

37. OTDK Biológia Szekció

MORFOLÓGIAI KÜLÖNBSÉGEK VIZSGÁLATA EREDETI ÉS ÁTHELYEZETT FÉSZKEKBŐL KIKELT KÖZÖNSÉGES LEVESTÉKNŐS (*CHELONIA MYDAS*) FIÓKÁK KÖZÖTT



**37. ORSZÁGOS
TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI
KONFERENCIA 2025**

Készítette: Takács Beatrix

Eszterházy Károly Katolikus Egyetem

Biológia BSc szak, 3. évfolyam

Témavezető: Kiss Csaba

Egyetemi tanársegéd

Eszterházy Károly Katolikus Egyetem

2024

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
2. Hipotézisek.....	6
3. Anyag és módszertan	6
3.1. A kutatás helyszíne	6
3.2. A fészkek áthelyezése	7
3.3. Mérési módszerek	8
3.4. Adatok feldolgozása.....	11
4. Eredmények.....	11
4.1. Természetes és áthelyezett fészkekből származó egyedek morfológiai összehasonlítása	11
4.2. A mért jellegek NMDS vizsgálata	14
4.3. Környezeti háttérváltozók NMDS vizsgálata	15
5. Összefoglalás.....	17
6. Köszönetnyilvánítás	20
Irodalomjegyzék	21

1. Bevezetés

A tengeri teknősöknek 7 faja ismert: a bőrhátú teknős (*Dermochelys coriacea*, VANDELLI 1761), közönséges levesteknős (*Chelonia mydas*, LINNAEUS 1758), laposhátú teknős (*Natator depressus*, GARMAN 1880), közönséges cserepesteknős (*Eretmochelys imbricata*, LINNAEUS 1766), álcseropes teknős (*Caretta caretta*, LINNAEUS 1758), atlanti fattyúteknős (*Lepidochelys kempii*, GARMAN, 1880) és az olajzöld fattyúteknős (*Lepidochelys olivacea*, ESCHSCHOLTZ 1829) (ECKERT ÉS MUNKATÁRSAI, 1999). A tengeri teknősök élettörténetének számos aspektusa, mint például a lassú növekedés, a hosszú élettartam és a nehezen megközelíthető élőhelyek időszakos elfoglalása, kihívássá teszi e fajok teljes életsiklusának tanulmányozását (STUBBS ÉS MUNKATÁRSAI, 2019). Az IUCN Vörös Listáján veszélyeztetett fajként van számon tartva (ATKINS ÉS MUNKATÁRSAI, 2024). A közönséges levesteknős (*Chelonia mydas*) a *Testidunes* rendbe, *Cheloniidae* családba és azon belül a *Chelonia* genuszba tartozik rendszertanilag (UETZ ÉS MUNKATÁRSAI, 2018). Előfordulnak 139 ország és territórium partközeli vizeiben és fészkelő tengerpartjain, amelyek közül a legtöbb az északi szélesség 30. foka és déli szélesség 30. foka között található (HIRTH, 1997). A kikelt fiókák hátoldali páncélja fekete színű, a fejletlenebbeknek barnás, sugaras csíkokkal tarkítva, a felnőttknél nagyon változatos, általában barna, sima csíkos vagy foltos. A plasztron (hasi páncél) fehér a fiókáknál, sárgás színű a kifejlett egyedeknél. Mindegyik uszonyuk végén egy-egy karom található, de ritkán megfigyelték ezek duplázódását fiókák esetében (ECKERT ÉS MUNKATÁRSAI, 1999). Táplálékuk nagy részét alga teszi ki felnőtt korukban, azonban a fiókák még mindenevők (HASBÚN ÉS MUNKATÁRSAI, 2000; BOYLE, 2006). 1 méteres maximum hosszúságot tudnak elérni, ezzel párhuzamosan pedig akár 200 kilogrammosak is lehetnek (SEMINOFF ÉS MUNKATÁRSAI, 2015). A kifejlett teknősök gametikus vándorlásokat tesznek a táplálékot jelentő alga legelők és a fészkelő partok között, melyek közül néhány vándorlás több ezer kilométert is jelenthet (HIRTH, 1997).

A legtöbb fészekrakás olyan partokon történik, amelyek jól megközelíthetőek a nyílt tenger felől, nem zsúfoltak sziklákkal és nincsenek megvilágítva mesterséges fényforrásokkal. A teknősök nehezen tudnak megfelelő fészkeket ásni a durva szemcsés és száraz homokú fészkelő partokon, ezért általában több egymást követő éjszakán próbálkoznak a fészkek lerakásával. A tengeri teknősök nagyobb tojásokat raknak és mélyebbre ássák őket az aljzatba, mint más szárazföldi teknősök, ugyanakkor egy szaporodási év alatt többször is rakhatnak fészket (MORTIMER, 1990; BRODERICK ÉS MUNKATÁRSAI, 2003). JACKSON ÉS PRANGE (1979) a fészkelés folyamatát 5 részre osztották. Először a nőstény teknősök

előbukkannak a tengerből, aztán felkeresik a számukra megfelelő fészekrakó helyet a parton. Harmadsorban a testgödört kezdik el kialakítani, amely egy lejtős, homorú mélyedés a homokban, melyeket az erős elülső uszonyok csapkodó mozdulataival ássák ki. A testgödör elkészülte után a hátsó uszonyaikkal egy henger alakú tojás kamrát ásnak. A sikeres fészekrakási kísérletet követően betemetik és lefedik a kamrát, majd homokkal töltik fel a testgödört, hogy a fészek rejtve maradjon. Ezt követően a parton keresztül haladva visszatértek a tengerbe vagy óceánba. Egy fészekben átlagosan 110-130 tojás is lehet, a fészek átmérője pedig 40-46 milliméter között változhat. (HIRTH, 1980; ECKERT ÉS MUNKATÁRSAI, 1999). A közönséges levesteknős (*Chelonia mydas*) fiókák átlagosan 60 napon belül kelnek ki (CARR ÉS HIRTH, 1961; HIRTH, 1980). A fiókák átlagosan 3-8 nappal a tojásból való kikelés után hagyják el a fészket (GLEN ÉS MUNKATÁRSAI, 2005).

A közönséges levesteknőst (*Chelonia mydas*) fenyegető egyik legnagyobb veszélyt a járulékos fogás jelenti a Mediterrán-régióban (LUCCHETTI ÉS MUNKATÁRSAI, 2017). Az elhullási arány a halászeszköz típusától függően akár 10 és 50% között is mozoghat (VIRGILI ÉS MUNKATÁRSAI, 2024). Az állatok halálozását a rögzített, hosszú időre kint hagyott hálókba való beakadás okozza, amely a kényszerű légzéskimaradással és az ebből következő fulladással van összefüggésben (LUCCHETTI ÉS MUNKATÁRSAI, 2017). A leggyakoribb halálozásokért felelős halászati technikák közé tartoznak az eresztő hálók, a garnéla halászathoz használt vonóhálók, dinamitos halászat és a horogsoros halászat (LUTCAVAGE, 2017). A tengeri környezet élőhelyeinek romlása a part menti fejlesztésekből, a kikötők építéséből, a megnövekedett hajóforgalomból és a partközeli tengeri algakészletek begyűjtéséből származó szennyvíz és szennyezés hatására következik be (GEORGE, 2017).

A faj megmentése szempontjából jelenleg is használatos konzervációbiológiai technikák: a fészkek áthelyezése a fészkelő parton vagy egy keltetőbe, amelyek hőviszonyai eltérhetnek az eredeti helytől; a korlátozott tojásgyűjtés; part újraterelítése, amely megváltoztathatja a tengerpart hő viszonyait azáltal, hogy más típusú homokot juttatnak a partra (SÖNMEZ ÉS ÖZDILEK, 2013). A fészkek áthelyezését csak végső megoldásként, a halálra ítélt fészkek esetében lehet elvégezni (STEENACKER ÉS MUNKATÁRSAI, 2023). Ezzel szemben in situ inkubációnak kell prioritást élveznie a természetes keltetés fenntartása érdekében (SALLEH ÉS MUNKATÁRSAI, 2014). Ezen módszerekben a tojásokat rendkívüli óvatossággal kell kezelni, hogy minimalizálni lehessen a vízszintes és függőleges forgatást (CHAN, 1989). Ügyelni kell arra, hogy a fészkek ne legyen túl közel (< 1,0 méter) más áthelyezett fészkekhez vagy természetes fészkekhez. Az áthelyezést követően, az újra betemetés

megkezdéséhez, a száraz felszíni homokot félre kell söpörni (a helyi viszonyoktól függően 5 - 10 centiméteres mélységig), hogy el lehessen kerülni a homok beszivárgását a feltárásba. Amint a nedves, felszín alatti homok feltárul, egy kézzel egy keskeny lyukat kell ki ásni a kívánt mélységig. A fészket ásó személy súlyának a másik kézre kell nehezednie és a kezének a lehető legtávolabb kell lennie a leendő fészkek bejáratának peremétől. Amikor megfelelő a mélység, mérőszalaggal ellenőrizni kell a fészkek bejáratát - szintén egy kézzel - a kívánt átmérőre szélesítve. Végül a tojáskamrát alul kiszélesítik, hogy a kész fészkek egy lombikra vagy egy fordított villanykörtére hasonlítson (SÖNMEZ ÉS ÖZDILEK, 2013). A tojások áthelyezés közbeni, a megfelelő protokoll szerinti kezelés során, nem befolyásolja a kikelés sikerességét a tojások átrakását követő 24 órán belül. Az új fészkekbe helyezésnek 1-6 órán belül kell megtörténnie, hogy minimalizáljuk az embriók mozgásából eredő sérüléseket, valamint a tojások hőmérsékletében és nedvességtartalmában bekövetkező változások negatív hatásait (SÖNMEZ ÉS YALÇIN ÖZDILEK, 2013). Azonban a természetes inkubációs környezet megváltoztatásával az áthelyezés hatással lehet néhány kikelt fióka morfológiai jellemzőire. Ezen negatív hatások lehetnek például a páncélpikkely mintázat elváltozása, mozgási teljesítményük csökkenése, később a hosszú távú fejlődésükben bekövetkező negatív változások (STEENACKER ÉS MUNKATÁRSAI, 2023). TOLEN ÉS MUNKATÁRSAI (2021) megállapították, hogy a fészkekaljak áthelyezése 1,8 °C-kal megemelte az inkubációs hőmérsékletet, és becslések szerint 45%-kal növelte a nőstény fiókák arányát a természetes körülmények között hagyott fészkekaljakhoz képest.

2. Hipotézisek

A kutatásom során az áthelyezett és természetes fészkekből kikelt fiókák morfológiai jellegeit szerettem volna vizsgálni, hogy kiderítsem van-e hatása az eltérő fészkeknek az egyedekre, illetve milyen környezeti háttérváltozók okozhatnak további változásokat a fiókáknál. Ezeknek a tesztelésére a következő hipotéziseket állítottam fel:

- Tapasztalhatók-e morfológiai eltérések az eredeti és áthelyezett fészkekből származó fiókák között?
- Melyek azok a morfológiai jellegek, amelyek a fiatal teknősök kikelése után a legmeghatározóbbak?
- Mely környezeti háttérváltozók lehetnek legmeghatározóbbak a fiókák kikelése szempontjából?

3. Anyag és módszertan

3.1. A kutatás helyszíne

A kutatásomat a Földközi-tenger medencéjének harmadik legnagyobb szigetén, Cipruson végeztem (1. ábra). A kutatás időtartama 2023. június 18-tól 2023. szeptember 14-éig tartott. A Karpaz-félsziget egy rendkívül fontos fészkelő helye a közönséges levesteknősöknek (*Chelonia mydas*) és az álcserpes teknősnek (*Caretta caretta*) egyaránt (GROOMBRIDGE ÉS WHITMORE, 1989). Összesen 4 tengerpartról gyűjtöttem adatokat, amelyek közül kettő a félsziget északi felén, szintén kettő pedig a déli részén helyezkedett el. Ezen partok nagyon változatosak a régióban, hiszen vannak közöttük forgalmas turista pihenő helyek és alig látogatott, szinte érintetlen szakaszok. A sziget észak-keleti részén elhelyezkedő tengerpartok közül 3 speciálisan védett területnek (SPA – Specially Protected Area) számít a teknősök fészkelése szempontjából. Ezek a partok Ronnas, Alagadi és Golden névre hallgatnak (ÇIÇEK, 2008).



1. ábra: Ciprus térképe. A sziget észak-keleti részén található a Karpaz-félsziget, amely a kutatás helyszíne. (Forrás: Google Earth)

3.2. A fészkek áthelyezése

A tengeri teknősök fészkelési időszaka a Karpaz-félszigeten átlagosan május közepétől augusztus közepéig tart, bár egyes esetekben még szeptember végén is lehet fészkeket találni. Az új fészkek felderítése a nőstény teknősök által a homokban hagyott nyomok követésével egyértelmű volt. Az állatok által készített fészkek mögött hátrahagyott homokbuckák nagymértékben segítettek a fészkek megtalálását. A homokbucka hátsó részétől indulva, óvatosan körbehaladva egy 65 centiméteres vékony, fém rúddal próbáltam megtalálni a fészkek bejáratát. Erre azért volt szükség, mert a nőstény teknős ásás közben a fészkek tetején hagy egy kisebb levegővel telt üreget és emiatt ezt a rúddal könnyen meg lehet találni. Minden egyes megtalált fészket egyedi azonosítóval (ID), GPS koordinátával és az előző napi dátummal egyetemben rögzítettem Excel táblázatban. A fészkek későbbi megtalálása érdekében 30 centiméterrel mögé egy fém táblát szúrtam a homokba a fentebbi adatokkal.

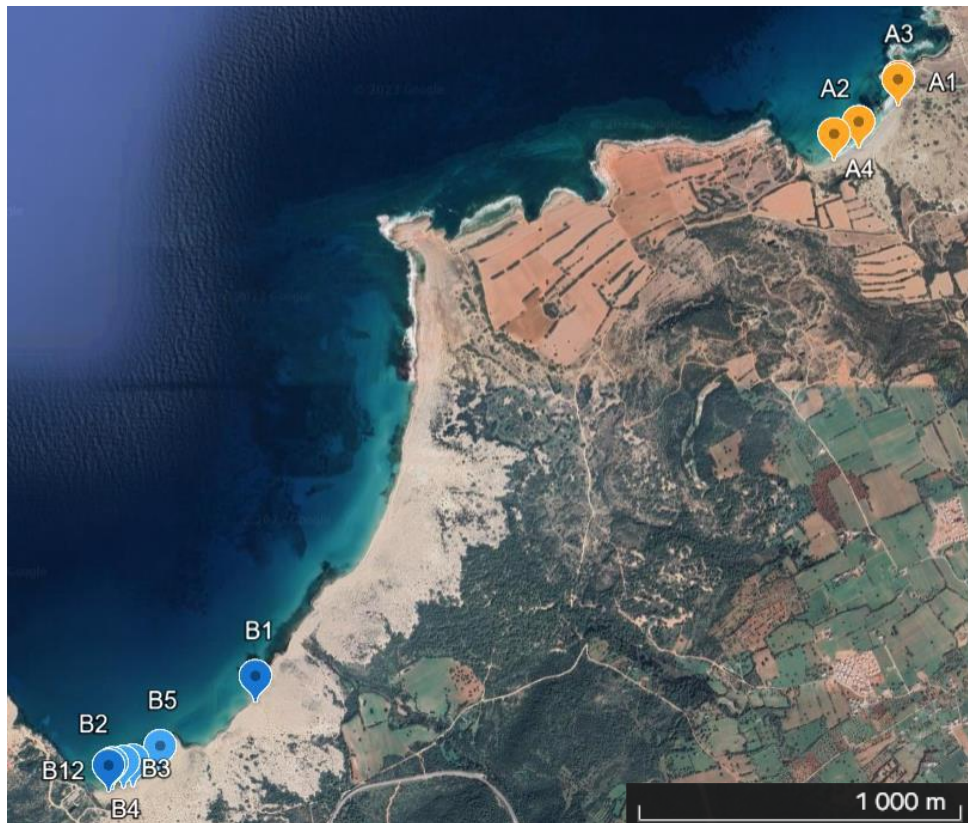
Azokat a fészkeket, amelyek az árapály zónában helyezkedtek el a fészkekben lévő tojások megóvása érdekében szükséges volt áthelyezni a tengerpart egy fentebbi, biztonságosabb szakaszára. SÖNMEZ ÉS MUNKATÁRSAI (2011) módszereit alkalmazva a fészkek áthelyezése mindig a tojásrakást követő első 6 órán belül történt. Ahhoz, hogy az eredetihez hasonló feltételeket teremtsék a tojásoknak lemértem az áthelyezendő fészkek paramétereit

(szélesség, mélység). Az újonnan meghatározott hely kialakításában igyekeztem rekreálni a régi fészkekhez hasonló környezetet. A tojások áthelyezéshez műanyag vödröt használtam, amelynek alján 5 centiméter homok volt annak érdekében, hogy a tojások károsodását minimalizáljam. A tojások elhelyezése az új fészkekbe mindig ugyanabban a sorrendben történt, mint ahogy azt az eredeti fészkekben megtaláltam.

A nőtény teknősök által lerakott, és az általam megjelölt, fészkek átlagosan két hónap után keltek ki. A kikelési időszak végéhez közeledve folyamatosan ellenőriztem a fészkeket és arra utaló nyomokat kerestem, hogy a fészkekből a fiókák előjöttek. Ha ez megtörtént, akkor a megjelölt fészkeket feltártam, minden más esetben pedig addig vártam, amíg a fészkek körül legalább 30 fióka nyomát nem észleltem.

3.3. Mérési módszerek

A frissen kikelt teknősfiókák végtagjait és páncél paramétereit egy TRESNA 300 milliméteres digitális tolómérővel mértem 0,01 milliméter pontossáig. Összesen 380 darab teknős fióka morfológiai jellemzőit sikerült rögzítenem, amelyek 12 különböző fészkekből származtak (2. függelék). A 12 fészkek közül 8 darab volt természetes (ezeket A2, A3, A4, B2, B3, B4, B5, D2 kódokkal jelöltem), amelyeket nőtény teknős ásott ki, és 4 darab volt, amelyek a potenciális árveszély miatt lettek áthelyezve (ezeket pedig A1, B1, B12, C1 kódokkal jelöltem) (2. és 3. ábra).



2. ábra: Az északi partszakasz fészkei. Az A tengerpart Ayfilon, ahol az A1 jelöli az áthelyezett fészket, az A2, A3, A4 pedig természeteseket. A B tengerpart Ronnas, B1, B12 az áthelyezett, B2- B5 pedig a természetes fészkek. (Forrás: Google Earth)

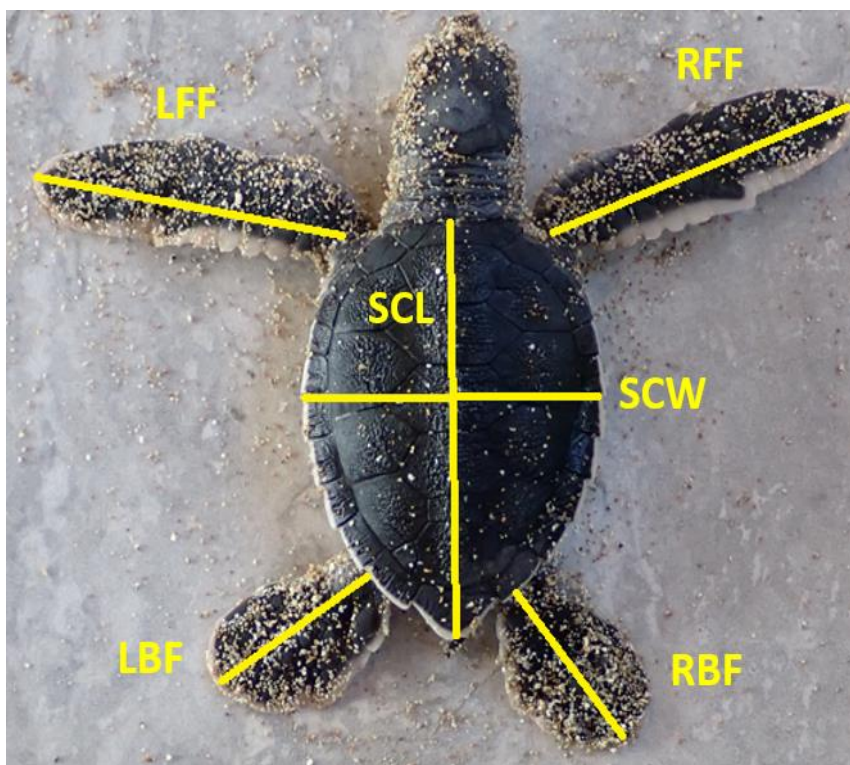


3. ábra: A déli partszakasz fészkei. A C1-es fészkek a 2D névre hallgató tengerparton került áthelyezésre, a D2 pedig a hozzá közel eső Dolphin parton lett lerakva egy nőstény által, tehát természetes. (Forrás: Google Earth)

A teknősökön mért jelleget a nemzetközi szakirodalom alapján rövidítettem, amelyeket SÖNMEZ ÉS MUNKATÁRSAI (2011) munkásságát követve végeztem el (4. ábra):

- LFF: Bal elülső uszony / Left front flipper
- RFF: Jobb elülső uszony / Right front flipper
- LBF: Bal hátulsó uszony / Left back flipper
- RBF: Jobb hátulsó uszony / Right back flipper
- SCL: Egyenes páncél hosszúsága / Straight carapace length
- SCW: Egyenes páncél szélessége / Straight carapace width

Végtagoknál a hossz esetében a tolómérőt az uszony proximális részétől a disztális végéig illesztve állapítottam meg. A páncél hosszúságának mérése a precentrális páncélpikkely anterior részétől, a két caudális pikkely marginális vonalának a találkozásáig történt. A páncél szélességének a mérése a hatodik és a hetedik marginális pikkelyek találkozásánál a páncél két oldala között történt (HIRTH, 1997).



4. ábra: A mért morfológiai jellegek angol rövidítései (Forrás: Adilov Alexandra)

Az egyedek kikelése után a fészek paramétereit 1 méteres, a környezeti háttérváltozókat pedig 25 méteres rugalmas mérőszalaggal mértem le. A dolgozat további részében a nemzetközi szakirodalomban meghatározott rövidítéseket használtam szintén SÖNMEZ ÉS MUNKATÁRSAI (2011) munkásságát követve:

- Dfs: Tengertől való távolság / Distance from sea
- Dfv: Vegetációtól való távolság / Distance from vegetation
- Ets: Tojások távolsága a felszínhez / Eggs to surface
- Bts: Fészkek mélysége / Bottom to surface
- Nd: Fészkek átmérője / Nest diameter

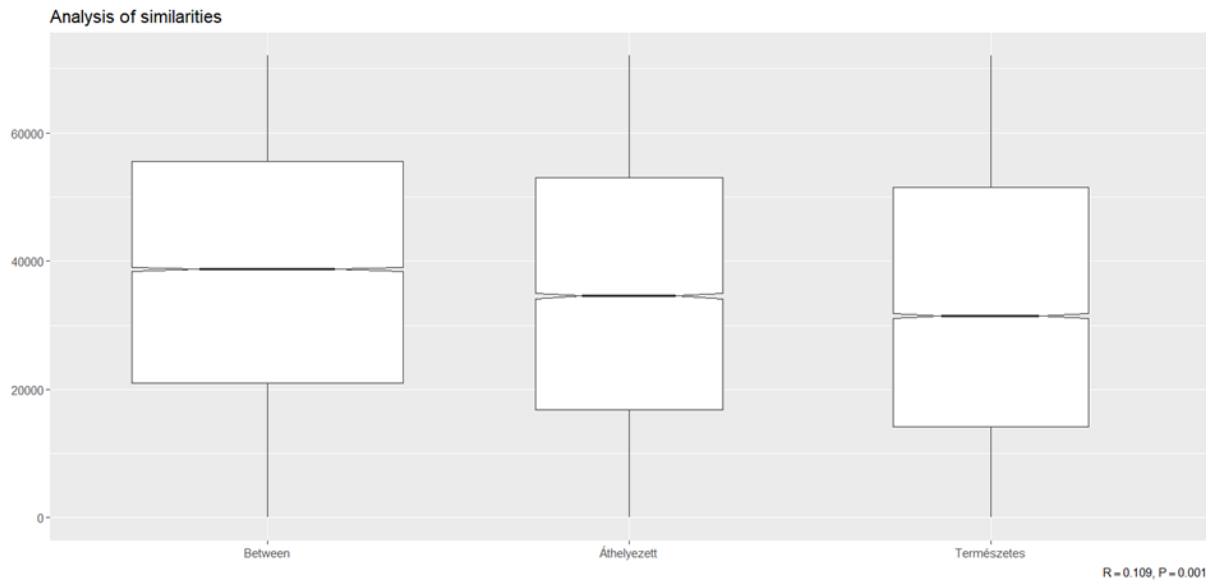
3.4. Adatok feldolgozása

A terepen lemerített és összesített adatokat Excel táblázatban vezettem fel. A rögzített adatok feldolgozása az Rstudio (RSTUDIO TEAM, 2020) programban történt program specifikus csomagok segítségével [readxl (WICKHAM ÉS BRYAN, 2023), ggplot2 (WICKHAM ÉS MUNKATÁRSAI, 2016), vegan (OKSANEN, 2010), mgcv (WOOD, 2015), env]. Az eredményeket ANOSIM (WARWICK ÉS MUNKATÁRSAI, 1990), ANOVA (SHAW ÉS MITCHELL-OLDS, 1993), NMDS (KRUSKAL, 1964) és MDS (CARROLL ÉS ARABIE, 1998) vizsgálatokkal elemeztem és ábrázoltam. A statisztikai szignifikancia értékek ($p < 0,05$) kiszámolása minden esetben ezerszeres ismétlésszámmal történt véletlenszerű permutációs teszt segítségével.

4. Eredmények

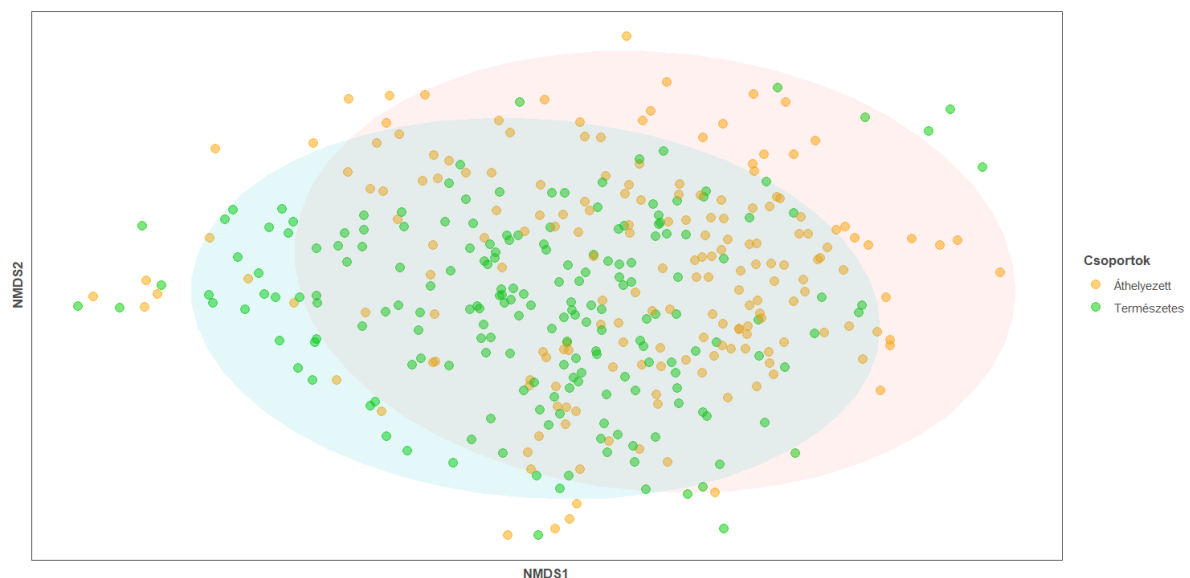
4.1. Természetes és áthelyezett fészkekből származó egyedek morfológiai összehasonlítása

A természetes és áthelyezett fészkek egyedeinek morfológiai összehasonlítására ANOSIM tesztet futattam le, amelyben arra voltam kíváncsi, hogy a két csoportban lévő egyedek morfológiai jellegei között van-e szignifikáns eltérés. A teszt eredménye statisztikailag szignifikáns eltérést mutatott az áthelyezett és a természetes fészkekből kikelt fiókák morfológiája között ($R = 0,109$; $p < 0,001$).



5. ábra: ANOSIM teszt eredménye. A jobb oldali boxplot a természetes, a középső az áthelyezett fészkekből származó egyedekre vonatkozik. A bal oldali (Between) pedig a két csoport különbségét mutatja.

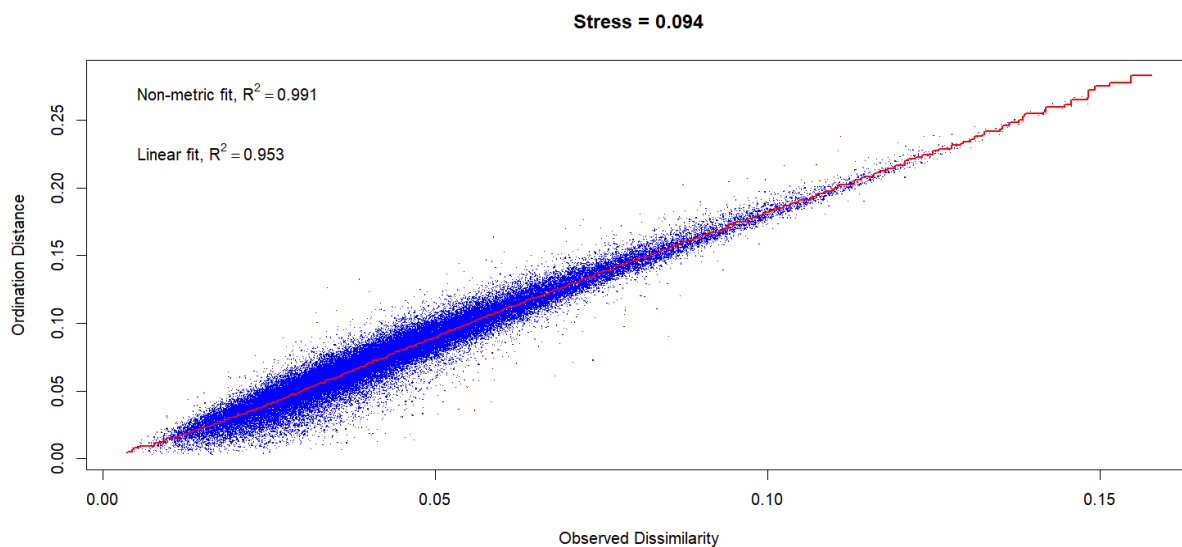
Az ANOSIM teszt eredményét boxplot diagramokon is ábrázoltam (5. ábra). Jobb oldalon a természetes fészkekből kikelt, középen az áthelyezettből kikelt fiókák adatai láthatók, bal oldalon pedig a két csoport közötti eltérést tüntettem fel (Between). A 0.1 körüli R érték azt jelenti, hogy a két csoport között minimális a morfológiai eltérés, amelyet a szignifikáns p érték meg is erősíti.



6. ábra: Áthelyezett és természetes fészkekből származó egyedek ábrázolása NMDS adatokból. A pontok az egyes egyedeket jelölik, az áthelyezett (narancssárga) és a természetes (zöld) csoportokban. A narancssárga halmaz az áthelyezett egyedeket vonja körbe, a zöld pedig a természetes fiókákat.

A kapott eredményeket NMDS módszerrel is ábrázoltam, hogy jobban láthatóvá tegyem a csoportok közötti eltéréseket, illetve átfedéseket (6. ábra). A pontok az egyes egyedeket jelölik a morfológiai térben. A narancssárga halmaz az áthelyezett, a zöld pedig a természetes csoport vonja körbe. Az egyes halmazok a csoportok 95%-os összesítését mutatja ($R = 0,116$; $p < 0,001$). Az eredményeken az látható, hogy a két halmaz nagyon nagymértékben átfed egymással, vagyis a két csoport morfológiailag nagyon hasonló egyedeket tartalmaz. Azonban az áthelyezett csoportba tartozó egyedek jobban szórnak, mert nagyobb az egyes pontok eloszlása.

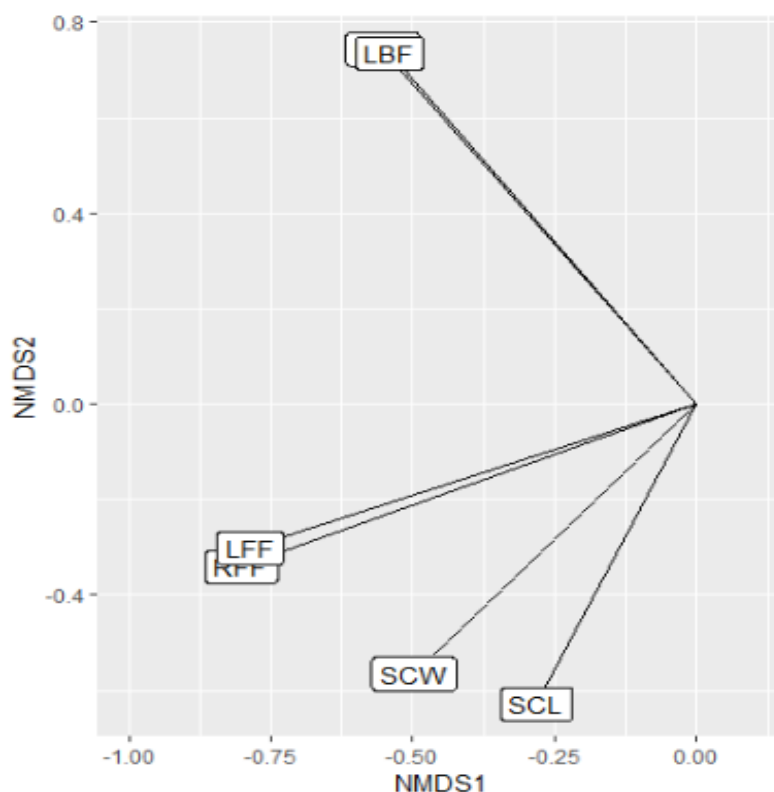
Az adatok pontosságának vizsgálatára Stressz tesztet futattam le (7. ábra). A vizsgálattal egyrészt a non-metrikus ($R^2 = 0,991$), másrészt a lineáris ($R^2 = 0,953$) módszerből származó eredményeket határoztam meg. A két módszer eredményének a különbsége adja meg a Stressz értéket, amellyel az adatok pontosságát tudom validálni. A Stressz teszt eredménye (0,094) azt mutatja, hogy az eredményeim nagyon pontosak. Ezt abból lehet megállapítani, hogy a Stressz 0,1 alatti értéket vesz fel, amely azt jelenti, hogy az adatok kiválóan alkalmasak az értelmezéséhez és ábrázolásához.



7. ábra: A csoportok közötti eltérések Stressz-el való ábrázolása. A kék pontok az egyes egyedeket jelölik, a piros vonal a stressz emelkedését mutatja.

4.2. A mért jellegek NMDS vizsgálata

A fiókák mért jellegit NMDS vizsgálattal ábrázoltam (8. ábra). Az összes mért jellegre statisztikailag szignifikáns eredményt kaptam (1. táblázat).



8. ábra: Mért jellegek NMDS vizsgálata. A mért jellegek háromdimenziós NMDS rendezésének első két tengelye látható az ábrán. A vektorok azokat az irányokat mutatják, amelyekben az egyes mért morfológiai jellegek R^2 értékei a legerősebben növekednek.

Mért jelleg	R^2	p
RFF	0.7585	< 0.001
LFF	0.7090	< 0.001
RBF	0.8589	< 0.001
LBF	0.8327	< 0.001
SCL	0.4751	< 0.001
SCW	0.5675	< 0.001

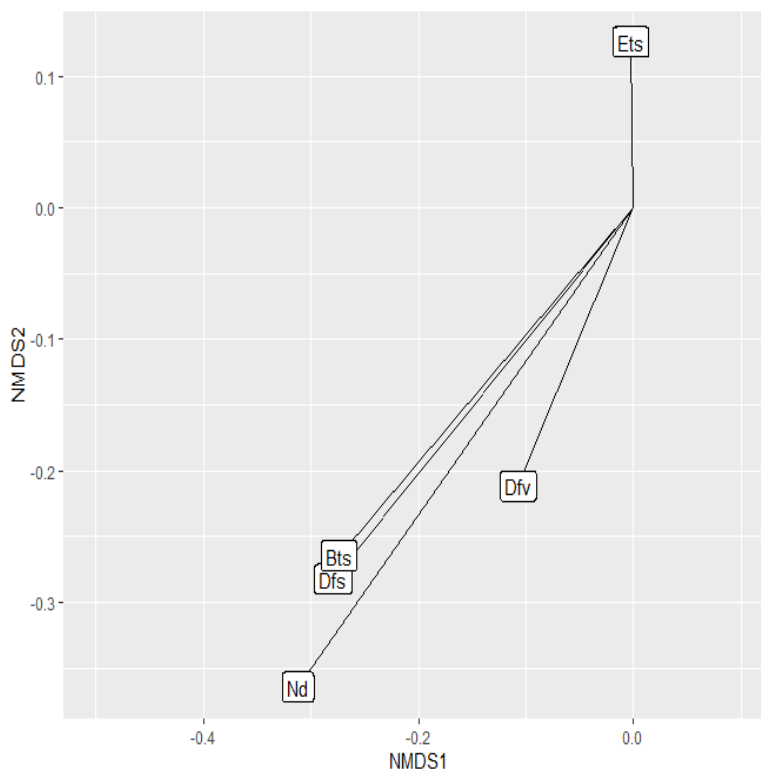
1. táblázat: A mért jellegek statisztikai eredményei

Mivel a leghosszabb vektor értékkel a hátulsó uszonyok rendelkeznek (RBF – $R^2 = 0,8589$; LBF – $R^2 = 0,8327$), ezért ezek a legmeghatározóbb morfológiai jellegek. Ezeket

követik az elülső uszonyok (RFF – $R^2 = 0,7585$; LFF – $R^2 = 0,7090$), majd a páncél paraméterei (SCW – $R^2 = 0,5675$; SCL – $R^2 = 0,4751$).

A hátulsó uszonyok (RBF, LBF) vektorai majdhogynem 0° -os szöget zárnak be egymással, ami azt jelenti, hogy nagyon erős pozitív a korreláció a két jelleg között. Hasonló eredményeket mutatnak az elülső uszonyok (RFF, LFF), melyek szintén erősen pozitívan korrelálnak egymással. A két hátulsó uszony (RBF, LBF) a két elülsővel (RFF, LFF) kicsivel kisebb, mint 90° -os szöget zár be, emiatt ugyancsak pozitív a korreláció van közöttük. Legvégül a páncél szélességének (SCW) és hosszúságának (SCL) vektorai is pozitív korrelációt mutatnak egymással. A páncél paraméterek (SCW, SCL) és az elülső uszonyok (RFF, LFF) közötti szög is közel hasonló eredményeket produkál. Azonban a hátulsó uszonyok (RBF, LBF) és a páncél paraméterek (SCW, SCL) vektorai által bezárt szög, több mint 90° -os, amelyből arra lehet következtetni, hogy egy gyenge negatív korreláció van a jellegek között.

4.3. Környezeti háttérváltozók NMDS vizsgálata



9. ábra: Környezeti háttérváltozók és az egyedek súlyának NMDS vizsgálata. A környezeti háttérváltozók háromdimenziós NMDS-rendezésének első két tengelye látható az ábrán. A vektorok azokat az irányokat mutatják, amelyekben az egyes környezeti háttérváltozók R^2

Környezeti háttérváltozó	R2	p
Dfs	0.1645	< 0.001
Dfv	0.0489	< 0.001
Ets	0.0271	= 0.009
Bts	0.1337	< 0.001
Nd	0.2379	< 0.001

2. táblázat: A környezeti háttérváltozók statisztikai eredményei

A környezeti háttérváltozók esetében arra voltam kíváncsi, hogy mennyire meghatározóak és, hogy befolyásolhatják-e a fiókák morfológiáját. Ugyancsak NMDS tesztet vizsgáltam (9. ábra). Az NMDS teszt eredményeit alátámasztó statisztikai értékeket a 2. táblázatban foglaltam össze. A legfontosabb háttérváltozó a fészkek átmérője (Nd) a legmagasabb R2 értékkel ($R^2 = 0,2379$), illetve az NMDS ábrázolás során is a leghosszabb vektorral rendelkező változó. A második legmeghatározóbb környezeti háttérváltozó a fészkek tengertől való távolsága (Dfs) ($R^2 = 0,1645$), amelyet szorosan a fészkek mélysége (Bts) követ ($R^2 = 0,1337$). A két legkisebb R2 értékkel rendelkező háttérváltozó a fészkek vegetációtól való távolsága (Dfv) ($R^2 = 0,0489$) és a tojások felszíntől való távolsága (Ets) ($R^2 = 0,0271$).

Minden környezeti háttérváltozó erős pozitív korrelációt mutat egymással, mert kevesebb, mint 90°-os szöget zárnak be egymáshoz képest. Viszont a tojások felszíntől való távolsága (Ets) negatívan korrelál a többi háttérváltozóval, mert több mint 90°-os szöget zár be velük. Az összes háttérváltozó statisztikailag szignifikánsnak mutatkozott a p érték (0,001) alapján, azonban a tojások felszíntől való távolsága (Ets) esetében a legkisebb, de ugyancsak szignifikáns eltérés (0,009) figyelhető meg.

5. Összefoglalás

Kutatásomban áthelyezett és természetes fészkekből kikelt közönséges levesteknős (*Chelonia mydas*) fiókák morfológiai jellegeit mértem digitális tolómérővel, illetve a környezeti háttérváltozókat határoztam meg, amelyek potenciálisan befolyásolhatják a kikelt egyedek morfológiáját.

ANOSIM vizsgálatnál az áthelyezett és természetes fészkekre vonatkozóan statisztikailag szignifikáns eltérést találtam a mért morfológiai jellegekre ($R = 0,109$; $p < 0,001$) (5. ábra). SÖNMEZ ÉS MUNKATÁRSAI (2011) kutatását vettem alapul, ahol hasonló eredményeket kaptak, de más statisztikai módszerekkel. Az NMDS ábrázolás során az áthelyezett és természetes fészkekből származó egyedeket hasonlítottam össze a morfológiai térben (6. ábra). A két csoport morfológiai jellemzői nagyon hasonlóak, de az áthelyezett egyedek jobban szórnak a morfológiai térben. A kapott Stressz érték (0,094) kiválóan alkalmas volt az adatok elemzésére, tehát nagyon pontosnak bizonyultak az értékek.

A mért jellegekre vonatkozó statisztikai tesztjeim azt mutatták, hogy a két hátulsó uszonyok (RBF, LBF) bizonyultak a legfontosabb morfológiai jellegnek (8. ábra). GLEN ÉS MUNKATÁRSAI (2003) Atlanti- és Csendes-óceáni egyedek morfológiai jellegeit hasonlították össze, amelyben megállapították, hogy ahogy az Atlanti-óceáni egyedek páncélméretei nagyobbak. Az atlanti populációk egyedeinek nagy távolságokat kell megtenniük (például Ascension-sziget-től Brazíliáig) a szaporodási ciklusuk alatt, azonban ezen térséghez tartozó egyedek hátulsó uszonyai kisebbek voltak, mint a Csendes-óceáni teknősöké. Arra következtettek az eredményekből, hogy a migrációs távolságok nem az egyetlen magyarázat az uszonyméretek alakulására illetően. A hátulsó uszonyok jelentős funkciókat töltenek be, főleg a párzási időszakban, mivel az ivarérett nőstények ezekkel jelezhetik azt, hogy akarnak-e párosodni vagy sem – a has oldali páncél takarásával vagy láthatóvá tételével –, továbbá fészekásás során a tojás kamra kialakításában játszanak közre. Kifejlett hímek pedig a hátulsó uszonyokkal kapaszkodnak rá a nőstényekre párzás közben (BOOTH ÉS PETERS, 1972).

A második legmeghatározóbb jellegnek az elülső uszonyok (RFF, LFF) bizonyultak a mért jellegek NMDS módszerrel való vizsgálata során (8. ábra). SÖNMEZ ÉS MUNKATÁRSAI (2011) kutatásában az elülső uszonyok (RFF, LFF) hossza kisebb volt az áthelyezett fészkekből kikelt egyedek esetében, mint a természetes fészkek fiókáinál. A felnőtt nőstények esetében szintén a fészkelés során van kiemelt szerepe ezen uszonyoknak. Testgördör ásáskor és a fészkek

betakarása és álcázása során is megemelkedik az elülső uszonyok aktivitása (LINDBORG ÉS MUNKATÁRSAI, 2019).

A páncél hosszúsága (SCL) és szélessége (SCW) annyira nem bizonyult fontosnak ezen mért jellegek összehasonlításában. Azonban más kutatásokban az áthelyezett fészkekből kikelt fiókák páncél szélessége (SCW) kisebb volt, mint a természetes fészkekből származók esetében (SÖNMEZ ÉS MUNKATÁRSAI, 2011). Hasonló eredményeket tapasztaltam, az áthelyezett egyedek páncél szélessége átlagosan 34,42 milliméter volt, a természeteseké pedig 35,36 milliméter.

A legmeghatározóbb környezeti háttérváltozónak a fészkek szélesség (Nd) bizonyult, a legmagasabb R^2 értékkel ($R^2 = 0,2379$; $p < 0,001$) (9. ábra). Ezen háttérváltozó azon szempontból lehet kiemelkedő fontosságú, hogy a tojásoknak megfelelő tér áll rendelkezésükre a légzési gázok tojáshéjon való átjutásához embrionális egyedek részére. A tengeri teknősök tojáshéjának magas a gázvezetése, ami a tojásban lévő hipoxia és hiperkapnia kompenzációjában hasznos (MORTIMER, 1990). Kutatásában továbbá megállapította, hogy pozitív kapcsolat volt a térben elhelyezkedő levegővel teli pórusok összességének és a fészkealj mortalitása között. A negatív korreláció a homok részecskék átmérőjével és a fészkealj túlélése összefügghet a kiszáradás okozta fiziológiai stresszel is. A második legfontosabb környezeti háttérváltozó a fészkek tengertől való távolsága (Dfs) ($R^2 = 0,1645$; $p < 0,001$) volt. Az árapály zónától való távolság azért meghatározó, mert ha túl közel vannak a fészkek a vízhez, akkor beáznak, ha pedig túl távol, akkor nem éri a tojásokat optimális nedvesség. Egy mexikói kutatásban 1654 darab fészkek távolságát vizsgálták az árapály zónától és azt találták, hogy 10 és 24 méter között történt a legtöbb fészkelés – a fészkek átlagos távolsága a tengertől 22,6 méter volt (ZAVALETA-LIZÁRRAGA ÉS MORALES-MÁVIL, 2013). Az általam vizsgált 12 fészkek a tengertől 5,55-31,8 méter távolságban helyezkedett el, átlagos távolságuk az árapály zónától pedig 18,6 méter volt. A harmadik statisztikailag szignifikáns háttérváltozó a fészkek mélysége (Bts) volt ($R^2 = 0,1337$; $p < 0,001$), amely közel azonos hosszúságú volt adott a tengertől való távolsággal (Dfs). Már 25 centiméteres különbség a fészkek mélységében befolyásolhatja a fiókák kondíciós indexét. Azoknak az egyedeknek, amelyeknek mélyebb fészkekben kelnek ki akár 2 nappal tovább tarthat, mire a felszínre jutnak, így ez a hosszabb aktivitási időszakok fenntarthatóságára és időtartamára gyakorol hatást (VAN DE MERWE ÉS MUNKATÁRSAI, 2005). Legvégül a vegetációtól való távolság (Dfv) ($R^2 = 0,0489$; $p < 0,001$) azért lehet fontos, mert a növényzethez közeli fészkealjok esetében a gyökök átszúrhatják a tojásokat, vagy belegabalyodhatnak a kikelt fiókák (PATRÍCIO ÉS MUNKATÁRSAI, 2017). A vegetációval

árnyékolt fészkek hőmérséklete 2°C-kal kevesebb, mint azoknak, melyek egész nap ki voltak téve a napsugárzásnak (STAINES ÉS MUNKATÁRSAI, 2019).

Konklúzióként a felvetett hipotéziseimre a következő válszokat tudom adni:

- Tapasztalhatók-e morfológiai eltérések az eredeti és áthelyezett fészkekből származó fiókák között?

Igen, tapasztalható kicsi, de statisztikailag szignifikáns különbség az eredeti és az áthelyezett fészkekből származó egyedek morfológiai jellegei között.

- Melyek azok a morfológiai jellegek, amelyek a fiatal teknősök kikelése után a legmeghatározóbbak?

A legmeghatározóbb morfológiai jellegeknek a fiókák kikelése után a hátulsó uszonyok (RBF, LBF) bizonyultak.

- Mely környezeti háttérváltozók lehetnek dominánsak a fiókák kikelésekor?

A fiókák kikelésekor a legmeghatározóbb környezeti háttérváltozók a fészkek szélessége (Nd) és a fészkek tengertől való távolsága (Dfs) volt.

A kutatásom tudományos jelentőségét bizonyítja az, hogy hozzájárul a közönséges levesteknősök (*Chelonia mydas*) biológiájuk, ökológiájuk és természetvédelmi igényeik mélyebb megértéséhez egy folyamatosan változó világban. Megfigyeltem, hogy a fészkek áthelyezése, mint konzervációbiológiai stratégia, hogyan hat a teknős fiókák morfológiájára a környezeti háttérváltozók függvényében. Továbbá a Cipruson eltöltött 4 hónappal hozzájárulok egy veszélyeztetett faj potenciális megmentéséhez és állományának növeléséhez.

További terveim, hogy a jövőben tengerbiológus szeretnék lenni, aki a veszélyeztetett fajok, különösen a cápák védelmére összpontosít. Szenvedélyem ezen állatok tanulmányozása és a fenntartható halászati módszerek revíziója, hogy óceánjaink egészségét és védettségét az elkövetkező generációk számára is biztosítsuk.

6. Köszönetnyilvánítás

Köszönöm témavezetőmnek, Kiss Csabának a segítségét az adatok feldolgozásában és kiértékelésében, az RStudio program ismertetésében, illetve a dolgozatom tökéletesítésében.

Szeretném megköszönni Kemal Basatnak, aki a Karpaz Peninsula Sea Turtle Research and Conservation Project keretein belül lehetővé tette számomra a kutatást.

Köszönöm Prof. Dr. Oğuz Türkozan szakmai segítségét.

Köszönöm Somogyi Rita, Szolnoki Anna, Helena Vela Garcia és Godfrey Rivera segítségét a mérések és az adatok dokumentálása során.

A fajhoz kapcsolódó kutatási munka engedélyei a Karpaz Peninsula Sea Turtle Research and Conservation Project-nél és Prof. Dr. Oğuz Türkozannál állnak rendelkezésre.

Köszönöm az Erasmus + pályázatnak, amely lehetővé tette számomra a ciprusi kiutazást és az ott töltött időt.

Irodalomjegyzék

- Atkins, S., Mann-Lang, J., Cliff, G., Pillay, N., & Cantor, M. Articulating the Dynamics Among Stakeholders in Kwazulu-Natal's Bather-Shark Conflict to Create a Productive Research-Implementation Space. *Available at SSRN 4733429*. Megtekintve: 2024. 03. 18.
- Booth, J., & Peters, J. A. (1972). Behavioural studies on the green turtle (*Cheloniemydas*) in the sea. *Animal Behaviour*, 20(4), 808-812. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(72\)80155-6](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(72)80155-6)
- Boyle, M. C. (2006). *Post-hatchling sea turtle biology* (Doctoral dissertation, James Cook University).
- Carr, A., & Hirth, H. (1961). Social facilitation in green turtle siblings. *Animal Behaviour*, 9(1-2), 68-70.
- Carroll, J. D., & Arabie, P. (1998). Multidimensional scaling. Measurement, judgment and decision making, 179-250. <https://doi.org/10.1016/B978-012099975-0.50005-1>
- Chan, E. H. (1989). White spot development, incubation and hatching success of leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) eggs from Rantau Abang, Malaysia. *Copeia*, 42-47. <https://doi.org/10.2307/1445603>
- Çiçek, B. A. (2008). An ecological investigation of endangered sea turtles *Chelonia mydas* and *Caretta caretta* in Karpaz shores. Editor's Message.
- Eckert, K. L., Bjørndal, K. A., Abreu-Grobois, F. A., & Donnelly, M. (1999). Taxonomy, external morphology, and species identification. *Research and management techniques for the conservation of sea turtles*, 21, 11-13.
- George, R. H. (2017). Health problems and diseases of sea turtles. In *The Biology of Sea Turtles, Volume I* (pp. 363-385). crc Press.
- Glen, F., Broderick, A. C., Godley, B. J., & Hays, G. C. (2003). Incubation environment affects phenotype of naturally incubated green turtle hatchlings. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 83(5), 1183-1186. <https://doi.org/10.1017/S0025315403008464h>
- Glen, F., Broderick, A. C., Godley, B. J., & Hays, G. C. (2003). Incubation environment affects phenotype of naturally incubated green turtle hatchlings. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 83(5), 1183-1186. <https://doi.org/10.1017/S0025315403008464h>

- Glen, F., Broderick, A. C., Godley, B. J., & Hays, G. C. (2005). Patterns in the emergence of green (*Chelonia mydas*) and loggerhead (*Caretta caretta*) turtle hatchlings from their nests. *Marine Biology*, 146, 1039-1049. <https://doi.org/10.1007/s00227-004-1492-6>
- Groombridge, B., & Whitmore, C. (1989). Marine turtle survey in northern Cyprus. *Marine Turtle Newsletter*, 47, 5-8.
- Hasbún, C. R., Lawrence, A. J., Samour, J. H., & Al-Ghais, S. M. (2000). Preliminary observations on the biology of green turtles, *Chelonia mydas*, from the United Arab Emirates. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 10(5), 311-322. [https://doi.org/10.1002/1099-0755\(200009/10\)10:5<311::AID-AQC414>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/1099-0755(200009/10)10:5<311::AID-AQC414>3.0.CO;2-Z)
- Hirth, H. F. (1980). Some aspects of the nesting behavior and reproductive biology of sea turtles. *American Zoologist*, 20(3), 507-523. <https://doi.org/10.1093/icb/20.3.507>
- Hirth, H. F. (1997). Synopsis of the biological data on the green turtle *Chelonia mydas* (Linnaeus 1758).
- Kruskal, J. B. (1964). Nonmetric multidimensional scaling: a numerical method. *Psychometrika*, 29(2), 115-129.
- Lindborg, R., Neidhardt, E., Smith, J. R., Schwartz, B., Hernandez, V., Savage, A., & Witherington, B. (2019). An ethogram describing the nesting behavior of green sea turtles (*Chelonia mydas*). *Herpetologica*, 75(2), 114-122. <https://doi.org/10.1655/D-18-00015>
- Lucchetti, A., Vasapollo, C., & Virgili, M. (2017). Sea turtles bycatch in the Adriatic Sea set net fisheries and possible hot-spot identification. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 27(6), 1176-1185. <https://doi.org/10.1002/aqc.2787>
- Lutcavage, M. E. (2017). Human impacts on sea turtle survival. In *The Biology of Sea Turtles, Volume I* (pp. 387-409). CRC press.
- Mortimer, J. A. (1990). The influence of beach sand characteristics on the nesting behavior and clutch survival of green turtles (*Chelonia mydas*). *Copeia*, 802-817. <https://doi.org/10.2307/1446446>
- Oksanen, J. (2010). Vegan: community ecology package. <http://vegan.r-forge.r-project.org/>
- RSTUDIO TEAM. (2020) RStudio: integrated development for R. Boston, MA: RStudio, Inc.
- Salleh, S. M., & Mohd Sah, S. A. (2014). HATCHING SUCCESS AND NESTING DEPTH OF *Chelonia mydas* (FAMILY: Cheloniidae) IN EGGS RELOCATION PROGRAMME AT PENANG ISLAND, PENINSULAR MALAYSIA. *Malaysian Applied Biology*, 43(2).

- Seminoff, J. A., Allen, C. D., Balazs, G. H., Dutton, P. H., Eguchi, T., Haas, H., ... & Waples, R. S. (2015). Status review of the green turtle (*Chelonia mydas*) under the Engangered Species Act.
- Shaw, R. G., & Mitchell-Olds, T. (1993). ANOVA for unbalanced data: an overview. *Ecology*, 74(6), 1638-1645. <https://doi.org/10.2307/1939922>
- Sönmez, B., & Yalçın Özdilek, Ş. (2013). Conservation technique of the green turtle (*Chelonia mydas* L. 1758) nests under the risk of tidal inundation with hatcheries, on Samandağ beach, Turkey. *Russian Journal of Herpetology*, 20(1), 19-26.
- Sönmez, B., Turan, C., & Özdilek, Ş. Y. (2011). The effect of relocation on the morphology of Green Turtle, *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758), hatchlings on Samandağ beach, Turkey: (Reptilia: Cheloniidae). *Zoology in the Middle East*, 52(1), 29-38. <https://doi.org/10.1080/09397140.2011.10638476>
- Steenacker, M., Tanabe, L. K., Rusli, M. U., & Fournier, D. (2023). The influence of incubation duration and clutch relocation on hatchling morphology and locomotor performances of green turtle (*Chelonia mydas*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 569, 151954. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2023.151954>
- Stubbs, J. L., Mitchell, N. J., Marn, N., Vanderklift, M. A., Pillans, R. D., & Augustine, S. (2019). A full life cycle Dynamic Energy Budget (DEB) model for the green sea turtle (*Chelonia mydas*) fitted to data on embryonic development. *Journal of sea research*, 143, 78-88. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2018.06.012>
- Tolen, 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.
- Uetz, P., Freed, P. and Hošek, J. (eds). 2018. The Reptile Database. Available at: <http://www.reptile-database.org> (2024. 04. 12.)
- Virgili, M., Petetta, A., Barone, G., Veli, D. L., Bargione, G., & Lucchetti, A. (2024). Engaging fishers in sea turtle conservation in the Mediterranean Sea. *Marine Policy*, 160, 105981.
- Warwick, R. M., Clarke, K. R., & Gee, J. M. (1990). The effect of disturbance by soldier crabs *Mictyris platycheles* H. Milne Edwards on meiobenthic community structure. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 135(1), 19-33. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(90\)90196-J](https://doi.org/10.1016/0022-0981(90)90196-J)
- Wickham H, Bryan J (2023). readxl: Read Excel Files. <https://readxl.tidyverse.org>, <https://github.com/tidyverse/readxl>.

- Wickham, H., Chang, W., & Wickham, M. H. (2016). Package 'ggplot2'. Create elegant data visualisations using the grammar of graphics. Version, 2(1), 1-189.
- Wood, S., & Wood, M. S. (2015). Package 'mgcv'. R package version, 1(29), 729.
- 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.<https://doi.org/10.7550/rmb.31913>