

**DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS
TÉZISEI**

UJHEGYI NIKOLETT

**GÖDÖLLŐ
2023**



MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Szent István Campus

MAGYAR AGRÁR - ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Az élőhelyfejlesztés és ragadozógazdálkodás hatása a mezei nyúl (*Lepus europaeus*) populáció dinamikájára

DOI: 10.54598/003760

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Ujhegyi Nikolett

Gödöllő
2023

A doktori iskola

megnevezése: Állatbiotechnológiai és Állattudományi Doktori Iskola

tudományága: Vadbiológia és vadgazdálkodás, természetvédelmi biológia

vezetője: *Prof. Dr. Mézes Miklós*
DSc, az MTA doktora
MATE, Élettani és Takarmányozástani Intézet

Témavezető(k): *Dr. Biró Zsolt*
egyetemi docens, PhD
MATE, Vadbiológiai és Vadgazdálkodási Tanszék

Dr. Szemethy László
egyetemi tanár, PhD
PTE, Természettudományi Kar, Biológiai Intézet,
Agrobiológiai Tanszék

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető(k) jóváhagyása

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

A mezei nyúl (*Lepus europaeus*) a népes *Leporiade* családba tartozik, természetes terjedőképessége, illetve betelepítéseknek köszönhetően az egyik legelterjedtebb emlősfaj a világon, így igen változatos élőhelytípusokon is meg tudja találni az életfeltételeit. Eredetileg a ligetes csenderes puszták lakója, de az agrárterületek térhódításával mezőgazdasági kultúrakövető fajjá vált. Az 1960-as évekig becsült állománya hazánkban meghaladta az 1.200.000 példányt és terítéke is a 400.000 példány felett volt (Csányi et al., 2021). Ebben az antropogén, de nem intenzíven művelt környezetben elegendő, változatos és jó minőségű táplálékot és búvóhelyet talált magának, azonban az agrárterületek intenzív művelése óta állománysűrűsége Európa-szerte folyamatosan csökken (Edwards et al., 2000). Az utóbbi évtizedek kutatásai egyre több bizonyítékkal szolgálnak az apróvad fajok ökológiai jelentőségéről: például táplálkozásukkal szabályozhatják és fenntarthatják az élőhelyek növényzeti mintázatát, számos ragadozó faj számára szolgálnak zsákmányul, így a táplálékhálózat, illetve az ökoszisztémák kihagyhatatlan elemei (Viviano et al., 2021).

A mezei nyúl állományok dinamikáját alapvetően ökológiai tényezők és a hasznosítás szabályozza (Edwards et al., 2000; Smith et al., 2005). A populációk sűrűségét külső és belső tényezők, illetve azok együttes hatásai alakítják (Olesen and Asferg, 2006; Smith et al., 2005). Belső tényezőként a nyulak demográfiáját meghatározza a szaporodó nőtények aránya, mely egy egészséges populációban a szaporodóképes nőtények minimum 70%-a (Jennings et al., 2006; Smith et al., 2005), ugyanakkor sok esetben találták azt, hogy a nőtény nyulaknak csak a 60%-a vett részt a szaporodásban (Bensinger et al., 2000; Jennings et al., 2006). Az éves szaporulat nagyságát leggyakrabban a nőtény nyulak méhében megtalálható placentahegekkel jellemezik (Bray et al., 2003). Míg az 1970-es években nőtényenként átlagosan évi 10 körüli placentaheggel számoltak (Bensinger et al., 2000; Frylestam, 1980; Kovács and Heltay, 1993), addig ezek az értékek a 90-es években már 5-6.4 nyúlfiira csökkentek nőtényenként (Hansen, 1992; Kovács, 1994). Ezen kívül meghatározó még a fiatalok és az idősek túlélési aránya is, melyhez elengedhetetlen az életkor meghatározása. A fiatal-öreg arányt, vagyis az őszig túlélő fiatal egyedek arányát az egy évnél idősebb egyedekhez képest leggyakrabban az állatok könyökcsonti porcdudorának

(Stroh jegyének) meglétéből szokás becsülni (Broekhuizen and Maaskamp, 1981; Stankevičiūtė et al., 2011). Ezen kívül a szemlencsét szokták alapul venni, mely az emlősök életkorával növekszik. A kiszáritott szemlencse tömegek alapján többféle korosztályi csoportosítás létezik (Bensing, 2002; Stott and Harris, 2006; Suchentrunk et al., 1991).

A mezei nyúl populációdinamikáját meghatározó legfontosabb külső tényezők az élőhely, mely az agár területek intenzifikációjával folyamatosan romlik és csökken (Edwards et al., 2000; Panek, 2018). Kimutatták, hogy a kisparcellás, szegélyekkel teli, változatos szerkezetű és összetételű mezőgazdasági művelés kedvez a mezei nyúlaknak (Schai-Braun et al., 2020a, 2020b, 2015). Az élőhelypreferencia a nyúlsűrűséggel, az élőhelyfoltok méretével és diverzitásával, illetve az élőhelyen található növényzettől függően változik (Pavliška et al., 2018). A heterogén vegetációjú, mozaikos mezőgazdasági területeken a mezei nyulak állományai stabilabbak. A szántóterületek a gyepekhez képest az év folyamán változatosabb területet nyújtanak (Mayer et al., 2018; Pavliška et al., 2018). A szegélyek olyan élőhelyfoltokat jelentenek, melyek zöld folyosóként képesek összekötni a nagyobb táblákon található hasznosítható élőhelyfoltokat, vegyszermentességük miatt csökkentik a mérgezésekből adódó mortalitási rátát, állandó és diverzebb növényborításuk lévén pedig folyamatos takarást és táplálkozó területet biztosítanak (Báldi and Faragó, 2007; Biró et al., 2009). A mezei nyúl évtrendje rendkívül változatos (Schai-Braun et al., 2015). Az intenzív mezőgazdálkodással a gyors vetéscserék és a megnövelt kemikália használat miatt csökken a nyulak számára fontos tápláléknövények mennyisége (Biró et al., 2009; Reichlin et al., 2006). További külső tényezők a gyors ütemű klímaváltozás következtében egyre gyakrabban fellépő szélsőséges időjárási események, melyek szintén hozzájárulhatnak a mezei nyúl állomány csökkenéséhez (Rödel and Dekker, 2012).

Az élőhely romlása mellett a ragadozók okozta veszteség is jelentősen csökkentheti a mezei nyulak állományát, melyben közrejátszik a tudatos ragadozógazdálkodás hiánya is (Biró et al., 2013; Reynolds et al., 2010). A ragadozók nyúlra gyakorolt hatását leginkább a nyulak mozgásmintázatának, aktivitásának, területhasználatának mérésével, az állománysűrűségek nyomon követésével, vagy ragadozó elvonásos vizsgálatokkal lehet jellemezni. Az apróvad szempontjából legfontosabb

emlős ragadozónk a vörös róka (*Vulpes vulpes*), melynek állomány változása fontos a nyúlra gyakorolt hatásának megítélése szempontjából (Viviano et al., 2021). Szintén külső tényezőnek tekinthetők az agrotechnikai beavatkozások (Deák et al., 2021; Karp and Gehr, 2020; Smith et al., 2005), vagy a vadászati túlhasznosítás miatt megnőtt mortalitási értékek is (Dávid, 2001; Smith et al., 2005).

Végül, de nem utolsó sorban a betegségek (Tsokana et al., 2020), nehézfémek (Beuković et al., 2022), mezőgazdasági vegyszerek (Beukovic et al., 2018), vagy a mikotoxin okozta mérgezések (Slamecka et al., 2017) lehetnek olyan külső tényezők, melyek tovább tudják csökkenteni az állományok alakulását, kor (Karp and Gehr, 2020), ivarfüggő mortalitás, vagy szaporodási siker csökkenés miatt (Tsokana et al., 2020).

Az apróvad fajok, így a mezei nyúl jóléte és állománynagysága erősen függ az ökológiai környezettől, ezért populációjellemzőik változása az élőhely minőségének indikátora is lehet, melynek eredményeit nemcsak a vadgazdálkodásban, de természetvédelmi, illetve agrár-zöldítési programok kapcsán is fel lehet használni.

Vizsgálataimban a mezei nyúl állománynagyságát vettem össze mezőgazdasági támogatási rendszer hatékonyságával, vegetáció típusokkal, a parcellák szegélyével és a ragadozógyérítés mértékével, melyek közvetve, vagy közvetlenül befolyásolhatják az állományok alakulását, segíthetik az agrár ökoszisztémák egészséges fennmaradását. Továbbá éjszakai reflektoros állománybecslés és GPS telemetriás vizsgálat segítségével bemutattam a nyulak mezőgazdasági élőhelyhasználatát. Vadászatok kapcsán gyűjtött mezei nyulak populációdinamikai adatait összefüggésbe hoztam egy szaporodási siker csökkenést okozó mikotoxinnal, a zearalenonnal.

Mivel a mezei nyulak populációjának változását több környezeti tényező is befolyásolja, így vizsgálataim céljai a kutatási kérdésekkel az alábbi pontokban foglalhatók össze:

1. Felmérjem az Új Magyarország Vidékfejlesztési Program Agrár-Környezetgazdálkodási Program (AKG) támogatásának hatékonyságát a nyúl állományra helyi, illetve országos térléptékben.

- Az AKG-val támogatott területek mennyisége hatással lehet-e a mezei nyúl becsült és hasznosított sűrűségére?
- Befolyásolja-e a nyúlsűrűséget az AKG-s támogatáson kívül a zöld területek aránya, valamint vörös róka állománysűrűsége és gyérítési erőssége?
- A mezei nyulak területhasználati intenzitása (azaz a látott mezei nyulak és az észlelt nyúl hullaték sűrűsége) magasabb-e az AKG-val érintett területeken a kontroll, vagyis támogatásban nem részesülő területekhez képest?
- Az mezőgazdasági táblák szegélyminőségei és a vegetációk minősége eltér-e az AKG-val támogatott és támogatásban nem részesülő területek között?

2. Egy járszági mintaterületen több éven keresztül nyomon kövessem a mezei nyulak állományának alakulását éjszakai reflektoros állománybecslés segítségével és összevegyem az évenkénti vegetáció változásának, illetve a vörös róka lokális gyérítésének hatékonyságával.

- A mezei nyulak területhasználata eltér-e az adott terület vegetációs kínálatnak gyakoriságától?
- Ragadozó elvonás hatására változik-e a mezei nyúl állománya? Az aktuális vegetáció ezt a változást képes-e befolyásolni?

3. Szintén a járszági mintaterületen rádiótelemetriás nyomkövetés segítségével bemutassam a mezei nyúl évszakos és napszakos terület és szegély használatát.

- Kimutatható-e élőhelypreferencia a természetes élőhelyfoltok, illetve a szegélyterületek iránt a mezőgazdasági táblák belső területeihez képest?
- A mezei nyulak területhasználati intenzitása megegyezik-e az aktuális vegetációs kínálat gyakoriságával?
- Előnyben részesítik-e a mezei nyulak a jobb minőségű szegélyterületeket, vagy a kínálatnak megfelelően használják azt?
- Eltérő-e az egyedek, illetve a nemek szezonális és napszakos otthonterület mérete a minimum konvex poligon becslési módszer szerint?
- Eltérő-e az egyedek, illetve a nemek szezonális és napszakos otthonterület mérete a Kernel otthonterület becslési módszer szerint?

Mivel adott élőhelyen élő nyúlállományok dinamikáját meghatározza az adott évi szaporulat és azok túlélése is, így további célkitűzéseim voltak:

4. Vadászatokon gyűjtött nagyszámú minta feldolgozásával bemutassam a mezei nyúl populációdinamikai mutatóit.

- Eltér-e a különböző területek között a mezei nyulak őszi ivararánya, fiatal-idős aránya, kondíciója és a nőstények szaporodási paraméterei?

5. Natív placentaheg számlálás és placentaheg festés segítségével pontosabb adatokat gyűjthessek a nőstény mezei nyulak szaporulatbecsléshez.

- Kimutatható-e különbség a natívan számolt, illetve a festett eljárással számolt placentaheg számok között?

6. Nőstény mezei nyulak egy lehetséges szaporodási problémáját kimutassam a rendellenességet mutató nyúlmehek citológiai és bakteriológiai vizsgálatával.

- Kimutatható-e olyan bakteriális fertőzés vagy citológiai elváltozás a szaporodási problémát mutató nőstény mezei nyulak méhében, melyek igazolhatják a szaporodási probléma hátterét?

7. Kimutassam és feltárjam egy mikoösztrogénként viselkedő mikotoxin, a zearalenon szervekben mért mennyiségének lehetséges összefüggését a szaporodási sikertelenséggel.

- Kimutatható-e a mezei nyulak szervezetéből a zearalenon mikotoxin?
- Összefüggésbe hozható-e a toxin mennyisége a nőstény nyulak szaporodási képességeivel?

8. Végezetül egy kevert modell segítségével bemutassam, hogy a vizsgálatokkal gyűjtött tényezők hogyan hatnak a mezei nyúl szaporodására és a fiatalok arányára.

- Az AKG-s szántó területek aránya, továbbá a zöld területek aránya hatással van-e a nőstény nyulak placentaheg számára, a fiatalok, illetve a szaporodó nőstények arányára?
- Az AKG-s gyepterületek aránya, továbbá a zöld területek aránya hatással van-e a nőstény nyulak placentaheg számára, a fiatalok, illetve a szaporodó nőstények arányára?

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

1. Az Új Magyarország Vidékfejlesztési Program Agrár-Környezetgazdálkodási Támogatás (AKG) hatékonyságának felmérése

Az AKG program 21 célprogramjából 13 olyan, főként természetvédelmi irányelveket megfogalmazó célprogramot választottunk ki, mely kedvező hatással lehet az agrárterületen élő vadászható és védett kis testű fajokra, így a mezei nyúlra is. Kis térléptékű vizsgálat kapcsán kiválogattam 17, az országos térléptékű vizsgálatban pedig 482 darab olyan vadgazdálkodási egységet (VGE), melyek fő bevételi ágazata az apróvadgazdálkodásból, elsődlegesen a mezei nyútból származik.

Kis térléptékű vizsgálatban a 13 célprogramba tartozó (kezelt) területeken belül minden VGE-ben a Quantum GIS szoftver segítségével (QGIS Development Team, 2017) kijelöltem olyan parcellatömböket (összesen: átlag \pm SD: $4.68 \text{ km}^2 \pm 1.52 \text{ km}^2$), amelyek szántó, illetve gyepterületi művelési ágba tartoztak. Ezzel párhuzamosan VGE-enként kiválasztottam kontroll parcellatömböket is, amelyek támogatásban nem részesültek (összesen átlag \pm SD: $3.08 \text{ km}^2 \pm 1.78 \text{ km}^2$). Mivel több szakirodalmi adatok határozza meg a mezei nyúl átlagos mozgáskörzetét 40 ha körüli értékre (Bray et al., 2007; Zaccaroni et al., 2013), ennek a 40 ha-os körnek a sugarát használva (720 m) határoztam meg a kezelt parcellák széle és a kontroll területek határa közötti minimális távolságot. Összesen 263 kezelt és 297 kontroll parcellát választottam ki a felméréshez, melyeket 2013 őszén és 2014 tavaszán felvételeztünk 3 párhuzamos transzekt mentén (tábla szélén, tőle befelé 50, illetve 100 méterre), összesen 820 km-t legyalogolva. Felmérést hulladék számlálással (Lioy et al., 2015) végeztem rugalmas sávos transzektbecsléssel (Thompson et al., 1998). Ezen felül felmértem a területen látott mezeinyulak mennyiségét is. Mivel a szegélyek búvó és táplálkozóhelyként szolgálnak az állatoknak, így a mezőgazdasági táblákhoz tartozó szegélyeket (2 db/tábla) minősítettem szélességük és sűrűségük szerint egy 0-18-as terjedő skálán. Továbbá a vegetációk minősége is meghatározó a mezei nyúl számára, így azokat is minősítettem 0-4-ig terjedő skálán. A kezelés hatását a számolt nyulakra, illetve a hulladékok mennyiségére negatív binomiális, zéróinflált kevert modellel elemeztem. Sperman féle rangkorrelációval teszteltem, hogy a nyulak,

illetve a hullatékok mennyisége összefüggésben áll-e a szegély és a vegetáció minőségével.

Országos térleptékű vizsgálat kapcsán a mezei nyúl sűrűség adatokat (becsült és hasznosított), mint indikátor mutatók változását használtam. Az AKG-s támogatott területek arányán túl a vizsgálatba számításba vettem a mezei nyúl számára megfelelő, illetve preferált területek arányát, valamint a vörös róka állománysűrűségének adatait is. A 482 VGE-ből leválogattam az AKG-s támogatásban részt vevő szántó, illetve gyep területek arányát, a CORINE Land Cover fedvényből pedig a szántók, gyepek, illetve azoknak a zöld területek az arányát, amelyeket a nyulak előnyben részesítenek ("jó területek") (Gallego and Peedell, 2001; Pelorosso et al., 2008). A VGE-ként vizsgált két populációs indexeket (mezei nyúl becsült és hasznosított nyúlsűrűség), továbbá a róka becslési és teríték adatokat az Országos Vadgazdálkodási Adattárból kértem el (Csányi et al., 2021).

Lineáris kevert modellekkel (LME) hasonlítottam össze, hogy a két populációs index eltér-e a különböző VGE-k között a jó élőhelyek mérete, az AKG-s területek típusa és aránya, illetve a róka gyérítési ráták mértékében.

2. A mezei nyúl lokális állományalakulása egy jászsági mintaterületen a vegetációs kultúra változása és a ragadozógyérítés intenzitásának függvényében

A vizsgálathoz a Kovács-Heltay (Kovács and Heltay, 1993) féle éjszakai reflektoros állománybecslést használtam 2013-2016 között egy jászsági mintaterületen. A populáció sűrűség meghatározása Distance szoftverrel történt. A vegetációs kultúra preferencia vizsgálatához minden évszakra megbecsültem a különböző vegetációk területi lefedettségét és arányát és hozzárendeltem a mezei nyulak 3 nap alatt látott átlagos mennyiségét a hozzá tartozó szórás értékekkel. A preferencia értékek kiszámításához vegetációtípusonként meghatároztam a látott nyúlsűrűségek medián értékét és ezt használtam, hogy meghatározzam egymáshoz képest mennyire "kedveli" a nyúl az egyes vegetáció típusokat. A leggyakoribb vegetáció típusok esetében hulladék felmérések alapján is meghatároztam a vegetációk "preferáltságát", majd a vegetáció típusonként kapott nyúl, illetve hullatéksűrűség értékeket χ^2 teszttel hasonlítottam össze. Az intenzív róka gyérítési beavatkozásokat megelőzően az Országos

Vadgazdálkodási Adattárból elkértem a 2007-2014 közötti becsült és hasznosított róka adatokat, majd kiszámoltam VGE-ként a róka gyérítési rátákat. A mintaterületek, illetve a környező 13 VGE-en tapasztalt eltéréseket a referencia évhez képest független két mintás t próbával hasonlítottam össze. A mintaterület rókaállományának meghatározását évenkénti kotoréksűrűség becsléssel határoztam meg (Heltai, 2016). Az intenzív rókagyérítést egy hivatásos kotorékozó csaapat végezte, illetve a helyi hivatásos vadászok a területen szelektív élve fogó és ölü csapdaparkkal helyeztek intenzív vadászati nyomást a róka állományra. A hasznosított rókaállomány sűrűségének és a kotorékbecslések alapján a becsült rókaállomány sűrűségének a hányadosát használtam fel a mintaterület róka gyérítési indexének meghatározásához.

Lineáris kevert modell segítségével vizsgáltam, hogy a számolt nyúlsűrűségeket befolyásolja-e az évszak, a róka gyérítési ráta, illetve a terület kedveltségi indexe a vegetáció összetétele alapján, melyekhez az R statisztikai program "nlme" programcsomagjának "gls" függvényét használtam (Fox and Weisberg, 2018).

3. A mezei nyúl GPS telemetriás vizsgálata

GPS-GSM típusú telemetriás nyakörv segítségével gyűjtöttem adatokat 13 mezei nyúlról, hogy megvizsgálhassam az egyedek részletesebb területhasználatát, illetve, hogy a területhasználat napszakosan, szezonálisan, vagy a nemek között eltérő-e. A napi 4 gyűjtött lokalizációs pontot évszakra, napfelkelte és naplemente adatok alapján napszakra kategorizáltam, majd az adott kategóriába eső pontokkal számoltam ki az egyedek évszagos, napszagos otthonterület nagyságát az általánosan használt Minimum konvex poligon (MCP) (Nilsen et al., 2008), illetve a pontosabbnak tartott Kernel otthonterület becslés (KDE) szerint (Frate, 2022; Tóth et al., 2014). Mind a késő őszi/téli, mind a tavaszi/nyári időszakban felmértük a területen található mezőgazdasági kultúrák, illetve a természetközeli élőhelyek és szegélyek állapotát.

A területek preferenciájának becslésére összesítettem a nyulak telemetriás területen belül elhelyezkedő összesített, téli, tavaszi, éjszakai és nappali lokalizációs pontjait és annyi véletlen eloszlású pontot generáltam, amennyi lokalizációs pont volt az adott időszakban. A kapott értékek közötti eltéréseket χ^2 próbával határoztam meg. Ahol a nyulak nem véletlenszerűen használták a területet "Bonferroni" korrekciót

alkalmaztam, melyhez az R program "RVAideMemoire" programcsomagját használtam. Ivlev index alapján számoltam ki a különböző kultúrák kedveltségét. A természetközeli élőhelyek és a vonalas szegélyek használatának intenzitását szintén véletlen eloszlású pontokkal vettem össze χ^2 próbát alkalmazva mind a szegély vegetációk, mind a szegélyek minőségének függvényében.

Végezetül a tapasztalati lokalizációs pontok szegélyhasználatának intenzitását határoztam meg a következőképp: az adó hibájával pufferolt szegélyek szélétől a tábla belseje felé 20 méteres sávokat generáltam és leszámoltam a pontok gyakoriságát. Ezt követően a kapott eloszlást χ^2 próba segítségével hasonlítottam az egyenletes eloszláshoz képest, amit akkor kapnánk, ha a mezei nyulak nem részesítenék előnyben a szegélyeket.

4-5. A mezei nyúl populációdinamikai mutatóinak gyűjtése és felmérése

2013-2017 között 9 vadásztársaság 29 vadászatából gyűjtöttem mintákat (összesen 1007 mezei nyúlból), hogy megvizsgáljam a különböző területek, illetve évek között az egyedek fiatal-idős arányát, kondícióját, ivararányát, továbbá a nőstény egyedek szaporodási paramétereit natív és placentaheg festési eljárással.

A mezei nyulak kondícióját a bal oldali vese tömegének, illetve a vesét körülvevő zsírréteg tömegének a hányadosával (vesezsír index VZSI) határoztam meg (Stott and Harris, 2006). A egyedi kort a száraz szemlencsetömeg alapján határoztam meg, majd csoportosítottam fiatal/idős kategóriába (Kovács and Heltay, 1993), egy éven belüli részletesebb kategóriákba, végül az eltelt évek alapján (Andersen and Jensen, 1972; Bensinger, 2002; Suchentrunk et al., 1991). A nőstényenkénti szaporulatot placentaheg-számlálással állapítottam meg. Minden nőstény méhét megvizsgáltam natívan, majd Bray et al. (2003) által közölt több lépcsős placentaheg festési eljárást követően is.

Varianciaanalízissel vettem össze a natív és a festési eljárással kapott placentaheg számokat. Továbbá a különböző populációdinamikai mutatók összehasonlítását is a vadászati évek, nemek és a szaporodási sikeresség között.

6-7. A mezei nyúl szaporodási problémáinak feltárása

A szaporodási problémák hátterének vizsgálatához a rendellenesen kinéző nőtény nyulak méhéből mintákat küldtem állatorvosi vizsgálatra, hogy igazolni lehessen bakteriális fertőzést, vagy másodlagos következményként fellépő citológiai elváltozást a méhekben, melyek okozhatják a szaporodási problémákat.

Mivel a szaporodási problémát okozhatnak az endokrin rendszerre ható egyéb vegyszerek és mérgeanyagok is (Paterson and Lima, 2011), megmértem egy mezei nyulakban eddig még nem vizsgált mikoösztrogén, a zearalenon (ZEA) (Gromadzka et al., 2008) mennyiségét mezei nyúl különböző szerveiben, továbbá a talált ZEA mennyiségeket lineáris regressziós modellekkel vettem össze az egyedek petefészkének ösztrogén és progeszteron hormon tartalmaival. Szintén lineáris regressziós modellekkel vizsgáltam az összefüggést a ZEA szint és a placentaheg számok között. Végezetül független két mintás t próbával vettem össze a problémás és a normális méhű egyedek, illetve a szaporodó és a nem szaporodó nőtények ZEA és hormon szintjeit.

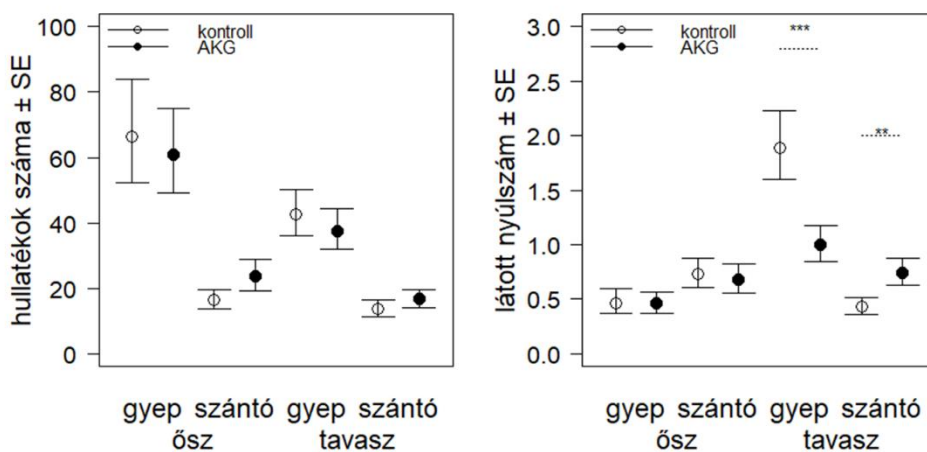
8. A mezei nyúl szaporodási mutatóinak feltárása a VGE-ek különböző adottságainak függvényében

Egy zéróinflált kevert modell segítségével vizsgáltam, hogy a placentahegek száma hogyan függ az állatok korától (fiatal vagy idős), hogyan befolyásolja a szántók/gyepek mennyisége, illetve annak AKG-s lefedettsége, továbbá a VGE-en található "zöld területek" aránya. Az elemzések egységeit a problémás méhek és a nem szaporodó nőtények arányát, illetve a fiatalok arányát az R "nlme" programcsomagjának "gls" függvényével elemeztem.

3. EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE

1. Az Új Magyarország Vidékfejlesztési Program Agrár-Környezetgazdálkodási Támogatás (AKG) hatékonyságának felmérése

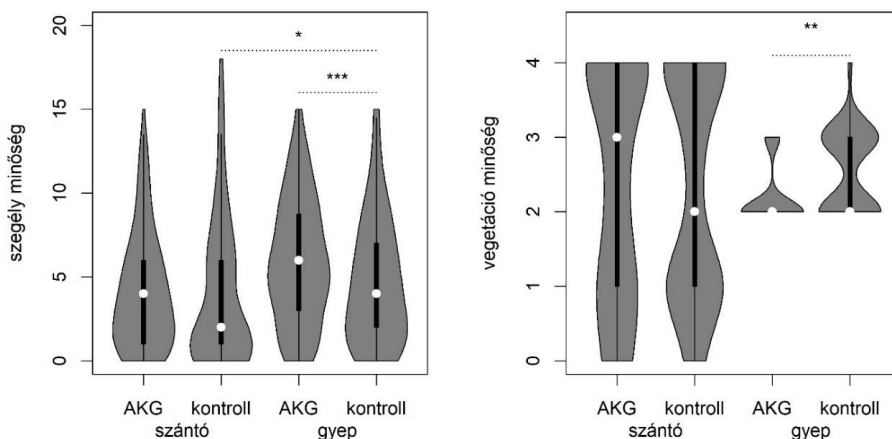
Az AKG-nak kis térléptékben nem volt szignifikáns hatása a hullatékok mennyiségére egyik szezonban vagy művelési ágban sem. Kevesebb hullatékot találtunk tavasszal, mint ősszel, illetve szintén alacsonyabb volt a hullatékok sűrűsége szántókon a gyepekhez képest. Modell zéróinflált része azt mutatta, hogy a hullatékok észlelési hibája nő a vegetáció magasságának, illetve a vizsgált terület méretének a növekedésével. A nyulak száma ősszel nem mutatott különbséget az AKG-s és a kontroll szántóterületek között, míg tavasszal az AKG-s szántóterületeken szignifikánsan több nyulat számoltunk a kontroll szántókhoz képest. Gyepek esetében tavasszal a kontroll területeken láttunk több nyulat. A legtöbb esetben azonban nem találtunk nyulakat a felmért mezőgazdasági táblákon. A nyulak észlelési hibája nem függött a szezontól, de alacsonyabb volt nagyobb mezőgazdasági parcellán, vagy ha a vegetáció magasabb volt, illetve, ha a tábla szegélye kevésbé volt sűrű (1.ábra).



1.ábra: A mezei nyúl hullaték és a látott nyúl egyedszámok összehasonlítása. A hibaszávok a modelltől becsült és eredeti adatskálára visszatraszformált átlag értékeket ± SE értékeket mutatják. A csillagokkal jelölt csoportok szignifikánsan eltérnek egymástól (**P < 0.01, ***P < 0.001, FDR korrekció után)

Az AKG-s szegélyek minősége szignifikánsan jobb volt a kontroll gyepekhez képest (Mann-Whitney W=5316, P=0.009). A szántók esetében szignifikáns különbséget nem találtam. Összességében a szegélyek

minőségének medián értéke mindenhol alacsony volt. A vegetációk minősítésekor nem találtam szignifikáns különbséget az AKG és a kontroll szántók között, bár trend-szerűen az AKG-s táblák jobb szegélyminőségi pontokat értek el. Ezzel szemben az AKG-s gyepeknek szignifikánsan alacsonyabb volt a vegetáció minősége a kontroll gyepekhez képest ($W=8668$, $P < 0.0001$). A vegetációk és a szegélyek minősége között negatív korrelációt tapasztaltam ($N=642$, $Rho = -0.12$, $P=0.001$): a kontroll gyepek szegély minősége szignifikánsan magasabb volt a szántókhoz képest ($W=13733$, $P=0.019$) (2.ábra).



2.ábra: A táblaszegélyek és a vegetáció minőségének megoszlása az AKG és kontroll területeken. A hegedűdiagram az adatok Kernel sűrűségfüggvényét mutatja; a vastag vonal az interkvartilis tartományt, a fehér kör a mediánt jelöli. A csillagok szignifikáns különbséget jelölnek (* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, FDR korrekció után)

Az AKG-s gyepek vegetációja rosszabb, de a szegélyek minősége jobb volt a kontroll gyepekhez képest. A gyepeken magasabb hullatéksűrűséget tapasztaltam, mint a szántókon, ami utalhat arra, hogy a gyepeken több pihenőidőt töltenek a nyulak, vagy több a nyulak számára kedvező fűfaj (Schai-Braun et al., 2015), még akkor is, ha az erősen legeltetett területeket a nyulak elkerülik (Schai-Braun et al., 2013). Noha az AKG-s területek szegélyeinek magasabb volt a minősége, összességében a szegélyminőségek nem voltak kiemelkedőek.

Országos térléptékű vizsgálatban a becsült nyúlsűrűség indexe évről évre csökkent. Összességében nem lehetett kimutatni több nyulat a "jobb területeken". Modell szerint ha a vadgazdálkodási egységek nagy százalékban rendelkeznek AKG-s szántóterülettel, ez növelhetné a

becsült nyúlsűrűséget. Ugyanakkor, ha az AKG-s szántók nagy arányban lennének, de rossz vagy átlagos lenne a terület róka gyérítési rátája, akkor a nyúlsűrűség nem lenne képes növekedni. A nyúlsűrűség nem szignifikánsan, de trend-szerűen csökkent az AKG-s gyepek növekedésével. A mezei nyúl terítékek csökkentek az évek során, és különösen azokon a területeken, ahol magas volt a jó élőhelyek százaléka. Azokban a VGE-kben, ahol magasabb volt az AKG-s gyepterületek aránya, a hasznosított nyúlsűrűség minden évben hasonló volt. A róka gyérítési rátának nem volt szignifikáns hatása a terítéksűrűség növekedésére.

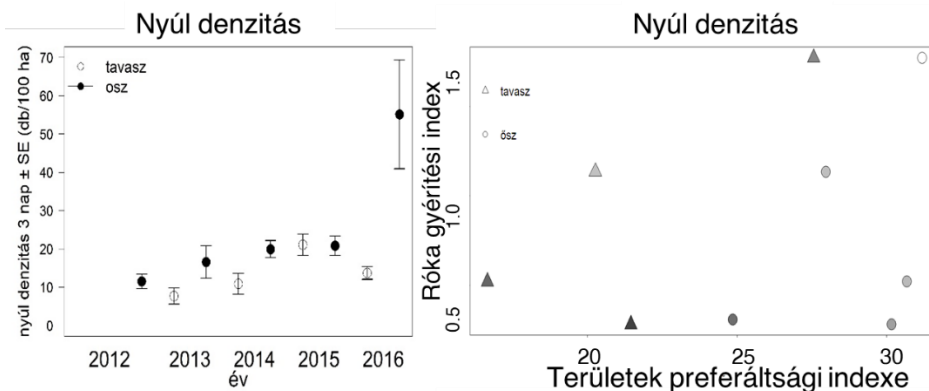
Országos térléptékű vizsgálatból összességében úgy tűnik, hogy a kevésbé jó területeken sem tudta kifejteni a támogatás az élőhely javító hatását, hiszen hatása nem függött a jó területek arányától, vagyis a kis arányú jó területtel rendelkező VGE-k esetében sem tudott semmit hozzáadni a nyúl állománysűrűséghez a sok AKG. Az AKG-s gyepek jelentős része szarvasmarha-legelő volt. Mivel az erősen legeltetett területek hatása kimutathatóan negatív a nyulakra a túl rövid fű miatt (Fourcade et al., 2018), ez magyarázhatja a magas arányú AKG-s gyepek esetében talált nagy szórás értékeket.

2. A mezei nyúl lokális állományalakulása egy járszági mintaterületen a vegetációs kultúra változása és a ragadozógyérítés intenzitásának függvényében

Az őszi állományokat vizsgálva az évek folyamán egy emelkedő trendet lehetett látni. A tavaszi törzsállományokat összevetve 2015-ig szintén növekvő trendet tapasztaltam az évek alatt, majd 2016-ban az állomány visszaesett. 2016 tavaszán kedvezőtlen időjárási viszonyok az éjszakai reflektoros állománybecslést csak később, áprilisban lehetett kivitelezni, ezért 2016 tavasza feltehetően alul becslést mutat (3.ábra).

Hullatéksűrűségek alapján a lucernát kedvelik a nyulak leginkább, a friss gabonavetést, a napraforgó tarlót, a szántást és a betárcsázott kukoricát pedig elkerülik. A vegetációk összesített preferenciája alapján az árvakelés, lucerna, repce, a tárcsázott területek és tarlók, illetve a gyepek fontos élőhelyi foltok a mezei nyúl számára. A nyulak sokféle élőhelyet használnak és az előfordulásuk néhány kivételtől eltekintve követi az adott növényzettípus gyakoriságát. A kukoricát, a napraforgót és a szántást elkerülik az állatok, holott ezek a vegetáció típusok a terület 40%-át lefedik.

Modell szerint a mezei nyúl populációsűrűsége leginkább a róka gyérítés intenzitásától függ. A szezon és a vegetációk hatása nem jelentős, míg a róka gyérítésének nagysága a nyúlállomány alakulására kedvezően hat. Ugyanakkor a legmagasabb állomány nagyságot akkor lehetett tapasztalni, amikor a területen legmagasabb volt a kedvelt növények aránya és az adott év tavaszán a legmagasabb volt a róka gyérítési rátája is. Tehát mind a róka gyérítés erőssége, mind a terület kedveltsége hatással van a lokális nyúlsűrűségekre, utóbbi azonban önmagában nem elegendő.



3.ábra: Az éjszakai reflektoros állománybecslés nyúlsűrűségei (bal ábra), a nyúldenzitás alakulása a terület preferáltsági indexe és a róka gyérítési ráta függvényében. Minden kör vagy háromszög egy külön évet jelöl. A nyúldenzitás mértékét a szimbólumok árnyalata jelzi: világosabb szín magasabb denzitást jelöl

3. A mezei nyúl rádiótelemetriás vizsgálata

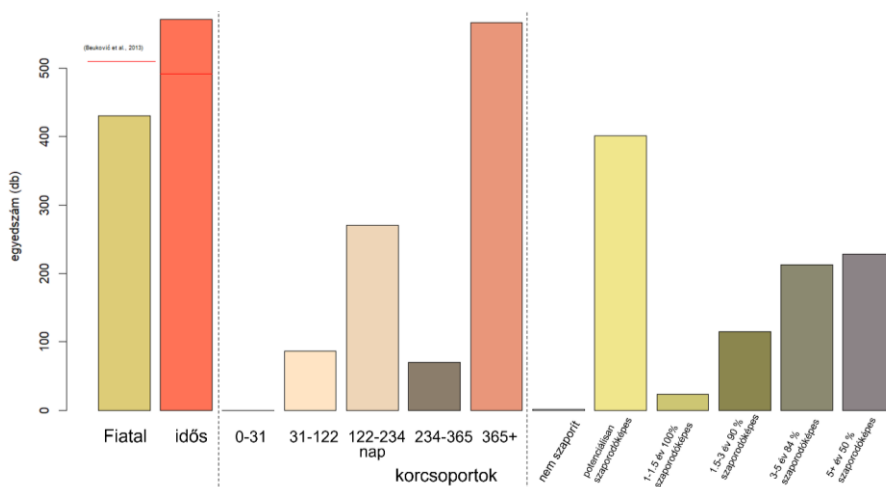
A nyulak mért lokalizációs pontjainak eloszlása nem tért el szignifikánsan a véletlen eloszlástól, vagyis a mezei nyulak területhasználata megegyezik az aktuális vegetációs kínálat gyakoriságával. Az Ivlev-index alapján a nyulak télen egyértelműen csak a tanyahelyet, a parlagot és a napraforgó tarlót használták intenzívebben. Tavasszal csak a parlagot preferálták, míg az egyenleteshez képest kevésbé használták a tavaszi gabonát, vadföldet, kukoricát és a szántást. A lucerna a KDE-otthonterület alapján kedveltebb osztályba tartozott, míg a nagyobb MCP otthonterület alapján az elkerült osztályba esett.

A természetes élőhelytípusok, illetve a különböző minőségű szegélyek használata szintén nem tért el a véletlenszerű használatától. Ugyanakkor a lokalizációs pontok döntő többsége a szegélyek közelében csoportosult és a tábla belseje felé haladva gyakorisága csökkent, ezáltal kimutatható volt a szegélyterületek iránti preferencia a mezőgazdasági táblák belső területeihez képest.

A 95%-os és 60%-os MCP, illetve a 95%-os KDE otthonterület becslési módszer alapján sem találtam szignifikánsan eltérést a szezonális és a napszakos mozgáskörzet nagyságok között. Ugyanakkor az állatok éjszakai aktivitása trend-szerűen nagyobb volt a nappaliakhoz képest. A nőstények tavasszal, illetve napszakosan is nagyobb területet használtak a bakokhoz képest a 95%-os KDE alapján. Két nőstény esetében tudtam nagyobb elmozdulásokat (több mint 4 km) és területváltást is kimutatni.

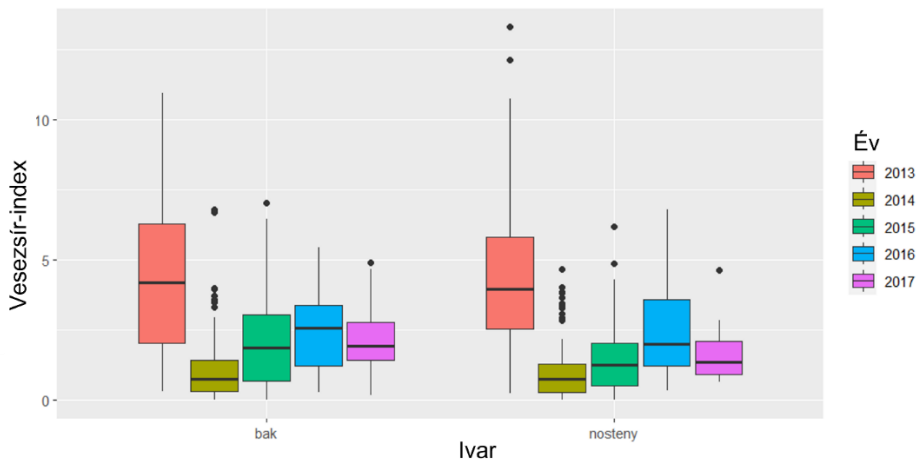
4-5. A mezei nyúl általános populációdinamikai mutatói gyűjtött adatok alapján

Összességében és évekre lebontva is egy statisztikailag nem kimutatható, de enyhe nősténysúlyos ivararányt találtam, mely összecseng más vizsgálatok eredményeivel is (Farkas, 2021; Slamečka et al., 2014). A vizsgált mintákban 43%-os volt a fiatalok aránya, mely több külföldi vizsgálattal hasonló eredményt mutatott (Bensinger et al., 2000; Beuković et al., 2013; Popovic et al., 2015). Az adott évben született és a vadászati időszakot megélt legtöbb egyed április-augusztus között született. Az év első negyedében született egyedek aránya a mintákban alacsony volt, míg a nyár végén született egyedeket egyáltalán nem találtam. A terítékek csupán 2.4%-a volt 1-1.5 év közötti, holott ez az a korosztály, amelyik legnagyobb arányban venne részt a szaporodásban. A legkevesebb szaporodási potenciállal rendelkező 5 év fölötti korcsoport alkotta majdnem a mintánk egy negyedét (4.ábra).



4.ábra: A korosztályok alakulása a különböző csoportosítások alapján: fiatalok és idősek, éven belüli és az évek közötti megoszlások a szaporodási arányokkal

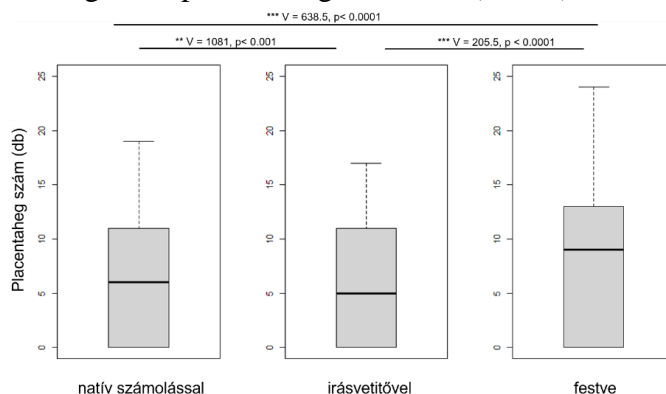
Az állatok VZSI értéke változatos képet mutatott (0-13) és az évek, illetve a nemek között szignifikáns különbséget mutatott. Az adult bak nyulak rendelkeztek a legmagasabb VZSI értékekkel (5.ábra).



5.ábra: A bakok és a nőstények VZSI értékeinek alakulása az évek között

A rendellenes ivarszervet mutató nőstényeknek -korosztálytól függetlenül- magasabb volt a VZSI értéke ($W=37260$, $P=0.02$), ugyanakkor a szaporodásban részt vevő, vagy részt nem vevő nőstények kondíciója között nem volt különbség.

492 nőstényből 117 egyednek találtam valami rendellenességet az ivarszervén. Az átlagos nőstényenkénti placentaheg szám $7.34 (\pm 6.12 \text{ SD})$ volt a potenciálisan szaporodóképes nőstényekre. A vizsgálati területek tapasztalt placentaheg számai szignifikánsan eltértek ($df=8$, $F=2.48$, $P=0.013$) és Bray et al. (2003) féle placentaheg festési eljárással számoltam magasabb placentaheg számokat (6.ábra).



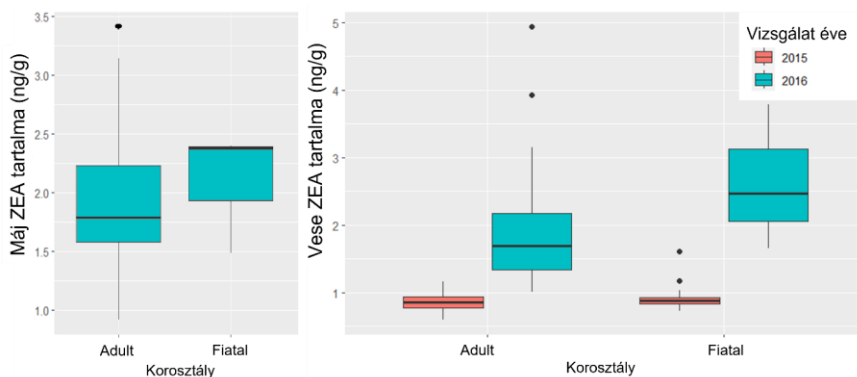
6.ábra: A különböző festési eljárások által kapott placentaheg számok alakulása (*-ok szignifikáns különbséget jeleznek, szignifikancia szintek az ábráról leolvashatóak)

6. A rendellenességet mutató nőtény mezei nyulak lehetséges szaporodási problémájának összefüggései

A minimum egy telet megélt nőtények 37%-a mutatott ivarszervi elváltozást, melyeknek 57%-a egyáltalán nem is vett részt a szaporodásban. Gál (2006)-hoz hasonlóan én is találtam olyan egyedeket, melyeknél épp méhben sem lehetett placentahegeket kimutatni, holott a nemi szervek fejlettségi állapota ezt lehetővé tette volna. A legidősebb korosztályban volt a leggyakoribb a rendellenes ivarszervek aránya (43%). A 45 beküldött mintából csupán öt esetben igazoltak vissza *hám hyperplasiával* kísért purulens gyulladással eredetű, tíz minta mutatott hámsejt, *Mesenchymalis* sejt, *Epithel*, *Histiocyt*a, vagy *fibroblast proliferatio*-t. 21 esetben nem találtak citológiai eltérést, vegyes kolonizáló/kontamináló flóra, vagy bélbaktérium tenyésztett ki. Sok esetben, ahol törmelékes folyadékkal volt tele a méh, gyulladást, vagy egyéb elváltozást nem igazoltak (maximum kötőszöveti sarjadzást), vagy csak kisszámú gyulladással sejtet, mely a terméketlenséget nem magyarázza. Ugyanakkor hozzá kell tenni, hogy elképzelhető mintavételi hiba is, mivel a minták nem frissen elejtett állatokból, hanem fagyasztást követően lettek begyűjtve.

7. Zearalenon szervekben kimutatott mennyiségei és azok lehetséges összefüggései a szaporodási problémákkal nőtényeknél

A mezei nyulak veséiből, illetve májából a ZEA-t sikeresen ki tudtam mutatni. A vizsgált izomszövetekben (nyelv) a mikotoxin nem volt kimutatható mennyiségben. A fiatalok szervezetében trendszerűen magasabb ZEA értékeket mértem (7.ábra).



7.ábra: A máj (bal oldalt) és a vese (jobb oldalt) ZEA mennyiségeinek alakulása a korosztályok és az évek között

Pozitív összefüggést találtam a vesék ZEA tartalma és a petefészkek E2 mennyisége között. A placenteheg számok csökkentek a vesék ZEA tartalmának növekedésével. A problémás ivarszervű egyedek veséjének ZEA tartalma szignifikánsan magasabb volt (normál átlag 1.18, problémás átlag 1.65, $t=-2.51$, $df=52$, $P = 0.015$), míg a májak és a bélsarak ZEA értékei nem különböztek. A normális méhű nőtények petefészke szignifikánsan magasabb E2 hormont tartalmazott (normál átlag 0.37, problémás átlag 0.3, $t=2.07$, $df=64$, $P=0.042$). Nem volt különbség a problémás és normális nőtények P4 hormon mennyiségei között.

Ugyancsak magasabb ZEA vese értékkel rendelkeztek azok a nőtények, akik nem vettek részt a szaporodásban (szaporodott átlag 1.26, nem szaporodott átlag 1.7, $t=2.05$, $df=43$, $P=0.046$). A szaporodásban részt vevő egyedek E2 hormon mennyisége szignifikánsan magasabb volt (szaporodott átlag 0.38, nem szaporodott átlag 0.25, $t=-4.26$, $df=59$, $P < 0.0001$), tehát a jelenlegi ZEA mennyiség nem tudja megnövelni az E2 hormon mennyiségét annyival, mint a szaporodásban aktív nőtények szintje, ugyanakkor a hormon arányt képes enyhén tolni.

Hormonok tekintetében mind a magasabb E2-t tartalmazó egyedek, a nem szaporodó, vagy a valamilyen ivarszervi problémát mutató egyedek veséjének a ZEA szintje magasabb volt. A vese ZEA mennyiségének növekedésével csökkentek a nőtényenkénti placentaheg számok. A mikotoxin jelentős része a bélsárral ürül, feltételezhetően ezért nem lehetett kimutatni összefüggést, ugyanakkor nyulak esetében a *cökotrófia* miatt ezek az állatok még inkább kitettek a ZEA veszélyeinek.

8. Szántók/gyepek AKG-s területek és a zöld területek hatása a szaporodásra, szaporodási sikerre és a fiatalok arányára

Modellek alapján az AKG-s területek aránya nem befolyásolja a szaporodási sikert, azaz azt, hogy szaporodik-e a nyúl. A gyepek aránya növeli, a szántók aránya csökkenti a szaporodási sikertelenséget. A sok szántóterület és nagyarányú AKG lefedettség növeli a placentahegyek, azaz a megszületendő kisnyulak számát, továbbá az első évet megélt kisnyulak arányát is. Ezzel szemben a gyepek arányának növekedése csökkenti azt.

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

1.) AKG támogatási rendszer hatása a nyúlállományok alakulására

Összességében nem lehetett kimutatni, hogy a 2009-2014-es AKG Programnak lett volna jelentős hatása a nyúlállományra. Vizsgálatokban az AKG pozitív hatással volt a szegélyminőségre -de az is elképzelhető, hogy eleve a magasabb szegélyminőségű területek részesültek a támogatásban-, ugyanakkor sem a szántók, sem a gyepek növényzetének minőségét nem tudta a program javítani. Mivel telemetriás vizsgálat is megerősítette, hogy a mezei nyulak mozgási aktivitása éjszaka erőteljesebb, így a nappali nyúl számlálás önmagában nem elegendő hasonló programok sikerességének méréséhez, de kiegészítve hulladék számlálással már megfelelően indikálhatja a különbségeket.

Kis térléptékű és telemetriás vizsgálatokból is kiderült, hogy a szántók aránya a téli időszakban meglehetősen magas, holott az állatok kevésbé preferálják. A téli üres szántóterületeket ki lehetne váltani zöldtrágya növények vetésével, melyek növelik a talaj mikrobiológiai közösségét is. Ilyenkor fontos a fajválasztás, hisz egyes növényeket az állatok elkerülnek, a fél méternél magasabb növényzet pedig fizikai akadályt is képezhet az állatok számára (Mayer et al., 2018). Amennyiben erre nincs lehetőség, törekednünk kellene a szegélyek szélesítésére, pl. 60 méter széles tarló meghagyással, vagy táblaszélekre létesített méhlegelő sávokkal (Marshall et al., 2006).

Sok esetben az AKG programok eredményessége csak akkor mérhető, ha elég régóta működik. Országos térléptékű vizsgálat kapcsán elképzelhető, hogy a kiválasztott referencia évek adatai még tükrözték a korábbi AKG-s támogatás pozitív hatását, megemelve ezzel a referencia szintet. A jövőben egy nagy térléptékű vizsgálat esetében érdemes lenne egyéb AKG-hoz hasonló támogatások hatásait, vagy együttes hatásait is vizsgálni, amelyek feltehetően összesítve már kellő mértékben tudnák magyarázni a nyúlállományra kifejtett hatást. Továbbá érdemes lenne azt is felülvizsgálni, hogy csak a jelenlegi előírások mellett, nagyobb AKG-s lefedettség hozhatna-e mérhető pozitív hatást, vagy érdekesebb lenne átállni eredmény orientált támogatási projektek irányába, melyek bioindikátorokon keresztül mérik fel a támogatási rendszerek sikerességét (Concepción et al., 2020; Kleijn and Sutherland, 2003).

2.) Ragadozók és az aktuális élőhely szerepe a mezei nyúl viselkedésére

Telemetriás vizsgálat alapján úgy tűnik, hogy mind az élőhelyfejlesztést, mind a ragadozógazdálkodást nagyobb térléptékben kell megtervezni és kivitelezni, hisz a jelölt mezei nyulak mozgáskörzete a szakirodalmi adatoktól eltérően jelentős volt. A tapasztalt nagyobb mozgáskörzetek oka lehet a nagytáblás mezőgazdálkodás következtében fellépő alacsony élőhelyi változatosság is. Úgy tűnik, hogy az adott élőhely, illetve a vegetáció nem egyformán fontos a két ivar számára. A természetközeli élőhelyi foltok meghatározóak a nyulak szempontjából, a jelölt nyulak minden egyede használt ilyen területeket.

Telemetriás vizsgálat tanulsága volt, hogy csak műhold felvételek, vagy egy egyszeri felvételezés kapcsán nem elegendő meghatározni és bekegatorizálni egy-egy vegetációt, mert például a talajvíz miatt a mezőgazdasági tábla különböző részein egy teljesen új mikrohabitat kialakulhat, ami a nyúl számára meghatározó lehet. Ezt szakszerűen a jövőben tüzetes felvételezéssel, vagy részletesebb térképezéssel pl. drónos felvételezéssel lehetne kivitelezni.

A különböző becslési módszerek otthonterület méretei jelentősen eltérhetnek. Így a jövőben a leggyakrabban használt minimum konvex poligon becslés mellett érdemes lenne a majd fele akkora területet mutató Kernel otthonterület becslést is elvégezni, főként ha az egyedek egy-egy nagyobb kirándulást tesznek.

Elképzelhető, hogy a nőstény nyulak egy része szezonális területváltást végez. A táblaméret kimutathatóan meghatározó az állatok szempontjából, hisz a lokalizációs pontok többsége minden szezonban a szegélyek környékére esett, a tábla belseje felé haladva pedig gyakoriságuk csökkent, a nagy táblák belsejét pedig egyáltalán nem használták az állatok. A szegélyeket minőségüktől függetlenül az állatok az előfordulási gyakoriságnak megfelelően használták, ugyanakkor előfordulhat, hogy a felállított kategóriák nem tükrözték a nyulak valós preferencia szempontjait. A szegélyek intenzívebb használata miatt az éjszakai reflektoros becslést a jövőben felül kell vizsgálni, mert egyik feltétele, mely szerint minden egyed eloszlása véletlenszerű, nem teljesül. Mivel a becslési útvonalak döntő többsége a szegélyekben futó utakon történik, így túlbecslést fogunk okozni, ami egy eleve csökkenő állomány tendenciájú faj esetében komoly problémát eredményez. Ezt a képlet korrekciójával lehet a jövőben finomítani.

Vizsgálatainkból kiderült, hogy a róka gyérítési index kimutathatóan pozitív hatással van a nyúlsűrűsége, de önmagában kevésnek bizonyul. Kis térléptékű vizsgálat kapcsán a legmagasabb nyúlsűrűséget akkor lehetett elérni, amikor a területen legmagasabb volt a kedvelt növények aránya és az adott év tavaszán a legmagasabb volt a rókák gyérítési rátája is. Tehát mind a róka gyérítés intenzitása, mind a terület preferáltsága hatással van a terület nyúlsűrűségére. Eredményeim alapján tehát úgy tűnik, hogy az intenzív ragadozó gyérítés fel tudja futtatni a nyúlállományt, azonban azt megtartani csak a megfelelő minőségű élőhely tudja. A róka nyúlra gyakorolt finomabb hatásának megvizsgálásához érdemes a területen közvetett jelekből (táplálkozás maradványok, ürülékben fellelhető nyúlszőr) a jövőben kiegészítő vizsgálatokat végezni.

3.) A mezei nyúl szaporodási jellemzői, szaporodási képességeinek és problémáinak alakulása az élőhelyek függvényében

A téli törzsállomány ivararánya enyhén, de nőstény túlsúlyt mutat és ez a jelenség nem csak hazánkban igaz (Slamečka et al., 2014). A szaporodásból kimaradó, illetve a problémás ivarszervet mutató nőstényeknek nem kell plusz energiátallokálniuk utódjaikba, így jobb kondícióval tudják várni a telet. Ugyanakkor a különböző vegyszerek és toxinok metabolitjai is a zsírban halmozódnak fel (Beuković et al., 2022; Beukovic et al., 2018), amit a jövőben érdemes lenne tovább vizsgálni, mivel ez tovább csökkentheti az egyedek jövőbeli szaporodási rátáját.

Az éves szaporulat mennyisége és a problémás méhek gyakoriságának aránya úgy tűnik területenként és évenként is igen eltérő lehet, így csupán egy-egy évből vagy egy-egy terület néhány vadászatából általánosítani, vagy komolyabb következtetéseket levonni nem szabad. Mivel Bensinger (2002) tézisében arra hivatkozik, hogy a 70'-es években csak töredéke volt a jelenleg tapasztalt szaporodási problémát mutató, vagy terméketlen nőstények aránya, magasabb fiatal aránnyal, elképzelhető, hogy az újabb mezőgazdasági vegyszerek megjelenése, azok akkumulációja, vagy az egyre gyakoribb szélsőséges időjárási események terelik a nyúlállományt a csökkenő trendek felé. Mivel a rendellenes méhek gyakorisága majdnem 50%-ra nő 5 éves kor felett, ugyanakkor a fiatalok aránya a populációban meg csökken (Beuković et al., 2013; Ristic et al., 2020), aminek több mint a 15%-a szintén rendellenes ivarszerveket mutat, így a meddőség, vagy az alacsony fialási ráta valószínűsége nőni fog. Éppen ezért érdemes lenne egy

országos szintű monitoringot végezni, legalább ivararány, Stroh-jegyből számolt fiatal-idős arány és testtömeg alapján, hogy lássuk országos szinten, mely területeken van nagyobb probléma, illetve hogy az évek között ezek az arányok változnak-e és ha igen, milyen irányban. Ez egy jó alap lehetne, melyet ki lehet egészíteni a területek vegetációs adataival, vagy időjárási tényezőkkel, hogy látni lehessen a fiatalok túlélésének limitáló tényezőit, vagy hogy mely vegetáció típusok hathatnak a szaporodási sikerre. Később azokról a területekről, ahol magasabb a problémás, vagy nem szaporodó nőstények aránya, a szaporodó egészséges és a negatívan teljesítő nőstényektől javasolt lenne mintát venni és megnézni a veséjük ZEA mennyiségét és petefészük hormon szintjeit. Így a lokális vizsgálatokból és az országos monitoringból nagyobb térléptékű beavatkozásokat, kezelési terveket is lehetne a jövőben készíteni, melyek felhasználhatóak lennének európai szintű fajkezelési, vagy agrár programokban egyaránt.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1.) Hazánkban az ÚMVP AKG program hatását célzottan vizsgáltam a mezei nyúlra országos és kis térléptékekben

- Kis térléptékű felmérésünkben nem tudtam kimutatni pozitív hatást a nyúlsűrűsége, támogatástól függetlenül a szegélyek többsége rossz minőségű volt.

- Országos térléptékben szignifikáns kölcsönhatást tudtam kimutatni a rókasűrűség, a gyérítési ráta mértéke és az AKG-s szántóterület növekedése között.

2.) Tudományosan igazolni tudtam a vegetációk és az intenzív róka gyérítés együttes hatását a mezei nyúl lokális állományalakulására

- Kimutattam, hogy a mezei nyúl populáció sűrűsége leginkább a róka gyérítés intenzitásától függ, amit a kedvező növényzet jelenléte megerősíthet.

- Több évig gyűjtött éjszakai reflektoros adat alapján a kimutattam, hogy az árvakelés, lucerna, repce, a tárcsázott területek és tarlók, illetve a gyepek fontos élőhelyek a nyúl számára. Kimutattam, hogy sokféle élőhelyet

használnak az állatok, az előfordulásuk többségében követi a növényzettípusok gyakoriságát.

3.) Elsőnek alkalmaztam GPS-GSM típusú telemetriás vizsgálatot hazánkban a fajjal, illetve vettem össze több otthonterület becslési módszert a gyűjtött adatokból

- Kimutattam, hogy hazánkban a szakirodalomban található 30-40 ha-os otthonterületéhez képest, az egyedek jóval nagyobb mozgásterületet használhatnak, a nőstények otthonterülete meghaladhatja a hímekét, ki tudtam mutatni területváltást.

- Kimutattam, hogy az általában használt 90%-os MKP becslési módszer kevésbé pontos, a 60%-os MKP, vagy a 90%-os KDE otthonterület becslés a valóságnak megfelelőbb adatokat tükrözi.

- Kimutattam, hogy a szegélyeket, illetve szegélyek közelében levő tábla részeket minőségtől függetlenül a nyulak intenzívebben használják, emiatt a jövőben az éjszakai reflektoros állománybecslés feldolgozási módszertanán finomítani kell, hogy elkerüljük a túlbecslést.

4.) Elsőként dolgoztunk ki módszereket a mezei nyulak szerveiben levő ZEA mennyiség meghatározásához. Ki tudtam mutatni a toxin jelenlétét mezei nyúl májából, veséjéből, bélsarából.

- Kimutattam, hogy nőstényeken belül a rendellenes ivarszervvel rendelkező egyedek vesezsír indexe magasabb.

- Kimutattam, hogy az E2 hormon mennyisége nő a szervek ZEA mennyiségével, ezáltal a ZEA-nak köze lehet a szaporodási rendellenességek kialakulásához.

- Szakirodalmi adatokkal ellentétben nem tudtam kimutatni szaporodási problémát igazoló kórokozó, vagy gyulladás jelenlétét a problémás méhekből, holott a méh nyálkahártya fala szemmel láthatóan meg volt vastagodva.

5.) Hazánkban először vettem össze az általánosan használt placentaheg számolási eljárást egy több lépcsős festési eljárással és ki tudtam mutatni

különbséget utóbbi javára. Ezért feltételezhetően a hazánkban közölt eddigi adatok alulbecslést mutatnak.

6.) Nagy elemszámú vizsgálattal azt tapasztaltam, hogy évektől függetlenül a vadászati időszakot megélt fiatalok közül azoknak az aránya alacsony, akik az év első negyedében és a nyár végén születtek. Több változós statisztikai modell segítségével kimutattam, hogy a szántók területe, illetve annak AKG-s részaránya kedvező hatással lehet a szaporulatra és a fiatalok túlélési arányára. A szántóterületek növekedése csökkentheti a rendellenes méhek gyakoriságát is. A zöld területek nem tudnak kifejteni pozitív hatást, ugyanakkor arányuk területenként meglehetően alacsony volt.

6. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK LISTÁJA

Megjelent, illetve közlésre elfogadott publikációk:

- Ujhegyi, N., Keller, N., Patkó, L., Biró, Z., Tóth, B., & Szemethy, L. (2021). Agri-environment schemes do not support brown hare populations due to inadequate scheme application. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 67(3), 263–288. (IF: 0,91)
- Szakács, Sz., Ujhegyi, N., & Biró, Z. (2020). A mezei nyúl populációbiológiai jellemzői a Jászságban. *Vadbiológia*, 20, 33-42
- Patkó L., Ujhegyi N., Szabó L., Péter F., Schally G., Tóth M., Lanszki J., Nagy Z., Szemethy L., Heltai M. (2016) Even a hair casts its shadow: Review and testing of noninvasive hair collecting methods of carnivore species. *North-Western Journal of Zoology*, 12, 130–140. (IF: 0,87)
- Patkó L., Ujhegyi N., Heltai M. (2016) More hair than wit: A review on carnivore related hair collecting methods. *Acta Zoologica Bulgarica*, 68, 5–13. (IF: 0,53)
- Ujhegyi, N., Biró, Z., Molnár, Z., Keller, N., Patkó, L., Tóth, B., Kovács, I., & Szemethy, L. (2015). Az agrár-környezetgazdálkodási program hatása a mezei nyúlra (*Lepus Europaeus*) Békés megyében. *Tudomány És Innováció a Lokális És Globális Fejlődésért*, 65–74.
- Ujhegyi, N., Biró, Z., Patkó, L., & Keller, N. (2015). Élőhelyfejlesztés és ragadozógazdálkodás hatása a mezei nyúl (*Lepus europaeus*) populációdinamikájára. *Természetvédelmi Közlemények*, 21(1), 362–372.
- Szemethy, L., Keller, N., Ujhegyi, N., Csányi, S., Kovács, I., Patkó, L., Schally, G., Tóth, B., & Biró, Z. (2015). Az apróvad, mint az agrár-környezetgazdálkodási programok hatásindikátora– módszertani áttekintés. *Tájökológiai Lapok*, 13(1), 9–17.

Ismeretterjesztő közlemények:

- Keller, N., Biró, Z., Szemethy, L., Farsang, Z., Ujhegyi, N., & Csányi, S. (2019). A mezei nyúl területhasználata újabb adatok tükrében. In L. Dr. Jámbor (Ed.), *Vadászévkönyv* (pp. 43–50). Dénes Natur Műhely.
- Szemethy, L., Ujhegyi, N., Keller, N., & Biró, Z. (2018, February). A mezeinyúl-gazdálkodás fejlesztésének lehetőségei a kutatások tükrében. *Nimród Vadászújság*, 4–8.
- Szemethy, L., Biró, Z., Heltai, M., Patkó, L., Schally, G., Szabó, L., & Ujhegyi, N. (2014). Nyúl viszi a... sást. Vadászok a parlagi sasért. In J. Pechtol (Ed.), *Vadászévkönyv* (Issue 1, pp. 74–82). Dénes Natur Műhely.

Hazai és külföldi konferencia előadások:

Nemzetközi konferencia:

- Szőke, Z., Szemethy, D., Ujhegyi, N., Peer, G., Lakatos, I., Vörös-Láczó, E. & Szemethy, L. (2020): Mycotoxins in animal feed and the forage of wild herbivores: adverse physiological effects and implications of climate change. 17th International Scientific Days Online Conference, Gyöngyös. (presentation)
- Keller N., Ujhegyi N., Biró Zs., Szemethy L., Farsang Zs. 2018. Haibat-use of the brown hare (*Lepus europaeus*) in an agricultural environment. In. Modern Aspects of Sustainable Management of Game Populations: 6th International Wildlife and Game Management Symposium, Sofia. (presentation)
- Keller N., Ujhegyi N., Biró Zs., Báthory Gy., Szemethy L. 2018. Home range of the brown hare (*Lepus europaeus*) in an agricultural environment. In. 16th Wellmann International Scientific Conference, Hódmezővásárhely. (presentation)
- Keller N., Ujhegyi N., Patkó L., Szemethy L., Biró Zs. 2016. Bioindicators and methods of the small-scaled survey of an agri-environmental scheme in Hungary: Survey of an agri-environmental scheme In: Student Conference on Conservation Science, Cambridge. (poster)
- Ujhegyi N., Biró Zs., Patkó L., Keller N., Tóth B., Kovács I., Szemethy L. 2015. Analysis of the impact on the brown hare (*Lepus europaeus*) population in Hungarian AES In. SCCS Hungary. (poster)
- Ujhegyi N., Biró Zs., Patkó L., Keller N., Tóth B., Kovács I., Schally G., Csányi S., Szemethy L. 2015. Brown hare as an indicator species for Agri-environmental programs in Hungary. 27th ICCB- 4th ECCB, Montpellier. (poster)
- Keller N., Ujhegyi N., Szemethy L. 2014. The connection between the agri-environmental schemes and the small game population in Hungary – preliminary study. In. "II. Sustainable development in the Carpathian Basin", Budapest. (presentation)

Hazai konferencia:

- Ujhegyi N., Katona K., Keller N., Biró Zs. 2019. A mezei nyúl (*Lepus europaeus*) rejtőzködési és menekülési viselkedése emberi zavarás hatására agrártájban. XXI. Magyar Etológiai Társaság Konferenciája, Mátrafüred. (előadás)
- Ujhegyi N., Biró Zs., Bókony V., Keller N., Patkó L., Szemethy L. 2018. A mezei nyúl (*Lepus europaeus*) demográfiai vizsgálata a mezőgazdasági tájhasználat függvényében. XX. Magyar Etológiai Társaság Konferenciája, Kolozsvár. (előadás)
- Ujhegyi N., Patkó L., Keller N., Farsang Zs., Biró Zs., Szemethy L. 2017. A mezei nyúl mozgáskörzetének és szegélypreferenciájának vizsgálata mezőgazdasági területen. XIX. Magyar Etológiai Társaság Konferenciája, Dobogókő. (előadás)

- Keller N., Ujhegyi N., Biró Zs., Patkó L., Schally G., Szemethy L. 2016. Az Agrár-környezetgazdálkodási Támogatási Rendszer (AKG) vadgazdálkodási szempontú értékelése: a fejlesztés lehetőségei. X. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia, Mórahalom. (előadás)
- Ujhegyi N., Biró Zs., Molnár Z., Keller N., Patkó L., Szemethy L. 2016. Az agrárélőhelyek fejlesztési- és kezelési lehetőségeinek bemutatása a mezei nyúl (*Lepus europaeus*) példáján. X. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia, Mórahalom. (előadás)
- Ujhegyi N., Biró Zs., Patkó L., Keller N., Tóth B., Kovács I., Szemethy L. 2015. Az intenzív ragadozógyérítés hatása a mezei nyúl és a fácán állományára. 10. Magyar Ökológus Kongresszus, Veszprém. (előadás)
- Szemethy L., Biró Zs., Ujhegyi N., Keller N., Tóth B., Kovács I., Patkó L., Schally G. 2015. Az AKG program apróvad állományra gyakorolt hatásának elemzése. 10. Magyar Ökológus Kongresszus, Veszprém. (előadás)
- Ujhegyi N., Biró Zs., Szemethy L. 2014. Az élőhelyfejlesztés és ragadozógazdálkodás hatása a mezei nyúl populációdinamikájára. IX. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia, Szeged. (előadás)

7. FELHASZNÁLT IRODALOMJEGYZÉK

- Andersen, J., Jensen, B., 1972. The Weight of the Eye Lens in the European Hares of Known Age. *Acta Theriol (Warsz)* XVII., 87–92.
- Báldi, A., Faragó, S., 2007. Long-term changes of farmland game populations in a post-socialist country (Hungary). *Agric Ecosyst Environ* 118, 307–311.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.05.021>
- Bensinger, S., 2002. Untersuchungen zur Reproduktionsleistung von Feldhäsinnen (*Lepus europaeus* PALLAS, 1778), gleichzeitig ein Beitrag zur Ursachenfindung des Populationsrückganges dieser Wildtierart. Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität, Leipzig.
- Bensinger, V.S., Kugelschafter, K., Eskens, U., Sobiraj, A., 2000. Untersuchungen zur jährlichen Reproduktionsleistung von weiblichen Feldhasen (*Lepus europaeus* PALLAS, 1778) in Deutschland. *Z. Jagdwiss* 46, 73–83.
- Beukovic, D., Popovic, Z., Beuković, M., Bursić, V., Đorđević, N., Krstović, S., Jajić, I., Lavadinović, V., 2018. The pesticide in brown hare adipose tissue as consequence of anthropogenetic factors, in: *International Symposium on Animal Science (ISAS)*. pp. 69–74.
- Beuković, D., Vukadinović, M., Krstović, S., Polovinski-Horvatović, M., Jajić, I., Popović, Z., Lavadinović, V., Beuković, M., 2022. The European Hare (*Lepus europaeus*) as a Biomonitor of Lead (Pb) and Cadmium (Cd) Occurrence in the Agro Biotope of Vojvodina, Serbia. *Animals* 12.
<https://doi.org/10.3390/ani12101249>
- Beuković, M., Beuković, D., Popović, Z., Dorđević, N., Dorđević, M., 2013. Impact of climatic factors to the percentage of young in the population of brown hare (*Lepus Europaeus* P) in the Bačka district. *Acta Vet Brno* 63, 111–122.
<https://doi.org/10.2298/AVB1301111B>

- Biró, Z., Roszik, Á., Rízmajer, P., 2009. Az élőhelyvesztés szerepe a mezei nyúl (*Lepus europaeus* Pallas 1778) állomány csökkenésében Magyarországon. Természetvédelmi Közlemények 15, 35–45.
- Biró, Z., Szemethy, L., Heltai, M., Csányi, S., Szabó, L., Patkó, L., Ujhegyi, N., 2013. Az apróvad állomány és a ragadozógazdálkodás helyzete Magyarországon. Gödöllő.
- Bray, Y., Devillard, S., Marboutin, E., Mauvy, B., Péroux, R., 2007. Natal dispersal of European hare in France. *J Zool* 273, 426–434. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2007.00348.x>
- Bray, Y., Marboutin, É., Péroux, R., Ferron, J., 2003. Reliability of stained placental-scarcounts in European hares. *Wildl Soc Bull* 31, 237–246. <https://doi.org/10.2307/3784379>
- Broekhuizen, S., Maaskamp, F., 1981. Annual production of young in European hares (*Lepus europaeus*) in the Netherlands. *Journal of Zoology, London* 193, 499–516.
- Concepción, E.D., Aneva, I., Jay, M., Lukanov, S., Marsden, K., Moreno, G., Oppermann, R., Pardo, A., Piskol, S., Rolo, V., Schraml, A., Díaz, M., 2020. Optimizing biodiversity gain of European agriculture through regional targeting and adaptive management of conservation tools. *Biol Conserv* 241, 108384. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108384>
- Csányi, S., Márton, M., Major, F.C., Schally, G., 2021. Vadgazdálkodási adattár. Országos Vadgazdálkodási Adattár, Gödöllő.
- Dávid, J., 2001. A Kovács-Heltay féle állomány hasznosítási modell vizsgálata a biharkeresztesi Petőfi Vadásztársaság területén. Szent István Egyetem, Gödöllő.
- Deák, G., Katona, K., Biró, Z., 2021. Exploring the use of a carcass detection dog to assess mowing mortality in Hungary. *J Vertebr Biol* 69. <https://doi.org/10.25225/jvb.20089>
- Edwards, P.J., Fletcher, M.R., Berny, P., 2000. Review of the factors affecting the decline of the European brown hare, *Lepus europaeus* (Pallas; 1778) and the use of wildlife incident data to evaluate the significance of paraquat. *Agric Ecosyst Environ* 79, 95–103. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00153-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00153-X)
- Farkas, P., 2021. A mezei nyúl (*Lepus europaeus* P. 1778) populációdinamikáját meghatározó és az azokat befolyásoló egyes paraméterek vizsgálata.
- Fourcade, Y., Besnard, A.G., Beslot, E., Hennique, S., Mourgaud, G., Berdin, G., Secondi, J., 2018. Habitat selection in a dynamic seasonal environment: Vegetation composition drives the choice of the breeding habitat for the community of passerines in floodplain grasslands. *Biol Conserv* 228, 301–309. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.11.007>
- Fox, J., Weisberg, S., 2018. Time-Series Regression and Generalized Least Squares in R*.
- Frate, 2022. Home Range Analysis By Kernel Density Estimation [WWW Document]. QGIS Model. URL <https://plugins.qgis.org/models/19/> (accessed 9.7.22).
- Frylestam, B., 1980. Reproduction in the European hare in southern Sweden. *Holarctic Ecology* 3, 74–80.
- Gallego, J., Peedell, S., 2001. Using CORINE Land Cover to map population density, Topic report 6/2001. Copenhagen.
- Gromadzka, K., Waskiewicz, A., Chelkowski, J., Golinski, P., 2008. Zearalenone and its metabolites: occurrence, detection, toxicity and guidelines. *World Mycotoxin J* 1, 209–220.
- Hansen, K., 1992. Reproduction in European hare in a Danish farmland. *Acta Theriol (Warsz)* 37, 27–40.

- Heltai, M., 2016. Ragadozóemlős-fajok monitorozási módszereinek fejlesztése, és a tudatos ragadozó-gazdálkodás megalapozása az aranybakál, az eurázsiai borz és a vörös róka esetében. Gödöllő.
- Jennings, N., Smith, R.K., Hackländer, K., Harris, S., White, P.C.L., 2006. Variation in demography, condition and dietary quality of hares *Lepus europaeus* from high-density and low-density populations. *Wildlife Biol* 12, 179–189. [https://doi.org/10.2981/0909-6396\(2006\)12](https://doi.org/10.2981/0909-6396(2006)12)
- Karp, D., Gehr, B., 2020. Bad hare day: Very low survival rate in brown hare leverets. *Wildlife Biol*. <https://doi.org/10.2981/wlb.00645>
- Kleijn, D., Sutherland, W.J., 2003. How effective are European agri-environment schemes in conserving and promoting biodiversity? *Journal of Applied Ecology* 40, 947–969. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2003.00868.x>
- Kovács, G., 1994. A mezeinyúl - gazdálkodás populációökológiai alapjai.
- Kovács, G., Heltay, I., 1993. A mezei nyúl, Mezőgazda. ed. Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó Kft., Budapest.
- Lioy, S., Braghiroli, S., Dematteis, A., Meneguz, P.G., Tizzani, P., 2015. Faecal pellet count method: some evaluations of dropping detectability for *Capreolus capreolus* Linnaeus, 1758 (Mammalia: Cervidae), *Cervus elaphus* Linnaeus, 1758 (Mammalia: Cervidae) and *Lepus europaeus* Pallas, 1778 (Mammalia: Leporidae). *Italian Journal of Zoology* 82, 231–237. <https://doi.org/10.1080/11250003.2014.963178>
- Marshall, E.J.P., West, T.M., Kleijn, D., 2006. Impacts of an agri-environment field margin prescription on the flora and fauna of arable farmland in different landscapes. *Agric Ecosyst Environ* 113, 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.08.036>
- Mayer, M., Ullmann, W., Sunde, P., Fischer, C., Blaum, N., 2018. Habitat selection by the European hare in arable landscapes: The importance of small-scale habitat structure for conservation. *Ecol Evol* 8, 11619–11633. <https://doi.org/10.1002/ece3.4613>
- Nilsen, E.B., Pedersen, S., Linnell, J.D.C., 2008. Can minimum convex polygon home ranges be used to draw biologically meaningful conclusions? *Ecol Res*. <https://doi.org/10.1007/s11284-007-0421-9>
- Olesen, C.R., Asferg, T., 2006. Assessing potential causes for the population decline of European brown hare in the agricultural landscape of Europe - a review of the current knowledge, National Environmental Research Institute, Technical Report.
- Panek, M., 2018. Habitat factors associated with the decline in brown hare abundance in Poland in the beginning of the 21st century. *Ecol Indic* 85, 915–920. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.11.036>
- Paterson, R.R.M., Lima, N., 2011. Further mycotoxin effects from climate change. *Food Research International*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.038>
- Pavliška, P.L., Riegert, J., Grill, S., Šálek, M., 2018. The effect of landscape heterogeneity on population density and habitat preferences of the European hare (*Lepus europaeus*) in contrasting farmlands. *Mammalian Biology* 88, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2017.11.003>
- Pelorusso, R., Boccia, L., Amici, A., 2008. Simulating Brown hare (*Lepus europaeus* Pallas) dispersion: A tool for wildlife management of wide areas. *Ital J Anim Sci* 7, 335–350. <https://doi.org/10.4081/ijas.2008.335>
- Popovic, Z., Beukovic, D., Beuković, M., 2015. Age structure determination of brown hare populations (*Lepus europaeus* Pall.) in 2014 year under management in different habitats, in: International Symposium on Animal Science (ISAS) 2015

- and 19th International Congress on Biotechnology in Animal Reproduction (ICBAR). Novi Sad, Serbia, pp. 266–274.
- QGIS Development Team, 2017. QGIS Geographic Information System.
- Reichlin, T., Klansek, E., Hackländer, K., 2006. Diet selection by hares (*Lepus europaeus*) in arable land and its implications for habitat management. *Eur J Wildl Res* 52, 109–118. <https://doi.org/10.1007/s10344-005-0013-3>
- Reynolds, J.C., Stoate, C., Brockless, M.H., Aebischer, N.J., Tapper, S.C., 2010. The consequences of predator control for brown hares (*Lepus europaeus*) on UK farmland. *Eur J Wildl Res* 56, 541–549. <https://doi.org/10.1007/s10344-009-0355-3>
- Ristic, Z.A., Urosevic, M.I., Ristic, N.Z., Matejevic, M., Ponjiger, I., Kovacevic, M., Cirovic, P., Prodanović, A., 2020. Planned and rational management of the brown hare (*Lepus europaeus* Pallas, 1778) population in Vojvodina region (Serbia) for the past 50 years (1967–2016). *Balkan Journal of Wildlife Research* 5. <https://doi.org/10.15679/bjwr.v5i1.78>
- Rödel, H.G., Dekker, J.J.A., 2012. Influence of weather factors on population dynamics of two lagomorph species based on hunting bag records. *Eur J Wildl Res* 58, 923–932. <https://doi.org/10.1007/s10344-012-0635-1>
- Schai-Braun, S.C., Lapin, K., Bernhardt, K.G., Alves, P.C., Hackländer, K., 2020a. Effect of landscape type, elevation, vegetation period, and taxonomic plant identification level on diet preferences of Alpine mountain hares (*Lepus timidus varronis*). *Eur J Wildl Res* 66. <https://doi.org/10.1007/s10344-020-01398-7>
- Schai-Braun, S.C., Reichlin, T.S., Ruf, T., Klansek, E., Tataruch, F., Arnold, W., Hackländer, K., 2015. The European hare (*Lepus europaeus*): A picky herbivore searching for plant parts rich in fat. *PLoS One* 10, 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134278>
- Schai-Braun, S.C., Ruf, T., Klansek, E., Arnold, W., Hackländer, K., 2020b. Positive effects of set-asides on European hare (*Lepus europaeus*) populations: Leverets benefit from an enhanced survival rate. *Biol Conserv* 244. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108518>
- Schai-Braun, S.C., Weber, D., Hackländer, K., 2013. Spring and autumn habitat preferences of active European hares (*Lepus europaeus*) in an agricultural area with low hare density. *Eur J Wildl Res* 59, 387–397. <https://doi.org/10.1007/s10344-012-0684-5>
- Slamecka, J., Capcarova, M., Jurcik, R., Sladeczek, T., Argente, M.J.C., Gren, A., Massanyi, P., 2017. Seasonal, age and sex fluctuations in aflatoxin B1 content in the liver and kidney of brown hares (*Lepus europaeus* Pall). *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng* 52, 466–470. <https://doi.org/10.1080/10934529.2016.1271671>
- Slamečka, J., Jurčík, R., Mertin, Rajský, M., 2014. Reproductive parameters of farmed brown hare (*Lepus Europaeus*) for restocking purposes. *Balkan Journal of Wildlife Research* 26, 26–33. <https://doi.org/10.15679/bjwr.v1i1.14>
- Smith, R.K., Jennings, N.V., Harris, S., 2005. A quantitative analysis of the abundance and demography of European hares *Lepus europaeus* in relation to habitat type, intensity of agriculture and climate. *Mamm Rev* 35, 1–24. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.2005.00057.x>
- Stankevičiūtė, J., Pėtelis, K., Baranauskaitė, J., Narauskaitė, G., 2011. Comparison of two age determination methods of the European Hares (*Lepus europaeus* Pallas, 1778) in southwest Lithuania. *Acta biologica universitatis Daugavpiliensis* 11, 22–28.

- Stott, P., Harris, S., 2006. Demographics of the European hare (*Lepus europaeus*) in the Mediterranean climate zone of Australia. *Mammalian Biology* 71, 214–226.
<https://doi.org/10.1016/j.mambio.2006.02.009>
- Suchentrunk, F., Willing, R., Hartl, G.B., 1991. On eye lens weights and other age criteria of the Brown hare (*Lepus europaeus* Pallas, 1778). *Z. Säugetierkunde* 56, 365–374.
- Thompson, W.L., White, G.C., Gowan, C., 1998. Ch10 Mammals, in: *Monitoring Vertebrate Populations*. Academic Press, pp. 301–322.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-688960-4.50010-1>
- Tóth, B., Bleier, N., Schally, G., Lehoczki, R., Csányi, S., 2014. Otthonterület-becslési módszerek összehasonlítása az őz (*Capreolus capreolus*) területhasználatának elemzésében. *Vadbiológia* 16, 51–62.
- Tsokana, C.N., Sokos, C., Giannakopoulos, A., Birtsas, P., Valiakos, G., Spyrou, V., Athanasiou, L. V., Rodi Burriel, A., Billinis, C., 2020. European Brown hare (*Lepus europaeus*) as a source of emerging and re-emerging pathogens of Public Health importance: A review. *Vet Med Sci*. <https://doi.org/10.1002/vms3.248>
- Viviano, A., Mori, E., Fattorini, N., Mazza, G., Lazzeri, L., Panichi, A., Strianese, L., Mohamed, W.F., 2021. Spatiotemporal overlap between the european brown hare and its potential predators and competitors. *Animals* 11, 1–11.
<https://doi.org/10.3390/ani11020562>
- Zaccaroni, M., Biliotti, N., Buccianti, A., Calieri, S., Ferretti, M., Genghini, M., Riga, F., Trocchi, V., Dessì-Fulgheri, F., 2013. Winter locomotor activity patterns of European hares (*Lepus europaeus*). *Mammalian Biology* 78, 482–485.
<https://doi.org/10.1016/j.mambio.2013.07.001>