

Utjecaj zatočeništva na brumaciju guštera

Đokić, Dunja

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Veterinary Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:178:739372>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-16**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Veterinary Medicine -](#)
[Repository of PHD, master's thesis](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
VETERINARSKI FAKULTET

Dunja Đokić

Utjecaj zatočeništva na brumaciju guštera

Diplomski rad

Zagreb, 2023.

Zavod za bolesti peradi s klinikom

Predstojnik: izv. prof. dr. sc. Željko Gottstein

Mentor: izv. prof. dr. sc. Danijela Horvatek Tomić

Članovi Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1. doc. dr. sc. Maja Lukač
2. dr. sc. Liča Lozica
3. izv. prof. dr. sc. Danijela Horvatek Tomić
4. izv. prof. dr. sc. Željko Gottstein (zamjena)

Zahvala

Zahvaljujem se svojoj obitelji, ponajprije mami Snežani i tati Zoranu jer su vjerovali u mene, ohrabivali me i financijski me zbrinuli kako bih u miru mogla provesti studentske dane. Hvala im na svakom trenutku kada su slušali moje uzbuđeno prepričavanje dogodovština sa fakulteta, što su dijelili moju sreću i moju tugu tokom obrazovanja. Hvala bratu Nikoli i sestri Tamari na lijepim riječima kada su bile potrebne. Pogotovo hvala sestri Heleni što mi je zadnje dvije godine pokazivala da postoji svijetlo na kraju tunela i što je u svakom trenutku bila spremna pomoći.

Hvala mojoj posebnoj osobi što me je tijekom svih ovih godina podržavala, nasmijavala, tješila i ohrabivala.

Posebno zahvaljujem svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Danijeli Horvatek Tomić na strpljenju, razumijevanju i pomoći pri izradi ovog diplomskog rada.

POPIS PRILOGA

Slika 1. Polimorfizam livadne gušterice (*Lacerta agilis*): a) britanski mužjak, b) britanska ženka (Izvor: GILL i sur., 2023.)

Slika 2. Plastična kutija pripremljena za provedbu brumacije livadne gušterice (*Lacerta agilis*) (Izvor: GILL i sur., 2023.)

Slika 3. Jemenski kameleon (*Chamaeleo calypttratus*) sa teškim stomatitisom (Izvor: GIRLING i RAITI, 2019.)

Slika 4. Ozljede uzrokovane napadom psa (Izvor: DEAN, 2018.)

Slika 5. Leopard gekon (*Eublepharis macularius*) (Izvor: GIRLING i RAITI, 2019.)

Slika 6. Bradata agama (*Pogona vitticeps*) (Izvor: GIRLING i RAITI, 2019.)

Tablica 1. Preferirane optimalne temperaturne zone gmazova najčešće držanih kao kućni ljubimci (Izvor: GIRLING i RAITI, 2019.)

OBJAŠNJENJE KRATICA NAVEDENIH U RADU

ACTH – adrenokortikotropni hormon

GAD – glutamat dekarboksilaza

GABA – gama – aminomaslačna kiselina

GSH – glutation

NH₃ – amonijak

POTZ – preferirana optimalna temperaturna zona

ROS – reaktivni kisikovi spojevi

SAD – Sjedinjene Američke Države

T4 – tiroksin

T3 – trijodtironin

SADRŽAJ

1	UVOD	1
2	PREGLED REZULTATA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA.....	2
2.1	BRUMACIJA.....	2
2.1.1	OPĆENITO	2
2.1.2	PRILAGODBE GMAZOVA ZA BRUMACIJU	2
2.1.3	FAKTORI KOJI INDUCIRAJU BRUMACIJU	3
2.1.4	ČIMBENICI KOJI INDUCIRAJU PREKID BRUMACIJE.....	7
2.1.5	HIBERNAKUL	8
2.1.6	FAZE BRUMACIJE	8
2.1.7	UTJECAJ BRUMACIJE NA ORGANIZAM GMAZOVA.....	9
2.1.8	UTJECAJ BRUMACIJE NA REPRODUKCIJU	13
2.2	UTJECAJ ZATOČENIŠTVA NA BRUMACIJU	14
2.2.1	OPĆENITO	14
2.2.2	PROVOĐENJE BRUMACIJE (PROTOKOLI)	15
2.2.3	PRIMJERI PROVOĐENJA BRUMACIJE U ZATOČENIŠTVU	18
2.2.4	BOLESTI POVEZANE S BRUMACIJOM.....	20
2.2.5	BRUMACIJA U GUŠTERA (<i>LACERTILIA</i>)	25
3	ZAKLJUČCI	29
4	LITERATURA.....	30
5	SAŽETAK.....	34
6	SUMMARY	35
7	ŽIVOTOPIS	36

1 UVOD

Sve veća učestalost držanja guštera, kao kućnih ljubimaca, zahtjeva od doktora veterinarske medicine i vlasnika znanje o njihovoj fiziologiji i njihovom prirodnom ponašanju. Brumacija je fiziološko stanje smanjene aktivnosti gmazova, slično hibernaciji sisavaca, koje se javlja u prirodi kada nastupe nepovoljni uvjeti okoline, najčešće pod utjecajem niske temperature, ali i suše, te nedostatne količine hrane. Kako gušteri u zatočeništvu većinom žive u optimalnim uvjetima, na način da su im uvjeti držanja i hranidba prilagođeni fiziološkim potrebama te omogućuju ispoljavanje vrsti svojstvenog ponašanja, jedinke nekih vrsta ne prolaze kroz proces brumacije. Nepostojanje ili pogrešno izvođenje brumacije može dovesti do poremećaja zdravlja kod gmazova što je dosad najčešće zabilježeno u kornjača, ali i guštera.

U ovom diplomskom radu opisati će se utjecaj zatočeništva na proces brumacije u gmazova, posebice guštera, te utjecaj brumacije na fiziološke promjene kod gmazova, prvenstveno u zatočeništvu, ali i u divljini.

2 PREGLED REZULTATA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

2.1 BRUMACIJA

2.1.1 OPĆENITO

Gmazovi su ektotermni kralježnjaci što znači da procesom termogeneze ne proizvode dostatnu količinu topline, već ovise o temperaturi okoliša kako bi održali vlastitu tjelesnu temperaturu (O'MALLEY, 2005.). Različitim mehanizmima termoregulacije, gmazovi održavaju vlastitu tjelesnu temperaturu unutar preferirane optimalne temperaturne zone koja se razlikuje od vrste do vrste, te se također razlikuje ovisno o metaboličkim funkcijama. Za većinu gmazova preferirana optimalna temperaturna zona kreće se između 20-38°C. S obzirom na limitiranu termogenezu i nedostatak masnog tkiva, pojedine vrste gmazova, u nepovoljnim uvjetima okoliša ulaze u brumaciju. Brumacija je fiziološki proces smanjene aktivnosti ili neaktivnosti koji se javlja u gmazova umjerene i suptropske klime te velikih nadmorskih visina. Prema GREGORY (1982.) brumacija se događa primarno zbog pada temperature okoliša, pri čemu se tjelesna temperatura gmaza spušta ispod minimuma optimalne temperaturne zone, međutim JEPSON (2009.) također kao uzroke brumacije spominje sušu i nedostatke izvora hrane.

2.1.2 PRILAGODBE GMAZOVA ZA BRUMACIJU

Kako bi preživjeli brumaciju, ali i kratkoročna naglo nastupajuća razdoblja niskih okolišnih temperatura te nemogućnost hranjenja u takvim uvjetima, gmazovi su razvili posebne prilagodbe. Gmazovi umjerene i suptropske klime te visinskih područja u tropskoj klimi imaju vrlo niske kritične minimalne temperature koje im pri naglom kratkoročnom padu temperature okoliša omogućavaju bijeg od hladnoće ili predatora. Ujedno, aklimatizacija na niske temperature okoliša smanjuje niske kritične minimalne temperature ispod 0°C, što doprinosi duljem odolijevanju hladnoći (GREGORY, 1982.). Izlaganje temperaturama nižim od 0 °C nemoguće je izbjeći, međutim moguća je primjena strategije izbjegavanja smrzavanja (superhlađenja) ili strategije otpornosti na smrzavanje.

Strategija otpornosti na smrzavanje omogućava produljeno preživljavanje kada je smrznuto 50% ili više ukupne vode u tijelu. Tolerancija smrzavanja regulirana je genima koji kodiraju

proteine uključene u vezanje željeza, enzime antioksidativne obrane i inhibitore serin proteaze.

Obzirom da su isti geni uključeni u regulaciju anoksije STOREY (2006.) zaključuje kako se tolerancija smrzavanja temelji na suzbijanju štetnih učinaka anoksije nastale uslijed smrzavanja plazme. Strategija izbjegavanja smrzavanja (superhlađenje) omogućuje toleriranje niskih temperatura hlađenjem cijelog tijela ispod točke smrzavanja tkiva (cca – 0.6°C) bez formiranja ledenih kristala (LOWE i sur., 1971.). BAUWENS (1981.) je visok postotak preživljavanja brumacije *Lacerta vivipara* pripisao sposobnosti superhlađenja, a COSTANZO i sur. (1995.) utvrđuju kako preživljavanju ujedno doprinosi i sposobnost tolerancije smrzavanja. Što se tiče nedostupnosti hrane i neaktivnosti tokom brumacije, za prilagodbu ovakvim uvjetima odgovorna je strategija uštede energije koja se javlja u obliku usporavanja metabolizma (GREGORY, 1982.).

2.1.3 FAKTORI KOJI INDUCIRAJU BRUMACIJU

Brumacija je izuzetno kompleksan mehanizam preživljavanja u gmazova koji se javlja sezonski te omogućava preživljavanje u nepovoljnim uvjetima okoliša. Brumacija se odvija pod utjecajem dvije vrste faktora: prvi su oni koji dolaze od same životinje – endogeni faktori, a drugi su oni koji nastaju izvan životinje, tj. dolaze iz okoliša - egzogeni faktori. GREGORY (1982.) i O'MALLEY (2005.) navode kako su od egzogenih faktora najbitniji temperatura i fotoperiod. Važnost endogenih faktora još uvijek nije u potpunosti razjašnjena, ali RHEIS (2018.) tvrdi kako bi endogeni faktori također mogli imati utjecaja na indukciju brumacije.

2.1.3.1 Egzogeni čimbenici

2.1.3.1.1 Temperatura

Gmazovi ne reguliraju samostalno tjelesnu temperaturu, već u potpunosti ovise o temperaturi okoliša kako bi održali vlastitu tjelesnu temperaturu i životne funkcije, zbog čega je upravo temperatura okoliša najbitniji i najistraženiji egzogeni faktor koji inducira brumaciju. Međutim, postoje podaci o termogenezi u dvije vrste: sedmopruga usminjača (*Dermochelys coriacea*) koja može zadržati toplinu jer ima velike količine tjelesne masti i ženke indijskih

pitona (*Python molorus*) koje stvaraju toplinu kontrakcijama mišića kada griju jaja (VIEIRA ANDRADE i sur., 2015.). S obzirom na nedostatak unutarnje termogeneze, smeđe masti i termogeneze uzrokovane drhtanjem (O'MALLEY, 2005.), većina gmazova tjelesnu temperaturu održava različitim mehanizmima termoregulacije: heliotermijom, tigmotermijom, fiziološkom regulacijom te bihevioralnom regulacijom (DONELEY i sur., 2018.).

Važni parametri koji utječu na termoregulaciju uključuju hranjenje ili probavu, masu, reproduktivni status, aklimatizaciju, bolest, parazitizam, traumu, dehidraciju, hipoksiju, acidobazni status, presvlačenje kože i sezonske ritmove (WARWICK i sur., 2023.). Kako bi termoregulacija bila što uspješnija, gmazovi se zadržavaju u zoni optimalne temperature okoliša koja se razlikuje od vrste do vrste, a u prirodnom staništu se kreće u rasponu 20 – 38°C, s iznimkom kod vrste *Sphenodon punctatus* kod koje se kreće u rasponu temperature 12.8 - 20°C (O'MALLEY, 2005.). U zoni optimalne temperature okoliša gmazovi imaju tjelesnu temperaturu koja omogućuje metaboličke funkcije kao što su probava i razmnožavanje, a koja ovisi o sezoni, dobi, graviditetu i dr.

. Tablica 1. Preferirane optimalne temperature zone (POTZ) gmazova najčešće držanih kao kućni ljubimci (Izvor: GIRLING i RAITI, 2019.)

Vrsta	Geografski raspon	Način života	Stanište	POTZ	Potrebno UV svjetlo
Kornjače					
<i>Chelodina longicollis</i>	Istočna Australija	Poluvodena, dnevna	Umjereno	26-28°C	Da
<i>Emydura macquarii</i>	Istočna Australija	Poluvodena, dnevna	Umjereno	26-28°C	Da
<i>Trachemys scripta elegans</i>	Južni i centralni SAD	Poluvodena, dnevna	Umjereno	20-24°C	Da
<i>Terrapene spp.</i>	Sjeverna Amerika i Meksiko	Kopnena, dnevna	Umjereno do polupustinjsko	25-32°C	Da
<i>Stigmochelys pardalis</i>	Subsaharska Afrika	Kopnena, dnevna	Savansko do polupustinjsko	25-35°C	Da

<i>Centrochelys sulcata</i>	Subsaharska Afrika	Kopnena, dnevna	Savansko do polupustinjsko	25-35°C	Da
Gušteri					
<i>Nephrurus spp.</i>	Centralna Australija	Kopnena, noćna	Polupustinjsko do pustinjsko	29-32°C	Nepoznato
<i>Eublepharis macularius</i>	Indija i Pakistan	Kopnena, aktivna u sumrak	Polupustinjsko	25-30°C	Moguće niske razine
<i>Phelsuma spp.</i>	Otoci Indijskog oceana	Arborealna, dnevna	Tropsko	30-32°C	Da
<i>Iguana iguana</i>	Centralna i Južna Amerika	Arborealna, dnevna	Tropsko	29-32°C	Da
<i>Furcifer pardalis</i>	Madagaskar	Arborealna, dnevna	Tropsko	27-29°C	Da
<i>Trioceros jacksonii</i>	Istočna Afrika	Arborealna, dnevna	Polutropsko do planinsko	24-29°C	Da
<i>Pogona spp.</i>	Australija	Poluarborealna, dnevna	Umjereno do pustinjsko	25-35°C	Da
<i>Tiliqua spp.</i>	Australija	Kopnena, dnevna	Umjereno do tropsko	32-36°C	Da
<i>Varanus exanthematicus</i>	Subsaharska Afrika	Kopnena, dnevna	Polupustinjsko	26-38°C	Da
<i>Varanus spp.</i>	Centralna do sjeverozapadna Australija	Kopnena, dnevna	Pustinjsko do suho tropsko	35-50°C	Da
<i>Varanus spp.</i>	Sjeverna Australija	Poluvodena, dnevna	Tropsko do suho tropsko	35-40°C	Da
<i>Varanus varius</i>	Istočna Australija	Poluarborealna, dnevna	Umjereno do tropsko	35-45°C	Da
Zmije					
<i>Thamnophis sirtalis</i>	Sjeverna Amerika	Kopnena, poluvodena, dnevna	Umjereno	21-28°C	Nepoznato

<i>Pantherophis guttatus</i>	Sjeverna Amerika	Kopnena, dnevna	Polusušno	25-30°C	Nepoznato
<i>Boa constrictor</i>	Centralna i Južna Amerika	Kopnena, poluarborealna, poluvodena, noćna	Tropsko	28-30°C	Nepoznato
<i>Phyton bivittatus</i>	Jugoistočna Azija	Kopnena, noćna	Tropsko	28-30°C	Nepoznato
<i>Morelia spilota mcdowelli</i>	Istočna Australija	Arborealna, noćna	Tropsko	30-35°C	Nepoznato
<i>Morelia viridis</i>	Sjeveroistočna Australija, Papua Nova Gvineja	Arborealna, noćna	Tropsko	28-32°C	Nepoznato

Zbog potpune ovisnosti o temperaturi okoliša, većina se gmazova noću povlači u skloništa kako ne bi bili direktno izloženi niskim temperaturama, te im se zbog pada temperature smanjuje tjelesna aktivnost time uzrokujući otežan bijeg od mogućih predatora (O'MALLEY, 2005.).

GIRLING i RAITI (2019.) navode da izloženost padu temperature okoliša te prolongiranim suboptimalnim temperaturama, uz nemogućnost održavanja tjelesne temperature unutar optimalne zone, inducira brumaciju. U zatočeništvu neodgovarajuća toplinska izloženost može potisnuti imunološki sustav gmazova, što može djelovati sinergistički s drugim oblicima stresa koje nameće zatočeništvo (WARWICK i sur., 2023.).

2.1.3.1.2 Fotoperiod

GREGORY (1982.) u svome radu navodi kako bi, osim temperature, i fotoperiod mogao imati utjecaj na indukciju brumacije. RISMILLER i HELDMAIER (1982.) zaključuju kako je za zelembaća (*Lacerta viridis*) fotoperiod važan sezonski znak koji na jesen, kad se skraćuje

trajanje dana, inducira brumaciju jer su svi njihovi primjerci ispitivanja ušli u brumaciju unatoč stalnoj temperaturi zraka od 23°C, dostupnoj hrani i visokom gradijentu temperatura koji omogućuje normalnu aktivnost. Također, GIRLING i RAITI (2019.) navode kako je za indukciju brumacije pojedinih gmazova umjerene klime, uz manipulaciju temperaturom, potrebna i manipulacija fotoperiodom. Manipulaciju fotoperiodom nužno je započeti najmanje 6 tjedana prije brumacije, smanjenjem osvjetljenja na 6 do 8 sati dnevno.

2.1.3.1.3 Ostali egzogeni čimbenici koji induciraju brumaciju

Iako brumacijom gmazova uglavnom upravlja temperatura, također su važni i ostali čimbenici poput reprodukcije, opskrbe hranom i veličine tijela (O'MALLEY, 2005.).

2.1.3.2 *Endogeni čimbenici*

Endogeni čimbenici koji induciraju brumaciju su oni koji nastaju unutar životinje. O'MALLEY (2005.) smatra kako bi oni također mogli utjecati na indukciju brumacije. RHEIS (2018.) sugerira kako neki gmazovi prolaze kroz hormonalne promjene, promjene razine neurotransmitera i aminokiselina te kako na endogene faktore izravno utječu cirkadijalni ritmovi i okoliš. Još uvijek nije poznato odvijaju li se unutarne promjene spontano i pokreću brumaciju ili se pak unutarne promjene javljaju nakon već započete brumacije.

2.1.4 ČIMBENICI KOJI INDUCIRAJU PREKID BRUMACIJE

Utjecaj egzogenih čimbenika je bolje istražen i razjašnjen te je dokazano kako je porast temperature najčešći i najbitniji egzogeni čimbenik. Generalno se smatra kako su temperature koje induciraju prekid brumacije i stimuliraju kretanje prema površini niže od onih koje bi gmazu osigurale aktivnost na površini (GREGORY, 1982.). S obzirom da većina gmazova brumira u hibernakulima pod zemljom, utjecaj fotoperioda na prekid brumacije je neznatan, međutim porast temperatura tla, zraka ili vode znak je za prekid brumacije. Zabilježeno je da će raniji porast temperatura dovesti do ranijeg prekida brumacije (O'MALLEY, 2005.). BOYER (2006a.) napominje kako kornjače započinju svoje kretanje kada noćne temperature

narastu iznad 18.3°C i dani budu topliji, dok DEAN (2018.), također uz porast temperature, ističe važnost porasta trajanja dnevnog svjetla u prekidu brumacije kornjača.

Što se tiče endogenih čimbenika, oni još nisu u potpunosti razjašnjeni, no spontani prekidi brumacije bez porasta temperature ukazuju na prisutnost mogućih hormonalnih promjena koje sudjeluju kao endogeni faktori (O'MALLEY, 2005.). LUTTERSCHMIDT i sur. (2006.) navode kako su vjerojatno kritično niske temperature (0.5-1°C) okolišni čimbenik koji uključuje endogeni cirkadijalni ciklus koji regulira prekid brumacije zmijske *Thamnophis sirtalis parietalis*.

2.1.5 HIBERNAKUL

Hibernakul je naziv za zimsko utočište u kojem gmazovi zaštićeni prolaze kroz proces brumacije. Hibernakul mora štititi od smrzavanja i isušivanja i mora biti siguran od predatora i poplava. Orijentacija prema jugu osigurava dovoljno insolacije, neovisno o tome je li hibernakul djelomično ili potpuno osunčan. Najčešće se nalazi ispod zemlje jer se brumacija u većine gmazova odvija pod zemljom, ali ponekad se koriste nadzemna skloništa. Hibernakuli mogu biti jazbine drugih vrsta, truli panjevi, rupe nastale od korijenja, mravinjaci, raznorazne pukotine, porušena stabla, zidovi, temelji građevina, ruševine. Pojedine vrste gmazova hibernakule pronalaze u području aktivne sezone, dok ostale vrste migriraju do hibernakula (npr. *Lacerta agilis*) (EDGAR i sur., 2010.).

2.1.6 FAZE BRUMACIJE

Brumacija se prema O'MALLEY (2005.) odvija u četiri faze:

1. Brumacija započinje padom temperature okoliša ispod preferirane optimalne temperature zone pri čemu tjelesna temperatura gmazova istodobno pada. Pad tjelesne temperature i temperature okoliša inhibira apetit.
2. Gmaz uslijed pada temperature traži sklonište (hibernakul) koji će mu služiti kao izolacija od niskih temperatura okoliša te će ga štititi od smrzavanja i isušivanja.

3. Metabolizam se usporava i smanjuje se potreba za kisikom. Masnoća se skladišti u jetri, masnim tijelima tjelesne šupljine i repu te je glavni izvor energije tijekom i nakon brumacije.
4. Porast temperature inducira prekid brumacije i izlazak iz hibernakula.

2.1.7 UTJECAJ BRUMACIJE NA ORGANIZAM GMAZOVA

2.1.7.1 METABOLIZAM

Primarne prilagodbe u organizmu gmazova uočene tijekom brumacije vezane su uz promjene metabolizma. Metabolizam gmazova sporiji je od metabolizma sisavaca, aeroban je, ali zbog slabih aerobnih kapaciteta tokom energičnih aktivnosti, metabolizam se s aerobnog prebacuje na anaerobni. Općenito govoreći, metabolizam gmazova ovisan je o mnogim čimbenicima, a najbitniji od njih je temperatura. Porastom temperature metabolizam se ubrzava, dok pad temperature uzrokuje suprotan efekt odnosno depresiju/supresiju metabolizma. Tijekom brumacije nastupa smanjenje ukupne metaboličke aktivnosti što je rezultat smanjene potrošnje kisika i bazalnog metabolizma. Pomak prema anaerobnom metabolizmu i korištenje pohranjenih rezervi energije pridonose očuvanju energije tijekom ovog stanja mirovanja (O'MALLEY, 2005.). Nusprodukt anaerobnog metabolizma je nastanak laktata te pad pH krvi što dovodi do zamora u aktivnoj sezoni, međutim tokom brumacije ne dolazi do akumulacije laktata u tkivima (L'VOVA, 1980.). GREGORY (1982.) navodi kako depresija metabolizma povećava stopu preživljenja te usporava rad srca uzrokujući smanjeni protok krvi i usporen metabolizam perifernih tkiva. ZENA i sur. (2016.) utvrdili su kako je rad srca tijekom brumacije pod utjecajem parasimpatikusa te da smanjena frekvencija srca ne utječe na tlak u brumirajućih gmazova, vjerojatno zbog povećanog udarnog volumena i hipertrofije stijenke srca.

Post je sastavni dio brumacije, zbog čega se mnoge vrste oslanjaju na pohranjene rezerve energije, te je uobičajeno povećano skladištenje masti i glikogena u mišićima te jetri pred brumaciju (GREGORY, 1982.). GAVIRA i sur. (2018.) ustanovili su kako *Salvator merianae* uslijed posta smanjuje gastrointestinalnu masu uzrokujući atrofiju gastrointestinalnog trakta radi uštede energije tijekom brumacije. Unatoč očitom utjecaju na gastrointestinalnu masu, smanjenje metabolizma ne utječe na kloakalni mikrobiom guštera vrste *Sceloporus virgatus*. S obzirom na sve promjene u metabolizmu koje se događaju tokom brumacije, moguće je kako

postoje mehanizmi stabilizacije kloakalnog mikrobioma, međutim oni još nisu do kraja istraženi (BUNKER i sur., 2022.). MOREIRA i sur. (2018.) zaključili su da je tokom brumacije smanjen oksidativni tonus crijeva argentinskog tegua (*Salvator merianae*), točnije da je formacija reaktivnih kisikovih spojeva (ROS) kao i aktivacija endogenih antioksidansa, ponajprije glutaciona (GSH), smanjena te da nema oksidativnog oštećenja uzrokovanog 80% redukcijom metabolizma.

2.1.7.1.1 Lipidi

Gmazovi se tijekom brumacije oslanjaju na metabolizam zaliha masti kako bi zadovoljili energetske potrebe. Nedostatne energetske zalihe masti uzrokovane lošom tjelesnom kondicijom ili bolešću smanjuju postotak preživljavanja brumacije. Kako je post sastavni dio brumacije, iskorištavanje pohranjenih zaliha ključan je izvor energije tijekom brumacije (GIRLING i RAITI, 2019.). Gmazovi zalihe masti pohranjuju u jetri, trupu, masnim tijelima i repu. Količina pohranjene masti na vrhuncu je u kasnu jesen, a prema proljeću se rezerve smanjuju radi iskorištavanja tokom brumacije (GREGORY, 1982.). Pred samu brumaciju povećavaju se rezerve masti u jetri te mišićima u guštera *Eremias arguata* (L'VOVA (1980.). EL-DEIB (2005a.) je isto zabilježio u egipatske kobre (*Naja haje haje*). GREGORY (1982.) zaključuje, na temelju dotadašnjih istraživanja koja su utvrdila pad koncentracije lipida u krvi te tkivima tokom brumacije, da su lipidi glavni izvor energije u brumaciji gmazova. GREGORYEVU (1982.) tvrdnju potvrđuje istraživanje na egipatskoj kobri koje je proveo EL-DEIB (2005a.) koji je utvrdio kako je tijekom brumacije koncentracija lipida u krvnom serumu i tkivima smanjena, vjerojatno zbog povećane potrošnje te smanjenog transporta u cirkulaciju. Koncentracija slobodnih masnih kiselina povećana je u krvnom serumu tijekom brumacije što ukazuje na moguću sintezu lipida koji će se zatim ponovo iskoristiti kao izvor energije.

Na temelju prikupljenih podataka vidljivo je kako promjene u koncentraciji ukupnih lipida ukazuju na to da su lipidi glavni izvor energije u jetri i mozgu tokom brumacije.

2.1.7.1.2 Glikogen

Glikogen se tijekom jeseni i na početku brumacije skladišti u jetri i mišićima. Tijekom brumacije razina glikogena u jetri se smanjuje što upućuje na iskorištavanje, dok se razina

glikogena u srcu te skeletnim mišićima povećava. Povećanje razine glikogena u skeletnim mišićima pripisuje se depresiji glikolize uslijed neaktivnosti (GREGORY, 1982.). Gušter *Eremias arguata* tijekom prva tri tjedna hibernacije iskorištava zalihe glikogena pohranjene u jetri i mišićima, dok se od petog tjedna ponovo povećavaju zalihe u jetri i mišićima. Sadržaj glikogena u mozgu brumirajućeg *Eremias arguata* veći je 1.4 – 2.1 puta od sadržaja u mozgu aktivnih jedinki (L'VOVA, 1980.). Iako je potrošnja svih zaliha glikogena tijekom brumacije očita, ove zalihe osiguravaju manje od 10% energetske potrebe tokom brumacije (GREGORY, 1982.).

2.1.7.1.3 Glukoza

Stupanj glikemije obrnuto je proporcionalan količini pohranjenog glikogena. Tijekom brumacije koncentracija glukoze u krvi pojedinih vrsta gmazova raste zbog glikogenolize u jetri te ulaska glukoze u cirkulaciju (GREGORY, 1982.). Novije istraživanje koje su proveli HOLDEN i sur. (2021.) ukazuje na smanjenje glukoze tijekom brumacije te pojavu hipoglikemije, što je suprotno očekivanom djelovanju povišenog kortizola. Kortizol uzrokuje mobilizaciju glukoze, stimulira glukoneogenezu u jetri te smanjuje unos glukoze u periferna tkiva, međutim prolongirano izlaganje hladnoći tijekom brumacije onemogućava ovu vrstu regulacije. Hipoglikemija je zabilježena tijekom brumacije u mnogih vrsta gmazova, no u gmazova kao što je *Lacerta vivipara*, koji imaju sposobnost tolerancije smrzavanja, javlja se hiperglikemija što bi moglo ukazivati na krioprotektorsku funkciju glukoze (GRENOT i sur., 2000.).

2.1.7.1.4 Slobodne aminokiseline

Promjene koncentracija slobodnih aminokiselina tijekom brumacije najčešće su zabilježene u živčanom tkivu te jetri. Tijekom brumacije zabilježena je povećana koncentracija asparginske kiseline u krvnom serumu, jetri te korteksu mozga. Koncentracije arginina i ornitina u korteksu mozga i jetri su također povećane unatoč smanjenoj pretvorbi arginina u ornitin. Koncentracija glutaminske kiseline povećana je u korteksu mozga zbog povećane transformacije u glutamin radi detoksikacije amonijaka (NH₃), povećane sinteze gama-aminomaslačne kiseline (GABA) te povećane aktivnosti glutamat dekarboksilaze (GAD). U

korteksu mozga i jetri povećana je koncentracije gama-aminomaslačne kiseline (GABA), dok je u krvnom serumu i ne živčanim tkivima smanjena (RAHEEM i EL MOSALLAMY, 1979.). GREGORY (1982.) smatra da povećanje koncentracije gama-aminomaslačne kiseline (GABA) uzrokuje depresiju centralnog živčanog sustava, dok povišenje koncentracije taurina u korteksu mozga uzrokuje smanjenu podražljivost neurona u središnjem živčanom sustavu.

2.1.7.2 KRV I KRVNE STANICE

U većine gmazova tijekom brumacije dolazi do hemokoncentracije zbog dehidracije i smanjenog volumena plazme. Povećani hematokrit, kapacitet vezanja kisika te afinitet vezanja kisika opaženi su tijekom brumacije na 5°C u zmije vrste *Vipera berus*. U nekih vrsta, kao što je *Varanus griseus*, tijekom brumacije dolazi do hemodilucije, popraćene smanjenjem volumena plazme, hematokrita i koncentracije hemoglobina. U vrsta *Chrysemys picta* i *Pseudemys scripta* tijekom brumacije zgrušavanje krvi je usporeno (zabilježen je pad koncentracije serumskog kalcija) vjerojatno kako bi se spriječilo stvaranje ugrušaka zbog usporenog rada srca i krvotoka (GREGORY, 1982.). Istraživanjem provedenim na eritrocitima argentinskog tegua (*Salvator merianae*) tijekom brumacije dokazana je povećana osjetljivost na hemolizu te povećana osmotska osjetljivost zbog narušenog strukturnog integriteta eritrocita (VINCENTE-FERREIRA i sur., 2021.). Doduše, nije dokazano povećano stvaranje reaktivnih kisikovih spojeva (ROS) na membrani eritrocita niti povećana koncentracija antioksidativnih enzima čime bi se narušena struktura integriteta eritrocita pripisala oksidativnom oštećenju (VINCENTE-FERREIRA i sur., 2021.). Promjene leukocita zabilježene su padom temperature, ali nema sigurnog dokaza da brumacija utječe na te promjene. HOLDEN i sur. (2021.) otkrili su da pad temperature tijekom brumacije povećava omjer heterofila:limfocita, u korelaciji s porastom koncentracije kortizola.

2.1.7.3 HORMONI

Endokrina regulacija igra vitalnu ulogu u modulaciji metaboličkih prilagodbi tijekom brumacije. Lučenje hormona štitnjače, tiroksina (T4) i trijodtironina (T3), smanjeno je tijekom brumacije. Smanjeni unos hrane i pad temperature inhibiraju sintezu hormona štitnjače zbog čega dolazi do pada koncentracije i posljedičnog smanjenja bazalnog

metabolizma. U egipatske kobre pad koncentracije trijodtironina (T3) i tiroksina (T4) uzrokuje bihevioralne i fiziološke promjene koje pokreću prilagodbu za period brumacije (EL-DEIB, 2005b.). Lučenje adrenokortikotropnog hormona (ACTH) iz hipofize je tijekom brumacije smanjeno što bitno utječe na lučenje hormona nadbubrežne žlijezde. Proizvodnja mineralokortikoida, kortikosterona i aldosterona, je tijekom brumacije smanjena (GREGORY, 1982.). Međutim DAUPHIN-VILLERMANT i sur. (1990.) ustanovili su povećanu koncentraciju kortikosterona u krvi *Lacerta vivipara* tijekom brumacije te utvrdili produžen polужivot hormona zbog čega je došlo do porasta koncentracije unatoč smanjenoj proizvodnji. Sukladno smanjenom lučenju adrenokortikotropnog hormona (ACTH) tijekom brumacije dolazi do involucije nadbubrežne žlijezde te posljedično smanjenja koncentracije glukokortikoida u krvi. Najznačajniji je pad koncentracije kortizola zbog čega dolazi do smanjene glukoneogeneze i hipoglikemije (EL-DEIB, 2005b.). No HOLDEN i sur. (2021.) bilježe drugačije ponašanje kortizola u svom istraživanju na zmiji vrste *Thamnophis marcianus*. Tijekom 12 tjedana brumacije koncentracija kortizola je bila povišena, ali bez popratne hiperglikemije. Moguće je da povišena koncentracija štiti od negativnih učinaka dugotrajne metaboličke depresije. EL-DEIB (2005b.) je u egipatske kobre odredio koncentracije monoaminskih neurotransmitora noradrenalina, serotonina te dopamina tijekom brumacije. Koncentracija noradrenalina bila je smanjena u krvi, ali povišena u mozgu, što ukazuje na oslobađanje pohranjenih rezervi iz mozga. Povišena koncentracija u središnjem živčanom sustavu je rezultat povećane potrebe, moguće zbog toga što noradrenalin služi kao medijator za adaptaciju na niske temperature tijekom brumacije. Koncentracije serotonina i dopamina smanjene su u krvi tijekom brumacije što upućuje na smanjenu sintezu, dok kod serotonina također ukazuje na povećanu aktivnost serotonergičnih neurona uključenih u prilagodbu niskim temperaturama.

2.1.8 UTJECAJ BRUMACIJE NA REPRODUKCIJU

Pinealna žlijezda te hipotalamus i hipofiza, ovisno o okolišnim čimbenicima i podražajima, reguliraju reprodukciju. U gmazova umjerene klime rastuće temperature te povećanje fotoperioda stimuliraju rad spolnih organa, dok rad spolnih organa u tropskih vrsta stimulira dostupnost hrane i kišna razdoblja. Brumacija je neizostavni dio reproduktivnog ciklusa kod gmazova umjerene i suptropske klime kao npr. bradate agame i leopard gekona. Ovaj proces je potreban kako bi na proljeće bili reproduktivno sposobni (GIRLING i RAITI, 2019.).

GREGORY (1982.) smatra da brumacija omogućuje sinkronizaciju reproduktivnih ciklusa jedinki iste vrste. Također navodi da je brumacija u ženke zmije *Vipera berus* potrebna za završetak vitelogeneze. Isto je uočeno u ženke *Lacerta vivipara* u koje je brumacija popraćena završetkom vitelogeneze. Izlaganje niskim temperaturama ($<10^{\circ}\text{C}$) prolongirani period, što se događa tijekom brumacije, smanjuje temperaturni prag potreban za početak rasta jajnika u proljeće te povećava broj ženki kod kojih povišenje temperature izaziva rast jajnika (GAVAUD, 1983.). Tijekom brumacije mužjaka guštera vrste *Uromastix aegyptius microlepis* dolazi do regresije, smanjenja veličine i promjera testisa te smanjenja visine epitela sjemenih kanalića i epididimisa. Posljedica ovih promjena je smanjena aktivnost testisa tijekom zimskog perioda (ABU-ZINADAH, 2008.).

2.2 UTJECAJ ZATOČENIŠTVA NA BRUMACIJU

2.2.1 OPĆENITO

Držanje gmazova kao kućnih ljubimca je u porastu. Neovisno o izboru vrste bitna je edukacija vlasnika kako bi znali osigurati potrebne uvjete držanja i hranidbe te prepoznati promjenu ponašanja kod svog ljubimca kako bi pravovremeno reagirali u slučaju bolesti. Pogreške u držanju i hranidbi vrlo su učestali razlog koji dovodi do stresa i bolesti kod gmazova, međutim nepoznavanje prirodnog ponašanja i osiguravanje uvjeta, koji će takvo ponašanje omogućiti, neizostavne su varijable koje će itekako utjecati na dobrobit i zdravlje životinje. Za svaku vrstu određeni su uvjeti držanja i hranidbe koji oponašaju prirodne uvjete, a toj vrsti omogućuju optimalne uvjete za rast i razvoj te ispoljavanje vrsno-specifičnog ponašanja.

Kako gmazovi umjerene i suptropske klime u prirodi brumiraju kada dođe do pada temperature, a u zatočeništvu su držani u stabilnim uvjetima gdje nema pada temperature ili smanjenja osvjetljenja, postoji zabrinutost kako u zatočeništvu neće brumirati (GREGORY, 1982.; O'MALLEY, 2005.). Odgovor na pitanje trebaju li gmazovi u zatočeništvu brumirati, tj. trebaju li vlasnici kod vrsta koje brumiraju (npr. bradata agama) inducirati brumaciju, još uvijek nije jasan. RHEIS (2018.) smatra kako bi gmazovi koji brumiraju u zatočeništvu trebali brumirati pod nadzorom vlasnika, prema posebnim protokolima koji će smanjiti rizik od brumacije. Također navodi kako gmazovi brumiraju unatoč jednakom svjetlosnom i temperaturnom režimu tijekom cijele godine, što bi značilo da postoji podražaj koji ih navodi

da uspore metabolizam i započinu brumaciju. DEAN (2018.) na pitanje brumacije kornjača u zatočeništvu odgovara tvrdnjom kako im brumacija mora biti omogućena jer je to prirodni proces koji usporava i omogućava što prirodniji rast.

2.2.2 PROVOĐENJE BRUMACIJE (PROTOKOLI)

Provođenje i nadzor brumacije težak je zadatak za vlasnika. Bitna je edukacija vlasnika o svim radnjama koje je potrebno poduzeti prije, tijekom i nakon brumacije. Ishod same brumacije, ukoliko je vlasnik želi provesti, ovisi upravo o pripremama i načinu na koji je izvedena.

2.2.2.1 Postupci prije brumacije

Radnje poduzete prije brumacije smanjuju rizik same brumacije i nastanka komplikacija nakon brumacije, one su mjere predstrožnosti koje će pomoći životinji da brumaciju podnese što lakše i bez posljedica. Prije početka same brumacije potrebno je ustanoviti jede li i pije životinja normalno. U kasno ljeto ili ranu jesen životinju je potrebno odvesti kod veterinara kako bi bio napravljen kontrolni pregled te kako bi se ustanovilo je li životinja stvarno spremna za brumaciju te može li podnijeti istu (BOYER, 2006b.).

Kontrolni pregled se sastoji od:

1. Uzimanja kompletne anamneze
2. Kompletnog kliničkog pregleda
3. Kompletne krvne slike i biokemijskog panela
4. Radiografije
5. Pretrage na parazite
6. Određivanja težine

Ukoliko je kontrolnim pregledom ustanovljeno da je životinja zdrava i da teži više od 200 grama, tada je brumacija dozvoljena. Međutim, ako je tijekom kontrolnog pregleda ustanovljeno da se životinja oporavlja od nedavne bolesti ili operacije, ima otvorene rane i rane u cijeljenju, ima manje od 200 grama, ima niske albumine u krvi, anemična je, ima nosni

iscjedak, mokraćne kamence ili hepatičku lipidozu, kontraindicirano je nastaviti sa pripremom brumacije i samom brumacijom (BOYER, 2006.b). GUERRERO-MENDEZ (2016.) navodi kako se kontraindikacijama također smatra gravidnost te kako ne preporučuje podvrgavanje brumaciji životinja koje su mikročipirane. Životinjama koje ne smiju brumirati, zbog kontraindikacija, odgađa se brumacija simuliranjem ljetnih uvjeta, održavanjem stabilne temperature i stabilnog osvjetljenja (DEAN, 2018.).

Kada su svi preduvjeti za brumaciju ispunjeni započinje priprema životinje za brumaciju. Brumacija se u zatočeništvu odvija od sredine studenog do veljače ili ožujka, ovisno o vrsti traje 1 do 4 mjeseca, a ne smije trajati dulje od 3 do 5 mjeseci. Šest tjedana prije same brumacije GUERRERO-MENDEZ (2016.) u sredozemnih kornjača preporuča prehranu bogatu ugljikohidratima, npr. alfaalfa peleti, kako bi životinja stvorila zalihe za brumaciju te se smanjila mogućnost nastanka hipovitaminoze A. Šest tjedana prije same brumacije također se započinje sa prilagodbom svjetlosnog režima, dnevna osvjetljenost se smanjuje na 6 do 8 sati. Zadnjeg dana listopada (2 ili 3 tjedna prije brumacije) ovisno o veličini životinje (manje životinje imaju brži metabolizam te im treba manje vremena), prekida se hranjenje uz održavanje optimalne temperature te svakodnevne kupke kako bi životinja probavila dotad pojedenu hranu i kompletno ispraznila crijeva prije brumacije, čime se sprječava mogućnost truljenja zaostale hrane u probavnom sustavu tijekom brumacije i pojava infekcije (BOYER, 2006b.; GUERRERO-MENDEZ, 2016.). Svakodnevno kupanje doprinosi hidrataciji životinje te smanjuje mogućnost dehidracije tijekom i nakon brumacije. Sredinom studenog, nakon zadnje defekacije, slijedi vaganje životinje te prilagođavanje temperaturnog režima. Temperatura se prvotno smanjuje uklanjanjem grijača i UV-svjetiljki što dopušta pad temperature na sobnu temperaturu te aklimatizaciju životinje na pad temperature, pri čemu je vrijeme aklimatizacije otprilike 7 dana. Nakon 7 dana prilagodbe, životinja se smješta u kontrolirani okoliš s temperaturom 10 do 12°C (ovisno o vrsti) i minimalnim osvjetljenjem, što će doprinijeti daljnjem usporavanju metabolizma, smanjenju kretanja i nastupu brumacije. Na temperaturi od 10 do 12°C životinja se drži 1 do 4 mjeseca (ovisno o vrsti) do prekida brumacije. Hibernakul se smješta u zamračenu ili mračnu sobu (BOYER, 2006b.; GIRLING i RAITI, 2019.)

RAUH (2000.) navodi kako se brumacija kod gmazova držanih u zatočeništvu može sprovesti na tri načina: u terariju, u hladnjaku ili u vrtu. Za brumaciju u terariju potrebno je osigurati vlažan supstrat dovoljne visine kako bi se gmazovi mogli zakopati. Terarij se smješta u sobu pogodne temperature za brumaciju, uklanjaju se izvori svjetla i topline za vrste umjerene

klime, dok se za suptropske osigurava nekoliko sati osvjetljenja dnevno uz mogućnost sunčanja. Brumaciju je moguće provesti u podrumu u slučaju da nijedna druga soba nema temperaturu pogodnu za provođenje brumacije, u tom slučaju terarij se prenosi u podrum ili se pak gmazovi smještaju u prijenosne kutije. Za zmiје i guštere koriste se plastične kutije sa drenažnim slojem, supstratom dovoljne visine, skrovištem te poklopcem od žičane mreže. Za kornjače koristi se drvena kutija sa slojem zemlje na kojem je lišće, također sa žičanom mrežom kao poklopcem. Ukoliko nikako nije moguće osigurati ambijentalnu temperaturu potrebnu za brumaciju moguće je koristiti hladnjak, međutim samo kod vrsta koje brumiraju na 3 do 9°C. Radi li se o kornjačama koje su držane vani, izgradnjom vanjske nastambe osiguravaju im se uvjeti za sigurnu brumaciju. Ispod nastambe iskopa se rupa dubine 80 cm u koju se stavi žičana košara s malim okašcima (zaštita od glodavaca), a potom se rupa do visine 60 cm popuni mješavinom šumskog tla i lišća, dok se zadnjih 20 cm popunjava isključivo lišćem. Kada kornjača uđe u brumaciju potrebno je rupu prekriti žičanom mrežom (RAUH, 2000.).

2.2.2.2 Postupci tijekom brumacije

Tijekom same brumacije temperatura i osvjetljenje trebaju biti konstantni, bez fluktuacija, što će omogućiti čvrstu brumaciju bez buđenja. Voda mora biti dostupna cijelu brumaciju, a zdjelice čišćene kod pregleda životinje. Zdravstveni pregled životinje obavlja se svaka dva tjedna, traže se znakovi kretanja, defekacije, uriniranja, bolesti ili ozljeda.

Ukoliko se takvi znakovi ustanove, brumacija se prekida i inicira se buđenje povećanjem temperaturnog i svjetlosnog režima. Vaganje je neizostavan dio brige tokom brumacije, najmanje jedno vaganje sredinom brumacije mora biti izvedeno. Ustanovi li se vaganjem da je životinja izgubila više od 7.5% početne mase, brumacija se prekida. BOYER (2006a.) tijekom brumacije kornjača, dodatno preporuča stavljanje u kupku 1 do 2 puta mjesečno radi rehidracije.

2.2.2.3 Postupci nakon brumacije

Brumacija u prirodi završava u rano proljeće, stoga se prekid brumacije u zatočeništvu inicira u prvom tjednu veljače ili ožujka. Buđenje se inicira vađenjem životinje iz hibernakula i izlaganjem sobnoj temperaturi. Na sobnoj temperaturi životinja boravi nekoliko sati kako bi se aklimatizirala, a nakon aklimatizacije uključuju se grijači kako bi terarij dosegao preferiranu optimalnu temperaturu (ovisno o vrsti). Svjetlosni režim povećava se sa 6 do 8 sati osvjetljenja na 8 do 10 sati te se postepeno produžava do konačnih 14 sati. Životinju je potrebno izvagati odmah nakon vađenja iz hibernakula. Ukoliko je životinja izgubila 10% početne tjelesne težine potrebna je intervencija veterinara. Hranjenje započinje prvog dana, nakon obilne rehidracije, malim i učestalim obrocima u periodu od tjedan dana. Balansirana prehrana u uobičajenim količinama uvodi se nakon prvog tjedna (GIRLING i RAITI, 2019.)

2.2.3 PRIMJERI PROVOĐENJA BRUMACIJE U ZATOČENIŠTVU

2.2.3.1 Zmije

Kukuruzna zmija (*Pantherophis guttatus*) iz porodice *Colubridae*, u prirodi zimi brumira, zbog čega je preporučena brumacija u zatočeništvu. U zatočeništvu se obilno hrani od kolovoza do kraja rujna kako bi bila zdrava i prikladne mase za brumaciju. Krajem rujna uskraćuje se hrana pri temperaturi od 24 do 30°C. Tijekom prva dva tjedna listopada uklanjanju se izvori topline i svjetla te se zmija drži na sobnoj temperaturi. Premještanje u hibernakul slijedi nakon prilagodbe na pad temperature, a temperatura u hibernakulu podešava se i održava tokom cijele brumacije na 7 do 15.5°C. Brumacija traje od sredine listopada do sredine veljače. Prekid brumacije inicira se sredinom veljače zagrijavanjem hibernakula na 24 do 30°C kroz nekoliko dana (BOYER, 2006b.).

2.2.3.2 Kornjače

Sredozemne kornjače, rod *Testudo*, u prirodi brumiraju zbog čega je preporučena brumacija u zatočeništvu. Brumacija se odvija od sredine siječnja do ožujka. Hranjenje se prekida mjesec dana prije brumacije uz svakodnevne kupke. Postepeno snižavanje temperature počinje mjesec dana prije brumacije, a dva tjedna prije temperatura se snižava za 2°C dnevno dok ne dosegne temperaturu od 4 do 7°C u hibernakulu. U ožujku se kornjača premješta iz

hibernakula u terarij na sobnoj temperaturi kako bi se potaknuo prekid brumacije, a zatim se stavlja u terarij sa preferiranom optimalnom temperaturnom zonom (GUERRERO-MEDEZ, 2016.).

2.2.3.3 Gušteri

Livadna gušterica (*Lacerta agilis*) u prirodi brumira te stoga proces brumacije prolazi i u zatočeništvu. U zatočeništvu se padom temperature i smanjenjem osvjetljenja imitiraju prirodni uvjeti. Četiri tjedna prije brumacije započinje redukcija temperature kako bi se gušterica aklimatizirala, tijekom ovog perioda prestaje se hraniti i traži hibernakul. Tri tjedna prije brumacije prekida se hranjenje. Gušterica se zatim smješta u hibernakul, plastičnu kutiju sa substratom od šljunka, skrovištem i posudicom vode. Hibernakul se smješta u hladnjak prvo na 15°C, nakon čega se temperatura postepeno tokom 7 dana spušta na 4.5 do 5°C. Brumacija završava mjesec dana kasnije dizanjem temperature na 15°C (GILL i sur., 2023.).



Slika 1. Polimorfizam livadne gušterice (*Lacerta agilis*): a) britanski mužjak b) britanska ženka (Izvor: GILL i sur., 2023.)



Slika 2. Plastična kutija pripremljena za provedbu brumacije livadne gušterice (*Lacerta agilis*)
(Izvor: GILL i sur., 2023.)

2.2.4 BOLESTI POVEZANE S BRUMACIJOM

U prirodi korist od brumacije je veća nego nastavak aktivnosti tijekom zimskih mjeseci jer povećava preživljavanje u razdoblju niskih temperatura i nestašica hrane. Iako brumaciju mnogi gmazovi fiziološki prolaze, ona nije bezopasan proces. Unatoč prilagodbama organizma, nedostatne energetske rezerve, neodgovarajući hibernakuli i fluktuacije temperature tijekom brumacije mogu dovesti do uginuća. Također, gmazovi mogu ući u brumaciju ozlijeđeni ili bolesni, a kako su tijekom brumacije temperature niske i metabolizam suprimiran, skloni su podleći svojim bolestima. Kao što brumacija može biti rizična za divlje gmazove, tako može biti i za gmazove u zatočeništvu. Gmazovi u zatočeništvu, ovisno o edukaciji vlasnika, dobro su ili loše nadzirani tijekom brumacije.

Dobar i pažljiv nadzor te primjena ispravnih protokola od strane educiranog vlasnika ne isključuju sve rizike povezane s brumacijom. Međutim, loš nadzor i neispravne tehnike brumacije svakako povećavaju mogućnost nastanka komplikacija tijekom ili nakon brumacije (RHEIS, 2018.). Najčešće komplikacije su stomatitis, zatajenje bubrega, anoreksija, *refeeding* sindrom, konstipacija, ozljede uzrokovane napadom, oštećenje od mraza (smrzotine), i neobstruktivna distocija.

2.2.4.1 Stomatitis

Stomatitis („mouth rot“) je bolest sluznice usne šupljine od koje može oboljeti većina gmazova, a najčešće obolijevaju kornjače. Pregledom usne šupljine uočavaju se petehijalna krvarenja, kako stomatitis napreduje sluznica usta postaje edematozna i hiperemična. U guštera se razviju ulceracije, dok se kod zmija i kornjača po sluznici usne šupljine razviju žute difteroidne naslage u obliku membrana (GIRLING i RAITI, 2019.).



Slika 3. Jemenski kameleon (*Chamaeleo calyptratus*) sa teškim stomatitisom (Izvor: GIRLING I RAITI, 2019.)

Uzrok stomatitisa može biti virusne, bakterijske ili gljivične prirode. Bolest je mogla postojati prije brumacije te progradirati tijekom brumacije (JEPSON, 2009.). Međutim, GUERRERO – MENDEZ (2016.) sugerira kako je moguće da stomatitis nakon brumacije nastaje zbog posljedica truljenja zaostale hrane u neispražnjenom probavnom sustavu tijekom brumacije.

Prepoznavanje bolesti temelji se na prepoznavanju disfagije, hipersalivacije, dehidracije, ekfolijacije kože vrata i glave te otečenja ventralnog dijela vrata.

Liječenje stomatitisa temelji se na rehidraciji, primjeni sistemskih antibiotika te topikalnoj primjeni diluiranog joda (GUERRERO – MENDEZ, 2016.).

2.2.4.2 Zatajenje bubrega

Zatajenje bubrega javlja se često u gmazova u zatočeništvu, a najčešći uzrok su neprikladni uvjeti držanja i neispravna hranidba. Neispravna vlažnost nastambe, nedostupnost dostatnih količina vode, prekomjeren unos vitamina D3 i proteina uzrokuju zatajenje bubrega. Simptomi zatajenja bubrega su anoreksija, letargija, slabost, konstipacija, poliurija ili anurija, te tremor (WILKINSON, 2021). Tijekom brumacije gmazovi smanjeno unose vodu, što uz temperaturne oscilacije kod neispravnog provođenja brumacije, dovodi do trošenja energije i dehidracije. Kod kornjača se zatajenje bubrega nastalo nakon brumacije očituje anoreksijom, upalim očima, suhom kožom, izlučivanjem tamnožutih urata i smanjenom učestalošću uriniranja (GUERRERO – MEDEZ, 2016.). Liječenje se zasniva na primjeni tekućinske terapije, reduktora mokraćne kiseline (alopurinol), vezanju fosfata (aluminijev hidroksid) te promjeni prehrane kako bi se smanjio unos proteina i fosfata (WILKINSON, 2021.).

2.2.4.3 Anoreksija

Anoreksija je fiziološki sastavni dio brumacije, a posljedica je trošenja energetske rezervi i dehidracije. Prihvatljiv je gubitak do 10% početne tjelesne mase, a ukoliko je gubitak veći, potrebna je intervencija doktora veterinarske medicine. Obično ponovno hranjenje započinje unutar 7 dana po završetku brumacije. Ukoliko hranjenje ne započne unutar tog vremena, preporučuje se asistirano hranjenje pomoću ezofagostome (DEAN, 2018.). U kornjača je uzrok anoreksije nastale tijekom brumacije pretežno deficijencija vitamina A, a liječenje se provodi aplikacijom vitamina A te intenzivnom rehidracijom pomoću kupki (GUERRERO – MENDEZ, 2016.).

2.2.4.4 Refeeding sindrom

Refeeding sindrom nastaje uslijed neprimjerenog i pojačanog hranjenja dehidriranih anoreksičnih gmazova odmah po završetku brumacije. Obilan i neprimjeren obrok, bez prethodne rehidracije, uzrokuje ubrzani transfer glukoze iz krvotoka u stanice zbog naglog unosa viška bjelančevina i kalorija.

Općenito je koncentracija kalija i fosfora u tijelu anoreksičnih gmazova smanjena, međutim radi naglog transfera glukoze u stanice dolazi također do ulaska kalija i fosfora u stanice uzrokujući hipokalemiju i hipofosfatemiju (GIRLING, 2013.). Klinički simptomi posljedica su hipokalemije i hipofosfatemije te se očituju kao generalizirana slabost mišića, letargija, tetanija, srčana aritmija, retencija soli i vode, hemolitička anemija (OROSZ, 2013.). *Refeeding* sindrom se može spriječiti obilnom rehidracijom nakon brumacije te postupnim uvođenjem malih obroka (DEAN, 2018.).

2.2.4.5 Konstipacija

Konstipacija se događa u inaktivnih dehidriranih gmazova držanih na suboptimalnim temperaturama. Sporiji metabolizam predispozicija je za nastanak konstipacije u zmija i kornjača, dok je u mladih guštera to hipokalcemija (GIRLING i RAITI, 2019.). Liječenje se temelji na uklanjanju uzroka konstipacije pomoću klizmi, kupki ili operacija u težim slučajevima (laparotomija ili laparoskopija) (GIRLING i RAITI, 2019.). CORBIT i sur. (2014.) utvrdili su u crvene dijamantne čegrtuše (*Crotalus ruber*), uhvaćene netom nakon završetka brumacije, fekalitom induciranu obstrukciju crijeva. Nakon pomnog pregleda i isključivanja parazitoza kao uzroka nastanka fekalita, ustanovili su kako su dehidracija i smanjena pokretljivost crijeva povezana s brumacijom mogući predisponirajući čimbenik za nastanak fekalita u zmija umjerene klime.

2.2.4.6 Ozljede uzrokovane napadom

Ozljede uzrokovane napadom najčešće su u kornjača koje su brumirale u nezaštićenom vrtu, vrtnoj kućici ili garaži te bile bez nadzora tijekom brumacije (DEAN, 2018.). Ozljede su

različitog opsega, a izazivaju ih psi, lisice ili štakori. Opsežne i bolne ozljede mogu uzrokovati buđenje tijekom brumacije i njezin prekid, a ukoliko pak do prekida ne dođe, ozlijeđeno tkivo tijekom brumacije nekrotizira. Ozljede se mogu spriječiti ispravnim vođenjem brumacije te monitoringom tijekom brumacije. Način liječenja ovisi o veličini ozljede, količini oštećenog i nekrotiziranog tkiva te mogućoj infestaciji crvima. Manje ozljede ili ugrizi čiste se diluiranim jodom i dezinficiraju uz intramuskularnu primjenu antibiotika (npr. ceftazidim). Opsežne ozljede s gubitkom tkiva zahtijevaju debridman rane, čišćenje, dezinfekciju te korištenje vlažnih i suhih zavoja. Indicirano je korištenje sistemskih antibiotika i nesteroidnih protuupalnih lijekova radi suzbijanja infekcije i boli. Rane inficirane crvima uz sve navedeno zahtijevaju uklanjanje crva (GUERRERO – MENDEZ, 2016.).



Slika 4. Ozljede uzrokovane napadom psa (Izvor. DEAN, 2018.)

2.2.4.7 Smrzotine

Ozljede uzrokovane smrzavanjem najčešće se javljaju u kornjača te su lokalizirane na mrežnici. Nastale ozljede mogu uzrokovati sljepoću. Simptomi ozljede mrežnice i nastale sljepoće su nedostatak refraktivnosti fundusa, zamagljena staklovina te smanjeni apetit. Ozljede mrežnice i sljepoća sprječavaju se vođenom hibernacijom u kontroliranim uvjetima, a ponekad aplikacija vitamina A doprinosi poboljšanju kliničke slike (GUERRERO – MENDEZ, 2016.).

2.2.4.8 Neopstruktivna distocija u gravidnih kornjača

Izvođenje brumacije bez prethodnog kliničkog pregleda i rendgenografije dovodi do uvođenja u brumaciju jedinki kod kojih je brumacija kontraindicirana (graviditet). Do pojave ne opstruktivne distocije dolazi zbog lošeg držanja, loše hranidbe, loših gnijezda odnosno loše provedenih protokola brumacije zbog kojih se troše energetske rezerve. Zbog graviditeta tijekom brumacije dolazi do razvoja slabosti, oštećenja jetara i bubrega, anemije i teške imunosupresije, a što dulje traje brumacija, posljedice će biti veće. Stabilizacija kornjače po završetku brumacije ključan je korak koji omogućava liječenje ne opstruktivne distocije. Stabilizacija se provodi multivitaminskim injekcijama, primjenom anaboličkih steroida i tekućinske terapije te po potrebi asistiranim hranjenjem. Nakon stabilizacije inducirano je uklanjanje jaja pomoću kalcija i oksitocina (GUERRERO-MENDEZ, 2016.).

2.2.5 BRUMACIJA U GUŠTERA (*LACERTILIA*)

Lacertilia, poznatiji kao gušteri, predstavljaju raznolik i fascinantn podred unutar razreda gmazova. Gušteri pripadaju redu ljuskaša (*Squamata*), u koji pripadaju i zmije (*Serpentes*) i prstenaši (*Amphisbaenia*). Gušteri su zbog velike raznolikosti raspodijeljeni u 29 porodica, a do danas je unutar 29 porodica opisano 5781 vrsta guštera. Karakterizira ih šiljasta glava sa diapsidnom lubanjom, širok vrat koji se nastavlja na kratak trup i dugi rep. Za razliku od zmija, vjeđe su im pomične, jezik ravniji i plosnatiji, vanjski slušni otvor je vidljiv, a ventralno na trupu imaju ljuske. Udovi su im razvijeni kao i kosti prsnog i zdjeličnog pojasa, međutim neke vrste nemaju udove, npr. sljepić (*Anguis fragilis*). Gušteri pokazuju širok raspon morfoloških i fizioloških prilagodbi, što im omogućuje preživljavanje u različitim staništima diljem svijeta, a nastanjuju pustinje, šume, travnjake. Raznolikost i prilagodljivost očituje se adaptacijama na ekstremne temperaturne fluktuacije i raznim mehanizmima obrane (bodlje, autotomija). Autotomija je zabilježena u većine guštera, a riječ je o sposobnosti odbacivanja repa u svrhu zaštite od predatora i bijega. Izražena je kod vrsta kojima rep nije potreban za preživljavanje kao što su gekoni, skinkovi, iguane. Manje vrste guštera mogu doživjeti do 5 godina, dok veće vrste mogu doživjeti 10 do 20 godina (O'MALLEY, 2005.; NEJEDLI, 2019.).

2.2.5.1 LEOPARD GEKON (*Eublepharis macularius*)

Leopard gekon je gušter iz porodice *Gekkoniade*, duljine 22 do 25 cm, težine 60 do 80 g, prepoznatljiv po „leopard“ uzorku, točnije tamnim pjegama po najčešće žutoj koži, dok je ventralna strana trbuha svjetlije, skoro bijele boje. Potječe iz Iraka, Irana, Afganistana, sjeverozapadne Indije i Pakistana, a u prirodi živi u pustinjama i na suhim travnjacima. Najaktivniji je u sumrak i noću, a danju je skriven ispod kamenja ili u jazbini. Kukcojed je, hrani se crvima brašnarima, zophobasima, žoharima, glistama, cvrčcima, skakavcima i glodavcima koji su još u gnijezdu. Leopard gekonima držanim kao kućnim ljubimcima potreban je terarij veličine 60×45×30 cm sa suptropskim i tropskim uvjetima. Terarij mora sadržavati podlogu, skrovišta, posudicu s vodom te grijače. Grijačima se održava dnevna temperatura u rasponu 25 do 30°C, dok se noću spušta na 20 do 22°C.

Preporučljivo je postaviti hot-spot s temperaturom od 35 do 40°C. UV lampe im nisu potrebne jer su aktivni noću, a prikladna vlažnost se postiže pomoću vlaženja podloge, svaka 2 do 3 dana i održava iznad 70%. Zbog imitiranja prirodnih uvjeta, izmjena dnevnog svjetla i mraka potrebna je svakih 12 sati.

Provođenje brumacije u leopard gekona djeluje stimulativno na reprodukciju te omogućava ispoljavanje vrsno-specifičnog ponašanja. Temperatura se prema prethodno navedenom protokolu spušta na 15 do 18°C u trajanju 1 do 3 mjeseca (RAUH, 2000.).



Slika 5. Leopard gekon (*Eublepharis macularius*) (Izvor: GIRLING i RAITI, 2019.)

2.2.5.2 BRADATA AGAMA (*Pogona vitticeps*)

Bradata agama je gušter iz porodice *Agamidae*, duljine do 25 cm. Prepoznatljiva je po naboru kože pod bradom, punim bodljikavih izraslina, koji u slučaju napada ili obrane mogu napuhati. Najčešća varijanta boje su zeleni ili smeđi tonovi, no žute i crvene varijante također postoje. Potječe iz Australije, a u prirodi živi u polupustinjama, stepama, suhim šumama i savanama. Aktivna je danju te je semiarborealna vrsta. Svejed je, hrani se kukcima, voćem i povrćem. Minimalno dva sata nakon hranjenja svjetlo mora biti upaljeno radi optimalne probave. Za par bradatih agama držanih kao kućni ljubimci potreban je terarij veličine 125×100×75 cm, a mora sadržavati podlogu, grane, posudicu s vodom, UVB svjetlo i grijače. Grijačima se održava dnevna temperatura u rasponu 21 do 30°C, dok se noću spušta na 18 do 22°C.

Za sunčanje je preporučeno postavljanje grane ili kamena (povišeno od podloge jer je semiarborealna vrsta) izloženih temperaturi od 35 do 40°C. UVB lampe moraju raditi paralelno uz svjetlo za sunčanje. Vлага se održava dnevnim vlaženjem terarija, između 30 do 60%.

Provođenje brumacije u bradate agame djeluje stimulativno na reprodukciju te omogućava ispoljavanje vrsno-specifičnog ponašanja. Temperatura se prema prethodno navedenom protokolu spušta na sobnu temperaturu u trajanju 6 do 10 tjedana (RAUH, 2000.). WARWICK i sur. (2023.) navode kako je svakodnevno buđenje bradate agame iz brumacije radi provjere zdravlja štetno.



Slika 6. Bradata agama (*Pogona vitticeps*) (Izvor: GIRLING i RAITI, 2019.)

2.2.5.3 PREPOZNAVANJE BRUMACIJE

Nepoznavanje fiziološkog vrsno-specifičnog ponašanja guštera dovodi do pogrešaka u prepoznavanju pojave bolesti, narušene dobrobiti ili do zamjene fiziološkog ponašanja abnormalnim. Edukacija vlasnika presudna je u osiguravanju dobrobiti i zdravlja guštera.

Brumacija se klinički očituje smanjenim apetitom ili potpunim prestankom hranjenja, smanjenim sunčanjem i pojačanim skrivanjem što oku laika može izgledati kao pojava bolesti. No ipak, mnoge bolesti imaju simptome slične simptomima koji prethode brumaciji, zbog čega bi ih tijekom pregleda trebalo uzeti u obzir i isključiti. Diferencijalno dijagnostički potrebno je isključiti: adenovirozu, herpesvirozu iguana, iridovirozu, septikemiju, bakterijemiju, streptokoku, mikobakteriozu, listeriozu, kokcidiozu, mikrosporoza, filariozu, limfom, hemangiosarkom, giht, amiloidozu.

Tijekom brumacije životinja ne gubi na težini ili izgubi 1-2% početne težine mjesečno, a pri provjeri zdravlja izgleda zdravo, ima bistre oči te je svjesna okoline i reagira na podražaje okoline. Za razliku od zdravih životinja, bolesne imaju zatvorene oči, otvorena usta, anoreksične su te imaju oslabljen tonus mišića. Radi li se o brumaciji također je moguće zaključiti na temelju cikličnosti pojave ovih simptoma, ukoliko su se ovi simptomi već pojavljivali proteklih godina u istoj sezoni riječ je o brumaciji. Ukazuju li sve navedene činjenice na brumaciju potrebno je smanjiti temperaturu za nekoliko stupnjeva, smanjiti osvjetljenost na 8 do 10 sati te pratiti životinju. Brumacija traje u prosjeku 6 do 8 tjedana, ali može potrajati do 5 mjeseci (JEPSON, 2009.).

3 ZAKLJUČCI

1. Gmazovi su ektotermni kralježnjaci te mehanizmima termoregulacije održavaju vlastitu tjelesnu temperaturu.
2. Gmazovi umjerene i suptropske klime te visinskih područja tropske klime prolaze kroz proces brumacije. Brumacija je fiziološko stanje smanjene aktivnosti ili mirovanja gmazova koje se odvija u prirodi kada nastupe nepovoljni uvjeti okoliša.
3. Egzogeni čimbenici čiji je utjecaj na brumaciju najbitniji su temperatura i fotoperiod. Pad temperature okoliša i smanjenje trajanja dnevnog svjetla pokreću brumaciju, dok porast temperature okoliša i povećanje trajanja dnevnog svjetla prekidaju brumaciju. Endogeni čimbenici također utječu na početak i prekid brumacije.
4. Brumacija uzrokuje depresiju metabolizma, smanjenje frekvencije bila i disanja, ali i promjene u krvi, krvnim stanicama te hormonima. Reproductivna sposobnost vrsta umjerene i suptropske klime uvjetovana je brumacijom.
5. U zatočeništvu je proces brumacije, zbog optimalnih uvjeta držanja i optimalne hranidbe, obustavljen. Prilagodba uvjeta držanja prema protokolima za brumaciju omogućava odvijanje procesa u guštera koji brumiraju u prirodi, a držani su u zatočeništvu.
6. Prednosti provođenja brumacije u guštera držanih u zatočeništvu su prirodniji rast, stimulacija reprodukcije, sloboda ispoljavanja vrsno-specifičnog ponašanja.
7. Nedostaci provođenja brumacije u guštera držanih u zatočeništvu su komplikacije nastale neispravnim vođenjem brumacije.
8. Najčešće komplikacije brumacije u zatočeništvu su stomatitis, zatajenje bubrega, anoreksija, *refeeding* sindrom, konstipacija, ozljede uzrokovane napadom, oštećenje od mraza (smrzotine) te neobstruktivna distocija.

4 LITERATURA

1. ABU-ZINADAH, O. A. (2008.): Variation in testicular histology of the spiny tailed lizard *Uromastix aegyptius microlepis* during hibernation and active periods. Pak. J. Biol. Sci. 15, 1615-1619.
2. BAUWENS, D. (1981.): Survivorship during Hibernation in the European Common Lizard, *Lacerta Vivipara*. Copeia, 741-744.
3. BOYER, T.H. (2006.): Hibernation (Brumation) Problems of Tortoises. https://newcms.eventkaddy.net/event_data/60/session_files/AV016_Conference_Note_jjacobs_cvma.net_AV016BOYERHibernationBrumationProblemsofTortoises_20150512213248.pdf
4. BOYER, T.H. (2006.): Hibernating reptiles. Pet Hospital of Penasquitos, San Diego, CA, USA. <https://www.pethospitalpq.com/sites/site-3953/documents/Hibernating%20ReptilesFinal.pdf>
5. BUNKER, M. E., A. E. ARNOLD, S. L. WEISS (2022.): Wild microbiomes of striped plateau lizards vary with reproductive season, seks, and body size. Scientific Reports 12
6. CORBIT, A. G., C. PERSON, W. K. HAYES (2014.): Constipation associated with brumation? Intestinal obstruction caused by a fecalith in a wild red diamond rattlesnake (*Crotalus ruber*). Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 98, 96-99.
7. COSTANZO, J. P., C. GRENOT, R. E. LEE JR. (1995.): Supercooling, ice inoculation and freeze tolerance in the European common lizard, *Lacerta vivipara*. Journal of Comparative Physiology B 165, 238-244.
8. DAUPHIN-VILLEMANT, C., F. LEBOULENGER, H. VAUDRY (1990.): Adrenal activity in the female lizard *Lacerta vivipara* Jacquin during artificial hibernation. Gen. Comp. Endocrinol. 79, 201-214.
9. DEAN, K. (2018.): The 'hibernation' process and post 'hibernation' care of tortoises. Veterinary Nursing Journal 33, 197-200.
10. DONELEY, B., D. MONKS, R. JOHNSON, B. CARMEL (2018.): Reptile Medicine and Surgery in Clinical Practice. Wiley Blackwell, Oxford, UK, 15-16.

11. EDGAR, P., J. FOSTER, J. BAKER (2010.): Reptile Habitat Management Handbook, Amphibian and Reptile Conservation. Bournemouth, UK, 16-17.
12. EL-DEIB, S. (2005a.): Lipid changes in blood serum and tissues of the Egyptian Cobra (*Naja haje haje*) during the hibernation cycle. Journal of Thermal Biology 30, 51 – 59.
13. EL-DEIB, S. (2005b.): Serum catecholamine and hormonal titers in the hibernating snake *Naja haje haje*, with reference to the annual climatic cycle. Journal of Thermal Biology 30, 580 – 587.
14. GAVAUD, J. (1983.): Obligatory hibernation for completion of vitellogenesis in the lizard *Lacerta vivipara* J. Journal of Experimental Zoology 225, 397-405.
15. GAVIRA, R. S. B., M. R. SARTORI, M. N. GONTERO-FOURCADEM B. F. GOMES, A. S. ABE, D. V. ANDRADE (2018.): The consequences of seasonal fasting during the dormancy of tegu lizards (*Salvator merianae*) on their postprandial metabolic response. J. Exp. Biol. 221. doi: 10.1242/jeb.176156
16. GILL, I., I. MCGEORGE, T. J. M. JAMESON, N. MOULTON, M. WILKIE, K. FÖRSÄTER, R. GARDNER, L. BOCKREISS, S. SIMPSON, G. GARCIA (2022.): EAZA Reptile Taxon Advisory Group Best Practice Guidelines for Sand Lizard (*Lacerta agilis*) - First edition. European Association of Zoos and Aquariums, Amsterdam, The Netherlands, 44-45.
17. GIRLING, S. J. (2013.): Veterinary Nursing o Exotic Pets, 2ed. John Wiley & Sons, Oxford, UK, 294-295.
18. GIRLING, S. J., P. RAITI (2019.): BSAVA Manual of Reptiles, 3ed. British Small Animal Veterinary Association, Gloucester, UK, 1-3, 29, 70-72, 96, 139.
19. GREGORY, P. T. (1982.): Reptilian Hibernation U: Biology of the Reptilia Vol. 13 (Gans, C., F. Harvey Pough ur.), Academic Press, London, New York, Paris, San Diego, San Francisco, Sao Paulo, Sydney, Tokyo, Toronto, 53-140.
20. GRENOT, C. J., L. GARCIN, J. DAO, J. HEROLD, B. FAHYS, H. TSERE-PAGES (2000.): How does the European common lizard, *Lacerta vivipara*, survive the cold of winter? Comp. Biochem. Physiol. A. Mol. Integr. Physiol. 127, 71-80.
21. GUERRERO-MENDEZ, M. (2016.): Solving common hibernation complications in tortoises. Vet Times 46, 1-13.
22. HOLDEN, K. G., E. J. GANGLOFF, E. GOMEZ-MANCILLAS, K. HAGERTY, A. M. BRONIKOWSKI (2021.): Surviving winter: Physiological regulation of energy

- balance in a temperate ectotherm entering and exiting brumation. *General and Comparative Endocrinology* 307. doi: 10.1016/j.ygcen.2021.113758.
23. JEPSON, L. (2009.): *Exotic Animal Medicine: A quick reference guide*. Elsevier limited, St. Louis, Missouri, USA, 368-369, 442.
 24. LOWE, C. H., P. J. LARDNER, E. A. HALPERN (1971.): Supercooling in reptiles and other vertebrates. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 39, 125-135.
 25. LUTTERSCHMIDT, D. I., M. P. LEMASTER, R. T. MASON (2006.): Minimal overwintering temperatures of red-sided grater snakes (*Thamnophis sirtalis parietalis*): a possible cue for emergence? *Can. J. Zool.* 84, 771-777.
 26. L'VOVA, S. P. (1980.): Features of the energy metabolism of the lizard *Eremias arguta* during hibernation. *Zh. Evol. Biokhim. Fiziol.* 16, 524-527.
 27. MOREIRA, D. C., A. F. WELKER, E. G. CAMOPOS, S. C. R. DE SOUZA, M. HERMES-LIMA (2018.): Subtropical hibernation in juvenile tegu lizards (*Salvator merianae*): insights from intestine redoxdynamics. *Scientific Reports* 8, 9368. doi.org/10.1038/s41598-018-27263-x
 28. NEJEDLI, S. (2019.): *Morfološke osobnosti gmazova- Priručnik*. Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 46-47.
 29. O'MALLEY, B. (2005.): *Clinical anatomy and physiology of exotic species: Structure and function of mammals, birds, reptiles and amphibians*. Elsevier limited, London, UK, 17-21, 57-58.
 30. OROSZ, S. E. (2013.): Critical care nutrition for exotic animals. *Journal of Exotic Pet Medicine* 22, 167-168.
 31. RAHEEM, K. A., N. EL MOSALLAMY (1979.): Metabolism of hibernating reptiles. Changes of free amino acids in blood, liver and brain. *Comp. Biochem. Physiol. B.* 64, 305-308.
 32. RAUH, J. (2000.): *Grundlagen der Reptilienhaltung*. Natur und Tier-Verlag, Münster, 127-131, 160 -162, 173-175.
 33. RHEIS, S. (2018.): Reptilian Brumation. *The Tortuga Gazette* 54, 6-8.
 34. RISMILLER, P. D., G. HELDMAIER (1982.): The Effect of Photoperiod on Temperature Selection in the European Green Lizard, *Lacerta Viridis*. *Oecologia (Berl)* 53, 222-226.
 35. STOREY, K. B. (2006.): Reptile freeze tolerance: metabolism and gene expression. *Cryobiology* 52, 1-16.

36. WARWICK, C., P. C. ARENA, G. M. BURGHART (2023.): Health and Welfare of Captive Reptiles 2ed. Springer Nature Switzerland AG, Switzerland, 15, 95.
37. WILKINSON, S. L. (2021.): Lizards. U: Exotic Animal Emergency and Critical Care Medicine (Graham, J. E., G. A. Doss, H. Beaufreere ur.). John Wiley & Sons, USA, 886-908.
38. VIEIRA ANDRADE, D., R. S. B. GAVIRA, G. J. TATTERSALL (2015.): Thermogenesis in ectothermic vertebrates. Temperature (Austin) 2, 454.
39. VINCENTE-FERREIRA, G. S., G. S. MARTINS, N. A. CHAVES, D. G. H. SILVA, C. R. BONINI-DOMINGOS (2021.): Oxidative and osmotolerant effects in *Salvator merianae* (Squamata: Teiidae) red blood cells during hibernation. Brazilian Journal of Biology 84. doi.org/10.1590/1519-6984.249617
40. ZENA, L. A., V. DANTONIO, L. H. GARGAGLIONI, D. V. ANDRADE, A. S. ABE, K. C. BICEGO (2016.): Winter metabolic depression does not change arterial baroreflex control of heart rate in the tegu lizard *Salvator merianae*. J. Exp. Biol. 219, 725-733.

5 SAŽETAK

Dunja Đokić:

Utjecaj zatočeništva na brumaciju guštera

Gmazovi su ektotermni kralježnjaci što znači da procesom termogeneze ne proizvode dostatnu količinu topline, već ovise o temperaturi okoliša kako bi održali vlastitu tjelesnu temperaturu. Svoju tjelesnu temperaturu održavaju mehanizmima termoregulacije, a kada zbog nepovoljnih okolišnih uvjeta nisu u mogućnosti održati optimalnu tjelesnu temperaturu ulaze u brumaciju. Brumacija je fiziološko stanje smanjene aktivnosti ili mirovanja gmazova, ponajprije zabilježeno u vrsta umjerene i suptropske klime, karakterizirano depresijom metabolizma. Pad temperature okoliša i smanjenje dnevnog osvjetljenja glavni su pokretači ovog procesa, ali u suptropskih i tropskih vrsta to su također i sušna te kišna razdoblja. Prije početka brumacije smanjuje se apetit te životinja traži prikladan hibernakul. Tijekom samog procesa brumacije usporava se metabolizam, rad srca i disanje. Završetak brumacije potaknut je porastom temperature okoliša i dnevnog osvjetljenja. U vrsta gmazova koje brumiraju u prirodi, a drže se u zatočeništvu, ispravno provođenje brumacije smanjuje rizik nastanka komplikacija tijekom ili nakon samog procesa. Najčešće komplikacije su stomatitis, zatajenje bubrega, anoreksija, *refeeding* sindrom, konstipacija, ozljede uzrokovane napadom, oštećenje od mraza (smrzotine) i neobstruktivna distocija. Provođenje brumacije u leopard gekona i bradate agame držanih u zatočeništvu djeluje pozitivno, jer stimulira reprodukciju te omogućava ispoljavanje vrsno-specifičnog ponašanja.

Ključne riječi: brumacija, gmazovi, gušteri, utjecaj, zatočeništvo

6 SUMMARY

Dunja Đokić:

The effect of captivity on the brumation of lizards

Reptiles are ectothermic vertebrates, meaning they do not produce enough heat through thermogenesis and must rely on the temperature of their environment to maintain their body temperature. They regulate their body temperature through thermoregulation mechanisms, and when they are unable to maintain an optimal body temperature due to unfavorable environmental conditions, they enter brumation. Brumation is a physiological state of reduced activity or rest in reptiles, primarily seen in species of temperate and subtropical climates, characterized by a decrease in metabolism. A drop in environmental temperature and a decrease in daylight are the main drivers of this process, but in subtropical and tropical species, dry and rainy periods can also trigger it. Before the beginning of brumation, the animal's appetite decreases, and it seeks out a suitable hibernaculum. During the brumation process, metabolism, heart rate, and breathing slow down. The end of brumation is triggered by an increase in environmental temperature and daylight. In species of reptiles that brumate in nature and are kept in captivity, proper brumation reduces the risk of complications during or after the process. The most common complications are stomatitis, kidney failure, anorexia, refeeding syndrome, constipation, injuries caused by an attack, damage from frost (frostbite), and non-obstructive dystocia. Carrying out brumation in leopard geckos and bearded agamas kept in captivity has a positive effect, as it stimulates reproduction and enables the expression of species-specific behaviors.

Keywords: brumation, reptiles, lizards, effect, captivity

7 ŽIVOTOPIS

Rođena sam 22.09.1997. u Čakovcu. Odrasla sam u Čakovcu gdje sam provela djetinjstvo. Pohađala sam II. Osnovnu školu Čakovec, a potom upisala Gimnaziju Josipa Slavenskog Čakovec – opći smjer. Nakon položene mature, 2016. godine upisujem Veterinarski fakultet u Zagrebu. Na petoj godini fakulteta odabirem smjer kućni ljubimci. U ljetnom semestru akademske godine 2022./2023. postajem demonstrator u Knjižnici Veterinarskog fakulteta te postajem predstavnica studenata u Odboru Središnje knjižnice Veterinarskog fakulteta. Kliničko stručnu praksu odrađujem u veterinarskoj stanici ProVet u Zaprešiću.

Tijekom cijelog obrazovanja bavila sam se sportom koji mi je pomogao da ostanem disciplinirana i motivirana.