

37. OTDK Biológia Szekció

Eredeti és áthelyezett fészkekből kikelt közönséges levesteknős (*Chelonia mydas*) fiókák páncél alakjának összehasonlítása

Készítette: Adilov Alexandra Kamilla, Kiss Csaba

Szak: Biológia Bsc

Évfolyam: 3-ik évfolyam

Küldő intézmény: Eszterházy Károly Katolikus Egyetem

Természettudományi Kar, Biológiai Intézet

Témavezető: Kiss Csaba



37. ORSZÁGOS
TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI
KONFERENCIA 2025

EGER

1774



ESZTERHÁZY KÁROLY KATOLIKUS EGYETEM

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
1.1 Faj ismertetése.....	3
1.2 Fajra vonatkozó problémák	5
1.3 Környezeti háttérváltozók.....	9
2. Célkitűzés	11
3. Anyagok és módszer.....	12
3.1 Kutatás helyszíne és időpontja	12
3.2 Referenciapontok.....	14
3.3 Adatok elemzése.....	15
4. Eredmények	16
4.1 Főkomponens analízis (PCA) az áthelyezett és nem áthelyezett fészkekből származó egyedekre.....	16
4.2 Az egyedek páncélalakváltozásainak vizsgálata és ábrázolása.....	17
4.3 Főkomponens analízis (PCA) a környezeti háttérváltozókra.....	19
5. Diskusszió	20
6. Köszönetnyilvánítás	23
7. Irodalomjegyzék.....	24
8. Függelék	31

1. Bevezetés

1.1 Faj ismertetése

A teknősök (*Testudines*, LINNAEUS, 1758), azon belül is a tengeri teknős fajok (*Cheloniidae*, OPPEL, 1811) az egyik legősibb monofiletikus hüllő csoport. Kialakulásuk a Triász időszakára tehető (~250-200 millió) és azóta több földtörténeti kort is sikeresen túléltek (CHEREPA NOV, 2014). Jelenkori rendszertani besorolása szerint a teknősöket a hüllők osztályába (*Reptilia*) a teknősök rendjébe (*Testudines*) és azon belül a tengeriteknős-félék családjába (*Cheloniidae*) tartoznak. A hét ma is létező tengeri teknősfaj közül hat a *Cheloniidae*, egy pedig a *Dermochelyidae* (FITZINGER, 1843) családba tartozik. A *Cheloniidae* családon belül találjuk az álcscerepesteknős (*Caretta caretta*, RAFINESQUE, 1814), a közönséges levesteknős (*Chelonia mydas*, LINNAEUS, 1758), a közönséges cserepesteknős (*Eretmochelys imbricata*, FITZINGER, 1843), az ausztrál levesteknős (*Natator depressus*, MCCULLOCH, 1908), az atlanti fattyúteknős (*Lepidochelys kempii*, GARMAN, 1880) és az olajzöld fattyúteknős (*Lepidochelys olivacea*, ESCHSCHOLTZ, 1829) fajokat. A *Dermochelyidae* család egyetlen megmaradt tagja, egyben a legnagyobb tömegű és hosszúságú teknős, a kérgesteknős (*Dermochelys coriacea*, VANDELLI, 1761) (SPOTILA, 2004). Néhány biológus egy nyolcadik fajt, a fekete teknőst vagy KeletCsendes-óceáni zöld teknőst (*Chelonia agassizii*, BOCOURT, 1868) is elismeri, de az eddig közzétett morfológiai és genetikai adatok ellentmondásosak, ezért a fekete teknőst jelenleg a *Chelonia mydas*-hoz tartozónak tekintik (BOWEN ÉS KARL, 2000).

A tengeri teknősök szárazföldi ősekből fejlődtek ki, és mint minden hüllő, tüdőt használnak a levegő belélegzéséhez. Ennek ellenére gyakorlatilag egész életüket a vízben töltik, így nem meglepő módon számos alkalmazkodási képességgel rendelkeznek a vízi élethez (PALADINO ÉS MORREALE, 2001). Mindegyik fajnak hasonló morfológiai jellemzői vannak, mint például a lapát alakú végtagok, amelyekben a disztális csontelemek – köztük

a csukló – hiányoznak, illetve a kézfejet alkotó ujjak megnyúltak az uszonyban, aminek a végén két karom is található. A könnyimirigyeik feltűnően megnagyobbodtak az esetükben és át is alakultak, hogy eltávolítsák a felesleges sókat a szervezetükből. A tengeri teknősök felépítésére jellemző még, hogy a bordakosár a páncéllal összezsugorodott. Ennek eredménye képen sokkalta áramvonalasabb páncélzatuk alakja, amely nagymértékben tudja javítani a hidrodinamikai hatékonyságukat úszás közben. A megnagyobbodott vállöv és a jelentősen megnyúlt hollócsőrnyúlvány együttesen hozzájárult az úszáshoz használt mellizmok tapadási felszínének a megnövekedéséhez (ECKERT ÉS MUNKATÁRSAI, 1999).

A kutatásom témájául választott közönséges levesteknős (Függelék, 1. kép) széles körben elterjedt az Atlanti-, a Csendes- és az Indiai-óceán trópusi, illetve szubtrópusi vizeiben (Függelék, 1. ábra). Közel 140 ország tengermenti vizeiben fordulnak elő és több, mint 80 ország parti szakaszán fészkelnek is (SEMINOFF, 2004). A Mediterráneum térségében Cipruson és Törökországban van a legtöbb detektált fészkelő partszakaszának mintegy 99%-a. Ezek 78%-a mindössze öt fészkelő partszakaszra korlátozódik: három ezek közül Törökországban (Akyatan, Kazanlı, Samandag), kettő pedig Észak-cipruson található (Észak-Karpaz, Alagadı) (KASPAREK ÉS MUNKATÁRSAI, 2001, YILMAZ ÉS TÜRKOZAN, 2015).

Általánosságban elmondható, hogy a teknősök evolúciós sikerének kulcsa a páncéljuknak tulajdonítható, ami a *Testudines* rend létfontosságú morfológiai újítása (ZIMM ÉS MUNKATÁRSAI, 2017). A teknős páncélt nagy, keratinos pikkelyek borítják s ezek száma és elrendezése fajspecifikus mozaikot alkot (KOBAYASHI ÉS MUNKATÁRSAI, 2017).

A pikkely mozaik két fontos tulajdonsággal rendelkezik, melyek közül az egyik a pikkely elrendezés, ami egy konzervatív tulajdonság a taxonómiai információkról, a másik pedig a pikkely variabilitása a fiatal egyedeken (CHEREPANOV, 2014). A közönséges levesteknős fajra jellemző pikkely mintázat anteroposterior irányban öt centrális, négy-négy laterális, egy cervicalis pikkely alkot, amit két oldalt tizenegy kisebb marginális és egy pár szuprakaudális pikkely egészít ki – az ettől eltérő mintázatot hívjuk számfelettinek (Függelék, 2. ábra) (ÖZDEMİR ÉS TÜRKOZAN, 2006). Páncéljuk hossza 80 és 122 cm között változik koruktól függően, színe világos vagy sötétbarna, néha olajzölddel árnyékolt, esetleg csíkokkal vagy foltokkal tarkított. A plasztron leginkább sárgásfehér. Legfőbb morfológiai jellemzője a fajnak a lekerekedett kicsi fej, illetve a sima páncél. Tömegük általában 65 – 204 kg között változhat (SPOTILA, 2004).

Tipikusan magányos, nektonikus állat, amely leginkább sekélyvízi területeken táplálkozik, ahol bőséges mennyiségben áll rendelkezésre a tengeri fű vagy az alga. (BALAZS, 1979). Csak limitált mennyiségű, elsősorban növényi tápanyagot képesek felvenni, melyet a gyomrukban élő baktériumok segítségével emésztenek meg. Lassú növekedésű faj, amely szoros összefüggésben van az emésztőrendszerük működésével (SEMINOFF, 2004). Az ivarérettségi kort általában a növekedési függvények és a fészkelő nőstények mérete alapján tudják megbecsülni, azonban fogságban nevelt teknősök esetén, az egyes teknősök kora közvetlenül is megállapítható. Az Atlanti-óceán északi részén fogságból elengedett, ismert korú közönséges levesteknős hím egyedet figyeltek meg 19 év után párosodni, és egy szintén fogságból elengedett nőstényt 17 évesen fészkelni (BELL ÉS MUNKATÁRSAI, 2005).

1.2 Fajra vonatkozó problémák

A közönséges levesteknős 1982-ben került fel az IUCN Vörös Listájára, ami nemzetközi szintű jogi védelmet adott a fajnak, féket téve az illegális kereskedelmére is (SEMINOFF, 2023). Ezen kívül jelenleg az összes tengeri teknős faj szerepel a veszélyeztetett növény- és állatfajok nemzetközi kereskedelméről szóló egyezmény (CITES-egyezmény) I. függelékében.

A tengeri teknős populációk mind szárazföldi, mind tengeri ragadozók által nagy nyomás alatt vannak. Azonban, ennél sokkal nagyobb hatást gyakorolnak rájuk az antropogén okok. A halászati járulékos fogás világszerte a legsúlyosabb fenyegetésnek számít a hosszú életű tengeri megafaunára nézve (pl. emlősök, madarak, teknősök, ráják). WALLACE ÉS MUNKATÁRSAI (2013) kutatásukban az első globális kiterjedésű, több halászati eszközre vonatkozó értékelést készítették, amiben a tengeri teknősökre gyakorolt populációsintű halászat járulékos fogási hatásait vizsgálták. Több, mint 1800 feljegyzést gyűjtöttek, összesen 230 forrásból, valamennyi tengeri teknősre nézve 1990 és 2011 között. Világszerte a horogsoros, hálós és tengerfenéken vonatot hálós halászat során történik a legtöbb járulékos fogás. A járulékos fogások legmagasabb aránya, illetve a legtöbb

rendelkezésre álló adat is, a Csendes-óceán keleti részéről, az Atlanti-óceán északnyugati és délnyugati részéről, valamint a Földközi-tenger térségéből származik. Kutatásuk azt találta, hogy a felsorolt módszerek közül a legkevesebb járulékos fogást a horogsorok okozták, a legtöbbet pedig a tengerfenéken vontatott hálós halászati módszer (WALLACE ÉS MUNKATÁRSAI, 2013).

További veszélyeztető tényezők közül meg kell még említeni a vizek szennyezését, illetve a teknős tojás- és húsfogyasztását, valamint az éghajlati változások következményeit (például az élőhelyek elvesztését, a szaporodási gyakoriság változását és a táplálékkeresés sikerét) is (MAUER ÉS MUNKATÁRSAI, 2021). Ahhoz, hogy visszaállítsuk csökkenő populációikat, elengedhetetlen, hogy azonosítsuk azokat a faktorokat, amelyek kihatással vannak a túlélésükre. A fajt érintő egyik legkritikusabb probléma a fosszilis tüzelőanyagok használata világszerte. Ennek egyik legmegnyilvánulóbb hatása a globális felmelegedésből eredő pozitív irányba történő hőmérsékletváltozás, amely érinti a faj fészkelő partszakaszait is. Mint a többi hüllő fajnál, 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 kihalásához vezethet (TOLEN ÉS MUNKATÁRSAI, 2021). A legtöbb ivararányokkal kapcsolatos tanulmány már azt prognosztizálja, hogy ez a tendencia egyre inkább megjelenik az egyes populációkban (CALDERÓN-PEÑA ÉS MUNKATÁRSAI, 2020). Az alacsony kikelési sikerességhez még nagyban hozzájárul az emelkedő víz magassága is, ami az alacsonyabban fekvő partszakaszokra lerakott fészkeket súlyosan károsítja. Az életképtelen tojások magas arányát és az embriófejlődés korai leállását okozhatják más tényezők is az inkubációs periódusban, de legnagyobb mértékben mégis a sós vízzel való hosszabb ideig való érintkezésnek tudható be. Ezen okok között számos, egymással összefüggő tényező szerepelhet, kezdve az anyateknősök egészségi állapotával – amely befolyásolhatja a kikelési sikert –, az anyákról a tojásokra átjutó szennyeződésekén át, a talajban jelen lévő mikrobák magas szintjéig – amelyek mind csökkenthetik az embriók oxigénellátottságát (VAN DE MERWE ÉS MUNKATÁRSAI, 2010; PERRAULT ÉS MUNKATÁRSAI, 2012).

A Földközi-tenger keleti része nagymértékben szennyezett műanyag hulladékkal, amelynek nagy részét a teknősök fészkelő strandszakaszaira sodorja a víz. Ez különösen igaz Ciprusra, Törökország leghosszabb fészkelő partszakaszára Szamandagra és Egyiptom fészkelő strandjaira is. Mivel a műanyaggyártás 1950 és 2017 között 1,5 millió tonnáról 355 millió tonnára növekedett (PLASTICEUROPE, 2016), ennek eredményeképpen a

műanyagszennyezés mennyisége és mértéke mind a szárazföldön, mind a tengereken jelentősen megnövekedett. Sajnos, amint a műanyagok tengeri környezetbe kerülnek rövid időn belül globális problémává válnak, hiszen a kibocsátó ország határainál nem állnak meg (LEBRETON ÉS MUNKATÁRSAI, 2018). A homokos strandok a műanyag hulladékok elsődleges lerakóhelyeivé válnak, és idővel egyre nagyobb arányban felhalmozódnak fel ott, majd különböző tényezők hatására betemetődnek a homok alá és eltérő mélységekben rekednek (POETA ÉS MUNKATÁRSAI, 2014). A tengeri teknősök fészkelő strandjain jelen lévő különböző típusú és méretű műanyagok viszont jelentősen megnehezíthetik az állatok fészkelési tevékenységet. A strandokon felhalmozódó különböző méretű műanyag hulladékok – a nagy halászatokból származó hálótól és horgoktól a mikroszkopikus méretű részecskékig – veszélyt jelenthetnek a nőstény teknősökre és az újonnan kikelt teknős fiókákra egyaránt. A műanyagoknak a tengeri teknősökre jelentett kockázatai kifejezetten nagyon magasak, hiszen azok lenyelése, beékelődésük a testnyílásaikba vagy a hálóba gabalyodásból eredő fulladásuk a teljes ökoszisztémára gyakorolt hatásként vannak jelen napjainkban (NELMS ÉS MUNKATÁRSAI, 2016).

1.3 Mérési módszer

A klímaváltozás hatására történő tengerszint emelkedés egyre súlyosabb veszélyeztető tényező a teknős fészkek számára, mivel a korábban bevált fészkelő partszakaszok nagyobb eséllyel kerülhetnek víz alá hosszabb időre, ami negatív hatást gyakorol a teknősök embrionális fejlődésére, illetve annak a végét is jelentheti. A tengeri teknősök világszerte az alacsonyan fekvő part menti élőhelyekre támaszkodnak fészkelés céljából, ahol a homokba temetett tojások a kikelés napjáig ki vannak téve a fészkek elöntésének. Annak megértése érdekében, hogy a tengerszint emelkedése milyen hatással lesz a különböző állatpopulációkra alapvető fontosságú a hatékony természetvédelmi kezelési módszerek kidolgozása. A nőstény teknősök olyan fészkelőhelyeket választanak, amelyek a tojások emelkedett életképességének kedveznek, vagyis a szárazföld belsejében és magasabban fekvő fészkek kevésbé veszélyeztetettek a belvízzel szemben, de ha a fészkek túl messze vannak a víztesttől, akkor a kikelő fiókák nehezen jutnak el a tengerig

és nagyobb eséllyel lesznek ragadozás áldozatai. A fészkelésre alkalmas partszakaszok elérhetőségének csökkenése tehát korlátozza a fészkek elhelyezését, és ez még a legmagasabban fekvő fészkeket is sebezhetővé teheti az emelkedő belvízzel szemben (ZAVALETA-LIZÁRRAGA ÉS MORALES-MÁVIL, 2013) .

ZAVALETA-LIZÁRRAGA ÉS MORALES-MÁVIL kutatása Mexikóban (2013) azt mutatta, hogy a homokos partokon kívül az árapály-övezettől messzebb lévő dűnék voltak a leginkább kedvelt fészekrakó helyek, melyeket jobban preferáltak a tojásrakás szempontjából a nőstények. A fészkek elhelyezkedésében szignifikáns különbségeket találtak az árapályvonalhoz képest, a legnagyobb fészkelési távolságok pedig a dagályvonaltól 10 és 24 m között voltak. A vizsgált terület közepesen lejtős és dűnés partokat tartalmazott, amelyekre a lehelyezett fészkek átlagos távolsága az árapályvonaltól 22,6 m volt.

A rövid ideig tartó sós vízzel való elárasztás, mint például a súlyos viharok idején fellépő dagályok, jelentősen csökkentik a közönséges levesteknősök tojásainak életképességét. Ez azonban nem minden esetben halálos kimenetelű, amennyiben a tojások áthelyezése 3 órán belül megtörténik, akkor azok kifejlődésének esélye nagyon magas, de a 6 órás sós vízzel való elárasztást követően áthelyezett embriók jelentős része is képes túlélni és kikelni (PIKE ÉS MUNKATÁRSAI, 2015). A közönséges levesteknősök esetében a fészkek áthelyezése egy jól működő módszer. Ez történhet a közvetlen veszélyben lévő helyről egy másik biztonságosabb és hasonló természetes környezeti tulajdonságokkal rendelkező, a vízvonaltól távolabb eső homokos pontra (SÖNMEZ ÉS MUNKATÁRSAI, 2011), vagy alternatív módszerként egy mesterséges inkubátorba, megadott környezeti paraméterekkel (YAO ÉS MUNKATÁRSAI, 2022).

YAO ÉS MUNKATÁRSAI (2022) kutatásuk során Ganquan-szigetén, közönséges levesteknős tojásokat inkubáltak 5 különböző hőmérsékleten (26, 28, 30, 32 és 34 °C). A kikelés sikerességére, az inkubáció időtartamára és az egyedek fenotípusos változásaira voltak kíváncsiak, illetve, hogy melyik az embriófejlődéshez a legoptimálisabb hőfok. Az eredmények alapján a beállított temperaturák hatással voltak a kikelési sikerre, a keltetési időre és mind a hét vizsgált fenotípusos tulajdonságra. Azt találták, hogy a legoptimálisabb hőmérséklet 28 és 32 °C között volt. További a teknősök fészekáthelyezésével foglalkozó egyéb kutatók közül TÜRKOZAN ÉS YILMAZ (2007) illetve SÖNMEZ ÉS MUNKATÁRSAI (2011) is azt állapították meg, hogy a bolygatott fészkekből több abnormális pikkely mintával

rendelkező egyed kerül ki. Azáltal, hogy módosítjuk a fészkek természetes inkubációs környezetét, különösen, ha a tojások szuboptimális mikroklimának lesznek kitéve, valamint az áthelyezés kezelésének módszere már önmagában is befolyásolhatja a kikelő fiókák egyes morfológiai jellemzőit – mint például a pikkely mintázatot, vagy a fiókák mozgási teljesítményét, ezáltal életképességüket is (STEENACKER ÉS MUNKATÁRSAI, 2023).

A pikkelyek száma viszont nem befolyásolja a hidrodinamikai adottságait a páncélnak, viszont az abnormalitás fenotípusos manifesztációja már kihatással lehet a mögöttes morfológiai vagy fiziológiai instabilitásnak, amely károsíthatja az egyén mozgási- vagy túlélési képességeit (MAFFUCCI ÉS MUNKATÁRSAI, 2019).

A tojások áthelyezése, konzervációbiológiai értelemben, azt jelenti, hogy a veszélyben lévő fészkeket a part egy felsőbb, biztonságosabb szakaszára helyezik át az egyedek kikelési sikere érdekében. A fészkek áthelyezésére mindig a tojásrakást követő első, maximum 12 órán belül kell sort keríteni. Az áthelyezéshez általában egy megfelelő méretű műanyag vödröt használnak, amelynek aljára 5 cm homokot helyeznek, hogy a tojások károsodása minimalizálva legyen. A régi és új fészkek méretét, a tojásrakás és az áttelepítés időpontjára vonatkozó adatokat minden egyes fészekre vonatkozóan fel kell jegyezni a protokoll érdekében (BOULON, 1999). Bár a fészkekáthelyezéseknél bevett eljárás, hogy az új fészekhelyet a növényzettől és a tengertől körülbelül azonos távolságra helyezik, az új tojáskamrát pedig a természetes fészkekkel azonos mélységűre alakítják ki, sajnos ez a jelenlegi tengerszint emelkedési előrejelzések mellett nem minden esetben lehetséges (BOULON, 1999).

1.3 Környezeti háttérváltozók

Dermochelys coriacea és közönséges levesteknős fajokon végzett kutatás (VEELEN TURF ÉS MUNKATÁRSAI, 2022) alapján a környezeti háttérváltozók közül a vegetációtól való távolság volt a legmeghatározóbb a hőmérséklettel és páratartalommal együtt. Nagyon sok múlik még a partszakasz kiválasztásán, miszerint az ártérhez közel, távol vagy pont rá fészkel a nőstény. Az iráni Shidvar-szigeten található közönséges cserepesteknős (*Eretmochelys imbricata*) fészkelő partszakaszán azt találták, hogy a

teknősök egy meghatározott magassági tartományt kedveltek. A kikelések csökkentek az optimális tartománynál magasabb és alacsonyabb magasságokban. Iránban a kikelési siker nőtt, amikor a fészkek közelebb voltak az átlagos fészekmagassághoz, és csökkent az átlagtól való eltéréssel. Ez a sajátos magassági tartomány, ahol a kelési siker a legmagasabb volt, olyan területen helyezkedhet el, amely egyensúlyt képvisel a tengeri és a szárazföldi fenyegetések között (ZARE ÉS MUNKATÁRSAI, 2012).

Korábbi kutatásokból az optimális fészkelő partszakaszokat vizsgáltakra vonatkozót kerestem viszonyítási alapul, az általam mért 18 m-es átlag tengertől való távolságra (ez összesen 10 fészek átlaga), a jobb megértés érdekében, hogy valóban történt-e jelentős tengerszint emelkedés az évek során. Az éghajlati modellek azt sugallják, hogy a tengerszint emelkedése várhatóan növekvő tendenciát fog mutatni a 21. század során, a változás körülbelül 70%-a az óceáni víztömeg folyamatos hőtágulásának és a szárazföldi jégta-
karó további oladásának hatására. A globális tengerszint körülbelül 120 méterrel emelkedett az utolsó jégkorszak végét követő több évezred alatt (mintegy 21 000 év telt el azóta), és 3000 és 2000 évvel ezelőtt stabilizálódott. A tengerszint-mutatók arra utalnak, hogy a globális tengerszint ettől kezdve a 19. század végéig nem változott jelentősen. A 20. századra vonatkozó becslések azt mutatják, hogy a globális tengerszint átlagosan 1,7 mm-rel emelkedik évente. Az 1990-es évek eleje óta rendelkezésre álló műholdas megfigyelések pontosabb tengerszinti adatokat szolgáltatnak szinte globális lefedettséggel. Ez az évtizedeket lefedő műholdas mérési adatkészlet azt mutatja, hogy 1993 óta a tengerszint körülbelül 3 mm-rel emelkedik egy év alatt, ami lényegesen magasabb, mint az előző fél évszázadra jósolt átlag. A part menti árapálymérések megerősítik ezt a megfigyelést. Az éghajlati modellekkel összhangban a műholdas adatok és a vízrajzi megfigyelések azt mutatják, hogy a tengerszint nem emelkedik egyenletesen szerte a világon. Egyes régiókban az arány akár többszöröse is a globális átlagos emelkedésnek, míg más régiókban a tengerszint csökken. A tengerszint emelkedési ütemének térbeli változékonysága leginkább a hőmérséklet és a sótartalom egyenetlen változásaiból, valamint az óceáni keringés változásaiból adódik. A Földközi-tenger egy olyan terület, ahol a klímaváltozás forgatókönyvei viszonylag konzisztensek a globális modellek alapján (SOLOMON, 2007).

2. Célkitűzés

Azért tartom fontosnak az Észak-Cipruson végzett pikkelymorfológiai kutatásomat, mert az alábbi hipotézisek megválaszolásával, a kapott eredményeim alapján, esetlegesen alá tudom támasztani a fészekáthelyezések mellett vagy ellen szóló érveket. Ehhez kapcsolódóan a környezeti háttérváltozók felméréséből származó adatok figyelembevételével eredményesen tudjak érvelni az áthelyezések mellett, mint egy jövőbeli, hosszútávon működő konzervációbiológiai módszer.

- Tapasztalhatók-e eltérések az áthelyezett és nem áthelyezett fészkekből származó egyedek között?
- Melyik környezeti háttérváltozók és milyen mértékben hatnak az egyes morfológiai jellegekre?

Az általam választott módszer a 2D pikkelymorfológiai kutatás, ami eddig kevés szakirodalomban jelent meg. Úgy gondoltam, hogy a pikkelyanomáliák mértékét ezzel a módszerrel jól megtudom határozni az egyes csoportok között (áthelyezett és nem áthelyezett fészkek között). A kevés szakirodalom közé tartozik, amit a módszerről találtam VALENZUELA ÉS MUNKATÁRSAI (2004) munkája, ahol TpsDig verzió 2.10-ben illesztett 30 anatómiai tájékozási pontot díszes ékszerteknősök (*Chrysemys picta*, SCHNEIDER, 1783) és Arrau teknősök (*Podocnemis expansa*, SCHWEIGGER, 1812) háti páncélján található pikkelyek fontosabb illeszkedési pontjaira F. J. Rohlf nyomán. Fő tájékozási pontnak a vertebrális és két oldali marginális pikkelyek metszéspontjait használta, alakelemzésekhez pedig a páncél jobb feléről származó 16 tájékozási pontot általános Procrustes-elemzésnek (GPA) vetette alá, hogy a példányokat egy közös koordinátarendszerbe helyezze, egymásra forgassa az egyedekről készült képeket és méretarányosítsa is őket. Ezzel a módszerrel az egyes állatok nemét akarta megállapítani, ismert nemű egyedekkel hasonlította össze az ismeretlen nemű egyedekből kapott koordinátákból generált méretet vagyis CS-t (centroid size), és azt találta, hogy a módszer 98% és 90%-ban pontosnak bizonyult. Szintén nemi elkülönítésre használták a módszert DURO ÉS MUNKATÁRSAI

(2021), ahol szárazföldi teknősök háti és hasi páncéljának mintáit és azok különbözőségének megállapítására használta a geometrikus morfometria vizsgálatot.

3. Anyagok és módszer

3.1 Kutatás helyszíne és időpontja

Kutatásomat 2023. június 18. és szeptember 14. között végeztem. Helyszíne ÉszakCiprus Karpaz félszigetén lévő két északi fészkelő partszakasz a Ronas és az Ayfilon, illetve a déli partok közül a 2D és a Dolphin fészkelő partszakaszok voltak (Függelék, 2. kép). Ezek a partszakaszok a térségben a legkiemelkedőbb fészekszámmal rendelkeznek. A nemzetközi kooperációt a régió vadállatok rehabilitációjára alapított Cyprus Marine life Center (CMC), a nemzetközi önkéntesek, illetve a projektet koordináló professzorok és külföldi PhD kutatók tették lehetővé. Az önkéntes program immáron ötödik éve működik a Karpaz félszigeten, ahol a helyi civil közösséget is bevonva a fajra vonatkozó adatgyűjtést és a faj védelmére összpontosító figyelemfelhívást végeznek. A Ronas partszakasz a legsűrűbb fészekszámmal rendelkezik az összes többi part közül, ezért ezt 0-24 órában figyelik hőérzékelő kamerákkal és egyéb biztonsági berendezésekkel, illetve intézkedésekkel minden szezonban. A teknősök párosodása, fészkelése és a fiókák kikelésének időszaka kora májustól október elejéig tart. A 2023-as évben az első fészek észlelés május közepén történt a Ronas partszakaszon.

A partszakaszokat a kora reggeli és késő délutáni órákban monitoroztam a többi önkéntessel együtt 5-6 fős csoportokban egy tapasztaltabb csapatvezető kíséretében. A fészek áthelyezéseket csak az arra betanított személyek végezheték, legkésőbb a fészek lerakást követő 6 órában. Kizárólag olyan fészkek kerültek csak áthelyezésre, amik közvetlenül az ár vonalra lettek rakva és biztosan elöntötte volna őket a tenger. A kutatásom során csak az exkavációt követő áthelyezés volt lehetséges, ezzel is biztosítva az anyateknős nyugalmat fészekrakás közben. A teljes protokollt WYNEKEN ÉS MUNKATÁRSAI (1988)

útmutatásai alapján végeztem. A reggeli órákban a fészkelést befejező teknős által hagyott nyomot követve lehetett azonosítani az aznap rakott fészkeket (Függelék, 3. kép). Az így megjelölt helyeket a projekt vezetője Oguz Türkozan által megszabott ± 60 napos inkubációs idő betöltése után manuálisan ástuk ki, leszámoltuk az ezekből kikelt egyedek után hátrahagyott tojáshéjakat, a fejlődési stádiumban megállt embriókat, illetve elengedtük a fészkekben ragadt egészséges egyedeket. További feladataim közé tartozott még a legnagyobb predációért felelős helyi róka faj (*Vulpes indicatus*) által kiásott fészkek feltárása is, valamint a hátrahagyott tojások leszámolása, illetve a jó tojások visszahelyezése a fészkekbe.

Kutatásom során összesen két partszakaszt vizsgáltam (Függelék, 3. ábra), melyeken megkülönböztettem az áthelyezett és az eredeti helyükön lévő fészkeket – az áthelyezett fészkeket zöld, az eredeti helyükön lévőket kék színnel jelöltem a térképen. A fészkek távolságát a vízparttól és a vegetációtól, 5 m hosszú manuális mérőszalaggal mértem le, a fészkek egyéb paramétereit pedig 1 m-es szalaggal (centiméterben meghatározva). Az áthelyezéshez steril vödröket használtam, amelyben a fészkekből származó összes tojás belefért úgy, hogy az eredetinek megfelelő sorrendben lettek visszahelyezve, egy az eredeti fészkekkel közel azonos paraméterekkel (belső átmérő, fészkek nyílás szélesség) megegyező ember által ásott fészkekbe.

A környezeti háttérváltozók SÖNMEZ ÉS MUNKATÁRSAI (2011) munkásságát követve a következők voltak:

DFS: tengertől való távolság (Distance from sea)

DFV: vegetációtól való távolság (Distance from vegetation)

ETS: tojások helyzete a fészkek tetejétől (Eggs to surface)

BTS: fészkek mélysége (Bottom to surface)

ND: fészkek átmérője (Nest diameter)

IP: inkubációs periódus (Incubation period)

Az egyedekre vonatkozó morfológiai jellegek:

CS: méret (Centroid size)

A kutatásom során 10 fészekből összesen 229 darab közönséges levesteknős fiókát fotóztam le. A déli partokon lévő 2D partszakaszból 46 db áthelyezett egyedet, 4 db nem áthelyezett egyedet, a Dolphin partszakaszból pedig 14 db nem áthelyezett egyedet. A két déli partszakasz között mindössze 1,1 km volt a különbség. A partok homokszerkezete nagyban megegyezett, azonban megközelítésük nem volt lehetséges csak külön földúton keresztül, ezért nem tekinthetők egy egységes partnak. Az északi partokon lévő Ronas partszakaszból összesen 49 db áthelyezett egyedet és 41 db nem áthelyezett, az Ayfílon partszakaszból pedig 24 db áthelyezett és 51 db nem áthelyezett.

Az egyes példányok hátsó páncélját 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 elhelyezett mintákkal (standard 30 cm magasságban). A fényképezőgépet kézi üzemmódban használtam, a következő beállításokkal: 2x-es zoomon, 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 azonosító számmal láttam el (fészek/egyed sorszáma).

3.2 Referenciapontok

Minden egyedre 31 darab 2D jelölő referenciapontot (landmark) helyeztem el a páncél dorzális oldalán a fontosabb pikkelyilleszkedésekhez (Függelék, 4. ábra) TpsDig2 program segítségével (ROHLF, 2006) KIRCHER ÉS WYNEKEN (2017) munkásságát követve.

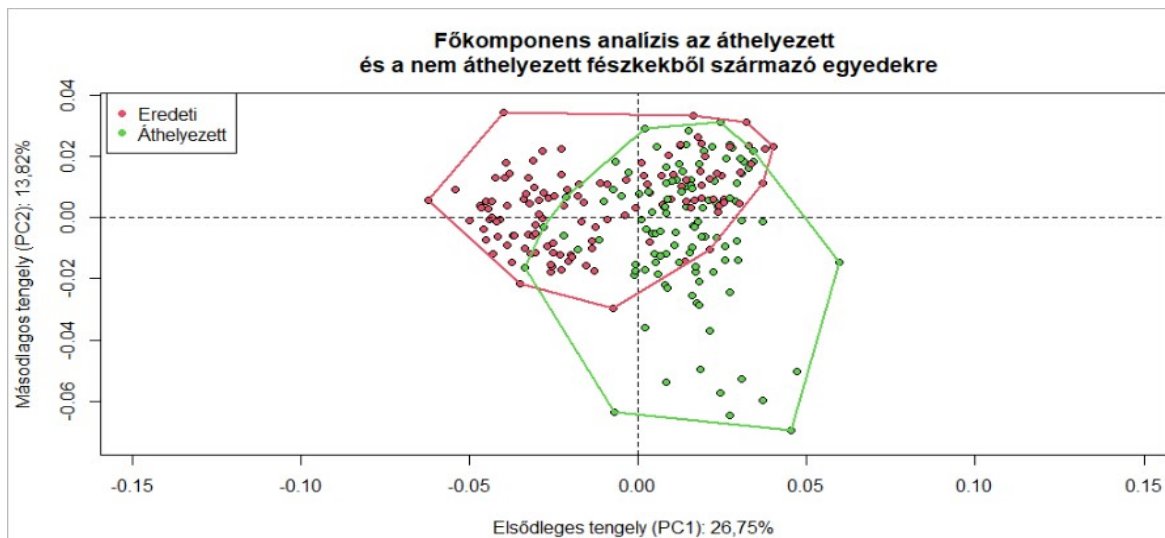
3.3 Adatok elemzése

A referenciapontokon (landmarks) elsőnek egy Prokusztesz 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 Prokusztesz koordinátákra főkomponens analízist (Principal Component Analysis - PCA) készítettem, hogy azonosítsam a csoportjaim és a háttérváltozók legnagyobb varianciához tartozó lefedő komponenseit (KRZANOWSKI, 2000; JOLLIFFE, 2002). A morfológiai térben lévő alakváltozások (Shape) megjelenítésére vékonylemezes interpolációs függvényt (Thin-Plate Spline - TPS) használtam (BOOKSTEIN, 1997). A csoportjaim alak (Shape) és méret (CS) értékei közötti összefüggések vizsgálatára Prokusztesz ANOVA tesztet használtam, illetve az átlagos Procrustes-távolságok páronkénti különbségeit is összehasonlítottam (GOODALL, 1991). A statisztikai szignifikancia értékek ($p < 0.05$) kiszámolása minden esetben 10000 ismétlésszámmal történt véletlenszerű permutációs teszt segítségével (ADAMS ÉS MUNKATÁRSAI, 2018), szükség esetén Holm-Bonferroni módszerrel (HOLM, 1979) korrigálva. Az áthelyezett és az eredeti helyükön kikelt egyedek között a Shape és a deformáció megléte vagy hiányára is Prokusztesz ANOVA tesztet használtam. 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 MUNKATÁRSAI, 2022), „geomorph” (BAKEN ÉS MUNKATÁRSAI, 2021), „Morpho” (SCHLAGER, 2017), „rgl” (MURDOCH ÉS ADLER, 2022), „RRPP” (ADAMS ÉS MUNKATÁRSAI, 2018), „vegan” (OKSANEN, 2013).

4.Eredmények

4.1 Főkomponens analízis (PCA) az áthelyezett és nem áthelyezett fészkekből származó egyedekre

Az első főkomponens analízis (PCA) során azon jellegeket határoztam meg, melyek a legnagyobb hányadát magyarázzák a teljes fenotípusos varianciának a vizsgált csoportok között (5. ábra). Az első tengely (PC1) a teljes variancia 26.75%-át, míg a második tengely (PC2) 13.82%-ot magyaráz. A két csoport között csak részleges átfedést kaptam, ahol a piros halmaz, amely az eredeti helyükön kikelt egyedekből áll össze, sokkal egységesebb közeget alkot, míg a zöld halmaz, az áthelyezett fészekben kikelt egyedekkel, inkább szétszór. A csoportokat PROCUSTES ANOVA teszttel összehasonlítva mégis statisztikailag szignifikáns eltéréseket kaptam a csoportok között alakra ($F=21.918$; $p<0.0001$) és méretre ($F=43.971$; $p<0.0001$), méret és alak szerint ($F=10.97$; $p<0.0001$), illetve a csoportok*méret és alakra nézve is ($F=4.4955$; $p<0.0001$) (6. ábra).



5.ábra: Főkomponens analízis áthelyezett és nem áthelyezett fészkekből származó egyedekre. A pontok az egyedeket, a halmazok a csoportokat jelölik: piros - eredeti helyükön kikelt egyedek, zöld – áthelyezett fészkekből kikelt egyedek

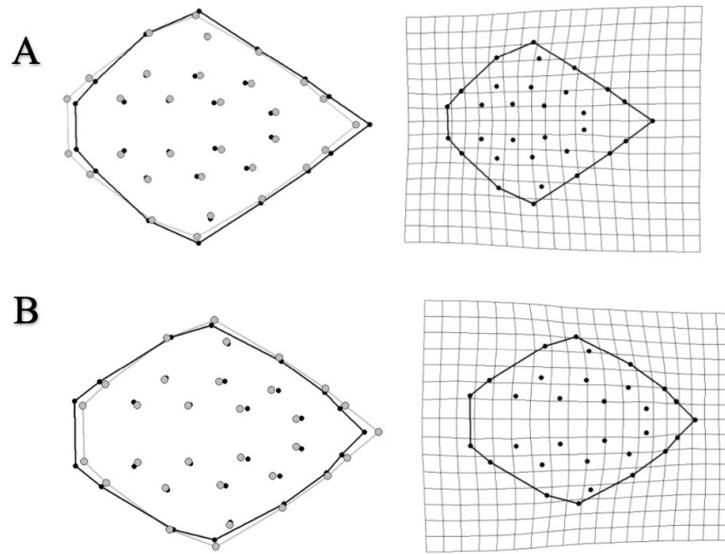
Faktorok	Alak	Méret
Csoportok	F=21.918; p<0.0001	F=43.971; p<0.0001
Méret	F=10.972; p<0.0001	-
Csoportok*Méret	F=4.4955; p<0.0001	-

6.ábra: PROCUSTES ANOVA eredmények az áthelyezett és nem áthelyezett fészkekre vonatkozóan a főkomponens analízis bizonyításához

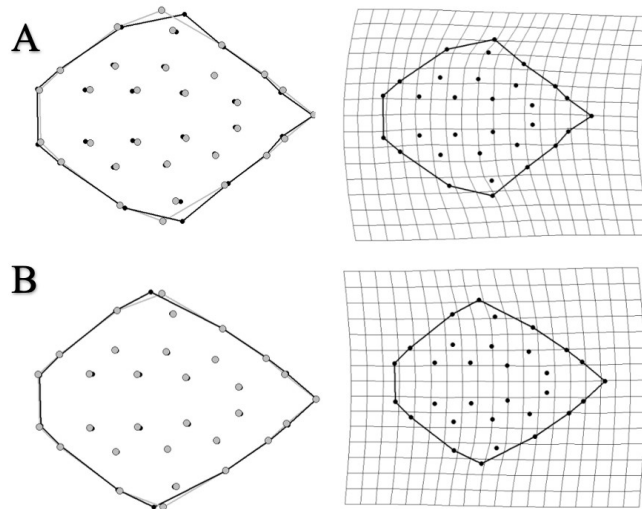
4.2 Az egyedek páncélalakváltozásainak vizsgálata és ábrázolása

A jelölő pontokból generált páncélalakváltozásokat a 7. és 8. ábrán szemléltettem. A két főkomponens (PC1 és PC2) legszélén elhelyezkedő egyedei vannak rajtuk jelölve, melyek a legjobban reprezentálják a pozitív és negatív végeken lévő páncélalakváltozásokat. Két típusú ábrázolás van, a jobb oszlopban a thin plate módszerrel létrehozott, ahol a négyzetek torzulásai mutatják a páncélalak változásait, a bal oszlopban pedig a standard egyedre van rávetítve a tengely végén lévő egyed. A PC1 tengely negatív végén lévő egyed (A sor) cervicalis pikkelye hátrébb tolódik, illetve a páncél a közepétől éles szöget zár be hátrafele, még az alatta lévő pozitív tengelyen végén lévő egyed (B sor) cervicalis pikkelye előrebb tolódik a standardizált egyedhez képest, a páncél vége pedig kerekesebb és rövidebb (7.ábra). A PC2 tengely negatív végén lévő egyed (A sor) páncélja laterálisan kiszélesedik és hátrébb csúszik, még a pozitív végén lévő egyed (B sor) laterális oldala előrebb a standardhoz képest (8. ábra).

A pikkely rendellenességek (számfeletti pikkely megjelenése az egyedeken) és a páncél morfológiája közötti összefüggéseket PROCUSTES ANOVA tesztel vizsgáltam. A teszt azt bizonyítja (F=4.6058; p<0.0178), hogy van szignifikáns egyezés a pikkelyrendellenességek jelenléte és a páncél morfológiai eltérései között.



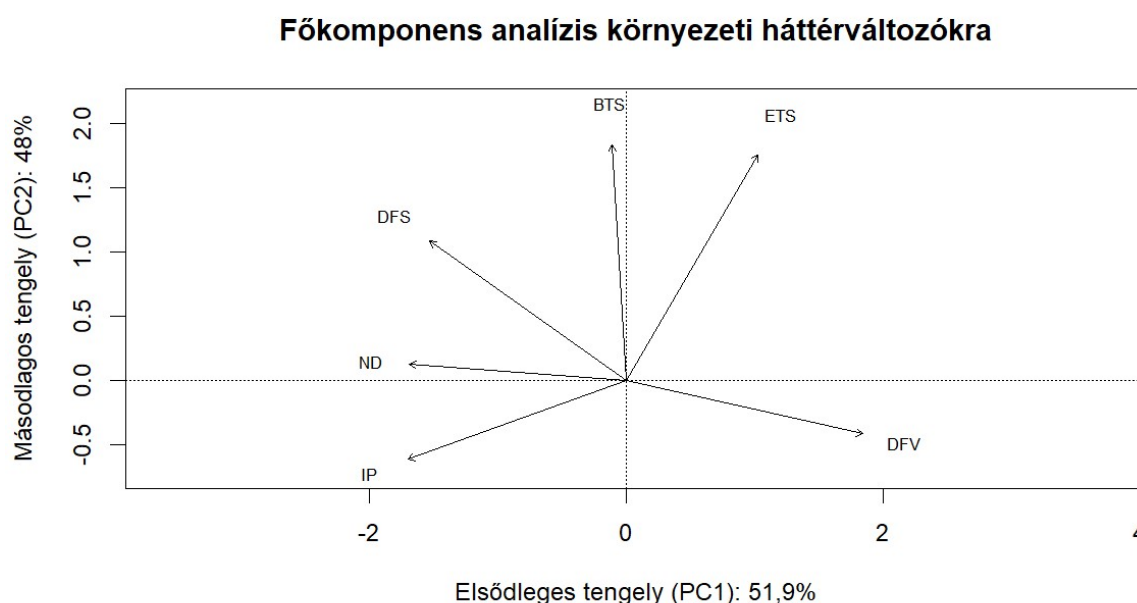
7.ábra: Teknős páncél alakváltozásai 2D és Thin plate módszerekkel. A felső sor (A), a PC1 tengely negatív végén levő egyed, a bal oldali az standardhoz mért eltérés. Az alsó sorban (B), szintén a PC1 tengely pozitív végén lévő egyed.



8.ábra: Teknős páncél alakváltozásai 2D és Thin plate módszerekkel. A felső sor (A), a PC2 tengely negatív végén levő egyed, a bal oldali az standarhoz mért eltérés. Az alsó sorban (B), szintén a PC2 tengely pozitív végén lévő egyed.

4.3 Főkomponens analízis (PCA) a környezeti háttérváltozókra

Legvégül a környezeti háttérváltozókra is készítettem egy főkomponens analízist (PCA). Itt azokat a leginkább meghatározó háttérváltozókat kerestem, melyek a legnagyobb mértékben magyarázhatják a fiókák páncél- és pikkely-alakváltozásait az embrionális fejlődés során (9. ábra). Az első főkomponens tengely (PC1) a teljes háttérváltozók 51,9%-át magyarázta, kialakításában a vegetációtól való távolság (DFV) játszott a legnagyobb szerepet. A második főkomponens tengely (PC2) a teljes háttérváltozók 48%-át magyarázta, kialakításában pedig az inkubációs periódus (IP) játszott a legnagyobb szerepet. A vektorok hossza azt magyarázza, hogy melyek a leginkább meghatározó környezeti háttérváltozók.



9. ábra: Főkomponens analízis az egyes háttérváltozók ábrázolásával

5. Diszkusszió

Szakedolgozatomban az áthelyezett és a nem áthelyezett fészkekből származó közönséges levesteknős fiókákról készítettem fotódokumentációt, majd egyedi jelölő pontokat helyeztem el a háti páncél fontosabb pikkelyilleszkedéseinél. Ezt követően adataimat R statisztikai környezetben feladatspecifikus programcsomagok segítségével elemeztem, hogy összehasonlítsam a két különböző fészektípusból származó egyedek pikkelymorfológiai különbségeit, illetve meghatározzam a fejlődésükre leginkább hatással levő környezeti háttérváltozókat.

A teknősök páncéljának az alak- és méretváltozásai, köztük a pikkelydegenerációkkal, számos szakirodalom foglalkozik. Mivel a populációkban folyamatosan jelen vannak ezek a morfológiai jellegek, ezért a kimutatásuk viszonylag könnyű a fiatal fiókák esetében, azonban a felnőtt egyedeknél már sokkal ritkábban figyelhető meg.

Japánban KOBAYASHI ÉS MUNKATÁRSAI (2017) 574 darab fészkekből származó 44 537 darab kikelő fiókának számolták meg a vertebrális- és bilaterális pikkelyeit, és arról számoltak be, hogy a közönséges levesteknős fiókák 5,8%-a rendelkezett a szokványostól eltérő pikkely mintázattal. Cipruson ÖZDEMİR ÉS TÜRKOZAN (2006) 718 darab közönséges levesteknős fiókának a marginalis, laterális, centrális, supracaudalis és cervicalis pikkelyeinek a számát vizsgálták, és arra a következtetésre jutottak, hogy 40,4%-ban volt háti páncélra vonatkozó morfológiai dimorfizmus. Törökországban ERGENE ÉS MUNKATÁRSAI (2011) 917 darab közönséges levesteknős példányon vizsgálták ugyanezeket a háti páncél mintákat, viszont ők csak 21,9%-os arányban találtak pikkely anomáliát. Egy adott térség közönséges levesteknős populációjából kikelő fiókákon megfigyelt pikkely rendellenességek, és a világ más részein lemerített populációk között megfigyelt pikkelymorfológiai változékonyság arra engedhet következtetni, hogy a genetikai és a környezeti tényezők külön-külön és együttesen is befolyásolhatják az egyedek pikkelyeinek a variabilitását. KOBAYASHI ÉS MUNKATÁRSAI (2017) kutatásukban igazolták, hogy az eredetileg is pikkely anomáliával rendelkező nőtények által rakott fészkekből magasabb arányban kerültek ki ugyancsak pikkely degenerációval rendelkező fiókák. Fontos még megjegyezni, hogy több hím genetikai örökítőanyaga kerül be és termékenyíti meg a petesejteket a párosodási időszak során, ezzel is növelve a fenotípusos variabilitásra az esélyt (LEE ÉS MUNKATÁRSAI, 2018).

Saját kutatásom eredményeként statisztikailag szignifikáns eltérést találtam az közönséges levesteknős áthelyezett és nem áthelyezett fészkeiből származó fiókái között alakra ($F=21.918$; $p<0.0001$) és méretre ($F=43.971$; $p<0.0001$) egyaránt (6. ábra). Az alak és a méretbeli eltérések, mind az áthelyezett és nem áthelyezett fészkek között részben betudható annak, hogy a fészkek meg lettek bolygatva, illetve a különböző partszakaszokra jellemző környezeti háttérváltozók eltérő sajátosságokkal rendelkeztek. Egyes tanulmányok ezt azzal magyarázzák, hogy a környezeti faktorok fontos szerepet játszanak például a fészkek hőmérsékletének vagy a nedvességtartalmának változásával kapcsolatban (MCGEHEE 1990, FOLEY ÉS MUNKATÁRSAI, 2000). BOOTH ÉS ASTILL (2001) azt találta, hogy a fészkek elhelyezkedése és árnyékolásának mértéke kevésbé befolyásolta a fészkek átlagos hőmérsékletét. A kutatás megállapította, hogy a mélyebb fészkek általában hűvösebbek voltak, ami azt eredményezte, hogy magasabb lett a hímek ivararánya a nőstényekhez képest, mint a sekélyebb fészkek esetében. Azonban egyes fészkehőmérséklet-profil adatok azt mutatták, hogy az 1998-99-es fészkelési szezonban a Heron-szigeten kikelő fiókák között a nemek aránya erősen a nőstények javára tolódott el.

A páncélalakváltozására vonatkozó eredményeim azt mutatták, hogy az elsődleges főkomponens negatív végén egy északi, nem áthelyezett fészkekből származó egyed található, még a pozitív végén egy déli, áthelyezett fészkekből származó (7. ábra). Ebből arra lehet következtetni, hogy a negatív végén lévő (északi partról származó) egyedek páncél átmérője átlagosan keskenyebb és a páncél posterior része hátrafelé kicsúcsosodik. Ezzel ellentétben a pozitív végén lévő (déli partról származó) egyedek páncélja szélesebb átmérővel rendelkeznek és a páncél posterior része kerekdedebb. A másodlagos főkomponens tengelyt nézve a negatív végén egy déli, áthelyezett fészkekből származó egyedet találtam, míg a pozitív végén pedig egy északi, nem áthelyezett fészkekből származót (8. ábra). Az itt tapasztalt alak különbségek a negatív végén lévő egyedek esetében a páncél laterális irányú kiszélesedése és két irányban oldalra tolódása jellemzi, míg a pozitív végén lévő egyedeknél a laterális oldal előre tolódik. Ezen eredményekből arra következtethetünk, hogy nemcsak az áthelyezett fészkekből kikelt egyedeknél tapasztalhatunk, a genetikai mellett, a környezeti faktorokból adódó változásokat, hanem az eredeti helyükön kikelő egyedek esetében is, ami kihatással lesz a populáció fenotípusos varianciájára.

A kutatásom során lement környezeti háttérváltozók közül a két legmeghatározóbb a fészkek vegetációtól való távolsága és az inkubáció ideje voltak (9. ábra). Egyre

gyakrabban igazolódik be, hogy a pikkelyrendelleneségeket a fészkek mikroklímatis körülményei alakítják ki (ZIMM ÉS MUNKATÁRSAI, 2017; STEENACKER ÉS MUNKATÁRSAI, 2023). Ezt STEENACKER ÉS MUNKATÁRSAI (2023) saját kutatásukban is tapasztalták, ahol a rövid inkubációs idő és a változó hőmérséklet okozták a legtöbb pikkely rendellenességet, illetve az alacsonyabb kikelési sikert a fiókák esetében. Az 50 cm-nél sekélyebb hüllőfészkekre fokozottan jellemző a napi hőmérséklet-ingadozás. Ennek a jelentősége, hogy az inkubációs idő alatti hőmérséklet hatással van a fiókák fenotípusos megjelenésére, mint például a nemükre, a méretükre, az alakjukra és a színükre is, valamint kihatással lehet a viselkedésükre és a mozgásszervi teljesítményükre egyaránt (BOOTH, 2006). Emiatt sok hüllőfaj kapcsán valós az aggodalom, hogy a globális klímaváltozásból eredő pozitív irányba történő felmelegedés a kikeléskor észlelt ivararányeltolódás gyakorisága hátrányosan befolyásolhatja majd a populációt. Az inkubációs idő előrehaladtával a fészkekben emelkedik a hőmérséklet, ami a homok nap általi felmelegedésének és a fejlődő embriók fokozott metabolikus hőtermelésének tudható be.

STAINES ÉS MUNKATÁRSAI (2019) kutatásában a környezeti háttértváltozókat nézve azt várta, hogy a vizsgált parton található növényzet hűteni fogja a fészkeket, mivel azok némi árnyékot biztosítanak a fészkeket fedő homokfelületnek. Azonban a felvetésével ellentétes eredményeket kapott, aminek az egyik lehetséges magyarázata az lehet, miszerint a növények levelei bár lelassították a levegő mozgását a homokfelszín közelében, ami egy vastagabb fluiddinamikai határteveget alakított ki az álló levegőből, de szigetelőként is működött, így ellensúlyozta a talajtakaró növények árnyékoló hatását. Ezek a kutatások is rávilágítanak arra, hogy fontos szem előtt tartani a fészkekáthelyezések esetén a megfelelő területkijelölést a vegetációra vonatkozóan.

A PROCUSTES ANOVA teszt eredménye, amiben arra voltam kíváncsi, hogy van-e összefüggés a páncél alak változás és a rendellenes pikkelyszámmal rendelkező egyedeknél azt bizonyítja, hogy van szignifikáns összefüggés a kettő között ($F=4.6058$; $p<0.0178$). ERGENE (2011) kutatásában, szintén a páncél morfológiai eltéréseket és a pikkely rendellenességeket nézte, azonban az ő kutatása azt támasztotta alá, hogy a morfológiai rendellenességek nincsenek kihatással az életképességre a fiatal egyedeknél.

A hosszú generációs idővel rendelkező veszélyeztetett fajok, mint például a tengeri teknősök is, valószínűleg korlátozott képességekkel rendelkeznek a fészkelési szokásaik gyors megváltoztatására az éghajlatváltozással szemben. A fészkekaljaiknak a kikelési és életben maradási sikerének növelésével potenciálisan emelkedhet a felnőtt kort megélő

egyedek száma, ami hozzájárulhat a populáció hosszú távú fennmaradásához (HOWARD ÉS MUNKATÁSAI, 2014).

A saját kutatásomból kapott eredmények alapján a hipotéziseimre a következő válaszokat tudom adni.

- Tapasztalhatók-e eltérések az áthelyezett és nem áthelyezett fészkekből származó egyedek között? Igen, tapasztalhatók, melyek a főkomponens analízis ábrán elkülönülő halmazok (5. ábra) és az ezekre futatott statisztikai tesztek eredményei (6. ábra) alapján tudom kijelenteni.
- Melyik környezeti háttérváltozók és milyen mértékben hatnak az egyes morfológiai jellegekre? Az egyedek fejlődésére leginkább ható környezeti háttérváltozó a vegetációtól való távolság, másodlagosan pedig az inkubációs periódus volt.

További felméréseket igényelne részemről a környezeti faktorok mérése és megértése, melyek feltérképezésére nem volt lehetőségem a kutatás ideje alatt, annak érdekében, hogy pontosabb és megbízhatóbb adatot tudjak biztosítani a faj jövőbeli vizsgálatához. Terveim között szerepel még, hogy a jövőben is részt vegyek fokozottan védett státuszt kapott állatok konzervációbiológiai kutatásában és munkámmal esetlegesen hozzájáruljak a faj megőrzéséhez.

6. Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet szeretném kifejezni témavezetőmnek, Kiss Csabának, aki szakmai tudásával és fáradhatatlan támogatásával járult hozzá az adatok kielemezéséhez és a statisztikai ábrázolások megvalósításához.

Köszönet ciprusi tereptanárainknak Sezgin Karamannak, Yönter Meraynak és még sokan másoknak is, akik részt vettek a projekt terepi részében, és lehetővé tették a kutatást.

Külön köszönetem dr. professor Ogüz Türkozannak, aki szaktudásával és tapasztalatával járult hozzá a projekthez.

Szintén köszönet az Erasmus+ programnak, amely anyagilag támogatta a kiutazásomat és a kint tartózkodásomat. Kutatásom a Kulturális és Innovációs Minisztérium UNKP-22-1-IEKKE-5 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

7. Irodalomjegyzék

- Adams, D., Collyer, M., & Kaliontzopoulou, A. (2018). Geometric morphometric analyses of 2D/3D landmark data. 2020. <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. <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. <http://www.seaturtle.org/mtn/archives/mtn10/mtn10p1b.shtml>
- Bell, C. D., Parsons, J., Austin, T. J., Broderick, A. C., Ebanks-Petrie, G., & Godley, B. J. (2005). Some of them came home: the Cayman Turtle Farm headstarting project for the green turtle Chelonia mydas. *Oryx*, 39(2), 137-148. <https://doi.org/10.1017/S0030605305000372>
- Bookstein, F. L. (1997). Landmark methods for forms without landmarks: morphometrics of group differences in outline shape. *Medical image analysis*, 1(3), 225-243. [https://doi.org/10.1016/S1361-8415\(97\)85012-8](https://doi.org/10.1016/S1361-8415(97)85012-8)
- Booth, D. T., & Astill, K. (2001). Temperature variation within and between nests of the green sea turtle, Chelonia mydas (Chelonia: Cheloniidae) on Heron Island, Great Barrier Reef. *Australian Journal of Zoology*, 49(1), 71-84. <https://doi.org/10.1071/ZO00059>
- Booth, D. T. (2006). Influence of incubation temperature on hatchling phenotype in reptiles. *Physiological and Biochemical Zoology*, 79(2), 274-281. <https://doi.org/10.1086/499988>

- Bowen, B. W., & Karl, S. A. (2000). Meeting report: taxonomic status of the East Pacific green turtle (*Chelonia agassizii*). *Marine Turtle Newsletter*, 89, 20-22. <http://www.seaturtle.org/mtn/archives/mtn89/mtn89p20.shtml>
- Boulon, R. H. (1999). Reducing threats to eggs and hatchlings: in situ protection. *Research and management techniques for the conservation of sea turtles*, 4, 169-174. https://static1.squarespace.com/static/5e4c290978d00820618e0944/t/5e5025345f501f3dd0e91638/1582310713703/Full+Research+and+Management+techniques_en.pdf
- 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. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68i3.39033>
- Cherepanov, G.O. Patterns of scute development in turtle shell: Symmetry and asymmetry. *Paleontol. J.* 48, 1275–1283 (2014). <https://doi.org/10.1134/S0031030114120028>
- Duro, S., Gündemir, 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: 10.6620/ZS.2021.60-09
- Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois, and M. Donnelly (Editors). 1999. *Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles*. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication No. 4. https://static1.squarespace.com/static/5e4c290978d00820618e0944/t/5e5025345f501f3dd0e91638/1582310713703/Full+Research+and+Management+techniques_en.pdf
- Ergene, S., Aymak, C., & UÇAR, A. H. (2011). Carapacial scute variation in green turtle (*Chelonia mydas*) and loggerhead turtle (*Caretta caretta*) hatchlings in Alata, Mersin, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 35(3), 343-356. <https://doi.org/10.3906/zoo-0808-8>
- Foley, A. M., Peck, S. A., Harman, G. R., & Richardson, L. W. (2000). Loggerhead turtle (*Caretta caretta*) nesting habitat on low-relief mangrove islands in southwest Florida and consequences to hatchling sex ratios. *Herpetologica*, 433-445. <https://www.jstor.org/stable/3893111>
- F.V. Paladino, S.J. Morreale, in *Encyclopedia of Ocean Sciences* (Second Edition), 2001 <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/cheloniidae>
- Goodall, C. (1991). Procrustes methods in the statistical analysis of shape. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 53(2), 285-

321. <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.

Howard, R., Bell, I., & Pike, D. A. (2014). Thermal tolerances of sea turtle embryos: current understanding and future directions. *Endangered Species Research*, 26(1), 75-86.

<https://doi.org/10.3354/esr00636>

Jolliffe, I. T. (2002). *Principal component analysis for special types of data* (pp. 338-372).

Springer New York. https://doi.org/10.1007/0-387-22440-8_13

Kircher, L., & Wyneken, J. (2017). Sex Estimation by Geometric Morphometric Analysis of Loggerhead (*Caretta caretta*) Sea Turtle Hatchlings. *Mar Turt Newsl*, 154, 12-15.

<http://seaturtle.org/mtn/archives/mtn154/mtn154-3.shtml?nocount>

Kobayashi, S., Morimoto, Y., Kondo, S., Sato, T., Suganuma, H., Arai, K., & Watanabe, G. (2017). Sex differences and the heritability of scute pattern abnormalities in the green sea turtle from the Ogasawara Archipelago, Japan. *Zoological science*, 34(4), 281-286.

<https://doi.org/10.2108/zs160159>

Krzanowski, W. (2000). Principles of multivariate analysis (Vol. 23). OUP Oxford.

Lebreton, L., Slat, B., Ferrari, F., Sainte-Rose, B., Aitken, J., Marthouse, R., ... & Reisser, J. (2018). Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Scientific reports*, 8(1), 1-15.

<https://www.nature.com/articles/s41598-018-22939-w>

Lee, P. L., Schofield, G., Haughey, R. I., Mazaris, A. D., & Hays, G. C. (2018). A review of patterns of multiple paternity across sea turtle rookeries. *Advances in marine biology*, 79, 1-31.

<https://doi.org/10.1016/bs.amb.2017.09.004>

Maffucci, F., Pace, A., Affuso, A., Ciampa, M., Treglia, G., Pignalosa, A., & Hochscheid, S. (2020). Carapace scute pattern anomalies in the loggerhead turtle: are they indicative of hatchling's survival probability?. *Journal of Zoology*, 310(4), 315-322.

<https://doi.org/10.1111/jzo.12754>

Mauer, A. S., Seminoff, J. A., Layman, C. A., Stapleton, S. P., Godfrey, M. H., & Reiskind, M. O. B. (2021). Population viability of sea turtles in the context of global warming.

BioScience, 71(8), 790-804. <https://doi.org/10.1093/biosci/biab028>

Max Kasparek , Brendan J. Godley & Annette C. Broderick (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
<https://doi.org/10.1080/09397140.2001.10637885>

McGehee, M. A. (1990). Effects of moisture on eggs and hatchlings of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *Herpetologica*, 251-258. <https://www.jstor.org/stable/3892967>

Murdoch, D., & Adler, D. (2022). rgl: 3D visualisation using OpenGL. R package version 0.110. 2.
https://www.researchgate.net/publication/318392813_Rgl_3D_Visualization_Using_Open_GL

Nelms, S. E., Duncan, E. M., Broderick, A. C., Galloway, T. S., Godfrey, M. H., Hamann, M., ... & Godley, B. J. (2016). Plastic and marine turtles: a review and call for research. *ICES Journal of Marine Science*, 73(2), 165-181.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv165>

Oksanen, J. (2013). Vegan: ecological diversity. R project, 368, 1-11.

Özdemir, B., & Türkozan, O. (2006). Carapacial scute variation in green turtle, *Chelonia mydas* hatchlings in Northern Cyprus. *Turkish Journal of Zoology*, 30(2), 141-146. :
<https://journals.tubitak.gov.tr/zoology/vol30/iss2/4/>

Perrault, J. R., Miller, D. L., Eads, E., Johnson, C., Merrill, A., Thompson, L. J., & Wyneken, J. (2012). Maternal health status correlates with nest success of leatherback sea turtles (*Dermochelys coriacea*) from Florida. *PLoS One*, 7(2), e31841.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031841>

Pike, D. A., Roznik, E. A., & Bell, I. (2015). Nest inundation from sea-level rise threatens sea turtle population viability. *Royal Society Open Science*, 2(7), 150127.
<https://doi.org/10.1098/rsos.150127>

PlasticsEurope, E. P. R. O. (2019). Plastics—the facts 2019. An analysis of European plastics production, demand, and waste data. *PlasticEurope*.
<https://plasticseurope.org/knowledgehub/plastics-the-facts-2019/>

Poeta, G., Battisti, C., & Acosta, A. T. (2014). Marine litter in Mediterranean sandy littorals: spatial distribution patterns along central Italy coastal dunes. *Marine Pollution Bulletin*, 89(1-2), 168-173. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.10.011>

Rohlf, F. J., & Slice, D. (1990). Extensions of the Procrustes method for the optimal superimposition of landmarks. *Systematic biology*, 39(1), 40-59.
<https://doi.org/10.2307/2992207>

- Rohlf, F. J. (2006). tpsDig, version 2.10. <http://life.bio.sunysb.edu/morph/index.html>.
- 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: R-packages for geometric morphometrics, shape analysis and surface manipulations. In Statistical shape and deformation analysis (pp. 217-256). Academic Press. <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. <http://www.seaturtle.org/mtn/archives/mtn106/mtn106p4.shtml>
- Seminoff, J. A. (2023). *Chelonia mydas* (amended version of 2004 assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2023: e.T4615A247654386 <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2023-1.RLTS.T4615A247654386.en>
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K., ... & Miller, H. (2007). IPCC fourth assessment report (AR4). Climate change, 374. https://www.lrl.mn.gov/docs/2015/other/150681/PFEISref_2/Solomon%20et%20al.%202007.pdf
- 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>
- Spotila, J. R. (2004). *Sea turtles: a complete guide to their biology, behaviour, and conservation*. JHU Press. Doi: [10.1111/j.1439-0485.2007.00214.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2007.00214.x)
- Staines, M. N., Booth, D. T., & Limpus, C. J. (2019). Microclimatic effects on the incubation success, hatchling morphology and locomotor performance of marine turtles. *Acta Oecologica*, 97, 49-56. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2019.04.008>
- 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>
- 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*

https://www.herpconbio.org/contents_vol16_issue3.html

Türkozan, O., & Yilmaz, C. (2007). Nest relocation as a conservation strategy: looking from a different perspective. *Marine Turtle Newsletter*, 118, 6-8.

<http://www.seaturtle.org/mtn/archives/mtn118/mtn118p6.shtml>

Valenzuela, N., Adams, D. C., Bowden, R. M., & Gauger, A. C. (2004). Geometric morphometric sex estimation for hatchling turtles: a powerful alternative for detecting subtle sexual shape dimorphism. *Copeia*, 2004(4), 735-742. <https://doi.org/10.1643/CH-03-248R1>

van de Merwe, J. P., Hodge, M., Whittier, J. M., Ibrahim, K., & Lee, S. Y. (2010). Persistent organic pollutants in the green sea turtle *Chelonia mydas*: nesting population variation, maternal transfer, and effects on development. *Marine Ecology Progress Series*, 403, 269-278. <https://doi.org/10.3354/meps08462>

Veelenturf, C. A., Sinclair, E. M., Leopold, P., Paladino, F. V., & Honarvar, S. (2022). The effects of nest location and beach environment on hatching success for leatherback (*Dermochelys coriacea*) and green (*Chelonia mydas*) sea turtles on Bioko Island, Equatorial Guinea. *Marine Biology*, 169(5), 56. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00227-022-04049-4>

Wallace, B. P., Kot, C. Y., DiMatteo, A. D., Lee, T., Crowder, L. B., & Lewison, R. L. (2013). Impacts of fisheries bycatch on marine turtle populations worldwide: toward conservation and research priorities. *Ecosphere*, 4(3), 1-49. <https://doi.org/10.1890/ES12-00388.1>

Wickham, H., Hester, J., Chang, W., & Hester, M. J. (2022). Package ‘devtools’. <https://cran.uib.no/web/packages/devtools/devtools.pdf>

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. <https://doi.org/10.2307/1564360>

Yao, Y. T., Du, Y., Pan, J. X., Lin, C. X., Ji, X., & You, W. H. (2022). Incubating green turtle (*Chelonia mydas*) eggs at constant temperatures: Hatching success, hatchling morphology and post-hatch growth. *Journal of Thermal Biology*, 104, 103182. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.103182>

- Yilmaz, C., Oruç, A., & Türkozan, O. (2015). Marine turtles (*Chelonia mydas* and *Caretta caretta*) nesting along the eastern Mediterranean coast of Turkey: Results from six years of surveying. *The Herpetological Journal*, 25(4), 197-204. <https://www.ingentaconnect.com/contentone/bhs/thj/2015/00000025/00000004/art00001>
- Zare, R., Vaghefi, M. E., & Kamel, S. J. (2012). Nest location and clutch success of the hawksbill sea turtle (*Eretmochelys imbricata*) at Shidvar Island, Iran. *Chelonian Conservation and Biology*, 11(2), 229-234. <https://doi.org/10.2744/CCB-1003.1>
- 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>
- Zimm, R., Bentley, B. P., Wyneken, J., & Moustakas-Verho, J. E. (2017). Environmental causation of turtle scute anomalies in ovo and in silico. *Integrative and comparative biology*, 57(6), 1303-1311. <https://doi.org/10.1093/icb/ix066>

Online

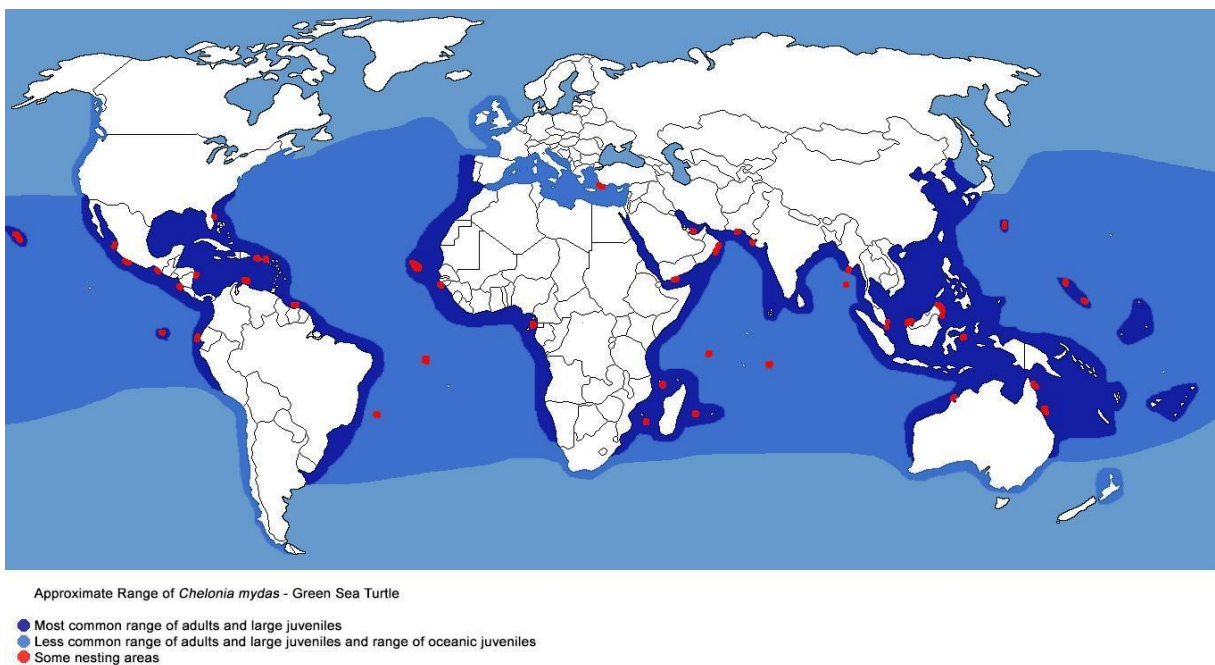
hivatkozás

- https1: <https://californiaherps.com/turtles/maps/xcmymdasworldrangemap4.jpg> (2023.08.16)
- https2: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022098123000862?via%3Dihub> (2024.04.16)
- https3: https://en.wikipedia.org/wiki/Geography_of_Cyprus (2023.01.24)
- https4: <https://weather-and-climate.com/average-monthly-Humidity-perc.kyrenia-northerncyprus-cy,Cyprus> (2022.12.21)

8. Függelék

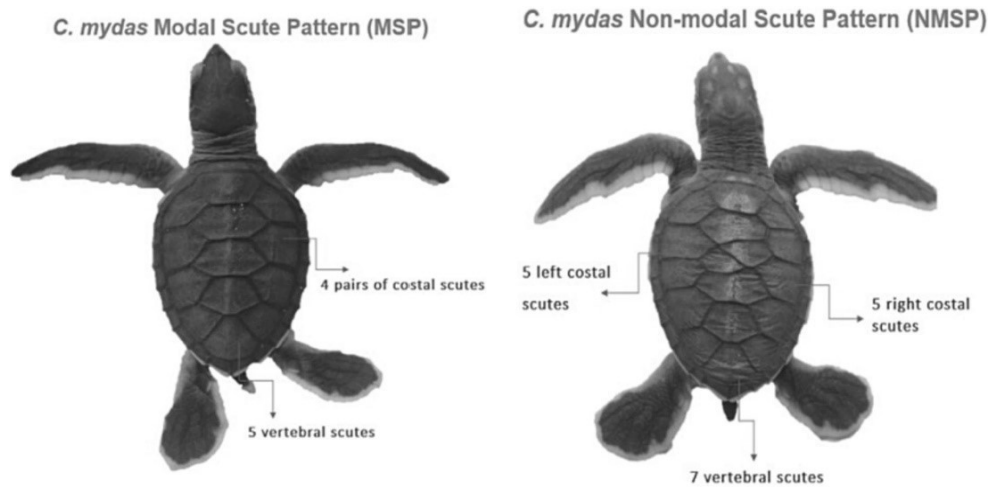


1. kép: *Chelonia mydas* (Forrás: Flora G.).

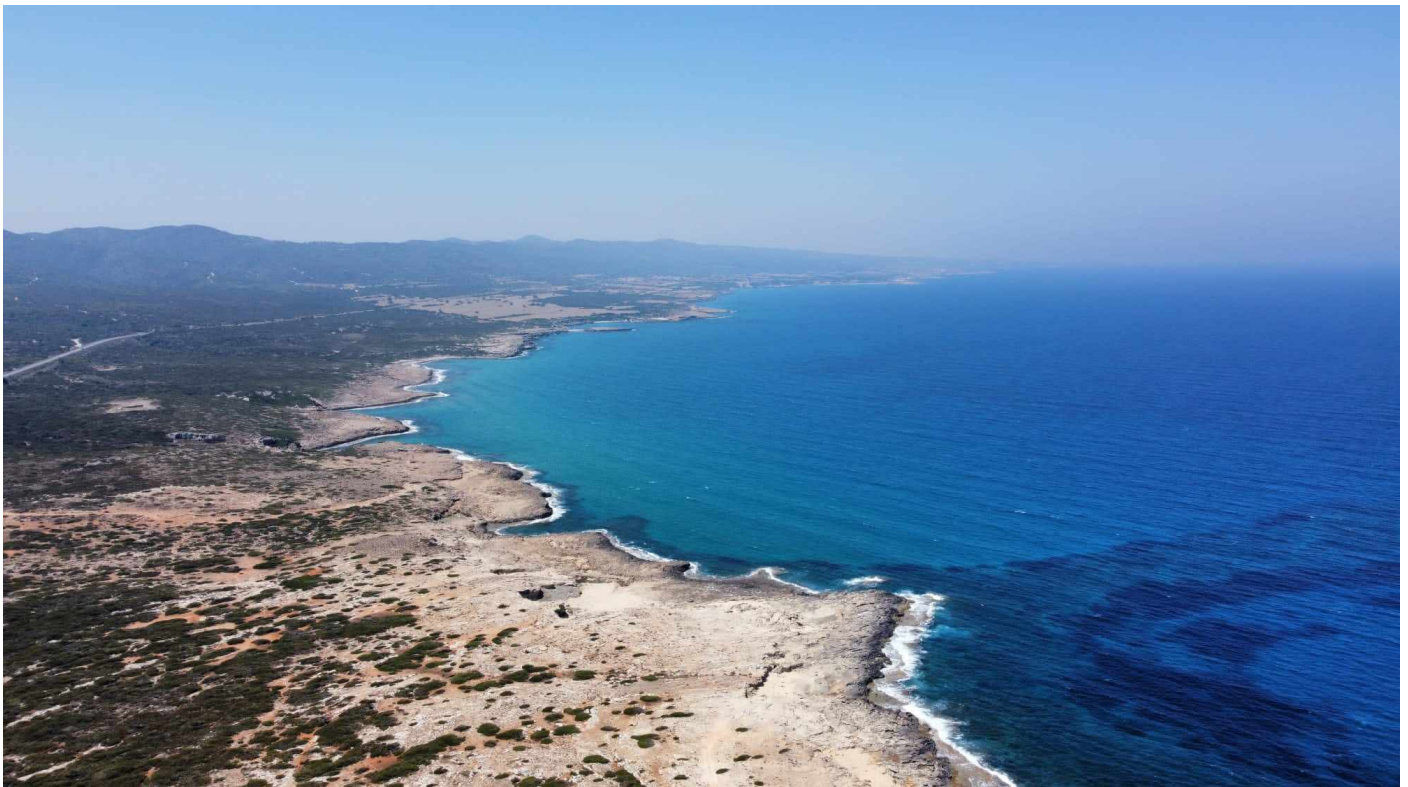


1. ábra: A *Chelonia mydas* földrajzi elterjedése. Sötétkékkel jelölve az adult és a nagytestű juvenilis egyedek leggyakoribb, világoskékkel jelölve pedig a ritkább

előfordulási helyei láthatók, pirossal jelölve az ismert fészkelőhelyei (Forrás: <https1>).



*2.ábra: Közösleges levesteknős fiókák (*Chelonia mydas*), bal oldali képen a fajra jellemző pikkely mintázat, jobbra pedig az attól eltérő (forrás: <https2>)*



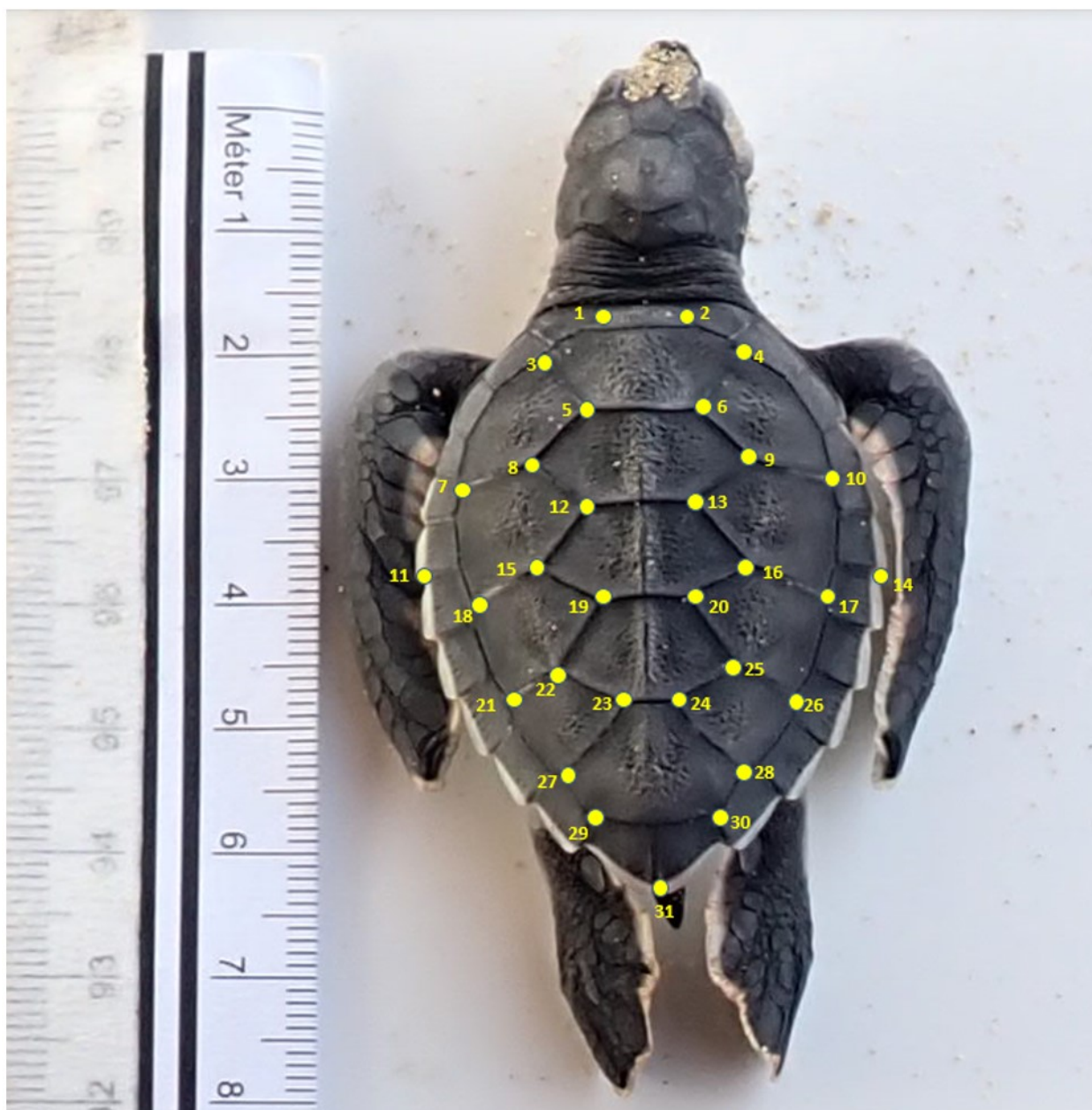
2.kép: Ronas fészkelő partszakasz a legsűrűbb fészekszámmal rendelkező partszakasz (forrás: Alexandros L.)



3.ábra: A Karpaz félsziget északi és déli partjai, az általam vizsgált fészkek. Kék színnel az eredeti helyükön kikelt fészkekből származó egyedek, zöld színnel az áthelyezett fészkekből kikelt egyedek (forrás: Google Earth).



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



4.ábra: A fontosabb referenciapontok a pikkely illeszkedései mentén (Forrás: Adilov Alexandra).