

**Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei**

**A Kárpát-medencei parlagi sas állomány  
populáció-életképességi elemzése és diszperziós  
tulajdonságainak vizsgálata**

Zsinka Bernadett

Témavezető: Dr. Kövér Szilvia



**ÁLLATORVOSTUDOMÁNYI EGYETEM**  
Állatorvostudományi Doktori Iskola

Budapest, 2025

## **Témavezetők:**

.....

Dr. Kövér Szilvia, PhD  
Állatorvostudományi Egyetem  
Zoológiai Tanszék  
témavezető

.....

Dr. Pásztor-Kovács Szilvia, PhD  
Állatorvostudományi Egyetem  
Zoológiai Tanszék  
társtémavezető

.....

Dr. Vili Nóra, PhD  
Állatorvostudományi Egyetem  
Zoológiai Tanszék  
társtémavezető

Készült 8 példányban. Ez a(z) .... sz. példány.

.....

Zsinka Bernadett

## TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS .....	4
A parlagi sas helyzete és biológiája .....	4
Populáció-életképességi elemzés (PVA) .....	6
Költő egyedek túlélésbecslése .....	7
Kelési diszperziós jellemzők.....	8
Monitoring módszerek .....	9
CÉLKITŰZÉSEK.....	10
ANYAG ÉS MÓDSZER.....	11
Mikroszatellita markerkészlet fejlesztése .....	11
Költő egyedek túlélésbecslése .....	12
Kelési diszperziós jellemzők.....	12
Populáció-életképességi elemzés (PVA) .....	13
EREDMÉNYEK .....	14
Mikroszatellita markerkészlet fejlesztése .....	14
Költő egyedek túlélésbecslése .....	15
Kelési diszperziós jellemzők.....	16
Populáció-életképességi elemzés (PVA) .....	16
KÖVETKEZTETÉSEK.....	18
ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK .....	22
A DOKTORI TÉMÁJÁHOZ KAPCSOLÓDÓ TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK.	24
A TÉMÁHOZ NEM KAPCSOLÓDÓ TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK .....	28

# BEVEZETÉS

## A parlagi sas helyzete és biológiája

A parlagi sas (*Aquila heliaca*, SAVIGNY, 1823) az eurázsiai erdősztyeppzónához kötődő nagytestű, territoriális, hosszú életű ragadozó madár. Az IUCN besorolása szerint sebezhető (Vulnerable) kategóriába tartozik, a világgállományát legfeljebb 10 000 ivarérett egyedre becsülik. Számos antropogén tényező veszélyezteti, többek között a mérgezés, az élőhelypusztulás, az áramütés és az orvvadászat. Csúcsragadozó lévén megőrzése kiemelten fontos az egészséges ökoszisztémák fenntartásához.

A parlagi sas elsősorban fás gyepeken és alföldi mezőgazdasági területeken fészkel. A fiatal madarak általában a negyedik naptári évükben kezdenek költetni. Ezt megelőzően kóborló életmódot folytatnak, melynek során kikelési helyüktől több száz vagy ezer kilométeres távolságokra is eljuthatnak. Letelepedés után azonban nagymértékű területhűség jellemzi őket. A faj genetikailag monogámnak tekinthető. A költési időszakban nagyrészt a tojó kotlik, míg a hím hordja a táplálékot. Prédaállatai elsősorban kis- és közepes testű emlősök és madarak.

A parlagi sas elterjedése Kelet-Ausztriától egészen Oroszország Transz-Bajkál régiójáig, valamint a Déli-Urál hegységtől Törökországig húzódik. A nagy keleti állományok vonulók, míg a kisebb, elszigetelt nyugati populációk Közép-Európában, a Balkánon, Törökországban és a Transzkaukázusban nagyrészt állandóak.

A pannon (Kárpát-medencei) populáció a faj nyugati elterjedési peremén található, és Oroszországon és Kazahsztánon kívül a legnagyobb egységes állományt alkotja (kb. 550 fészkelő párral 2022-ben). Két szubpopulációra osztható: egy nagyobb keletire (Kelet-Magyarország, Kelet-Szlovákia, Szerbia és Románia) és egy kisebb nyugatira (Nyugat-Magyarország, Nyugat-Szlovákia, Ausztria és Csehország). Kelet-Magyarországon fészkel az állomány legnagyobb része, mintegy 400 pár.

A múlt századi mezőgazdasági intenzifikáció és nagymértékű ragadozó-pusztítás miatt mindkét szubpopuláció drasztikusan lecsökkent (palacknyak-hatás), és 1980-ra már csak néhány pár maradt meg a hegyvidéki területeken. Az üldöztetés csökkenését követően a populáció újra növekedésnek indult és a termékenységi ráta is emelkedni kezdett. A keleti szubpopuláció gyorsabb ütemben gyarapodott, ami a két szubpopuláció demográfiai paramétereinek eltérésére utal.

## **Populáció-életképességi elemzés (PVA)**

A pannon populáció méretéből és széli elhelyezkedéséből adódóan kiemelt jelentőségű a parlagi sas megőrzése szempontjából. Jelen disszertáció fő célja egy populáció-életképességi elemzés (Population Viability Analysis, PVA) elvégzése volt, mellyel prediktálható a jövőbelli állománynövekedés, illetve vizsgálható, hogy mely demográfiai paraméterek gyakorolják a legnagyobb hatást a populációnövekedési rátára és a populáció életképességére.

A PVA során a valós populációdinamikát minél pontosabban szimuláló modelleket alkotunk a demográfiai paraméterek és a fajra vonatkozó egyéb ismeretek integrálásával. Ezek a modellek egyaránt figyelembe veszik a determinisztikus és a sztochasztikus hatásokat is, így valósághűbb képet adnak a populáció életképességéről. A PVA-hoz leggyakrabban használt szoftver a VORTEX, köszönhetően rugalmasan konfigurálható, egyedi alapú modelljének.

A pannon populáció regenerálódása a fészkelő párok száma és a termékenység tekintetében jól dokumentált 1980 óta. Azonban a túlélési rátákról és diszperziós jellemzőkről, beleértve a kelési diszperziós távolságokat és migrációs rátákat, korlátozott ismeretek álltak csak rendelkezésre. A disszertáció első részében tehát ezen demográfiai paraméterek becslésére fókuszáltunk.

## **Költő egyedek túlélésbecslése**

A hosszú életű fajok populációnövekedésére általában a túlélési ráták gyakorolják a legnagyobb hatást, ezért a kor-, állapot- vagy ivarspecifikus túlélések pontos becslése rendkívül fontos. A ragadozó madaraknál az ivarok túlélésében általában nincs nagy különbség; mind a hímeknél, mind a tojóknál előfordulhat alacsonyabb túlélés, amelynek okai többnyire viselkedésbeli eltérésekkel magyarázhatók.

Magyarországon meglepően alacsony túlélést (72,3%) becsültek a költő tojókra az 1997 és 2006 közötti időszakra, amely esetleg az akkor még nem detektált, jelentős mérgezési tevékenységet tükrözhetett. A mérgezés – ideértve a szándékos (kifejezetten ragadozók ellen irányuló) és a véletlen (nem megfelelő kártevőirtási gyakorlatokból eredő) mérgezést – 2005 és 2019 között a legjelentősebb ismert halálozási ok volt. A mérgezési intenzitás 2011 és 2014 között érte el a csúcát, amit a populációnövekedés megtorpanása is tükrözött. Ugyanakkor a túlélési ráták és a mérgezés közötti összefüggést ezen disszertációt megelőzően nem vizsgálták.

## **Kelési diszperziós jellemzők**

A kelési diszperzió az egyed születési (kikelési) helyétől az első költési helyéig történő átmozgását jelenti. Mivel közvetlenül befolyásolja az egyedek térbeli eloszlását, jelentős hatással van a populáció dinamikájára, genetikai szerkezetére és a kolonizációs képességre.

A diszperziós mintázatokat befolyásoló két nagyon fontos tényező az ivar és az egyedsűrűség, más néven denzitás. Madarak esetében jellemzően tojó-eltolt diszperziót figyelhetünk meg, ami elsősorban a monogám szaporodási rendszerükkel magyarázható. A kelési diszperzió denzitással való kapcsolata kevésbé tisztázott, mivel a hatótényezők összetettek, és az eredmények taxonómiai csoportokon belül is gyakran ellentmondásosak. Ragadozó madaraknál, ahol detektáltak egyáltalán kapcsolatot a denzitás és a diszperziós jellemzők között, megfigyelték már mind a fajtársak jelenlétéhez való vonzódást, mind pedig ennek ellenkezőjét is.

A korábban végzett GPS nyomkövetéses vizsgálatok eredményeiből arra lehet következtetni, hogy a parlagi sasra nagymértékű filopatria jellemző. Azonban a disszertáció előtt csak kevés adat állt rendelkezésre konkrét kelési diszperziós távolságokról, és a diszperziós mintázatokat alakító tényezőket sem vizsgálták korábban.

## **Monitoring módszerek**

A túlélési és diszperziós ráták becsléséhez az egyedek hosszútávú megfigyelését lehetővé tevő egyedi azonosítás szükséges. Azonban a nagytestű ragadozó madarak hagyományos módon történő jelölése (gyűrű, szárnykrotália vagy GPS-jeladó) a kirepülés után rendkívül nehéz. Emiatt ezekkel a technikákkal csak fiókák jelölhetők kellő számban.

A territóriumokból gyűjtött vedlett tollak DNS-profilozása egy nem invazív alternatívát kínál a kifejlett madarak azonosítására és nyomon követésére. Ez a módszer olyan genetikai markerkészletet igényel (pl. mikroszatelliták), amelyek kellően variábilisak az egyedek megbízható megkülönböztetéséhez.

A mikroszatellita markereket (STR-eket) korábban már alkalmazták a parlagi sas populációdinamikájának vizsgálatára. A használt markerkészletek felbontása azonban csak kisebb populációk esetében bizonyult elegendőnek az egyedek megbízható azonosításához, ezért fejlesztésre szorult annak érdekében, hogy a pannon régióban is hatékony egyszintű monitorizást tegyen lehetővé.

## CÉLKITŰZÉSEK

1. **Olyan mikroszatellita markerkészlet összeállítása,** amely megbízható DNS-alapú egyedazonosítás révén elősegíti a pannon populációban élő parlagi sasok demográfiai paramétereinek vizsgálatát.
2. A 2011 és 2022 között Kelet-Magyarországon **költő parlagi sasok éves túlélési rátáinak becslése** DNS-profilozáson alapuló jelölés–visszafogásos módszerrel. Célunk volt a lehetséges ivari különbségek feltárása, valamint a mérgezési ráták és a túlélési valószínűségek kapcsolatának vizsgálata.
3. **A kelési diszperzió vizsgálata** a pannon populációban 2011 és 2024 között, színes gyűrűzés, GPS-jeladózás és DNS-profilozás alkalmazásával. Célunk volt a kelési diszperziós mintázatok vizsgálata az ivar, a lokális denzitás és a diszperzió irányának függvényében.
4. **Populáció-életképességi elemzés (PVA) elvégzése** a pannon populációra a becsült túlélési és diszperziós ráták, valamint a már ismert szaporodási paraméterek felhasználásával. Célunk volt prediktálni a kelet-magyarországi állomány jövőbeli növekedését, felmérni az esetleges különbségeket a keleti és nyugati szubpopulációk demográfiai paramétereiben, valamint meghatározni, mely paraméterek gyakorolják a legnagyobb hatást a populációnövekedésre.

## **ANYAG ÉS MÓDSZER**

A disszertáció a Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület által koordinált 40 éves monitorozáson alapul. A fészkelő párok számáról és a termékenységről nagyon pontos adatok álltak rendelkezésünkre 1980 óta. A hagyományos jelölési módszerek, mint a gyűrűzés és a GPS-jeladózás mellett genetikai monitorozást is alkalmaztunk. Ennek során a fiókákat tokos tollakból, a költő egyedeket pedig a vedlett tollaikból azonosítottuk, legalább kilenc mikroszatellita lókuszt felhasználásával. Az ivar megállapítására molekuláris ivarmeghatározást végeztünk.

### **Mikroszatellita markerkészlet fejlesztése**

26 db, rokon fajokban leírt mikroszatellita markert teszteltünk: hat az ibériai sasból (*A. adalberti*), 13 a japán szirti sasból (*A. chrysaetos japonica*) és hét a rétisasból (*Haliaeetus albicilla*) származott.

A markereket először monoplex PCR reakciókban teszteltük 4–15 nem rokon költő egyed DNS-mintáján. A megfelelően felszaporítható, polimorf markereket ezután multiplexekbe szerveztük a költséghatékony genotipizálás érdekében. Teszteltük a lókusztok Hardy-Weinberg egyensúlyát és a null allélok jelenlétét, valamint megbecsültük a markerkészlet felbontását jelző identitási valószínűséget.

## **Költő egyedek túlélésbecslése**

Az éves túlélési valószínűségek becsléséhez 2011 és 2022 között Kelet-Magyarországon költő 208 hím és 411 tojó genetikai nyomkövetésére alapozott jelölés-visszafogás elemzést végeztünk. Az egyedek jelenlétét főként vedlett tollaikból állapítottuk meg, de egyes esetekben a fiókáik mintáiból, szülő-utód vizsgálattal következtettünk a jelenlétükre. Vizsgáltuk a túlélés összefüggését az ivarral és a mérgezési rátával.

A fogástörténetekre a Cormack-Jolly-Seber modellt illesztettük a MARK programban az RMark R csomag segítségével. A modellszelekciót a QAICc értékek (kis mintaelemszámra és túlszóródásra korrigált AIC) alapján végeztük.

## **Kelési diszperziós jellemzők**

Magyarországon 2011 és 2022 között 1660 fióka kapott ornitológiai és színes gyűrűt, 71 fiókára GPS-jeladó is került, és 631 fiókaról DNS-profilt is készítettünk, hogy költő korukban a vedlett tollaikból is azonosíthatók legyenek.

A kelési diszperziót ivar, lokális denzitás (kelési hely, illetve költőhely denzitása) és diszperziós irány tekintetében vizsgáltuk. A lokális denzitást az egyes fészkeknél a fészkek

köré rajzolt Thiessen-poligon területének reciprokaként határoztuk meg.

Általános lineáris kevert modelleket alkalmaztunk a kelési diszperziós távolság, az ivar, a kelési denzitás és a költési denzitás közötti összefüggések vizsgálatára. Az esetleges iránybeli preferenciát Rayleigh-tesztekkel vizsgáltuk.

### **Populáció-életképességi elemzés (PVA)**

A VORTEX-ben egy állapot-struktúra modellt készítettünk, ahol minden állapotot egy adott életkor és szaporodási stádium (kóborló vagy fészkelő) jellemzett. Egy szimulációs év során az egyedek a korábban becsült túlélési, termékenységi és diszperziós paraméterek alapján váltottak állapotot, hoztak létre utódokat, illetve migráltak a szubpopulációk között.

A fiatal korcsoportok túlélésére, illetve a diszperziós rátára csak bizonytalan becsléseink voltak, így érzékenységi teszttel állapítottuk meg azok legvalószínűbb értékét, azaz amelyek mellett a modell a legjobban reprodukálta az 1980–2022-ig tartó populációnövekedést Kelet-Magyarországon.

Hasonló tesztet végeztünk a teljes keleti, illetve a nyugati szubpopuláció legvalószínűbb mortalitási rátáinak meghatározásához.

Továbbá predikciókat adtunk Kelet-Magyarország 2022–2064 közötti populációnövekedésére is a mortalitás és a termékenység különböző értékei mellett.

Elaszticitás elemzéssel meghatároztuk, hogy mely demográfiai paraméterek (költési sikertelenség, az első-, második-, illetve harmadik naptári éves mortalitás, vagy a fészkelők mortalitása) gyakorolják a legnagyobb hatást a populációnövekedésre.

Minden szimulációt 250 alkalommal futtattunk le. A különböző paraméter-beállítások (scenáriók) összehasonlításához a demográfiai változók (egyedszám, fészkelő párok száma, utódok száma) átlagait és szórását használtuk.

## **EREDMÉNYEK**

### **Mikroszatellita markerkészlet fejlesztése**

A végső markerkészlethez 17 db (hét korábban már használt és tíz újonnan tesztelt) markert választottunk ki: két parlagi sas, tíz ibériai sas, három japán szirti sas és két rétisas markert. Minden lókuszt Hardy-Weinberg egyensúlyban volt, null allélokot nem detektáltunk. Az új markerkészlet nyolc nagyságrenddel nagyobb felbontást biztosít, mint az előző (az identitási valószínűség  $10^{-6}$ -ról  $10^{-14}$ -re csökkent).

## **Költő egyedek túlélésbecslése**

A modellszelekció során több modell is hasonló támogatást kapott ( $\Delta\text{QAICc} < 2$ ).

A legkisebb QAICc értékű modell a túlélési valószínűséget az évek között állandónak becsülte  $91,6\% \pm 0,8\%$  SE éves túléléssel, ivartól, illetve mérgezési rátától függetlenül.

A második legjobban támogatott modell becslései alapján negatív összefüggés van a túlélés és a mérgezés között,  $92,9\% \pm 1,3\%$  SE túlélési valószínűséggel a legkisebb mérgezési rátájú időszakban ( $0,46\%$ , 2017–2018), és  $88,4\% \pm 3,1\%$  SE túlélési valószínűséggel a legnagyobb mérgezési rátájú években ( $4,68\%$ , 2011–2012).

A túlélést ivarfüggőnek, de időben konstansnak feltételező modell a hímek túlélési valószínűségét alacsonyabbnak becsülte, mint a tojókét. Ez a különbség azonban kismértékű volt (hímek:  $90,9\% \pm 1,8\%$  SE, tojók:  $91,8\% \pm 0,9\%$  SE), és az ivarhatás együtthatójának konfidenciaintervalluma (CI) a nullával átfedett.

Az ivar és a mérgezési ráta között interakciót feltételező modell az előbbinél valamivel nagyobb támogatást kapott. Becslései alapján a mérgezés csak a hímek túlélését befolyásolta szignifikánsan ( $\beta = -0,507$ ,  $95\%$  CI =  $-0,927$  és  $-0,087$  között).

## **Kelési diszperziós jellemzők**

Eredményeink alapján magas filopatria volt jellemző: nem detektáltunk elvándorlást a pannon populációból, és csak öt egyed (4,3%) migrált a keleti szubpopulációból a nyugatiba.

A tojók kelési diszperziós távolságai nagyobbak voltak (medián 57,6 km, 95%-os CI 46,4–69,7 km, n=72), mint a hímeké (medián 35,9 km, 95%-os CI 22,9–45,6 km, n=43).

Negatív összefüggést találtunk a denzitáskülönbség (azaz a költőhely és a kelési hely denzitása közötti különbség) és a kelési hely denzitása között ( $p < 0,0001$ ). Az egyedek jellemzően a kelési helyükhöz képest alacsonyabb denzitású helyen költöztek, de a kis denzitású kelési helyekről nagyobb denzitású költőhelyekre mozogtak át.

A Rayleigh-tesztek kimutatták, hogy a vizsgálat második időszakában (2015–2020) kikelt tojók inkább déli irányba diszpergáltak ( $p = 0,004$ ,  $n = 40$ ).

## **Populáció-életképességi elemzés (PVA)**

A demográfiai paraméterek becsült értékei mellett modellünk sikeresen reprodukálta a Kelet-Magyarországon 1980 óta megfigyelt populációnövekedést. Az eredmények alapján a pannon populáció önfenntartó, azaz regenerálódása valószínűleg jelentős bevándorlás nélkül játszódott le.

Az érzékenységi teszt során a szubpopulációk megfigyelt növekedése akkor volt a legjobban reprodukálható, amikor a mortalitási ráta a keleti szubpopuláció esetében 5,5%-kal, a nyugati szubpopuláció esetében pedig 35%-kal magasabb volt a kelet-magyarországi mortalitásokhoz képest.

A kihalás valószínűsége 2064-ig minden vizsgált jövőbeli szcenárió esetében nulla volt. A jelenlegi mortalitási ráták és átlagos termelékenység mellett a populáció kelet-magyarországi része várhatóan 2038-ra éri el a becsült 1310 fészkelő páros eltartóképességet. Ha a mortalitási ráta 60%-kal emelkedne – ahogy a legnagyobb mérgezési rátájú években a legkisebbekhez képest –, akkor a lassabban növekvő populáció az eltartóképesség alatt stabilizálna, mindhárom vizsgált termékenység mellett. Stagnálás akkor következne be, ha a mortalitás minden állapotcsoport esetében 90%-kal, 83%-kal, illetve 70%-kal emelkedne magas, átlagos, valamint alacsony termékenység mellett.

Az elaszticitás elemzés kimutatta, hogy a költési sikertelenség, a fészkelő egyedek mortalitása, valamint az első éves mortalitás van a legnagyobb hatással a populációnövekedésre.

## KÖVETKEZTETÉSEK

Pozitív populációtrendje és a faj elterjedési területén belüli periférikus elhelyezkedése miatt a pannon populáció különösen fontos a parlagi sas védelme szempontjából. Az elmúlt négy évtizedben végzett alapos monitoring révén hiánypótló ismereteket szerezhettünk a túléléssel, a kelési diszperzióval és a populációdinamikával kapcsolatban.

A felnőtt egyedek túlélése nagy hatással bír a ragadozó madarak populációnövekedésére, ahogy azt az elaszticitás elemzésünk is alátámasztotta. A 2011 és 2022 közötti időszakra a kelet-magyarországi költő egyedek átlagos éves túlélési arányát >90%-ra becsültük, ami jellemző a nagytestű ragadozó madarak egészséges populációira.

Mérsékelt bizonyítékot találtunk a mérgezési ráta és a költő egyedek túlélése közötti negatív összefüggésre. A mortalitási ráta a becslések szerint ~60%-kal emelkedett a mérgezési aktivitás csúcsán a legkisebb mérgezési rátájú évekhez képest – ez a növekedés, ha minden korcsoportot érint, jelentősen csökkentheti a populáció növekedési ütemét a jövőben, amint azt a PVA-ból származó előrejelzéseink is mutatják. Eredményeink azt is sugallják, hogy a mérgezési ráta a hímek esetében szorosabb összefüggést mutat a túléléssel. Ennek magyarázata lehet,

hogy a költési időszak azon szakaszában, amikor a legtöbb mérgező eset történik, elsősorban a hímek vadásznak.

A kelési diszperziós folyamatok kulcsszerepet játszanak a populációdinamikában. A tojók diszperziós távolságai nagyobbak voltak, amely eredmény egybevág a madarakra jellemző mintázattal. Ez az ivarfüggő diszperzió a beltenyésztés elkerülésének is egy fontos mechanizmusa lehet, ezáltal hozzájárulva a pannon populáció korábban megfigyelt, a palacknyak-hatás ellenére is magas genetikai diverzitásához. A hímek kisebb diszperziós távolsága fontos tényező a kolonizációs képesség szempontjából, főképp, ha figyelembe vesszük a mérgezéssel szembeni érzékenységüket.

A kelési és a költési hely denzitása közötti összefüggést kevésbé vizsgálták korábban. A parlagi sasok esetében kimutattuk, hogy bár általában a kelési helyükhöz képest alacsonyabb denzitású területeken költenek (a versengés elkerülése érdekében), a fajtársak jelenléte vonzó hatással bír.

### **Természetvédelmi vonatkozások**

A nagymértékű filopatria, valamint a pannon populáció PVA által alátámasztott öfenntartó képessége együttesen a populáció elszigeteltségére utal. Ez növeli a beltenyésztés,

valamint az ennek következtében esetlegesen fellépő beltenyésztéses leromlás kockázatát.

Azonban figyelembe véve, hogy a populáció továbbra is növekszik, az izoláció mértéke és ezáltal a beltenyésztés veszélye idővel várhatóan csökkenni fog. A déli irányú terjeszkedés Szerbia felé megalapozhatja a legközelebbi bolgár, valamint észak-macedón populációkkal való kapcsolódást. Szerbiában jelenleg nagy kiterjedésű, a parlagi sas számára potenciálisan alkalmas élőhelyek állnak rendelkezésre, amelyeket a faj a múlt századi helyi kipusztulása óta még nem népesített be. Ezért a faj- és élőhelyvédelem megerősítése Szerbiában kulcsfontosságú lenne a populáció helyreállítása és az elszigetelt állományok összekapcsolása szempontjából. Emellett az ún. stepping-stone, azaz köztes populációk létrehozása ezeken a területeken felgyorsíthatná a terjedést, és elősegíthetné a hosszú távú demográfiai kapcsolat kialakulását.

A populációk összekapcsolásakor felmerülő lehetséges kockázat, hogy a genetikai izoláció helyi adaptációkhoz vezethetett, ami miatt a kevert leszármazású egyedeknél csökkent fitness, azaz kültenyésztéses leromlás (outbreeding depression) jelentkezhet. Ugyanakkor ez általában nem valós veszély azonos fajhoz tartozó, hasonló környezetben élő populációk esetében. Ezt erősíti a parlagi

sas prédaválasztásban mutatott nagyfokú rugalmassága is, amely a környezeti változásokhoz való erős alkalmazkodóképességre utal.

Bár a Pannon populáció a jelenlegi demográfiai paraméterek mellett rendkívül életképes, növekedését akadályozhatja a mérgezési aktivitás fokozódása. Következésképpen támogatjuk a Helicon LIFE és a PannonEagle LIFE projektek által végrehajtott sikeres mérgezéselleni intézkedések folytatását Magyarországon és a szomszédos országokban egyaránt. Ezen felül javasoljuk, hogy a jövőbeli monitoring kiemelten vizsgálja a szubpopulációk közötti esetleges forrás-nyelő (source-sink) dinamikát, amelyet az aszimmetrikus diszperziós ráta valamint a PVA által jelzett lehetséges mortalitáskülönbségek sejtetnek. Ezekhez a kutatásokhoz az általunk fejlesztett mikroszatellitmarkerkészlet is hasznosnak bizonyulhat.

## ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

### Módszertani eredmények

1. A rétisas (*Haliaeetus albicilla*) és a japán szirti sas (*Aquila chrysaetos japonica*) **mikroszatellita markerei** alkalmasak parlagi sasok egyedi azonosítására.
2. Összeállítottuk a **jelenleg legnagyobb felbontású mikroszatellita markerkészletet** a parlagi sasra, amely a jövőben megbízhatóbb egyedazonosítást és rokonságbecslést tesz majd lehetővé.

### Ökológiai eredmények

3. Genetikai monitoringra alapozott jelölés-visszafogásos módszerrel megbecsültük a 2011–2022 között Kelet-Magyarországon költő hímek és **tojók éves túlélési valószínűségeit**.
4. Mérsékelt bizonyítékot találtunk arra vonatkozóan, hogy **a mérgezés hím-eltolt mortalitáshoz vezet** a költő madarakban, amely valószínűleg az ivarok eltérő viselkedésének a következménye.
5. Kimutattuk, hogy a parlagi sas **tojók kelési diszperziós távolsága nagyobb**, mint a hímeké.
6. Eredményeink **a kelési diszperzió denzitásfüggését illetően** azt mutatják, hogy a parlagi sas diszperziós mintázatainak kialakításában a kompetíció elkerülése és a fajtársakhoz való kötődés egyaránt szerepet játszik.

## Modellezési eredmények

7. Az általunk készített populációdinamikai modell a demográfiai paraméterek becsült értékei mellett reprodukálni tudta a pannon régióban 1980 óta megfigyelhető populációnövekedést. Ebből arra következtetünk, hogy **a pannon populáció önfenntartó**, vagyis a 20. századi palacknyak-hatást követően jelentős bevándorlás nélkül is regenerálódhatott.
8. A PVA eredményei azt sugallják, hogy a **mortalitási ráták** a nyugati szubpopulációban valamint Kelet-Szlovákiában magasabbak, mint Kelet-Magyarországon.
9. Az elaszticitás elemzés alapján a költési sikertelenségben, a fészkelő mortalitásban és az elsőéves mortalitásban bekövetkező arányos változások bírnak a **legnagyobb hatással a populáció növekedési rátájára**.
10. A kelet-magyarországi állomány évente 11,5%-kal növekszik és **várhatóan 2038-ra éri el a becsült eltartóképességet**. A mortalitás növekedése az esetlegesen megemelkedett mérgezési intenzitás következtében lassítaná a populációnövekedést, de a jelenlegi termékenységi ráták mellett hanyatlás csak 83%-os mortalitásnövekedés esetében következne be.

# A DOKTORI TÉMÁJÁHOZ KAPCSOLÓDÓ TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

## 1. Lektorált, impakt faktorral bíró tudományos folyóiratban megjelent publikációk

**Zsinka B**, Vili N, Szabó K, Tisza Á, Csonka V, Pásztor-Kovács S (2024) Mikroszatellita-markerkészlet fejlesztése parlagi sasok (*Aquila heliaca*) egyedi azonosításához rokon fajokban leírt markerek segítségével. *Magy Állatorvosok Lapja* 146:357–365.

**Zsinka B**, Pásztor-Kovács S, Kövér S, Vili N, Horváth M (2024) Moderate evidence for the sex-dependent effect of poisoning on adult survival in a long-lived raptor species. *Ecol Evol* 14:e70295.

**Zsinka B**, Kövér S, Horváth M, Vili N, Szabó-Csonka V, Szabó K, Pásztor-Kovács S (2025) Sex-Biased and Density-Dependent Natal Dispersal in a Highly Mobile but Philopatric Raptor. *Ecol Evol* 15:e71487.

## 2. Előadások magyar és nemzetközi konferenciákon

Csonka V, **Zsinka B**, Horváth M, Vili N (2021) The effect of sex and local density on the natal dispersal of eastern imperial eagles in the Carpathian Basin. Magyar Etológiai Társaság XXIII. Konferenciája, Budapest, Magyarország, 2021. november 26–27.

**Zsinka B**, Kövér S, Csonka V, Vili N, Szabó K, Fatér I, Juhász T, Horváth M, Pásztor-Kovács S (2023) Genetic monitoring of Imperial Eagles in the Pannon region. PannonEagle LIFE Zárókonferencia, Jászberény, Magyarország, 2023. január 27.

**Zsinka B**, Horváth M, Pásztor-Kovács S, Kövér S (2024) A parlagi sas (*Aquila heliaca*) populációéletképességi elemzése a Pannon régióban. In Lőrinczi G, Tölgyesi C (eds.): 13. Magyar Ökológus Kongresszus – Előadások és poszterek összefoglalói (p. 88.). Szeged, Magyarország, 2024. augusztus 21–23.

**Zsinka B**, Csonka V, Tisza Á, Szabó K, Vili N, Pásztory-Kovács S (2024) Parlagi sasok (*Aquila heliaca*) egyedi azonosítására használt mikroszatellita markerkészlet továbbfejlesztése. In MTA Állatorvos-tudományi Bizottsága Akadémiai Beszámolók: Állathigiéniá, Állattenyésztés, Genetika, Takarmányozástan (p. 7.). Budapest, Magyarország, 2024. január 29–31.

**Zsinka B**, Kövér S, Pásztory-Kovács S, Horváth M (2024) Population viability analysis (PVA) of the eastern imperial eagle (*Aquila heliaca*) in the Pannonian Region. In Student Conference on Conservation Science 2024 Book of Talk Abstracts (p. 5). Cambridge, Egyesült Királyság, 2024. március 26–28.

### 3. Poszterek magyar és nemzetközi konferenciákon

**Zsinka B**, Kövér S, Pásztor-Kovács S, Vili N, Szabó K, Fatér I, Horváth M (2022) Survival estimation of eastern imperial eagles (*Aquila heliaca*) in Hungary with a genetic-based mark-recapture method. In Zasadil P, Ludvíková V, Báldi A (eds.): Book of Abstracts – 6th European Congress of Conservation Biology (p. 141). Prága, Csehország, 2022. augusztus 22–26.

**Zsinka B**, Horváth M, Pásztor-Kovács S, Kövér S (2025) Population Viability Analysis of the Eastern Imperial Eagle (*Aquila heliaca*) in the Pannonian Region. In: Zsinka B, Süle G, Báldi A, Palotás B (eds.) 10th Student Conference on Conservation Science, SCCS Europe - Connecting Eastern and Western Europe in conservation biology, Abstracts. Balatonvilágos, Magyarország, 2025. szeptember 2–6.

## **A TÉMÁHOZ NEM KAPCSOLÓDÓ TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK**

### **1. Lektorált, impakt faktorra bíró tudományos folyóiratban megjelent publikációk**

Kristensen AU, Zsinka B, Lang Z, Hetényi N (2023) Survey of the Husbandry, Health, and Welfare of Norwegian Pet Rabbits. J. Adv. Vet. Res. 13:767-775.

Gilián LD, Endrédi A, Zsinka B, Neményi A, Nagy JG (2019) Morphological and reproductive trait-variability of a food deceptive orchid, *Cephalanthera rubra* along different altitudes. Appl. Ecol. Environ. Res. 17:5619-5639.

### **2. Lektorált, impakt faktorra nem bíró tudományos folyóiratban megjelent publikációk**

Nagy JG, Zsinka B, Verebélyi V, Zorkóczy OK, Tyler T (2017) A *Vaccinium microcarpum* (Turcz. ex Rupr.) Schmalh. Magyarországon. Kitaibelia 22: 71-76.

### 3. Egyéb publikációk

**Zsinka B.**, Süle G, Báldi A, Palotás B (szerk.) (2025): 10th Student Conference on Conservation Science, SCCS Europe - Connecting Eastern and Western Europe in conservation biology, Abstracts. Balatonvilágos, Magyarország, 2025. szeptember 2–6.

**Zsinka B.**, Báldi A, Vajna F, Balogh E, Palotás B, Mázsa K (szerk.) (2023): 8th Student Conference on Conservation Science, Balatonvilágos 2023: SCCS Europe - Connecting Eastern and Western Europe in conservation biology Abstracts. Balatonvilágos, Magyarország, 2023. szeptember 13–16.