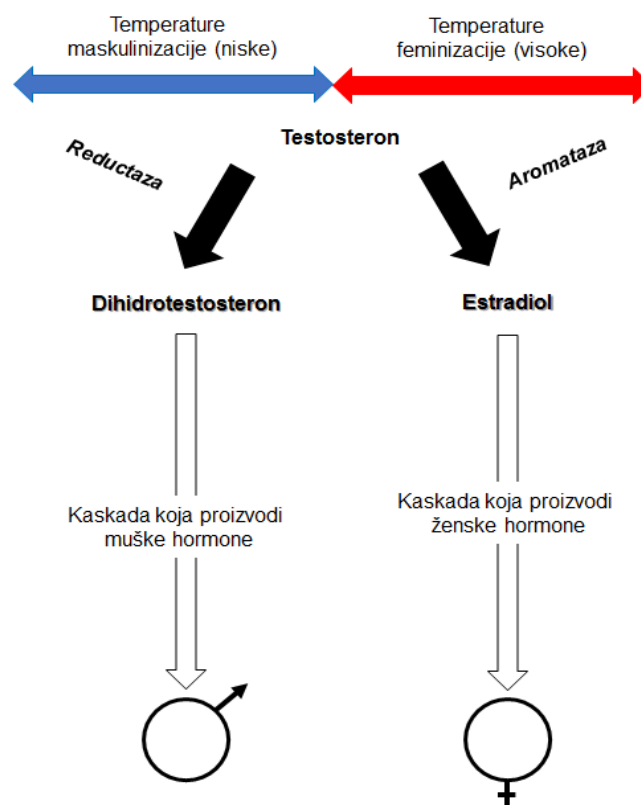
neaktivnosti prolaze kroz zajednicu izleženih kornjača. Kornjača na vrhu se zaustavlja kada pijesak dostigne temperaturu od 30°C, zatim jedinke na nižoj razini također prestanu kopati neovisno o tome što pijesak nije dostigao 30°C na njihovoj lokaciji te zatim stanu i jedinke na još nižoj razini. Na taj način izležene kornjače ne izlaze pojedinačno iz gnijezda nego masovno smanjujući tako rizik od predacije (Davenport, 1997).

2.1.2. Determinacija i odnos spolova

Morske kornjače nemaju morfološki prepoznatljive kromosome za određivanje spola, determinacija spola uvjetovana je okolišem, točnije temperaturom u drugoj trećini embrionalnog razvoja. Ovo termoosjetljivo razdoblje podudara se s razdobljem u kojem je moguće detektirati histološke razlike u gonadama (Davenport, 1997; Godley i sur., 2001). Biokemijski mehanizam koji uzrokuje diferencijaciju spolova, proučavan je kod slatkovodne vrste crvenouha kornjača (*Trachemys scripta*). Spol određuje kaskada steroidnih hormona, a priroda kaskade određena je temperaturom

(slika 7), aktivacijom gena koji kodiraju za steroidne genetičke enzime (na primjer aromataze i reduktaze) i receptorima steroidnih hormona (Davenport, 1997).

Anatomsku diferencijaciju spola čine mikroskopske razlike u gonadama. Glavno obilježje ženki je primjetan germinalni epitel dok su glavno obilježje mužjaka nezreli sjemeni kanalići. Temperatura pri kojoj je omjer spolova legla 1:1 naziva se pivotalnom temperaturom (tablica 2; Mrosovsky i sur., 2002). Pivotalna temperatura u svim vrstama morskih kornjača iznosi od prilike 29°C (Davenport, 1997). Temperature iznad pivotalne daju ženske jedinke, a ispod pivotalne temperature nastaju muške jedinke (slika 8; Godley i sur., 2001; Mrosovsky i sur., 2002).

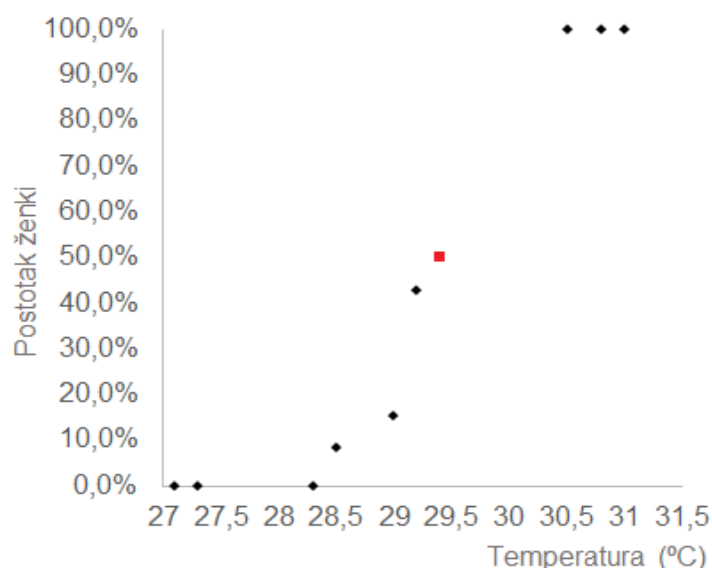


Slika 7. Mehanizam kaskadne determinacije spola uvjetovane temperaturom kod morskih kornjača (Davenport, 1997).

Pretpostavlja se da ta sličnost proizlazi iz činjenice da se sve vrste morskih kornjača gnijezde u sličnim uvjetima: na toplim plažama, ispod pola metra pijeska (Davenport, 1997). Pivotalna temperatura glavate želve procijenjena je između 28,5 i

Tablica 2. Pivotalne temperature vrsta morskih kornjača.

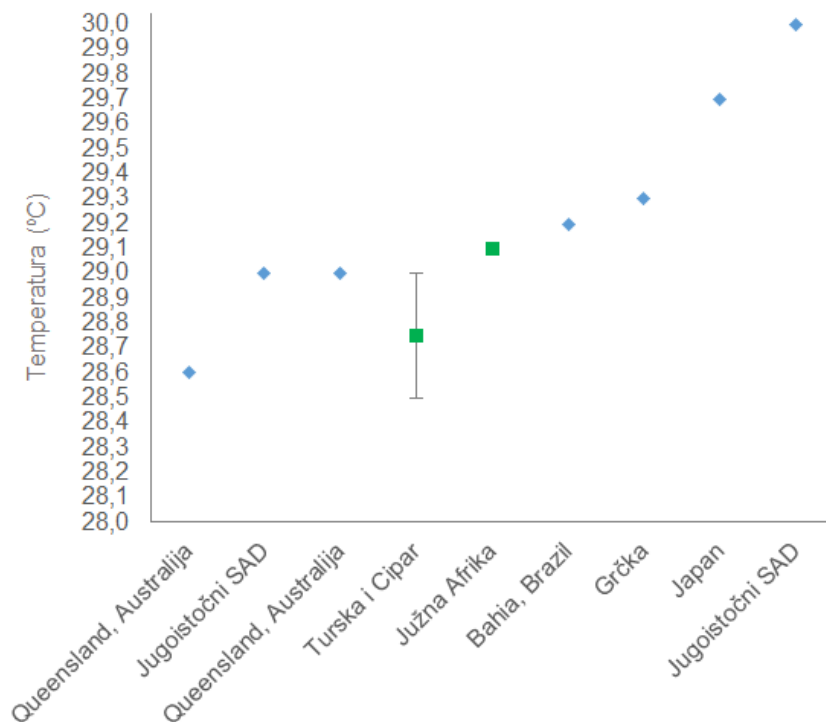
| Vrsta | Pivotalna temperatura | Izvor |
|-------------------------------|-----------------------|------------------------|
| <i>Chelonia mydas</i> | 28,26°C | Davenport, 1997 |
| <i>Eretmochelys imbricata</i> | 29,2°C | Davenport, 1997 |
| <i>Lepidochelys olivacea</i> | 28-32°C | Sandoval i sur., 2011 |
| <i>Caretta caretta</i> | 28,5-30°C | Mrosovsky i sur., 2002 |
| <i>Dermochelys coriacea</i> | 29,5°C | Davenport, 1997 |



Slika 8. Omjer spolova kao funkcija inkubacijske temperature. Crne točke označavaju prosječnu temperaturu inkubacije i postotak ženki, a crveni kvadrat označava pivotalnu temperaturu (29,3°C) dva gnijezda glavate želve (Mrosovsky i sur., 2002).

30°C. Terenska istraživanja dala su kao pivotalnu temperaturu 28,5-29,0°C u Turskoj i Cipru, a u Južnoj Africi ~29,1°C. Istraživanja u laboratoriju su dala kao pivotalnu temperaturu 30,0°C i 29°C u SAD-u, 28,6 i 29 u Queenslandu (Australija), 29,2 u Bahia (Brazil), 29,7 u Japanu i 29,3 u Grčkoj (slika 9; Mrosovsky i sur., 2002).

Temperatura gnijezda ovisi o izmjeni toplinske energije između površine pijeska i zraka. Faktori koji utječu na temperaturu gnijezda su: zemljopisna širina,



Slika 9. Procjena pivotalne temperature vrste glavate želve. Plavi rombi označavaju istraživanja u laboratoriju, a zeleni kvadrati istraživanja na terenu (Mrosovsky i sur., 2002).

dubina gnijezda, boja pijeska, temperatura zraka, temperatura mora, prisutnost hladovine, vremenski uvjeti. Dublja gnijezda imaju konstantniju temperaturu, ali je ona niža. Gnijezda koja se nalaze na plažama sa svjetlijim pijeskom su hladnija. Temperatura gnijezda nije homogena, gornji dio gnijezda je topliji od donjeg. Najviše temperature se očitavaju u sredini gnijezda. Razgradnja organske tvari na plaži također uzrokuje povećanje temperature u gnijezdu. U drugoj polovici vremena inkubacije, temperatura gnijezda je veća od temperature okolnog pijeska za 5 do 7°C. Toplija gnijezda će dati veći udio ženki u odnosu na hladnija gnijezda. Najveći broj ženski će se razviti u sredini gnijezda gdje je temperatura najviša, a najveći broj mužjaka će se razviti na dnu gnijezda gdje je temperatura najniža (Girondot i Kaska, 2014; Godley i sur., 2001; Hays i sur., 2003; Spotila, 2004). Istraživanja provedena na gnijezdima zelene i glavate želve su pokazala da u gnijezdima glavate želve postoji veća varijacija temperature (Girondot i Kaska, 2014). Osim temperature, vlažnost gnijezda utječe na spol jedinki. Pri velikoj količini vlage u prvoj polovici inkubacije broj mužjaka je znatno veći, neovisno o temperaturi (Wyneken i Lolavar, 2015).

Uz prosječnu temperaturu okoliša, na odnos spolova utječe i metaboličko zagrijavanje u termoosjetljivom razdoblju koje može uzrokovati feminizaciju legla. Porast temperature metaboličkim zagrijavanjem zabilježen je u gnijezdima zelene, karetna, glavata i maslinasta želva te sedmopruga usminjača (Godley i sur., 2001). Istraživanja provedena na 32 gnijezda zelene želve na otoku Ascension (Ujedinjeno kraljevstvo) pokazalo je da metaboličko zagrijavanje u drugoj trećini perioda inkubacije dovelo do porasta temperature za 0,07-2,86°C te je udio ženskih jedinki bio 30% veći. Istraživanja provedena na 15 gnijezda glavata želva u Sredozemlju pokazala su porast temperature metaboličkim zagrijavanjem za 0,38-1,48°C u 14 gnijezda (Godley i sur., 2001). Istraživanja provedena na petero gnijezda zelene želva u Heron Island (Australija) i na 20 gnijezda u Grčkoj pokazala su da metaboličko zagrijavanje nema značajni utjecaj na omjer spolova nakon termoosjetljivog razdoblja spolova (Sandoval i sur., 2011).

Poznato je da su izležene jedinke iz gnijezda populacija glavatih želva koje nastanjuju Sredozemlje pretežito ženskog spola. Iz istraživanja provedena tokom šest sezona u Alagadi, Sjeverni Cipar, procijenjeno je da su 89–99% izleženih kornjača ženke. Cipar se nalazi na nižoj granici geografske širine u kojoj živi glavata želva. Ženke iz populacija koje se gnijezde na Cipru su najmanje veličine i polažu gnijezda sa manjim brojem jaja (Godley i sur., 2001).

Gnijezda populacije zelenih želva koje se gnijezde na otoku Ascension su također feminizirane. Na plažama sa tamnijim pijeskom 99,4% izleženih kornjača su ženke, dok su na plažama sa svjetlijim pijeskom 73,8% izleženih jedinki su ženke (Hays i sur., 2003).

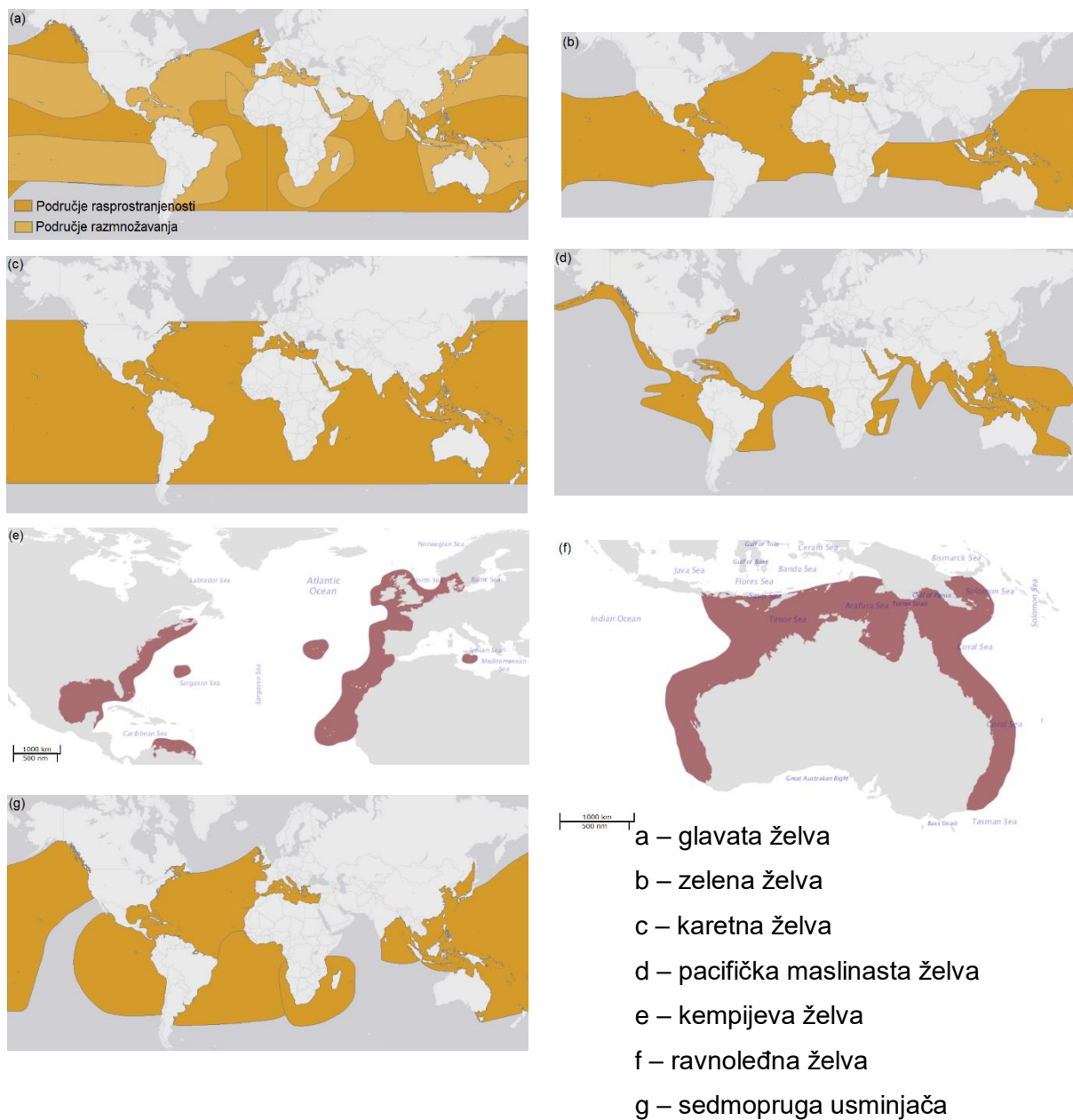
2.2. Ekologija u morskim staništima

2.2.1. Rasprostranjenost i sezonske migracije

Rasprostranjenosti porodice Dermochelyidae i porodice Cheloniidae se razlikuju (slika 10). Sve morske kornjače migriraju sa područja ishrane prema tropskim morima gdje se nalaze njihova reproduktivna staništa. Jedina iznimka je glavata želva, njena reproduktivna staništa se nalaze u suptropskim i umjerenim morima. Nakon reprodukcije migriraju ponovno u područja ishrane (Lutz i sur., 2003).

Porodica Cheloniidae nastanjuje mora površinske temperature ne niže od 20°C. Rasprostranjenost populacije zelene, karetna, ravnoledne i pacifičke maslinaste želve je uglavnom ograničena na tropska i suptropska mora, dok populacije glavate i kempijeve želve provode mnogo vremena u toplim morima umjerenih područja, pokazujući migracije povezane s temperaturom između visokih geografskih širina na kojima se hrane i niskih geografskih širina u kojima provode zimu. Stoga glavate želve koje pripadaju populacijama istočne obale Sjeverne Amerike provode ljeto u priobalnim vodama u blizini New Yorka, na jesen migriraju južno prema Floridi (Wallace i sur., 2005). Zelena i glavata želva su jedine vrste morskih kornjača koje se razmnožavaju u Sredozemnom moru. Glavata želva je jedina vrsta morskih kornjača koja nastanjuje Jadransko more gdje, se hrani i provodi zimu. Jadransko more je također područje u kojem juvenilne jedinke provode pelagičnu fazu. Područja u kojima prebivaju glavate želve u Jadranu se razlikuju ovisno o godišnjem dobu. U toplijem periodu godine glavate želve nastanjuju cijelo Jadransko more. U hladnijim zimskim periodima temperatura mora sjevernog Jadrana pada do 8°C te kornjače migriraju u srednji i južni dio Jadrana gdje je temperatura mora između 12,5 i 13,5°C (Casale i sur., 2004; Lazar i sur. 2002).

Sedmopruga usminjača je jedini veliki oceanski pelagički gmaz koji može podnijeti velike razlike u temperaturi okoliša. Najrasprostranjenija je među svim živućim gmazovima. Gnijezdi se u tropskim područjima gdje temperatura morske vode iznosi 30°C (Wallace i sur., 2005), a hrani se u hladnim sjevernim vodama gdje se temperatura približava 0°C (James i sur., 2006). Opažena je u vodama Japana, Newfoundlanda, Islanda, zapadne Norveške te Ujedinjenog Kraljevstva, u južnoj hemisferi opažena je u vodama Čilea, Perua i Novog Zelanda (Davenport, 1997). Tijekom jedne godine može migrirati od Nove Škotske do Karipskih mora (Davenport, 2017). Sedmopruga usminjača roni na velikim dubinama, redovno dostižući 500 m dubine te ponekad prelazi 1200 m (Davenport, 1997). Na nižim geografskim širinama roni na veće dubine. Pretpostavlja se da dublji zaroni, ispod termokline, na nižim geografskim širinama služe i da bi se ohladila u periodima intenzivnog plivanja poput migracija. Ciljana dubina se povećava sa povećanjem temperature smanjenjem geografske širine (James i sur., 2005).



Slika 10. Rasprostranjenost morskih kornjača.

2.2.2. Zimovanje

Kada temperatura okoliša padne, metabolička aktivnost raste da bi se održala tjelesna temperatura. Kada je energija potrebna za metaboličku aktivnost velika, a izvori hrane rijetki, neki organizmi ulaze u period hibernacije ili zimske letargije da bi

preživjeli zimu. Tijekom ovog perioda, metabolička aktivnost, brzina otkucaja srca, disanje i mnoge druge fiziološke funkcije su znatno smanjene. Sa padom metaboličke aktivnosti, temperatura organizma pada do okolišne temperature. Na taj način se štede energetske zalihe organizma te je smanjena potreba za hranom. Organizam postaje trom te ne pokazuje gotovo nikakav odgovor na vanjske podražaje (Schmidt-Nielsen, 1997).

Kada se bliži zima, da bi izbjegle omamljivanje hladnoćom, morske kornjače mogu migrirati prema tropskim morima ili ući u period zimske letargije. Zimsku letargiju ne provode sve populacije morskih kornjača niti sve jedinke jedne populacije. Nije jasan razlog zašto neke kornjače migriraju u toplije krajeve dok druge zimuju.

Indijanci plemena Seri iz Sonora (Meksiko) su lovili populacije zelene želve koje su zimovale u Kalifornijskom zaljevu. Nalazili bi ih na dubinama od 4 do 8 m tijekom oseke. Kornjače bi se nalazile u mekom sedimentu tako da samo mali dio oklopa viri iz dna (ponekad i samo 10-15 cm) na međusobnoj udaljenosti od 3 do 5 m. Ovaj način zakopavanja omogućio je njihov pronalazak samo u vedrim danima kada je more bilo mirno, a vidljivost maksimalna. Međutim Indijanci su prenosili iz generacije u generaciju spoznaju o lokacijama (nazvanim "kućama") morskih kornjača. Nakon jednog do tri mjeseca bi bile prekrivene filmom mulja i inkrustriranih beskralješnjaka te bi bile znatno mršavije. U Kalifornijskom zaljevu su nađene u blizini livada *Zostera marina* i *Sargassum* (Felger i sur., 1976).

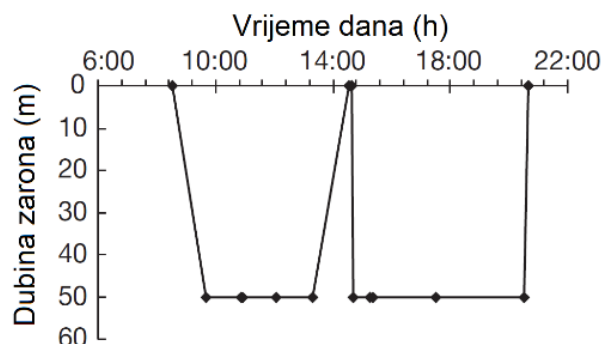
Jedan od prvih dokumentiranih slučajeva zimske letargije morskih kornjača zabilježen je u luci Canaveral kada je između sredine siječnja i sredine ožujka 1978. godine ulovljen rekordni broj glavatih želva slučajnim ulovom kočama. Vjerojatno su u veljači kornjače već i same izlazile iz sedimenta (Carr i sur., 1980).

Provedeno je laboratorijsko istraživanje da bi se utvrdilo je li moguće postići stanje hibernacije kornjača u kontroliranim uvjetima. Istraživanje nije uspjelo dovesti kornjače do stanja hibernacije, međutim pokazala se promjena ponašanja pri niskim temperaturama zelene i kempijeve želve. Odgovor na niže temperature se razlikovao između dviju vrsta. Na temperaturama nižim od 20°C zelene želve su tolerirale hladnoću i sporije plivale, dok su kempijeve želve postale aktivnije. Obje vrste su prikazale polu-aktivno ponašanje na temperaturama nižim od 15°C, dolazile bi do površine periodično radi disanja u intervalima ne dužim od tri sata. Pri nižim temperatura smanjili su se parcijalni tlak venskog kisika i ugljikovog dioksida, dok se

venski pH povisio. Hranjenje se također smanjilo za 50% s sniženjem temperature, kod glavate želve pri 15°C, a kod kempijeve želve pri 20°C, te je prestanak hranjena nastupao na temperaturama nižim od 15°C. Nije se pokazalo omamljivanje hladnoćom kao što je zabilježeno kod divljih morskih kornjača izloženih brzim padom temperature ili duljeg razdoblja zimske letargije, kao što je pretpostavljeno za divlje morske kornjače tijekom hladnih zimskih mjeseci (Moon i sur., 1997).

Dok temperatura zasigurno utječe na stupanj zimske letargije, morske kornjače nisu obvezni hibernatori, a njihova sposobnost da se kreću, pa čak i hrane tijekom zime mogu biti važne za njihov rast i sazrijevanje, kao i za njihovu reproduktivnu sposobnost.

U blizini Sjeverne Amerike, zimovališta se nalaze u uskom pojasu oko 29° geografske širine. U Sredozemnom moru, gdje živi jedna od najvećih populacija glavatih želvi, temperatura mora se spušta ispod 15°C tijekom zime, ali kornjače ne mogu otplivati prema tropskim morima te bi zimska letargija mogla biti dobar izbor za preživljavanje zime. (Hochscheid i sur., 2005). Područja zimovanja glavate želve u Sredozemlju se nalaze oko 45°N gdje je temperatura morske vode >11-12°C (Lazar i sur., 2002). Zimsku letargiju prikazuju zaronima U-oblika (slika 11) što ukazuje na dugi boravak na morskom dnu te izranjaju samo kako bi disale. Kornjače leže na morskom dnu u plićim priobalnim vodama. Snižanjem temperature vode, raste trajanje zarona. Zaroni zbog hranjenja su znatno smanjeni. Glavate želve na ovaj način mogu preživjeti zimu ukoliko temperatura mora ne padne ispod 10°C (Hochscheid i sur., 2007).



Slika 11. Primjer dva U-zarona glavate želve (Hochscheid i sur., 2007).

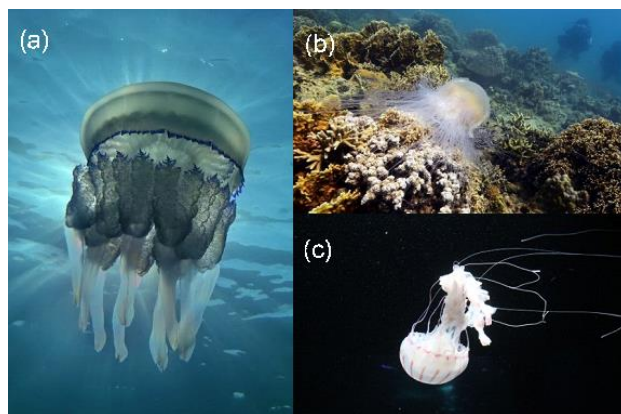
2.2.3. Ishrana

Metabolička aktivnost je pokrenuta kemijskom energijom koju organizam dobiva ishranom. Pri nižim temperaturama metabolička aktivnost raste da bi se održala konstanta tjelesna temperatura. Porastom metaboličke aktivnosti, raste potreba za energijom, odnosno hranom (Schmidt-Nielsen, 1997).

Kornjače porodice Cheloniidae se hrane u tropskim i suptropskim morima. Glavata želva se hrani beskralješnjacima na dubinama do 61 m. Zelena želva se hrani morskim cvjetnicama i algama. Odrasle jedinke Pacifičke maslinaste želve provode svoj život plivajući uz morske struje gdje se sakupljaju mase i ostaci morskih algi te životinje kojima se hrane. Kempijeva želva hrani se rakovima, školjkašima i puževima koje nalazi u plićim priobalnim područjima dubine do 46 m. Karetna želva se hrani spužvama u koraljnim grebenima. Ravnoledna želva se hrani meduzama, morskim perima i drugim beskralješnjacima koji nastanjuju mekana dna priobalnih plitkih voda (Spotila, 2004).

Sedmopruga usminjača se hrani u hladnim morima, kemijsku energiju dobivenu hranom skladišti u obliku masti u potkožnom masnom tkivu. Tijekom zarona zbog lova na plijen na višim geografskim širinama, sedmopruga usminjača dostiže na kratko vrijeme temperature niže od 5°C (Davenport, 1997). Kada je ulovila plijen, izranja na površini da bi ga pojela. Hrani se meduzama, *Pyrosoma* i želatinoznim zooplanktonom kako bi akumulirala mast (33 kJ g mokre mase⁻¹, sastavljena 90% od masnoće). Poznato je da se hrani vrstom meduze *Rhizostoma pulmo* (slika 12a) čije jedinke uglavnom dostižu 20 kg mokre mase, vrstom *Cyanea capillata* (slika 12b) tjelesne mase od 0,5 do 5 kg te *Chrysaora* sp. čija je tjelesna masa nešto manja (0,4-1 kg; slika 12c; Davenport, 2017; Fossette i sur., 2012).

Prehrana temeljena na meduzama je siromašna (0.1-0.2 kJ g mokre mase⁻¹). Jedinke vrste sedmopruge usminjače uglavnom dostižu tjelesnu masu od 300-500 kg, brzo rastu te postoji velika varijacija u tjelesnoj masi ovisno o ciklusu parenja i hranjenja, pogotovo kod ženki koje polažu veliki broj legla. Kako bi brzo rasle i održale svoju veličinu i veliku reproduktivnu proizvodnju, moraju pojesti veliku količinu hrane, 300 t da bi dostigle spolnu zrelost te 1000 t u životnom ciklusu. Izležene kornjače koje su dostigle more dnevno pojedu 100% svoje tjelesne težine u meduzama. U tablici 3 prikazane su prehrambene vrijednosti meduza kojima se



Slika 12. (a) Primjerak *Rhizostoma pulmo* slikana u blizini grada Pule. (b) Primjerak *Cyanea capillata*. (c) Primjerak *Chrysaora Colorata*.

Tablica 3. Sastav plijena (*Cyanea capillata* i *Rhizostoma pulmo*) sedmopruga usminjače (Davenport, 2017).

| | <i>Cyanea capillata</i> | <i>Rhizostoma pulmo</i> |
|---|-------------------------|-------------------------|
| Srednji sadržaj vode (% mokre mase) | 95,8 | 96,1 |
| Sadržaj pepela (% suhe mase) | 76,8 | 83,4 |
| Organski sadržaj (% suhe mase) | 23,2 | 16,6 |
| Energetski sadržaj (kJ g mokre mase ⁻¹) | 0,18 | 0,11 |
| Energetski sadržaj (kJ g suhe mase ⁻¹) | 4,22 | 2,80 |
| Energetski sadržaj (kJ g organske suhe mase ⁻¹) | 18,19 | 16,86 |
| Proteinski sadržaj (% organske suhe mase) | 71,1 | 77,1 |
| Lipidni sadržaj (% organske suhe mase) | 2,2 | 1,9 |
| Ugljikohidrati (% organske suhe mase) | 3,8 | 5,0 |
| Nepoznata tvar (% organske suhe mase) | 22,9 | 16,0 |

najčešće hrani sedmopruga usminjača. Sadržaj vode plijena je visok, dok sol čini veliki dio suhe mase, organski dio čine uglavnom proteini, razine lipida i ugljikohidrata su niske. Energetski sadržaj cijele meduze je nizak, maseno-specifični energetski sadržaj *Rhizostoma pulmo* je 39% manji od maseno-specifičnog sadržaja *Cyanea capillata*.

Prehrana bazirana samo na *Rhizostoma pulmo* ne omogućava akumulaciju 100 kg masti u dvije godine, dok prehrana bazirana na 80% tjelesne mase u *Cyanea capillata* dnevno omogućava skladištenje 100 kg masti u manje od godinu dana pri niskoj metaboličkoj aktivnosti (engl. *Field metabolic rate* – FMR (22,24 kJ kg tjelesne mase⁻¹ dan⁻¹).

Postoje dokazi da sedmopruga usminjača probavlja meduze veoma brzo (22-50 puta brže nego slične mase plijena rakova), uglavnom proteolitičkim enzimima. Ako se brzo oduzima voda i sol meduzama, ostaje suha masa koja je bogata proteinima, tj. bogata energijom (za *Cyanea capillata*: 18.19 kJ g suhe organske mase⁻¹; 71.1% proteina) sa sličnim sadržajem energije i većim udjelom bjelančevina od komercijalnih peleta koji se koriste u akvakulturi (17,6-21,0 kJ g suhe mase⁻¹, 40%-50% proteina; Davenport, 2017).

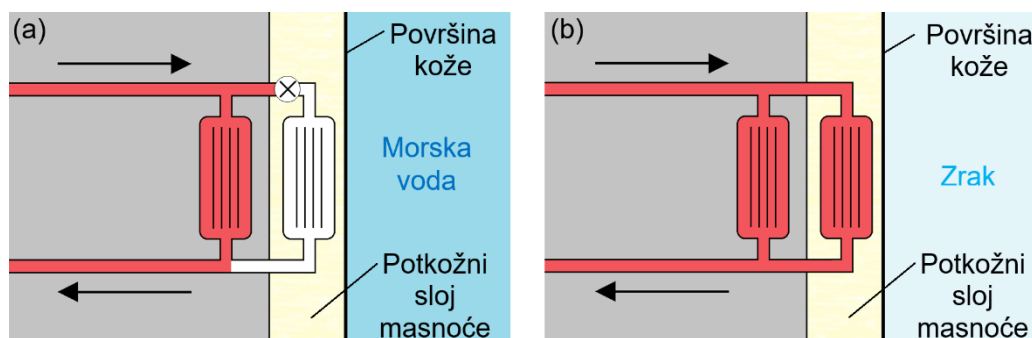
2.3. Anatomsko-fiziološke prilagodbe

Sedmopruga usminjača je jedina među morskim kornjačama koja se hrani u hladnim vodama na rubu zaleđivanja. Da bi održala konstantnu visoku tjelesnu temperaturu (25-27°C) koristi anatomsko-fiziološke prilagodbe (Davenport, 2017).

2.3.1. Izolacija

Za razliku od ostalih morskih kornjača, sedmopruga usminjača ima debeli potkožni sloj masnoće (engl. *blubber*) koji služi kao termalni izolator u hladnim morima na visokim geografskim širinama (Davenport i sur., 1990). Sloj kože iznad masnoće je gotovo iste temperature okolne vode te je gubitak topline kroz površinu tijela sveden na minimum. Sloj masnoće sprječava izmjenu topline između površinskog sloja kože i unutrašnjosti tijela, temperatura odmah ispod sloja masnoće je gotova jednaka temperaturi unutrašnjosti tijela (slika 13a).

Hlađenje organizma konvekcijom je znatno smanjeno izvan vode te se javlja potreba hlađenja organizma kako bi se spriječilo pregrijavanje. Povećava se protok krvi kroz sloj masnoće, na taj način se površina kože zagrijava te je povećan gubitak topline (slika 13b; Schmidt-Nielsen, 1997).



Slika 13. Termička izolacija pružena potkožnim slojem masnoće (a) može se zaobići kada raste potreba za gubitkom temperature (b; Schmidt-Nielsen, 1997).

Točke taljenja lipida karapaksa i plastrona sedmopruge usminjače iznose 23-25°C (Davenport i sur., 1990). Većina (~90%) masti sedmopruge usminjače služe za pohranu energije. Kompozicija masnih kiselina razlikuje se od one kod morskih sisavaca koje imaju prilično visoku razinu zasićenih masnih kiselina (Davenport i sur. 1990; Davenport, 2017). Masnoća je raspoređena u vezivnom tkivu u obliku pčelinjeg saća. Raspodjela i debljina masnoće su u skladu s izolirajućom funkcijom. Vitalni organi sedmopruge usminjače (osim mozga) se nalaze u kapsuli masnoće sa ovojnicom masne kože, iz te kapsule se protežu peraje i rep te je na njihovoj bazi prisutan deblji sloj masnoće (oko 5 cm). Područje grla gdje se nalaze traheja i veće krvne žile je prekriven debelim slojem masnoće (do 5,7 cm) i slabo je vaskulariziran. Gusta masnoća vrata koja pokriva dušnik, mišićni jednjak i velike krvne žile je inače značajka morskih sisavaca. Masnoća je zanemarive debljine na dorzalnom i lateralnim dijelovima vrata. Masnoća na posteriornom dijelu vrata se spaja sa masnoćom plastrona. Prsni mišići se uglavnom nalaze izvan kapsule masnoće. U anteriornim perajama nije pronađena mast. Podaci o točkama ledišta masnog tkiva se nalaze u tablici 4. Lipidi iz perifernih adipoznih tkiva peraja imaju mnogo niže točke smrzavanja nego lipidi središnjeg dijela peraja (Davenport i sur., 1990).

Mozak je jedini vitalni organ sedmopruge usminjače koji se nalazi izvan kapsule masnoće koju čini trup. Prisutan je intrakranijski sloj masnoće koji štiti lubanju i ogromne solne žlijezde koje su dobro vaskularizirane. Iako nema dostupnih kranijских temperatura, kombinacija duboko smještenih velikih žila i znatnih količina

Tablica 4. Točke smrzavanja (°C) adipoznog tkiva sedmopruge usminjače lipida ekstrahiranih iz masnih tkiva (Davenport i sur., 1990).

| | Srednja točka smrzavanja (°C) | SD |
|--------------------------|-------------------------------|-----|
| Adipozno tkivo peraja | 11,4 | 1,2 |
| Adipozno tkivo karapaksa | | |
| Vanjsko | 17,7 | 1,8 |
| Srednje | 16,5 | 0,5 |
| Unutarnje | 17,3 | 1,2 |
| Adipozno tkivo plastrona | | |
| Vanjsko | 17,0 | 1,2 |
| Srednje | 17,0 | 2,3 |
| Unutarnje | 18,3 | 2,3 |
| Adipozno tkivo vrata | 19,6 | 0,2 |

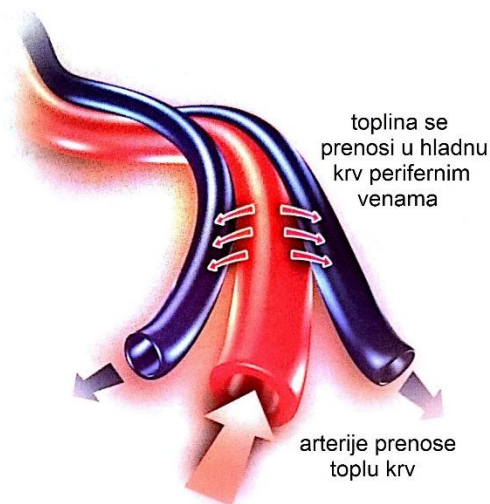
kapsulirajućeg masnog tkiva vjerojatnim čine neznatno sniženje temperature u mozgu i solnim žlijezdama ispod temperature unutrašnjosti tijela. Masni pokrov je manji oko mišića čeljusti. Mišići čeljusti su gotovo kontinuirano aktivni tijekom hranjenja i zarona te termogeneza mišića vjerojatno nadoknađuje bilo koji gubitak provođenjem kroz preklapajuća tkiva. Jedini dio glave sedmopruge usminjače koji nije prekriven masnoćom je rožnica. Izložena je direktno morskoj vodi, a očna vodica vjerojatno ima istu ili sličnu toplinsku provodljivost vode. Retina nije zaštićena adipoznom kapsulom i avaskularna je, ali ima dobro vaskulariziranu žilnicu, tako da će se lako zadržati toplina jer je volumen tkiva retine malen (Davenport i sur., 2009a).

Kako se sedmopruga usminjača hrani na visokim geografskim širinama, hrana je u trenutku ulaska u organizam temperature okolne vode te ju je potrebno zagrijati na temperaturu unutrašnjosti tijela. Ovaj proces se zbiva u iznimno dugom jednjaku. Opaženo je da je hladna hrana izolirana debelim slojevima masnoće od respiratornog trakta, velikih žila, lubanje i njenog sadržaja, kao i solnih žlijezda (Davenport i sur., 2009a).

2.3.2. Protustrujna izmjena topline

U perifernim dijelovima tijela, poput peraja, mogućnost pregrijavanja i pretjeranog hlađenja je velika. Krv će iz perifernih dijelova tijela doći u unutrašnjost tijela i dodatno je zagrijati ili ohladiti.

Veliki gubitak topline kroz krv je spriječen rasporedom krvnih žila koji omogućava protustrujnu izmjenu topline. Arterija vodi krv iz središnjeg dijela tijela prema periferiji, oko arterije se nalaze vene koje vode krv u suprotnom smjeru. Okolna voda hladi vene konvekcijom, ali ih toplina arterije grije prije ponovnog ulaska u središnji dio tijela (slika 14; Lucu, 2010; Schmidt-Nielsen, 1997).



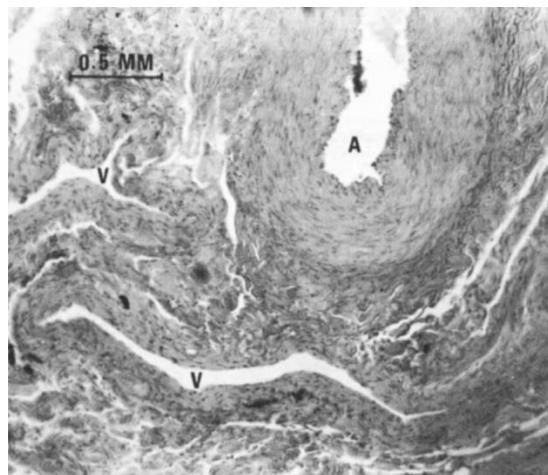
Slika 14. Dio topline se prenosi iz arterija u vene. Oslobađanjem viška topline u površinske vene regulira se konstantnost tjelesne temperature organizma (Lucu, 2010).

Dok je u hladnoj vodi prisutan problem zadržavanja topline, u toploj vodi je prisutan problem hlađenja. Povećanje krvnog tlaka i protoka krvi kroz glavnu arteriju uzrokuju njeno proširenje. Zbog raspodjela žila, arterija pritišće okolne vene koje zatim kolabiraju. Venska krv se zatim vraća u unutrašnjosti tijela alternativnim putem, kroz vene koje smještene bliže površini kože. Na ovaj se način zaobilazi mehanizam protustrujne izmjene topline. Arterijska krv nije više zaštićena od okolišne temperature i gubi toplinu konvekcijom te se venska krv vraća u središnji dio tijela

bez prethodnog zagrijavanja. Ovako raspoređeni krvožilni sustav omogućuje i hlađenje i zadržavanje topline (Schmidt-Nielsen, 1997).

Istraživanja provedena na glavatoj i zelenoj želvi pokazala su da nagli porast temperature okolne vode uzrokuje povećanje protoka krvi u prednjim perajama što omogućuje hlađenje. Smanjenje temperature okolne vode uzrokuje smanjenje protoka krvi u perifernim dijelovima. Pri nižim temperaturama, protok krvi prema glavi se nije smanjio. Na taj se način zadržava više topline u središnjem djelu tijela (Hochscheid i sur., 2002).

U sedmoprugoj usminjači pronađeni su anatomske dokazi protustrujne izmjene topline i u anteriornim i u posteriornim perajama (slika 15; Greer i sur., 1973).



Slika 15. Prikaz arterije (A) i dviju vena (V) u histološkom presjeku vaskularnog snopa lijeve stražnje peraje sedmopruge usminjače (Greer i sur., 1973).

Ždrijelo odrasle jedinke sedmopruge usminjače se značajno razlikuje od ždrijela ostalih živućih vrsta morskih kornjača. Sastoji se od eliptične cijevi gotovo kontinuirane hrskavice, umjesto slijeda kružnih, tijesno posloženih trahealnih prstenova. Sadrži veliki udio uzdužno postavljenih krvnih žila s velikim promjerom koje leže uglavnom u dubljim slojevima sluznice, s izraženim križnim vezama između njih. Raspored je u skladu s njihovom funkcijom protustrujne izmjene topline, zadržavanja topline i održavanja tjelesne temperature. Ovaj je raspored kompatibilan s ulogom zagrijavanja udahnutog zraka. Kada kornjača diše na visokim geografskim širinama, inhalira zrak koji je hladniji u odnosu na temperaturu unutrašnjosti tijela.

Dok putuje duž traheje, zrak će se progresivno zagrijati kroz mukozu te se po potrebi zasićuje vodenom parom. Izdahnuti zrak će se ohladiti i izgubiti vodu kondenzacijom prije ispuštanja u okoliš. Zbog dugih stanki između udisaja, moguće je da će se nepulmonalna frakcija udahnutog zraka (tj. grkljan, ždrijelo i bronhi) zagrijati do temperature unutrašnjosti tijela i da će se dio njegove topline izgubiti izdahom, negirajući (barem do određene mjere) aspekte očuvanja topline protustrujnog sustava (Davenport i sur., 2009b).

3. UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA MORSKE KORNJAČE

Morske kornjače su preživjele te su se adaptirale kroz mnoge klimatske promjene tijekom milenija, međutim način na kojem su to izvele na populacijskoj razini je nepoznat. Ne zna se da li će preživjeti klimatske promjene koje se događaju većom brzinom, prvenstveno zbog antropogenog utjecaja (Butt i sur., 2016; Davenport, 1997). Mogu promijeniti mjesto i vrijeme gniježđenja ili se adaptirati promjenama. Unatoč sporoj izmjeni generacija, morske kornjače se mogu brzo adaptirati. Zbog povećanja temperature će se najvjerojatnije promijeniti plaže za gniježđenje, pomaci mogu biti lokalni ili čak regionalni.

Lokalne promjene mogu uključiti minimalne promjene poput veće udaljenosti od mora (vertikalne promjene) ili po dužini obale prema više osjenčanim mjestima. Regionalne promjene uključuju pomak prema plažama za gniježđenje na višim geografskim širinama ili na otocima udaljenih od kopna (horizontalne promjene) gdje svjetlija boja pijeska stvara niže temperature. Ipak, vjerojatnost da će se velika populacija pomaknuti na regionalnoj razini je veoma mala zbog filopatrije za reproduktivna staništa (Butt i sur., 2016). Također klimatske promjene utječu i na trajanje perioda parenja (tablica 5), povišene vrijednosti pomiču sezone gniježđenja ranije za gotovo sve vrste, samo za sedmoprugu usminjaču je primijećeno da sezona parenja počinje kasnije (Butt i sur., 2016; Neeman i sur., 2014). Povećanjem razine mora, suženjem plaža (tamo gdje se prirodne plaže ne mogu povlačiti zbog ljudskog obalnog razvoja), erozijom obale zbog povećanog broja i jačine oluja smanjiti će se broj plaža na kojima se morske kornjače mogu gnijezditi. Pronalazak drugih i stvaranje novih plaža prigodnih za gniježđenje će postati ključno za održavanje vrste (Butt i sur., 2016; Hawkes i sur., 2014).

Određivanje spola u morskim kornjačama uvjetovano je temperaturom te globalno zatopljenje može imati značajan učinak na omjer spolova unutar vrste tako što se povećava broj ženki. Inkubacijske temperature se približavaju letalnim temperaturama, stopa preživljavanja embrija unutar gnijezda je smanjena te je sukladno s time i dugoročno preživljavanje vrste ugroženo. Promjena temperature utječe također i na veličinu izleženih kornjača, brzinu dolaska do mora te brzinu plivanja nakon ulaska u more. Toplije temperature smanjuju fitness izlegnutih kornjača (Laloë i sur., 2017). Morske kornjače koje izlaze iz toplijih gnijezda su manje

Tablica 5. Procjene promjene u početku i trajanju sezone gniježđenja morskih kornjača (fenologija gnijezda) kao odgovor na povećane temperature površine mora zabilježene u blizini plaže za gniježđenje (Hawkes i sur., 2014).

| Vrsta | Lokacija | Početak sezone gniježđenja | Duljina sezone gniježđenja |
|-------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <i>Caretta caretta</i> | Archie Carr Wildlife Refuge, FL USA | Ranije | Kraća |
| <i>Caretta caretta</i> | Cape Canaveral, FL USA | Ranije | Kraća |
| <i>Caretta caretta</i> | Bald Head Island, NC USA | Ranije | Duža |
| <i>Caretta caretta</i> | Zakynthos, Greece | Ranije | Nema promjena |
| <i>Caretta caretta</i> | USA and Mediterranean | Ranije | Duža |
| <i>Caretta caretta</i> | FL, USA | Ranije | Duža |
| <i>Chelonia mydas</i> | Archie Carr Wildlife Refuge, FL USA | Ranije | Duža |
| <i>Chelonia mydas</i> | Cape Canaveral, FL USA | Nema promjena | Nema promjena |
| <i>Eretmochelys imbricata</i> | Long Island, Antigua | Ranije | Nema promjena |

i sporiji plivači u odnosu na kornjače koje izlaze iz hladnijih gnijezda (Hawkes i sur., 2014). Topli i suhi pijesak povećava mortalitet kornjača koje izlaze iz gnijezda (Tomillo i sur., 2012).

Populacija ravnoledne želve koja se gnijezdi na obalama Karpentarijskog zaljeva (Australija) se dobro adaptirala na povišenje temperature. Visoke temperature (>36°C tijekom 48 sati) nisu utjecale na stopu preživljavanja embrija u gnijezdu, ali su ubrzale razvoj embrija. Pivotalna temperatura je iznosila ~30.4°C. Ova prilagodba će omogućiti da neke populacije ove vrste nastave proizvodnju velikog broja izleženih kornjača oba spola u najstrašnijim scenarijima klimatskih promjena.

Globalno zatopljenje će također pomaknuti područja hranjenja sedmopruge usminjače dublje u umjerene i borealne vode (James i sur., 2006).

4. ZAKLJUČAK

Temperatura je ključan čimbenik razvoja i preživljavanja morskih kornjača. Temperatura okoliša određuje život jedinke od trenutka kada je jaje izlegnuto jer utječe na preživljavanje, razvoj i određivanje spola embrija te na vrijeme izlaska novorođenčadi iz gnijezda kako bi dostigli more. Omjer spolova i stopa preživljavanja jedinki određuju opstanak vrste. Temperatura utječe i na rasprostranjenost morskih kornjača koje se uglavnom nalaze u morima temperature više od 20°C. Dolaskom zime, kornjače mogu migrirati prema toplijim morima ili zimovati. Zimska letargija nije veoma efikasan mehanizam preživljavanja zime. Dodatno snižavanje temperature može dovesti do omamljivanja hladnoćom nakon kojega može nastupiti smrt. Kornjače su lakši plijen tijekom perioda letargije jer ne reagiraju na podražaje okoliša. Samo je sedmopruga usminjača razvila mehanizme preživljavanja na temperaturama nižim od 15°C. Posebne anatomske prilagodbe omogućuju i boravak na temperaturama blizu točke ledišta i u toplim tropskim morima. Klimatske promjene će imati značajan utjecaj na opstanak svih vrsta morskih kornjača. Iako jedinke sedmopruge usminjače mogu preživljavati u širem rasponu temperature u odnosu na ostale vrste morskih kornjača, klimatske promjene će utjecati na demografsku strukturu vrste. Poznato je da su preostale vrste već preživjele klimatske promjene u prošlosti, međutim novo globalno zatopljenje je antropogeno uvjetovano te se događa mnogo brže. Opstati će vrste koje će se uspješno prilagoditi novim uvjetima.

5. LITERATURA

- Bligh, J., Johnsons, K. G. 1973. Glossary of terms for thermal biology. *Journal of Applied Physiology* 35: 941-961
- Butt, N., Whiting., Dethmers, K. 2016. Identifying future sea turtle conservation areas under climate change. *Biological Conservation* 204: 189-196
- Carr. A., Ogren, L., McVea, C. 1980. Apparent hibernation by the Atlantic loggerhead turtle *Caretta caretta* off the Cape Canaveral, Florida. *Biological Conservation* 19: 7-14
- Casale, P., Laurent, L., De Metrio, G. 2004. Incidental capture of marine turtles by the Italian trawl fishery in the north Adriatic Sea. *Biological Conservation* 119: 287-295
- Casale, P., Abbate, G., Freggi, D., Conte, N., Oliverio, M., Argano, R. 2008. Foraging ecology of loggerhead sea turtles *Caretta caretta* in the central Mediterranean Sea: evidence for a relaxed life history model. *Marine Ecology Progress Series* 372: 265-276.
- Davenport, J., Holland, D. L., East, J. 1990. Thermal and biochemical characteristics of the lipids of the leatherback turtle *Dermochelys coriacea*: evidence of endothermy. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 70: 33-41
- Davenport, J. 1997. Temperature and the life-history strategy of sea turtles. *Journal of Thermal Biology* 22: 479-488
- Davenport, J., Fraher, J., Fitzgerald, E., McLaughlin, E., Doyle, T., Harman, L., Cuffe, T. 2009a. Fat head: an analysis of head and neck insulation in the leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*). *The Journal of Experimental Biology* 212: 2753-2759
- Davenport, J., Fraher, J., Fitzgerald, E., McLaughlin, E., Doyle, T., Harman, L., Cuffe, T., Dockery, P. 2009b. Ontogenetic changes in tracheal structure facilitate deep dives and cold water foraging in adult leatherback sea turtles. *The Journal of Experimental Biology* 212: 3440-3447
- Davenport, J. 2017. Crying a river: how much salt-laden jelly can a leatherback turtle really eat? *Journal of Experimental Biology* 220: 1737-1744

- Dutton, P. H., Bowen, B. W., Owens, D. W., Barragan, A., Davis, S. K. 1999. Global phylogeography of the leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*). *The Zoological Society of London* 248: 397-409
- Felger, R. S., Clifton, K., Regal, P. J. 1976. Winter Dormancy in Sea Turtles: Independent Discovery and Exploitation in the Gulf of California by Two Local Cultures. *Science* 191: 283-285
- Fossette, S., Gleiss, A. C., Casey, J. P., Lewis, A. R., Hays G. C. 2012. Does prey size matter? Novel observations of feeding in the leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) allow a test of predator–prey size relationships. *Biology Letters* 8: 351-354
- Girondot, M., Kaska, M. 2014. A model to predict the thermal reaction norm for the embryo growth rate from field data. *Journal of Thermal Biology* 45: 96-102
- Godley, B.J, Broderick, A. C., Downie, J. R., Glen, F., Houghton, J. D., Kirkwood, I., Reece, S., Hays, G. C. 2001. Thermal conditions in nests of loggerhead turtles: further evidence suggesting female skewed sex ratios of hatchling production in the Mediterranean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 263: 45 – 63
- Greer, A. E., Lazzel, J. D., Wright, R. M. 1973. Anatomical Evidence for a Counter-current Heat Exchanger in the Leatherback Turtle (*Dermochelys coriacea*). *Nature* 244: 181
- Hawkes, L., Broderick, A., Godfrey, M., Godley, B. i Witt, M. 2014. *The impacts of climate change on marine turtle reproductive success*. In *Coastal Conservation* (Conservation Biology). Maslo, B., Lockwood, J. 287-310. Cambridge University Press, Cambridge
- Hays, G. C., Broderick, A. C., Glen, F., Godley, B. J. 2003. Climate change and sea turtles: a 150-years reconstruction of incubation temperatures at a major marine turtle rookery. *Global Change Biology* 9: 642-646
- Hochscheid, S., Bentivegna, F., Speakman, J. R. 2002. Regional Blood Flow in Sea Turtles: Implications for Heat Exchange in an Aquatic Ectotherm. *Physiological and Biochemical Zoology* 75: 66–76
- Hochscheid, S., Bentivegna, F., Hays, G. C. 2005. First records of dive durations for a hibernating sea turtle. *Biology Letters* 1: 82-86

- Hochscheid, S., Bentivegna, F., Bradai, M. N., Hays, G. C. 2007. Overwintering behaviour in sea turtles: dormancy is optional. *Marine Ecology Progress Series* 340: 287-298
- James, M. C., Myers, R. A. i Ottensmeyer, C. A. 2005. Behaviour of leatherback sea turtles, *Dermochelys coriacea*, during the migratory cycle. *Proceedings of the Royal Society B* 272: 1547-1555
- James, M. C., Davenport, J., Hays, G. C. 2006. Expanded thermal niche for a diving vertebrate: A leatherback turtle diving into near-freezing water. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 335: 221–226
- Laloë, JO., Cozens, J., Renom, B., Taxonera, A., Hays, G. C. 2017. Climate change and temperature-linked hatchling mortality at a globally important sea turtle nesting site. *Global Change Biology* 23: 1-10
- Lazar, B., Borboroglu, P. B., Tvrtković, N., Žiža, V. Travanj, 2002. *Temporal and spatial distribution of the loggerhead sea turtle, Caretta caretta, in the eastern Adriatic Sea: a seasonal migration pathway?* Sjednica postera predstavljena na 22nd Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation, Miami
- Lucu, Č. 2010. Prilagodbe na niskim temperaturama. Iz *Fiziologija prilagodbe životnija u morskom okolišu*, 163. Profil, Zagreb
- Lutz, P. L., Musick, J. A. 1997. Thermal Biology. U *The Biology of Sea Turtles*, 298. CRC Marine Science Seires, Boca Raton, Boston, London, New York, Washington, D.C.
- Lutz, P. L., Musick, J. A., Wyneken, J. 2003. Adult Migrations and Habitat Use, Variation in Sea Turtle Life History Patterns: Neritic vs. Oceanic Developmental Stages. U *The Biology of Sea Turtles Volume II*, 225-233, 243-253. CRC Marine Science Seires, Boca Raton, London, New York, Washington, D.C.
- Moon, D., Mackenzie, D. S., Owens, D. WM. 1997. Simulated Hibernation of Sea Turtles in the Laboratory: I. Feeding, Breathing Frequency, Blood pH, and Blood Gases. *The Journal of Experimental Zoology* 278: 372-380
- Mrosovsky, N. 1980. Thermal biology of sea turtles. *American Zoologist* 20: 531-547.
- Mrosovsky, N., Yntema, C. L. 1980. Temperature dependence of sexual differentiation in sea turtles: implications for conservation practices. *Biological Conservation* 18: 271-280

- Mrosofsky, N., Kamel, S., Rees, A. F., Margaritoulis, D. 2002. Pivotal temperature for loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from Kyparissia Bay, Greece. *Canadian Journal of Zoology* 80: 2118-2124
- Neeman, N., Robinskon, N. J., Paladino, F. V., Spotila, J. R., O'Connor, M. P. 2014. Phenology shifts in leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*) due to changes in sea surface temperature. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 462: 113–120
- Sandoval, S., Gómez-Muñoz, V., Gutiérrez, J. i Porta-Gándara, M. A. 2011. Metabolic heat estimation of the sea turtle *Lepidochelys olivacea* embryos. *Journal of Thermal Biology* 36: 138-141
- Spotila, J. R. 2004. Life Cycles: From Sand to Sea. U *Sea Turtles: A Complete Guide to Their Biology, Behavior, and Conservation*, 10-29. Johns Hopkins University Press, Baltimore
- Schmidt-Nielsen, K. 1997. Energy metabolism, Temperature effects, Temperature regulation. U *Animal Physiology: Adaptation and environment – fifth edition*, 169- 284. Cambridge University Press
- Tomillo, P. S., Saba, V. S., Blanco, G. S., Stick, C. A., Paladino F. V., Spotila, J. R. 2012. Climate Driven Egg and Hatchling Mortality Threatens Survival of Eastern Pacific Leatherback Turtles. *PLoS ONE* 7: e37602
- Wallace, B. P., Williams C. S., Paladino, F. V., Morreale, S. J., Lindstrom, R. T., Spotila, J. R. 2005. Bioenergetics and diving activity of internesting leatherback turtles *Dermochelys coriacea* at Parque Nacional Marino Las Baulas, Costa Rica. *The Journal of Experimental Biology* 208: 3873-3884
- Willis, J. S. 1997. Preface. U *Thermobiology, Volume 19 – 1st Edition*, 7. JAI Press INC, London
- Wyneken, J. i Lolavar, A. 2015. Loggerhead Sea Turtle Environmental Sex Determination: Implications of Moisture and Temperature for Climate Change Based Predictions for Species Survival. *Journal of Experimental Biology (Molecular and Developmental Evolution)* 323B: 295–314

6. IZVORI SLIKA

Slika 10a Rasprostranjenost glavate želve

<http://maps.iucnredlist.org/map.html?id=3897>; 05.09.2017.

Slika 10b Rasprostranjenost zelene želve

<http://maps.iucnredlist.org/map.html?id=4615>; 05.06.2017.

Slika 10c Rasprostranjenost karetna želve

<http://maps.iucnredlist.org/map.html?id=8005>; 05.09.2017.

Slika 10d Rasprostranjenost pacifičke maslinaste želve

<http://maps.iucnredlist.org/map.html?id=11534>; 05.09.2017.

Slika 10e Rasprostranjenost kempijeve želve

<http://www.fao.org/figis/geoserver/factsheets/species.html?species=TUG-m&prj=4326>; 05.09.2017.

Slika 10f Rasprostranjenost ravnoledne želve

<http://www.fao.org/figis/geoserver/factsheets/species.html?species=TUG-m&prj=4326>; 05.09.2017

Slika 10g Rasprostranjenost sedmopruga usminjače

<http://maps.iucnredlist.org/map.html?id=6494>; 05.09.2017.

Slika 12a Jedinica vrste *Rhizostoma pulmo* slikana u blizini grada Pule

http://yourshot.nationalgeographic.com/u/fQYSUbVfts-T7odkrFJckdiFeHvab0GWOOfzhj7tYdC0uglagsDC3XFIZ6YW6Dmdg8G5KiiVO b6Dcy2aurOgxEYJcFx3GoBY-NR2E-52O9ZZ59F2EyKOjtGeoCZv2IE3wnwmj9JAfphxP4Tk-JbDRyj1EMh5g3XlbX7u9oCo2LQwH18xGIBVyzW_Koz-rSJrSu4lcEns7iq9PSJPSQBzh1b4/; 06.07.2017.

Slika 12b Slika jedinke *Cyanea capillata*

http://yourshot.nationalgeographic.com/u/fQYSUbVfts-T7odkrFJckdiFeHvab0GWOOfzhj7tYdC0uglagsDQlwk7mvDjKwO0c43yrSDiHv7Tww5XXFhPfpEFMiUTSduPgVMikwSDCGgwroovAfL-woQVhvN3wsV82mfVyhC4DD8XfMrCqmxAA-b9j4iAnwOGN_o8VJRhEX8R8gigBbhvSvsVAcVSqC9loR5PkNNYH6II4ookdhNC8FVODBtg/; 06.07.2017.

Slika 12c [http://yourshot.nationalgeographic.com/u/fQYSUbVfts-](http://yourshot.nationalgeographic.com/u/fQYSUbVfts-T7odkrFJckdiFeHvab0GWOOfzhj7tYdC0uglagsDGOWrWq9GIVCGsxtFAF1HH)

[T7odkrFJckdiFeHvab0GWOOfzhj7tYdC0uglagsDGOWrWq9GIVCGsxtFAF1HH](http://yourshot.nationalgeographic.com/u/fQYSUbVfts-T7odkrFJckdiFeHvab0GWOOfzhj7tYdC0uglagsDGOWrWq9GIVCGsxtFAF1HH)

azR06XlzZuzlQoYwNDpQpSsxptoic41xjQk4MV_FwJQsnsNpwwaMoxNa2o3J
5K621yf7KCoUQJ8OXvsPLuA28cyU1kgCY2LuBCYp90m17MaPJ4j0laMuA4i
djiIMGfLgJaXKkOFkN-ZLWMn6CIrs/; 20.07.2017.

7. SAŽETAK

Termalna biologija proučava utjecaj temperaturnog okoliša na organizme te adaptacije organizma na istu. Temperatura se prenosi na tri načina: kondukcijom (konvekcijom), evaporacijom i radijacijom. Utjecaj temperature zrake i vode su različiti. Voda ima veći koeficijent provodljivosti te je hlađenje kondukcijom veće. Vodeni organizmi mogu ostati u toplijim krajevima ili razviti anatomsko-fiziološke prilagodbe na hladnoću. Ove prilagodbe uključuju porast metaboličke aktivnosti, termalnu izolaciju potkožnim slojem masnoće i protustrujnu izmjenu topline. Da bi povećali metaboličku aktivnost i stvorili sloj masnoće potrebna je velika količina kemijske energije koja se dobiva hranom. Samo je sedmopruga usminjača razvila takve adaptacije te jedino nju hladnoća ne omamljuje u vodama temperature ispod 10°C. Sve se morske kornjače gnijezde na tropskim plažama, osim glavate želve koje preferiraju suptropska i umjerena mora. Temperatura unutar gnijezda utječe na omjer spolova i na preživljavanje jedinki unutar gnijezda. Klimatske promjene utjecati će na mjesto i vrijeme gniježdenja te na omjer spolova i stopu preživljavanja jedinki u gnijezdu. Klimatske promjene će dovesti do izumiranja vrsta morskih kornjača koje se neće adaptirati.

8. KLJUČNE RIJEČI

morske kornjače, termalna biologija, temperatura, životni ciklus, globalno zatopljenje

9. ABSTRACT

Thermal biology studies the influence of the ambient temperature on the organism and its adaptation on thus. The temperature is transmitted in three ways: by conduction (convection), evaporation and radiation. Air temperature influence differs from influence of the water temperature. The water has a higher conductivity coefficient and its cooling effect through conductivity is higher. Aquatic organisms can stay in warmer regions or develop anatomical and physiological adaptations to the cold environment. These adjustments include increased metabolic rate, thermal insulation provided by blubber and countercurrent heat exchange. To increase the metabolic rate and create a layer of blubber, a large amount of food to store as chemical energy is needed. Only the leatherback turtle has developed such adjustments, and is the only living turtle species that doesn't suffer from cold stunning in waters whose temperature is below 10°C. All sea turtles nest on tropical beaches, except for the loggerhead which prefers subtropical and temperate seas. The temperature inside the nest affects the sex ratio and the survival of individuals within the nest. Climatic changes will affect the nesting period and the nesting site, as well as the survival rate of individuals in the nest. Climate changes will lead to the extinction of species of sea turtles which are unable to successfully adapt.

10. KEY WORDS

Sea turtles, Thermal biology, Temperature, Life circle, Global warming