

ADILOV ALEXANDRA KAMILLA*, KISS CSABA

EREDETI ÉS ÁTHELYEZETT FÉSZKEKBŐL KIKELT KÖZÖNSÉGES LEVESTEKNŐS (*CHELONIA MYDAS*) FIÓKÁK PÁNCÉLALAKJÁNAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

*Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Állattani Tanszék, Eger, Leányka
utca 6. *e-mail: alexandraadilov@gmail.com*

Összefoglaló

Az elmúlt néhány évtizedben összességében csökkent az összes tengeritek-nős-populáció, ami közvetlenül és közvetve tulajdonítható az élőhelyek pusztulásának, ideértve a fészkelő partszakaszok fejlesztését emberi lakhatásra. Bizonyítékok vannak arra is, hogy a fiatal egyedek erőteljes ragadozása, a tojások és a kifejlett egyedek orvvadászata, a szennyezés és a nem megfelelő halászati gyakorlatok is jelentősen hozzájárultak a megfigyelt populáció csökkenéséhez. A közönséges levesteknős faj megőrzésére irányuló erőfeszítések közé tartozik a veszélyeztetett fészkek áthelyezése. Azonban mivel a módszer nem veszélytelen, mivel az áthelyezés hatással van a fiókák embrionális fejlődésére és azok kikelést követő fenotípusos megjelenésére, számos kutatás foglalkozik a témával. Kutatásomban az egyik ilyen hatással, a 2D pikkely-morfológia változásával foglalkoztam Észak-Cipruson. Főkomponens-analízist végeztem, ahol azt határoztam meg, mely környezeti háttérváltozók vannak a legnagyobb hatással a fészkekre, illetve azon jellegetek vizsgáltam, amelyek a legnagyobb hányadát magyarázzák a teljes fenotípusos varianciának. A páncél alak- és méretváltozásainál a Prokusztész ANOVA-teszt statisztikailag szignifikáns eredményt mutatott a csoportok között az alakra. A nem parametrikus ANOVA-teszt a csoportok közötti különbségeket mutatta. Eredményeink rámutatnak az áthelyezett fészkek és az eredeti fészkek közti különbségekre és az azokra ható környezeti tényezőkre, melyek ismerete fontos lehet a faj túlélése szempontjából.

Kulcsszavak: *közönséges levesteknős, Chelonia mydas, fészkekáthelyezés, 2D morfológia*

ALEXANDRA KAMILLA ADILOV*, CSABA KISS

COMPARISON OF SHELL SHAPE CHANGES IN GREEN SEA TURTLE (*CHELONIA MYDAS*) HATCHLINGS FROM ORIGINAL AND RELOCATED NESTS

*Eszterházy Károly Catholic University, Department of Zoology, Eger,
Leányka utca 6. *e-mail:alexandraadilov@gmail.com*

Abstract

Over the past few decades, there has been an overall decline in all sea turtle populations that can be directly and indirectly attributed to habitat destruction, including the development of nesting beaches for human habitation. There is also evidence that heavy predation on juveniles, poaching of eggs and adults, pollution and inappropriate fishing practices have also contributed significantly to the observed population declines. Efforts to conserve the Green sea turtle species include the relocation of endangered nests. However, as the method is not without risk to the embryonic development of the hatchlings and their post-hatching phenotypic emergence, there is a lot of research on the subject. I studied the 2D scute morphology of Green sea turtle in Northern Cyprus. I performed principal component analysis to determine which environmental background variables explain the greatest effect on the nests and which traits explain the greatest proportion of the total phenotypic variance. By performing a Procrustes ANOVA test on the shape and size changes of the carapace showed statistically significant results between groups for shape. The Non-parametric ANOVA test showed differences between groups. Based on our results, we got an explanation of the differences between the relocated nests and the original nests. These can be important because they can help the survival of the species.

Keywords: *Green sea turtle, Chelonia mydas, nest relocation, 2D morphology*



1. ábra: *Chelonia mydas* (Forrás: Flora G.)

Bevezetés

Világunk számos globálisan kiterjedt problémával néz szembe a XXI. században, melyek hatásai egymást fokozottan erősítik, és minden életközösségre hatással vannak. Az emberi tevékenységekből eredő károsanyag-kibocsátás már a XVIII. század elején elkezdődött az ipari forradalommal, amely új eszközöket kínált a kereskedelem felgyorsítására. Ezek közül a gőzhajózás különösen nagy hatással volt a tengeri ökoszisztémára, amelynek eredményeképpen lehetőség nyílt a halászat korszerűsítésére és hatékonyabbá tételére, hogy azzal milliókat juttasson olcsó tengeri eredetű táplálékhoz. Az azóta is tartó egyre fokozódó halászat következtében a legtöbb tengeri faj populációja erőteljesen csökkent. Ez alól nem képez kivételt a kutatásom témájaként választott faj, a közönséges levesteknős (*Chelonia mydas* Linnaeus, 1758) sem (1. ábra).

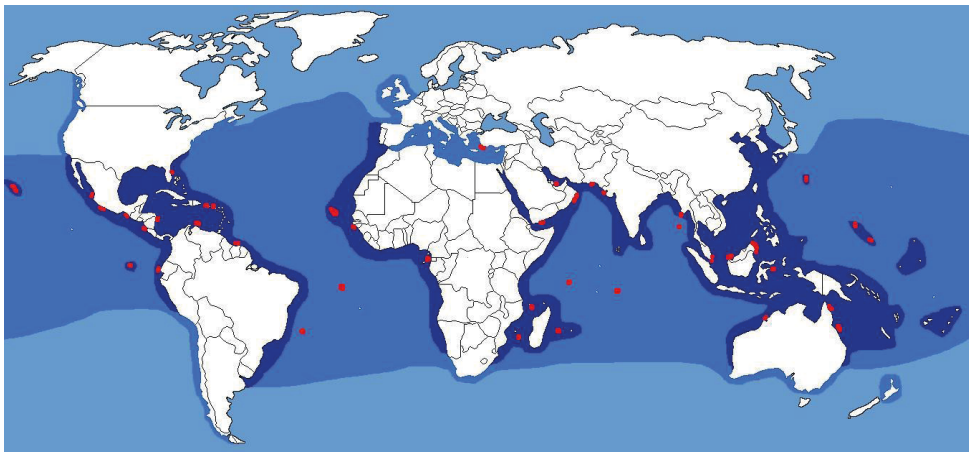
A fajt érintő egyik legkritikusabb probléma a fosszilis tüzelőanyagok használata. Ennek egyik legmeghatározóbb hatása a globális felmelegedésből eredő pozitív irányba történő hőmérséklet-változás, amely érinti a faj fészkelő partszakaszait is. Mint a többi hüllőfajnál, a teknősöknél is a hőmérséklettől függ az ivari elkülönülés az embrionális fejlődési fázisban. A fészkelő partszakaszok homokhőmérsékletének emelkedése túlnyomórészt nőstény ivarú egyedek megjelenését eredményezi a populációban, ami idővel a faj kihalásával fenyeget (TOLEN ÉS MTSAI., 2021). A legtöbb ivararányokkal kapcsolatos tanulmány már azt prognosztizálja, hogy ez a tendencia egyre inkább megjelenik az egyes populációkban (CALDERÓN-PEÑA ÉS MTSAI., 2020).

Mivel óceánjaink és tengereink védelme közös érdekünk, melyben a szakembereknek, multinacionális cégeknek, de legfőképpen a civil társadalomnak lenne elengedhetetlen szerepe, hogy tudatosan mérsékeljék a tömeges halászatokból származó termékeket. A nagy testű vízi indikátorfajok védelme, amelyekhez a tengeri teknősök is tartoznak, nagymértékben hozzájárulhat a tengeri életközösségek sokszínűségének fennmaradásához. Ahhoz, hogy jobban megértsük ezen élőhelyeken lezajló folyamatokat és az itt élő élőlények kapcsolatait, szükséges a hozzájuk kapcsolódó paraméterek megismerése és ezáltal a populációk kutatása. A kutatásom témájául választott közönséges levesteknős 2D pikkelymorfológiájának vizsgálata emiatt nagymértékben és újszerűen tud hozzájárulni a faj hosszú távú védelméhez.

A faj ismertetése

A tengeri teknősök a világ biológiai sokféleségének ősi és jellegzetes részét képviselik, akik már 1,5-3 millió évvel ezelőtt is gyakoriak voltak a krétakori őstengerekben (BOWEN ÉS MTSAL., 1992). Jelenkori rendszertani besorolásuk szerint a *Chelonia mydas* fajt a hüllők osztályának (*Reptilia*) teknősök rendjében (*Testudines*) a tengeritekknős-félék (*Cheloniidae*) családjába sorolják.

A *Chelonia mydas* egy lassú növekedésű faj, ami szoros összefüggésben van az emésztőrendszerük működésével. Csak limitált mennyiségű, főként növényi tápanyagot képesek felvenni, melyet a gyomrukban élő baktériumok segítségével tudnak megemészteni. Tipikusan magányos, nektonikus állat, amely leginkább sekély vízi területeken táplálkozik, ahol bőséges a tengeri fű vagy az alga (BALAZS, 1979). Mindhárom főbb óceánban, valamint a tropikus, a szubtropikus és a mérsékelt öv melegebb vizeiben is megtalálható (2. ábra).



Approximate Range of *Chelonia mydas* - Green Sea Turtle

- Most common range of adults and large juveniles
- Less common range of adults and large juveniles and range of oceanic juveniles
- Some nesting areas

2. ábra: A faj földrajzi megoszlása. Sötétkékkel a leggyakoribb előfordulási helyei, világoskékkel a kevésbé gyakori élőhelyei vannak jelölve, pirossal az ismert fészkelőhelyek (Forrás: californiaherps.com).

Számos országban is több kutatás alanya: szaporodásáról Surinamból, Tortugeroából és Brazíliából is vannak adataink, ahol a tojásaik lerakását megelőző időszakot vizsgálták (BJORNDAL, 1985). Páncéljuk hossza 80–122 cm, tömegük 65–204 kg között lehet, páncéljuk színe világos vagy sötétbarna, néha árnyékolt olajzölddel, csíkokkal vagy foltokkal tarkítva. A plasztikon leginkább sárgásfehér. Egyik legfőbb morfológiai jellemzője a fajnak a lekerekedett kicsi fej, illetve a sima páncél (SPOTILA, 2005).

A közönséges levesteknős 1982-ben került fel az IUCN Vörös Listájára, ami nemzetközi szintű jogi védelmet adott a fajnak, fékezve az illegális kereskedelmet is (SEMINOFF, 2004). Emellett az EU LEX listáján is szerepel a II. és a IV. mellékletben (EU LEX, 2021/C 496/01).

Szakirodalmi áttekintés

Ciprus szigete a Földközi-tenger keleti részén található, Törökország partjaitól 79 km-re. KASPAREK ÉS MTSAI. (2001) kutatásukban a Levante-medencében Törökországot és Észak-Ciprust jelölik meg mint legfőbb fészkelőhelyeket, de ezek mellett Izraelben, Libanonban és Egyiptomban is található ilyen partszakaszok. Észak-Ciprusra vonatkozólag a terület vegetációja eléggé változatos, a tengerpartot dús növényzet jellemzi, többek között a *Sesuvium portulacastrum* – LINNAEUS, 1759; *Sporobolus virginicus* – KUNTH, 1829; *Chrysobalanus icaco* – LINNAEUS, 1753; *Erinacea anthyllis* – LINN, 1897; *Artemisia spinescens* – EATON, 1871; *Koeberlinia spinosa* – ZUCC, 1832 van jelen, ami kedvezően hozzájárul a tengeriteknős-fajok fészkei makrokörnyezetének optimális kialakításához (OGÜZ TÜRKÖZAN szóbeli közlése).

A tengeri teknősök esetében a teljes tenyészpopuláció pontos becslése sajnos nem kivitelezhető. A szaporodásra képes egyedek felmérését tovább nehezíti, hogy a szaporodásra képes nőstények egy költési időszakban több fészket is rakhatnak, eltérő évenkénti ciklusban (MILLER, 1996). Erre megoldást jelenthet a BRODERICK ÉS MTSAI. (2002) által kidolgozott módszer, melyben a lerakott fészkek számát vetik össze az adott szezonban detektált nőstények számával.

A 2D pikkelymorfológiára vonatkozó kutatások jelenleg még nagyon kezdetlegesek és emiatt kevés szakcikk jelent meg a témában. A fiókák ivari dimorfizmusára vonatkozólag KIRCHER ÉS WYNEKEN (2017) *Chelonia mydas* frissen kikelt egyedeket vizsgált, míg DURO ÉS MTSAI. (2021) a görög teknős (*Testudo hermanni boettgeri* MOJSISOVICS, 1889) esetében végzett hasonló kutatásokat. Mindketten arra a megállapításra jutottak, hogy a két nemet minimálisan, de el lehet különíteni egymástól ezen jellemzőik alapján. OLIVEIRA (2019) halott teknősfiókákon végzett a fejre és a háti pikkelyre vonatkozó morfológiai vizsgálatokat, melyek alapján sikeresen tudta az egyedeket besorolni az egyes fajokba, vagyis fajspecifikus morfológiai jeleket tudott megállapítani.

Anyag és módszer

Kutatásomat 2022. július 16. és augusztus 14. között végeztem. Helyszíne Észak-Ciprus Karpaz-félszigetén lévő Ronnas fészkelő partszakasz volt, amely a térségben a legnagyobb fészekszámmal rendelkezik. Kutatásom során az eredeti helyén, illetve valamilyen környezeti vagy antropogén zavarás hatására áthelyezett fészkekből kikelő közönséges levesteknős-fiókákat vizsgáltam. Az áthelyezéshez steril vödörket használtam, amelybe a fészkekből származó összes tojás belefért úgy, hogy az eredetinek megfelelő sorrendben voltak belehelyezve. A tojásokat minden esetben a fészkekexkaváció után tudtam kivenni, és nem pedig közvetlenül a tojásrakáskor. Mindkét módszert WYNEKEN és mtsai. (1988) útmutatásai alapján végeztem el. A kutatáshoz kapcsolódóan a feladatkörömbbe tartozott a partszakaszok napi kétszer történő ellenőrzése is. A reggeli órákban a fészkelést befejező teknős által hagyott nyomot követve lehetett azonosítani az aznap rakott fészkeket (3. ábra).

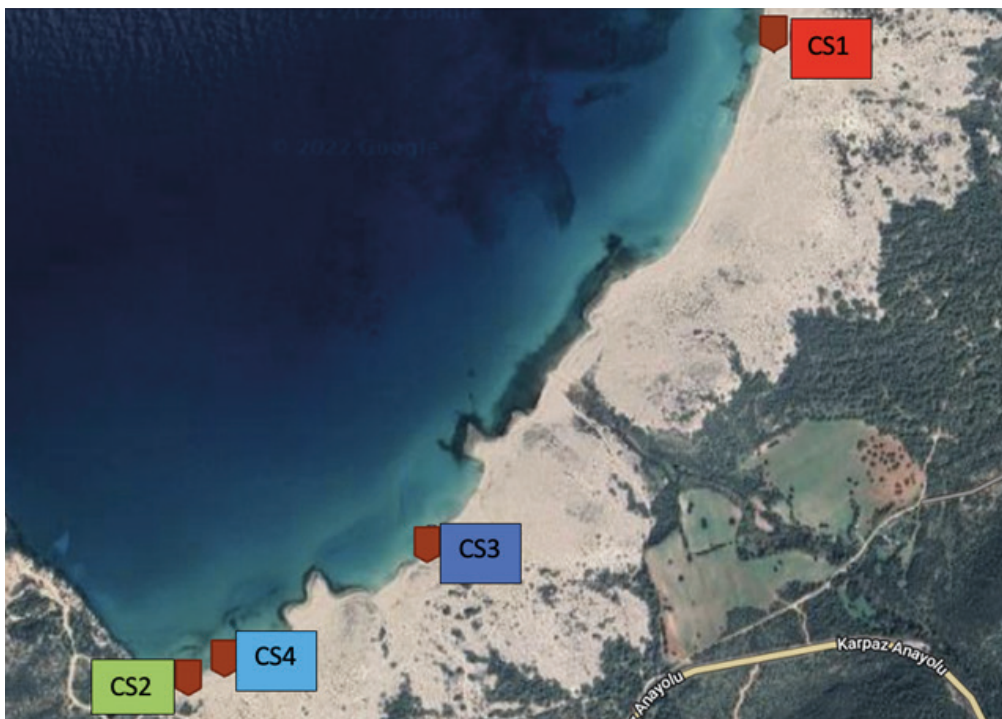


3. ábra: A fészkelést befejező teknős friss nyomai korán reggel a tengerparton (Forrás: Adilov Alexandra)

A 60 napos inkubációs időszakot betöltött fészkeket manuálisan ástuk ki, leszámoltuk az ezekben kikelt egyedek után hátrahagyott tojáshéjakat, valamint a fejlődési stádiumban megállt embriókat, illetve elengedtem a fészkekben ragadt egészséges egyedeket. További feladataim között volt még a legnagyobb predációt okozó helyi róka (*Vulpes vulpes indicatus* MILLER, 1907) által kiásott

fészkek feltárása, a tojások leszámolása, illetve a jó tojások visszahelyezése a fészkekbe.

Kutatásom során 4 fészket vizsgáltam (4. ábra). A fészkek elkülönítésére eltérő színeket és csoportrövidítéseket használtam. A partszakasz legtávolabbi pontján lévő pirossal (CS1), a legközelebbi szakaszán lévőket zölddel és világoskékkel (CS2 és CS4), a középtájon elhelyezkedőt pedig sötétzölddel (CS3) jelöltem. A fészkek távolságát 5 m hosszú manuális mérőszalaggal mértem le a vízparttól és a vegetációtól, a fészkek egyéb paramétereit pedig 1 m-es szalaggal (centiméterben meghatározva). Ezek SÖNMEZ (2019) munkásságát követve a következők voltak:



4. ábra: Ronnas partszakasz műholdas felvétele, az általam vizsgált négy fészkek elhelyezkedésével a parton (Forrás: Google Maps)

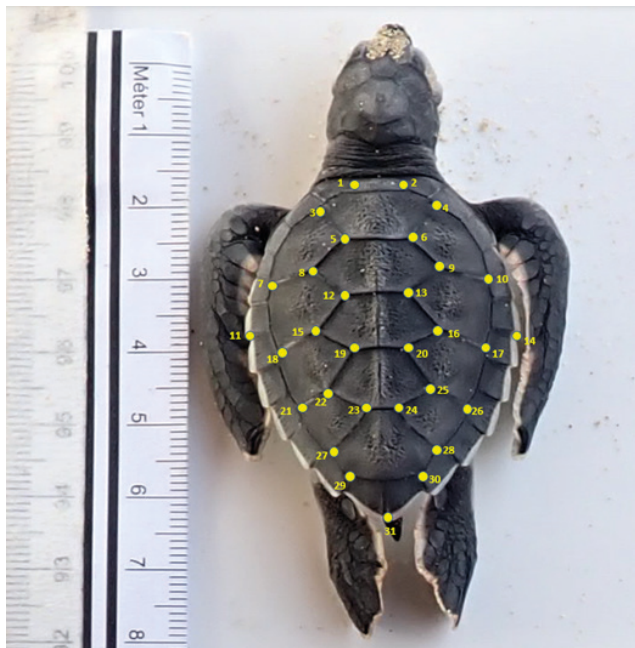
A kutatásom során a 4 fészkekből összesen 106 darab *Chelonia mydas* fiókat fotóztam le. A CS1 fészkekből 7, a CS2-ből 8, a CS3-ból 26 és a CS4-ből további 65 egyed. Az egyes példányok hátsó páncélját egy felső állású nézetből készült felvétel segítségével digitalizáltam. A képek elkészítésénél fényképezési protokollt határoztam meg, melynek során szabványos módon mindig ugyanazzal az Olympus Tough TG-6 fényképezőgéppel dolgoztam. A fényképeket JPEG formátumú fájlokban tároltam. A képek azonos ortogonális tengelyen történő rögzítésének egységesítése érdekében a digitális fényképezőgépet állványon rögzítettem, a lencse pedig párhuzamos volt a mintafelület sík részére elhe-

lyezett mintákkal (30 cm magasságban). A fényképezőgépet kézi üzemmódban használtam, a következő beállításokkal: zoom nélkül, F2.0 rekesz, 1/2 sebesség és ISO 5400 értékekkel. Az egyes példányok fejét középre állítottam, hogy mindannyian körülbelül ugyanabban a helyzetben legyenek. Minden példányt egyéni azonosítószámmal láttam el (fészkek/egyed sorszáma).

Háttérváltozók a következők voltak: tengertől való távolság (DFS), vegetációtól való távolság (DFV), tojások helyzete a fészkek tetejétől (ETS), fészkek mélysége (BTS), fészkek átmérője (ND).

Referenciapontok

Minden egyedre 31 darab 2D anatómiai referenciapontot (landmark) helyeztem el a páncél dorsális oldalán (5. ábra) TpsDig2 program segítségével (ROHLF, 2006) KIRCHER ÉS WYNEKEN (2017) munkásságát követve.



5. ábra: A fontosabb referenciapontok a pikkely illeszkedései mentén (Fotó: Adilov Alexandra)

Adatok elemzése

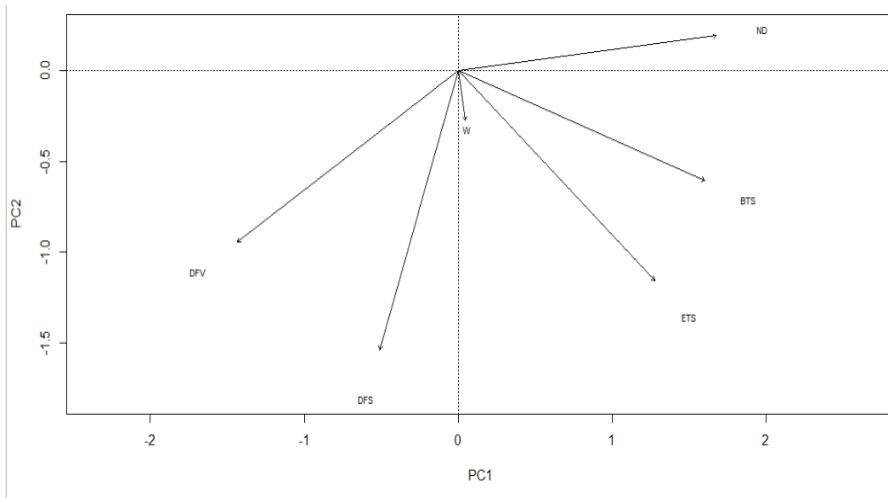
A referenciapontokon (landmarks) elsőnek egy Prokusztész-analízist (Generalized Procrustes Analysis – GPA) végeztem a pozícióból, az orientációból és a méretből való eltérések uniformizálása érdekében (ROHLF ÉS SLICE, 1990). Ezt követően centroid méretet (Centroid size – CS) számoltam az új referenciapontok középpontjától mért távolságok négyzetgyökének összegéből, amellyel az egyes egyedek méretét határoztam meg (BOOKSTEIN, 1997). A Prokusztész-koordinátákra főkomponens-analízist (Principal Component

Analysis – PCA) készítettem, hogy azonosítsam a csoportjaim és a háttérváltozók legnagyobb varianciához tartozó lefedő komponenseket (KRZANOWSKI, 2000; JOLLIFFE, 2022). A morfológiai térben lévő alakváltozások (Shape) megjelenítésére vékonylemezes interpolációs függvényt (Thin-Plate Spline – TPS) használtam (BOOKSTEIN, 1997). A csoportjaim alak- (Shape) és méretértékei (CS) közötti összefüggések vizsgálatára Prokusztész ANOVA-tesztet használtam, illetve az átlagos Procrustes-távolságok páronkénti különbségeit is összehasonlítottam (GOODALL, 1991). A főkomponensekkel (PC) kapcsolatos elemzésekre nem parametrikus ANOVA-tesztet futtattam (COHEN, 2008; GÁLVEZ-LÓPEZ, 2021). A statisztikai szignifikanciaértékek ($p < 0.05$) kiszámolása minden esetben 10000 ismétlésszámmal történt véletlenszerű permutációs teszt segítségével (ADAMS ÉS MTSAL., 2018), szükség esetén Holm–Bonferroni-módszerrel (HOLM, 1979) korrigálva. Az összes elemzést és grafikai ábrázolást R statisztikai környezetben futtattam le V.2021.09.0+351 (RSTUDIO TEAM, 2020), a következő feladatspecifikus csomagok segítségével: „devtools” (WICKHAM ÉS MTSAL., 2021), „geomorph” (BAKEN ÉS MTSAL., 2021), „Morpho” (SCHLAGER, 2017), „rgl” (MURDOCH ÉS ADLER, 2022), „RRPP” (ADAMS ÉS MTSAL., 2018), „vegan” (OKSANEN, 2013).

Eredmények

Főkomponens-analízis (PCA) a háttérváltozókra

A főkomponens-analízis (PCA) során azon háttérváltozókat határoztam meg, amelyek a legnagyobb mértékben magyarázhatják a fészkekre ható környezeti hatásokat (6. ábra). Az első tengely (PC1) a teljes háttérváltozók 71,4%-át magyarázza, kialakításában az ND játssza a legnagyobb szerepet.

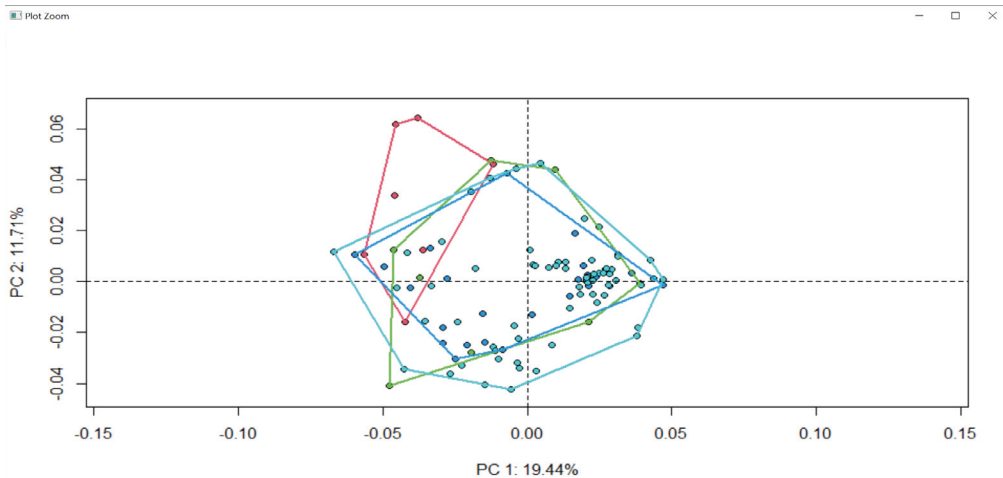


6. ábra: Főkomponens-analízis az egyes háttérváltozók ábrázolásával

A második tengely (PC2) a teljes háttérváltozók 18,52%-át magyarázza, kialakításában a DFS játssza a legnagyobb szerepet.

Főkomponens-analízis (PCA) a páncél pikkelyeire

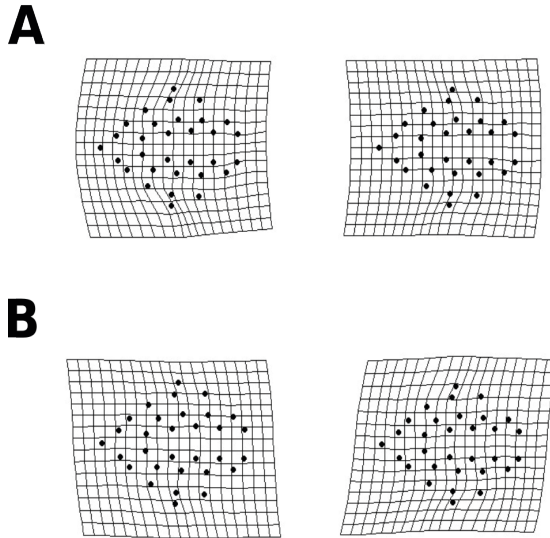
Ezen főkomponens-analízis (PCA) során azon jellegeket határoztam meg, melyek a legnagyobb hányadát magyarázzák a teljes fenotípusos variáciának (6. ábra). Az első tengely (PC1) a teljes variancia 19,44%-át, míg a második tengely (PC2) 11,71%-ot magyaráz. A Thin-Plate Spline módszerrel történt ábrázolások azt mutatják, hogy a PC1 tengely negatív vége felé haladva az egyedek páncéljának az eleje hátrébb tolódik, a fej mögötti pikkely pedig összebb megy (7. ábra).



7. ábra. Főkomponens-analízis az egyes csoportok ábrázolásával.

A pontok az egyedeket, a halmazok a csoportokat jelölik:
CS1 – piros, CS2 – zöld, CS3 – sötétzöld, CS4 – világoskék.

Ez a tengely pozitív vége felé haladva fordítottan jelenik meg, vagyis a páncél eleje előrébb tolódik, a nyaki pikkely pedig kiszélesedik. A PC2 tengely mentén az figyelhető meg, hogy a páncél jobb és bal széle nem szimmetrikus egymáshoz viszonyítva (8A. ábra), emiatt előrébb és hátrébb mozdulnak (8B. ábra). A PC2 tengely negatív vége felé haladva a páncél bal oldala hátrébb tolódik, míg a pozitív tengely vége felé a jobb oldala mozdul el.



8. ábra: A PC1 tengely negatív (jobb) és pozitív (bal) végén tapasztalt páncélalakváltozások (A). A PC2 tengely negatív (jobb) és pozitív (bal) végén tapasztalt páncélalakváltozások (B)

Az adatok elemzését követően a Prokusztész ANOVA statisztikailag szignifikáns eredményt mutatott a csoportok között alakra ($F = 4.628$; $p < 0.001$) (1. táblázat).

Faktorok	Alak	Méret	PCs%	PC1	PC1%	PC2	PC2%	PC3	PC3%
Csoportok	4.628 (<0.001)	10.91 (<0.001)	11,98%	7.6802 (<0.001)	18,43%	5.595 (0.001)	14,13%	12.32 (<0.001)	26,59%
Méret	3.449 (<0.001)	-	32,10%	2.569 (0.1149)	2,41%	0.015 (0.9046)	0,01%	0.175 (0.6739)	3,27%
Csoportok* Méret	1.325 (0.0931)	-	16,35%	0.7014 (0.5587)	20,24%	2.436 (0.0689)	20,78%	2.719 (0.0460)	33,05%

1. táblázat. Faktorinterakciók a páncél alakjára és méretére vonatkozólag

A nem parametrikus ANOVA a csoportok közötti különbségek 11,98%-át magyarázta, amelyből a PC1 ($F = 7.68$; $p < 0.001$), a PC2 ($F = 5.595$; $p = 0.001$) és a PC3 ($F = 12.32$; $p < 0.001$) is szignifikáns eltérést mutatott, valamint kis mértékben jellemezte a csoportok közötti alak különbségek 18,43%-át, 14,13%-át és 26,59%-át. Mérethe vonatkozólag a Prokusztész ANOVA ugyancsak statisztikailag szignifikáns eredményt mutatott az alakra ($F = 3.449$; $p < 0.001$). A nem parametrikus ANOVA a csoportok közötti különbségek 32,10%-át magyarázta,

amelyből a PC1 ($F = 2.57$; $p = 0.1149$), a PC2 ($F = 0.015$; $p = 0.905$) és a PC3 ($F = 0.175$; $p = 0.6739$) sem mutatott szignifikáns eltérést, továbbá nagyon kis mértékben jellemezte a méretek közötti különbségek 2,41%-át, 0,01%-át és 3,27%-át. Csoportra és méretre együttesen a Prokusztész ANOVA statisztikailag nem mutatott szignifikáns eredményt az alakok között ($F = 1.325$ $p = 0.0931$). A nem parametrikus ANOVA a csoportok és a méret együttes elemzésében a különbségek 16,35%-át magyarázta, amelyből a PC1 ($F = 0.7014$; $p = 0.5587$) és a PC2 ($F = 2.436$; $p = 0.0689$) nem mutatott szignifikáns eltérést, csak a PC3 ($F = 2.719$; $p = 0.046$), és kis mértékben jellemezte a különbségek 20,24%-át, 20,78 %-át és 33,05%-át.

Legvégül a csoportok méret (CS) szerinti összehasonlításánál (2. táblázat) szintén szignifikáns eltérést kaptam ($F = 10.91$; $p < 0.001$). A páronkénti távolságtesztnél a CS1 fészkek az összes többi fészektől szignifikáns eltérést mutatott (3. táblázat). A többi esetben nem kaptam szignifikáns eredményt. A legkisebb távolság a CS3~CS4 ($t = 0.035$; $p = 0,069$), a legnagyobb pedig a CS1~CS4 ($t = 0.077$; $p < 0.001$) csoportok között volt.

	CS1	CS2	CS3	CS4
CS1		0.063	0.071	0.077
CS2	0.02*		0.046	0.049
CS3	<0.001*	0.069		0.035
CS4	<0.001*	0.049*	0.069	

2. táblázat: A páronkénti távolságteszt eredményei

Összefoglalás

A közönséges levesteknős fészkelőhelyei globálisan fokozott veszélyeknek vannak kitéve, legfőképp az emberi tevékenységek természetére gyakorolt negatív hatásai miatt. Számos nemzetközi összefogással megvalósult kutatás jött már létre, hogy ezeknek a tendenciáknak a negatív hatásaira megoldást találjanak. Ennek tükrében elengedhetetlen fontossággal bír a faj és annak költési szokásainak a megismerése is. Ezek közül az egyik legfontosabb a háttérváltozók megismerése, amelyek nemcsak a fenotípusos varianciára gyakorolnak hatást, hanem a felnőtt nőtény egyed fészkelési szokásaira is befolyással vannak (ZAVALETA-LIZÁRRAGA ÉS MORALES-MÁVIL, 2013). A jövőben lehetséges megoldásként vetődhet fel a mesterséges inkubátorok használata is, ahol a kedvező fészkeparaméterek ismerete előnyös feltételeket eredményezhet az utódok kikelésében (SÖNMEZ, 2017).

Amíg a genotípus a potenciális fizikai megjelenés lehetőségeit hordozza, addig a környezeti hatások ezek további megnyilvánulásaira vannak hatással. Egy előnytelenebb fészkelőhely kiválasztásával az anyateknős helyzeti hátrányba hozhatja az utódait. Kutatásunk során sok esetben észleltük, hogy a fészkelőhely keresése közben a ragadozók megjelenése stresszt okozott az anyaállatnak. Emellett az

erősen szennyezett, emberi tevékenységtől zavart strandokon is több visszafordulást és kevésbé kitartó fészkelőhely utáni keresést tapasztaltunk. A kutatásom során sajnos nem volt lehetőségem további környezeti tényezőket gyűjteni, mint például a fészkek pH-értékét vagy a hőmérsékletet, amelyek a fiókák fejlődésének szempontjából a legfontosabbak lettek volna.

Főkomponens-analízissel elsőként a környezeti háttérváltozókat vizsgáltam, ahol a PC1 tengelyen a fészkek átmérője (ND), a PC2 tengelyen pedig a tenger-től való távolság (DFS) volt leginkább meghatározó (6. ábra). A fészkek átmérője azért lehet a legfontosabb környezeti háttérváltozó, mert leginkább ez befolyásolja a fészkekben lévő fiókák számát, normális fejlődését. A tenger-től való távolság másodlagosan azért fontos környezeti háttérváltozó, mert a fészkek hőmérsékletének egy fix hőmérsékleti tartományban kell maradnia a fiókák fejlődése során, emiatt a tenger-től biztonságos távolságban lévők kevésbé vannak kitéve hőingadozásnak. TÜRKÖZAN ÉS MTSAI. (2023) ugyanezt az eredményt kapták, miszerint 30–32 °C az az optimális hőmérsékleti tartomány, ahol a fiókák a legnagyobb kikelési sikerrel rendelkeznek. Ezek mellett a fészkek vegetációtól való távolsága is egy fontos háttérváltozó (ZAVALETA-LIZÁRRAGA ÉS MORALES-MÁVIL, 2013), hiszen a kutatás során én is azt tapasztaltam, hogy a fészkek jelentős százaléka inkább a dúsabb vegetációval rendelkező partszakaszon volt. Az anyaállat számára további szempont lehet az árapályterületen található homok nedvességtartalma is, mert magas értéknél a fészkek hőmérséklete nem lesz stabil, ami kedvezőtlen hatással van a fiókák embrionális fejlődésére (MATTHEWS ÉS MTSAI., 2021). Sajnos, a homok nedvességtartalmát és pH-értékét nem volt módomban mérni a vizsgált fészkeknél, így erre vonatkozó saját adatok nem állnak rendelkezésemre. A környezeti háttérváltozókat kevés kutatásban vizsgálták eddig, de jelentőségüket mutatja, hogy SÖNMEZ (2016) a tojások átmérője és súlya közötti pozitív kapcsolatot mutatott ki a tenger-től való távolságára (DFS) és a fészkek átmérőjére (ND) vonatkozólag. Ez azzal magyarázható szerinte, hogy a nagyobb anyaállat messzebbre és mélyebbre helyezte a fészket, ami jó hatással volt a kikelő egyedekre.

A Prokusztész ANOVA-teszteknel az alakra vonatkozólag mind a csoportok között ($F = 4.628$; $p < 0.001$), mind a méretre ($F = 3.449$; $p < 0.001$) szignifikáns eltérést kaptam. Ez azért érdekes eredmény, mert habár az egyes fészkek közel hasonló környezeti feltételek mellett fejlődtek, mégis szignifikáns eltérést mutatnak egymástól. Ennek az lehet az oka, hogy a CS1 fészkek bolygatott volt, a benne lévő fiókák át lettek helyezve, ami miatt megváltozott a pikkelyük morfológiája. Ez az eltérés viszont kihatással volt az egységesen vizsgált eredményekre. Ugyanakkor ha a csoportokat a mérettel összevonva vizsgáljuk az alakváltozást, már nem tapasztalunk szignifikáns eltérést ($F = 1.325$ $p = 0.0931$). Azért, hogy kiderüljön, valóban az áthelyezett CS1 fészkek lehet az eltérés oka, Prokusztész ANOVA-tesztet futtattam a csoportok és a méret között ($F = 10.91$; $p < 0.001$). Mind ez, mind a páronkénti távolságteszt (2. táblázat) megegyező eredményt mutatott, mely szerint a CS1 csoport jelentős eltérést mutatott a többi csoporthoz képest, miközben a másik három nem tért el szignifikánsan

egymástól. Ahogy azt SÖNMEZ (2019) kutatási eredményei is alátámasztják, az áthelyezett fészkek megváltozott paramétereinek hatással vannak az egyedek morfológiájára, vagyis a háttérváltozók nagymértékben befolyásolják a fiókákat a fejlődési ciklusuk alatt. Ugyanezen eredményre jutottak TANABE ÉS MITSUI. (2021) is, mely szerint a bolygatott fészkekből kikelő fiókák kisebb súllyal és sokkal több pikkelyanomáliával rendelkeztek. TANABE megfogalmazása szerint a fészkek áthelyezések nem veszélytelenek, de ha az *in situ* fejlődést külső tényezők akadályozzák, akkor szükséges lehet a fiókák túlélése szempontjából. Kutatásom során talákoztam egy felnőtt, fészkelő nőténnyel, amely pikkelymorfológiai rendellenességgel rendelkezett (9. ábra). Mivel eleve kevés egyed éli meg a felnőttkort, ezért a valamilyen pikkelymorfológiai eltéréssel rendelkező teknősök detektálása a populációból még inkább kivételes esemény.

Az eredményeimet összefoglalva azt mondhatom el, hogy a környezeti háttérváltozók hatással vannak az eredeti és az áthelyezett fészkekből kikelő fiókák morfológiájára. Mivel a bolygatott fészkekből sokkal nagyobb mértékben kerülhetnek ki hátrányosabb helyzetből induló egyedek, emiatt is tartom fontosnak az ilyen típusú vizsgálatok folytatását. A környezeti háttérváltozók alaposabb ismerete segítheti a populáció sikeresebb szaporodását és az egyedek zavartalan fejlődését.



9. ábra: Felnőtt teknős pikkelyrendellenességgel
(Fotó: Adilov Alexandra)

Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet szeretném kifejezni ciprusi tereptanároimnak, Sezgin Karamannak, Yönter Meraynak és még másoknak is, akik részt vettek a projekt terepi részében. Külön köszönetem dr. professor Ogüz Türkozannak, aki szak tudásával és tapasztalatával járult hozzá a projekthez.

A Kulturális és Innovációs Minisztérium UNKP-22-1-I-EKKE-5 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a nemzeti kutatási, fejlesztési és innovációs alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Irodalomjegyzék

- ADAMS, D., COLLYER, M., & KALIONTZOPOULOU, A. (2018). Geometric morphometric analyses of 2D/3D landmark data. 2020. Website: <https://cran.ms.unimelb.edu.au/web/packages/geomorph/geomorph.pdf>
- BAKEN, E. K., COLLYER, M. L., KALIONTZOPOULOU, A., & ADAMS, D. C. (2021). Geomorph v4. 0 and gmShiny: Enhanced analytics and a new graphical interface for a comprehensive morphometric experience. *Methods in Ecology and Evolution*, 12(12), 2355–2363.
DOI: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13723>
- BALAZS, G. H. (1979). Growth, food sources and migrations of immature Hawaiian *Chelonia*. *Marine Turtle Newsletter*, 10, 1–3. Website: <http://www.seaturtle.org/mtn/archives/mtn10/mtn10p1b.shtml>
- BJORN DAL, K. A. (1985). Nutritional ecology of sea turtles. *Copeia*, 736–751.
DOI: <https://doi.org/10.2307/1444767>
- BOOKSTEIN, F. L. (1997). *Morphometric tools for landmark data* (p. 455). DOI: <https://doi.org/10.2307/2534038>
- BOWEN, B. W., MEYLAN, A. B., ROSS, J. P., LIMPUS, C. J., BALAZS, G. H., & AVISE, J. C. (1992). Global population structure and natural history of the green turtle (*Chelonia mydas*) in terms of matriarchal phylogeny. *Evolution*, 46(4), 865–881. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1992.tb00605.x>
- BRODERICK, A. C., GLEN, F., GODLEY, B. J., & HAYS, G. C. (2002). Estimating the number of green and loggerhead turtles nesting annually in the Mediterranean. *Oryx*, 36(3), 227–235. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0030605302000431>
- CALDERÓN-PEÑA, R., BETANCOURT-AVILA, R., RODRÍGUEZ-FAJARDO, E., MARTÍNEZ-GONZÁLEZ, Y., & AZANZA-RICARDO, J. (2020). Sex ratio of the green sea turtle *Chelonia mydas* (Testudines: Cheloniidae) hatchlings in the Guanahacabibes Peninsula, Cuba. *Revista de Biología Tropical*, 68(3), 777–784. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v68i3.39033>
- COHEN, B. H. (2008). Explaining psychological statistics. John Wiley & Sons.

- DURO, S., GÜNDEMİR, O., SÖNMEZ, B., JASHARI, T., SZARA, T., PAZVANT, G., & KAMBO, A. (2021). A different perspective on sex dimorphism in the adult Hermann's tortoise: geometric morphometry. *Zoological Studies*, 60. DOI: <https://doi.org/10.6620/ZS.2021.60-09>
- GÁLVEZ-LÓPEZ, E. (2021). Quantifying morphological adaptations using direct measurements: The carnivoran appendicular skeleton as a case study. *The Anatomical Record*, 304(3), 480–506. DOI: <https://doi.org/10.1002/ar.24453>
- GOODALL, C. (1991). Procrustes methods in the statistical analysis of shape. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 53(2), 285–321. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1991.tb01825.x>
- HOLM, S. (1979). A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scandinavian journal of statistics*, 65–70. <http://www.jstor.org/stable/4615733>
- JOLLIFFE, I. T. (2002). Principal component analysis for special types of data (pp. 338–372). Springer New York. DOI: https://doi.org/10.1007/0-387-22440-8_13
- KASPAREK, M., GODLEY, B. J., & BRODERICK, A. C. (2001). Nesting of the green turtle, *Chelonia mydas*, in the Mediterranean: a review of status and conservation needs. *Zoology in the Middle East*, 24(1), 45–74. DOI: <https://doi.org/10.1080/09397140.2001.10637885>
- KIRCHER, L., & WYNEKEN, J. (2017). Sex Estimation by Geometric Morphometric Analysis of Loggerhead (*Caretta caretta*) Sea Turtle Hatchlings. *Mar Turt News*, 154, 12–15. Website: <http://seaturtle.org/mtn/archives/mtn154/mtn154-3.shtml?nocount>
- KRZANOWSKI, W. (2000). Principles of multivariate analysis (Vol. 23). OUP Oxford. DOI: <https://doi.org/10.1093/oso/9780198507086.001.0001>
- MATTHEWS, B. L., GATTO, C. R., & REINA, R. D. (2021). Effects of moisture during incubation on green sea turtle (*Chelonia mydas*) development, morphology and performance. *Endangered Species Research*, 46, 253–268. DOI: <https://doi.org/10.3354/esr01159>
- MILLER, J. (1996). Reproduction in sea turtles. In *The Biology of Sea Turtles* (eds P. Lutz & J.A. Musick). CRC Press, Boca Raton, Florida, USA., pp. 51–81. DOI: <https://doi.org/10.1201/9780203737088>
- MURDOCH, D., & ADLER, D. (2022). rgl: 3D visualisation using OpenGL. R package version 0.110. 2.
- OKSANEN, J. (2013). Vegan: ecological diversity. R project, 368, 1–11.
- OLIVEIRA, M.P. (2019). Quantificação da variação morfológica dos escudos da cabeça em natimortos de Cheloniidae (Testudines) na praia de Guriri, São Mateus, ES, Brasil. Website: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/30200>
- PRITCHARD, P. C. H. (1980). The conservation of sea turtles: practices and problems. *American Zoologist*, 20(3), 609–617. DOI: <https://doi.org/10.1093/icb/20.3.609>
- ROHLF, F. J. (2006). tpsDig, version 2.10. <http://life.bio.sunysb.edu/morph/index.html>.

- Rohlf, F. J., & Slice, D. (1990). Extensions of the Procrustes method for the optimal superimposition of landmarks. *Systematic biology*, 39(1), 40–59. DOI: <https://doi.org/10.2307/2992207>
- RSTUDIO TEAM. (2020) RStudio: integrated development for R. Boston, MA: RStudio, Inc. <http://www.rstudio.com/>
- SCHLAGER, S. (2017). "Morpho and Rvcg – Shape Analysis in R." In Zheng, G., Li, S., Székely, G. (eds.), *Statistical Shape and Deformation Analysis*, 217–256. Academic Press. ISBN 9780128104934. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-810493-4.00011-0>
- SEMINOFF, J. A. (2004). Sea turtles, red listing, and the need for regional assessments. *Marine Turtle Newsletter*, 106, 4–6. Website: <http://www.seaturtle.org/mtn/archives/mtn106/mtn106p4.shtml>
- SÖNMEZ, B. (2019). Morphological variations in the green turtle (*Chelonia mydas*): A field study on an eastern Mediterranean nesting population. *Zoological Studies*, 58. DOI: <https://doi.org/10.6620/ZS.2019.58-16>
- SÖNMEZ, B., & ÖZDİLEK, Ş. Y. (2017). A Preliminary Study of Using Some Nest Characteristics as Indicators for the Size of Green Turtle (*Chelonia mydas*) Hatchlings. *Cumhuriyet Science Journal*, 38(4), 60–67. DOI: <https://doi.org/10.17776/csj.363298>
- SÖNMEZ, B. (2016). An assessment of egg size in the green turtle (*Chelonia mydas*) on Samandağ beach, Turkey. *Natural and Engineering Sciences*, 1(3), 33–41. DOI: <https://doi.org/10.28978/nesciences.286310>
- SPOTILA, J. R. (2005). Sea Turtles: A Complete Guide to Their Biology, Behavior, and Conservation. *Marine Turtle Newsletter*, 108, 28–29.
- TANABE, L. K., STEENACKER, M., RUSLI, M. U., & BERUMEN, M. L. (2021). Implications of nest relocation for morphology and locomotor performance of green turtle (*Chelonia mydas*) hatchlings. *Ocean & Coastal Management*, 207, 105591. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105591>
- TÖLEN, N., RUSLI, M. U., & BOOTH, D. T. (2021). Relocating green turtle (*Chelonia mydas*) eggs to open beach areas produces highly female-biased hatchlings. *Herpetological Conservation and Biology*, 16(3), 639–651. Website: https://www.herpconbio.org/contents_vol16_issue3.html
- TÜRKOZAN O, YILMAZ C, ALMPANIDOU V, GODFREY MH, MAZARIS AD (2023) Thermal conditions of green turtle (*Chelonia mydas*) nests in the largest rookery in the eastern Mediterranean. *Endang Species Res* 50:63–73. DOI: <https://doi.org/10.3354/esr01219>
- WICKHAM, H., HESTER, J., CHANG, W., & BRYAN, J. (2021). Devtools package.
- WYNEKEN, J., BURKE, T. J., SALMON, M., & PEDERSEN, D. K. (1988). Egg failure in natural and relocated sea turtle nests. *Journal of Herpetology*, 88–96. DOI: <https://doi.org/10.2307/1564360>

ZAVALETA-LIZÁRRAGA, L., & MORALES-MÁVIL, J. E. (2013). Nest site selection by the green turtle (*Chelonia mydas*) in a beach of the north of Veracruz, Mexico. *Revista mexicana de biodiversidad*, 84(3), 927–937. DOI: <https://doi.org/10.2307/1564360>

Online hivatkozás

<https://californiaherps.com/turtles/maps/xcmymasworldrangemap4.jpg> (2023. 08. 16.)