

XXXVII. Országos Tudományos Diákköri Konferencia

**Három regionális gyöngybagoly (*Tyto alba*) populáció
táplálkozásának összehasonlító elemzése**

Szerző:

Hajdu Sarolta

Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Biológiai Intézet, Ökológiai Tanszék

Biológia BSc III. évfolyam

Témavezetők:

Dr. Horváth Győző

egyetemi docens

és

Horváth Adrienn

egyetemi tanársegéd

Pécsi Tudományegyetem

Természettudományi Kar, Biológiai Intézet, Ökológiai Tanszék

Szeged

2025. április 15-17.

Tartalom

1. Bevezetés	1
2. Célkitűzés.....	3
3. Anyag és módszer.....	3
3.1. Mintagyűjtés és feldolgozás	3
3.2. Statisztikai módszerek.....	5
4. Eredmények.....	7
4.1. A régiók táplálék-összetételének összehasonlítása.....	7
4.2 A régiók gyöngybagoly állományára jellemző táplálék-összetétel többváltozós elemzése	15
4.3 A gyöngybagoly állományok trofikus nichének összehasonlítása	19
5. Diskusszió.....	20
6. Köszönetnyilvánítás	23
7. Irodalomjegyzék.....	23

1. Bevezetés

A gyöngybagoly (*Tyto alba* Scopoli, 1769) éjszaka aktív csúcsragadozó. Kozmopolita faj, az Antarktisz kivételével minden kontinensen megtalálható (Bunn *et al.* 1982, Taylor 2004, Roulin 2020). Magyarországon fokozottan védett faj, eszmei értéke 100.000 Ft. Nyílt élőhelyeken vadászik, táplálékát elsősorban mezőgazdasági területeken és erdőszegélyekben keresi; az ember közelségéhez jól alkalmazkodott, gyakran költ elhagyatott épületekben, templomtornyokban, padlásokon (Taylor 2004, Roulin 2002, Charter *et al.* 2009, Hindmarch *et al.* 2012, Kross 2016). E ragadozómadár fő táplálékbázisát elsősorban éjszakai aktivitású, terresztris kisemlősök képezik (Kopij 2012, Viganó *et al.* 2020), amelyeket szelektíven fogyaszt, azok egyedsűrűségének függvényében (Dickman *et al.* 1991, Torres *et al.* 2005). Intenzív zavarás alatt álló élőhelyeken a gyöngybagoly nagyobb arányban fogyaszt antropogén környezethez kötődő kisemlős fajokat (pl. patkányokat, házi egeret) (Saufi *et al.* 2020), illetve behurcolt és invazív fajokat (Rasoma & Goodman 2007, Teta *et al.* 2012). Emellett más zsákmányállatokat is fogyaszt, például egyéb emlősöket, madarakat, kételtűeket és ritkán rovarokat is. A táj szerkezete, a környezeti, földrajzi tényezőkkel együtt gyakran befolyásolja a kisemlősök megoszlását és gyakoriságát (Delibes 1985, Real *et al.* 2003). A táj szerkezetének különbségeit és a tájhasználatot számos tanulmány vizsgálta a gyöngybagoly köpetanalízis alapján (Askew *et al.* 2007, Torre *et al.* 2015, Horváth *et al.* 2022). Ezen kívül a kisemlősök elterjedési és előfordulási viszonyainak elemzése fontos az éghajlatváltozás szempontjából, mert kulcsfontosságú szerepük van a szárazföldi ökoszisztémában (Fernandez 2001). A zsákmánydenzitás mellett fontos tényező a zsákmány hozzáférhetősége és annak keresésére szánt idő is (Wakeley 1978, Baker & Brooks 1981, Dickman *et al.* 1991, Arlettaz *et al.* 2010). Ezek a tényezők meghatározzák a gyöngybagoly jellemző zsákmányolási stratégiáját, a III. típusú funkcionális választ és a switching mechanizmusát (Gendron 1987). Ez azt jelenti, hogy a nagy sűrűségben előforduló zsákmányfaj vadászatát és fogyasztását részesíti előnyben egészen addig, míg az megfelelően nagy számban elérhető. Azonban ha számuk lecsökken, a gyöngybagoly áttérhet más alternatív zsákmányfajok vadászatára (switching), ennek következtében a táplálék-összetételben az alternatív zsákmányfajok jelennek meg nagyobb arányban, míg a fő zsákmány fogyasztása kisebb mértékű. A táplálék-összetételben jelen lévő kisemlősök rendkívül magas aránya miatt a köpetvizsgálat, mint módszer alkalmas arra, hogy értékeljük egy adott terület kisemlős összetételét, a fajgyakorisági viszonyokat, valamint hosszú távú adatsorok alapján az adott területre jellemző kisemlős taxonok abundancia változásának

trendjét (Love *et al.* 2000, Szpunar *et al.* 2008, Massa *et al.* 2014, Torre *et al.* 2015, Milana *et al.* 2018, Vigués *et al.* 2018,). Közép-Európában a kisemlősök közül a legfőbb zsákmányt a mezei pocok (*Microtus arvalis*) jelenti. Számos kutatás talált negatív korrelációt a mezei pocok előfordulása és a gyöngybagoly niche szélessége között (Marti 2010, Hindmarch & Elliott 2015, Milchev 2015, Horváth *et al.* 2018). Ez azt jelenti, hogy nagyarányú pocokfogyasztás esetén a niche szélesség kicsi, ellenben ha a pocokfogyasztás csökken, a niche szélesség növekedni kezd, mivel az alternatív préda fogyasztására vált át, ezzel kompenzálva a fő préda alacsony elérhetőségét.

A gyöngybaglyokon végzett trofikus ökológiai kutatások kimutatták, hogy e faj táplálék niche szélessége nagyban függ az élőhely felépítésétől (de la Peña *et al.* 2003, Milchev 2015, 2022, Horváth *et al.* 2018), valamint hatással van rá a kisemlősközöségek összetétele, a fluktuációja és sűrűsége, különösképpen a mezőgazdasági kártevő rágcsálók (Kross *et al.* 2016), mint például a *Microtus* fajok (Marti 1988, Taylor 2004, Petrovici *et al.* 2013, Purger 2014, Hindmarch & Elliott 2015). Európa füves élőhelyein és mezőgazdasági területein a mezei pocok (*Microtus arvalis*) a gyöngybagoly fő prédája, aminél jellegzetes többéves (nagyjából 3-5 éves) fluktuációs körforgás figyelhető meg a mezőgazdasági területeken (Tkadlec & Stenseth 2001, Cornulier *et al.* 2013, Jacob *et al.* 2014, 2020). A rágcsálók elérhetősége szignifikánsan meghatározza a gyöngybagoly táplálkozási szokását és trofikus niche mintázatát (Bernard *et al.* 2010, Szűcs *et al.* 2014, Milchev 2015, Veselovský *et al.* 2017, Horváth *et al.* 2018). Számos tanulmány kimutatta már a bagoly költési sikere és a mezei pocok elérhetősége, valamint létszámváltozása közötti összefüggést (Klok & de Roos 2007, Bernard *et al.* 2010, Pavlůvčík *et al.* 2015). Horváth és munkatársainak (2020) korábbi tanulmánya már bizonyította, hogy a gyöngybagoly fészekalj méretét alapvetően a mezei pocok, mint fő préda, elérhetősége és fogyasztási rátája határozza meg, valamint megerősítette az egérfélék (*Apodemus* spp., Muridae) zsákmány-összetételben megjelenő alternatív szerepét. Ezek a kutatások rámutattak, hogy a pocok elérhetősége és fluktuációja szignifikánsan meghatározzák a táplálékforrások kihasználását, ezáltal a baglyok niche paramétereit.

A relatív fontossági index (Index of Relative Importance - IRI) használata ragadozómadarak táplálkozásának értékelésére viszonylag újkeletű. Az IRI-t Pinkas és munkatársai (1971) fejlesztették ki a halak gyomortartalmának pontosabb reprezentálására, az abban található különböző táplálékelemek viszonyának jobb kifejezésére, amely a különböző területek táplálékkínálatának eredményesebb összehasonlítását és rangsorolását tette lehetővé. Az ezredfordulóig nagyrészt csak halászati kutatásokban fordult elő, azonban a 2000-es évektől az index, mint kiegészítő elemzés alkalmazása más állatfajok esetében is elterjedté vált. Hart

és munkatársai (2002) egy emlős-, két madár- és két gekkófaj táplálék-összetételének vizsgálatán keresztül szemléltette az index széles körű alkalmazhatóságát. Ragadozómadarak és baglyok esetében is egyre elterjedtebbé vált az IRI használata, egyrészt adott faj táplálék-összetételének vizsgálatában (Marti *et al.* 2007, Rooney *et al.* 2013, Leach *et al.* 2015, Saada *et al.* 2024), másrészt az egyes fajok táplálék-fogyasztásának összehasonlító elemzésében (Petrovici *et al.* 2013, Anwar *et al.* 2021), de annak szisztematikus összehasonlítását a hagyományos indexekkel még ne tették meg.

Jelen dolgozatban ezen index használhatóságát vizsgáljuk három különböző földrajzi régió lokális gyöngybagoly állomány táplálék-fogyasztásának összehasonlításában.

2. Célkitűzés

Jelen dolgozat célkitűzése, hogy a táplálkozás-ökológiában ritkán alkalmazott komplex index, a relatív fontossági index (IRI) használhatóságát elemezzük három dunántúli régió gyöngybagoly állomány köpeteinek vizsgálata alapján, összevetve azt a hagyományos táplálkozás-ökológiai indexek eredményével.

Célkitűzéseink alapján kérdéseink a következők voltak:

- A relatív fontossági index, mint komplex index mennyiben ad más információt a baglyok táplálékfogyasztásáról a hagyományos táplálkozás-ökológiai indexekhez (pl. relatív abundancia arány, biomassa arány) viszonyítva?
- Adott régióon belül találhatóak-e specializált költőpárok, ill. a populációk között van-e eltérés, és ha igen, mekkora mértékű az eltérés?

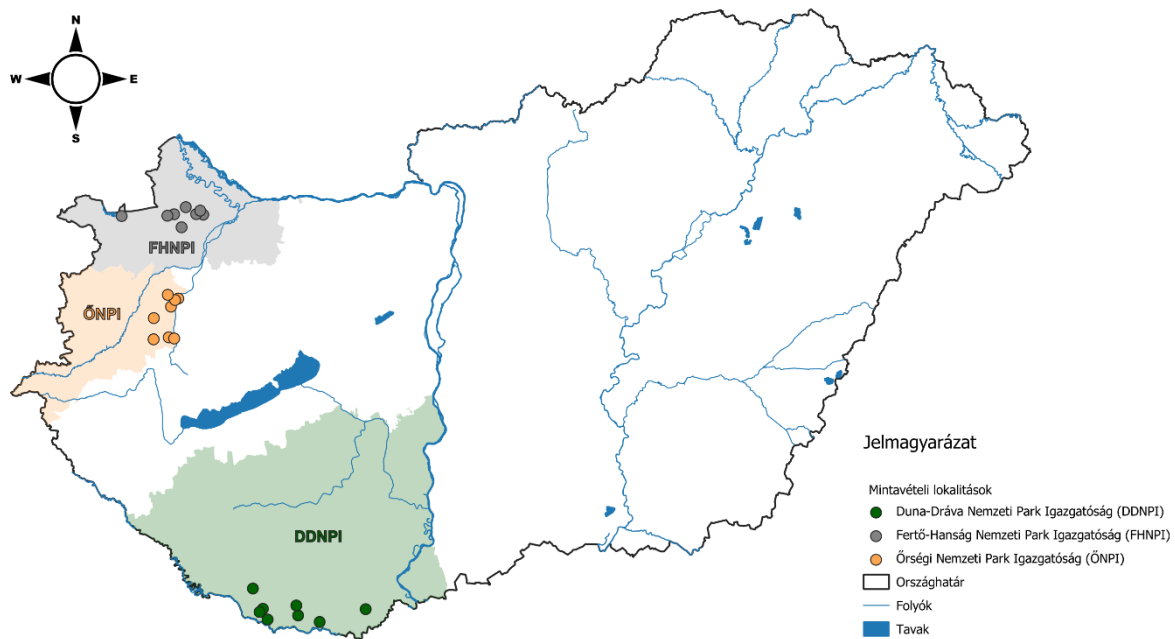
3. Anyag és módszer

3.1. Mintagyűjtés és feldolgozás

Jelen dolgozatban a 2020-2022-es időszakban gyűjtött köpetminták alapján hasonlítottuk össze a gyöngybaglyok táplálék-összetételét. A minták három régióból, nevezetesen a Duna-Dráva (DDNP), Fertő-Hanság (FHNP) és az Őrségi Nemzeti Park (ÖNP) területéről származnak, mindhárom régióban random módszerrel választottunk ki 8-8 költőpárt (**1. ábra**).

A köpetmintákat száraz módszerrel dolgoztuk fel, ami azt jelenti, hogy a köpeteket szárazon, kézzel szedtük szét, kiválogatva a csontokat és egyéb taxonómiai határozásra alkalmas maradványokat. Minden esetben törekedtünk a lehető legalacsonyabb taxonómiai szintig történő határozásra. A gyöngybaglyok táplálékának legnagyobb hányadát kisemlősök

teszik ki, melyek esetében a legfontosabb határozó bélyegeket a koponya morfológiai tulajdonságai és a fogak paraméterei jelentik (März 1972, Schmidt 1967, Yalden 1977, Yalden & Morris 1990, Ujhelyi 1994). A két, Magyarországon előforduló vízcickányfajt, a közönséges vízcickány (*Neomys fodiens* Pennant, 1771) és a Miller-vízcickány (*Neomys anomalus* Cabrera, 1907) alsó állkapcsuk koronanyúlványának magassága alapján különítettük el. A fajra nem meghatározható példányokat a vízcickányok (*Neomys* spp.) genusba soroltuk.



1. ábra: A vizsgálatba bevont három nemzeti park területén gyűjtött gyöngybagoly köpetminták lokalitásának (települések) tematikus térképe

A *Crocidura* fajokat, nevezetesen a mezei cickányt (*Crocidura leucodon* Hermann, 1780) és a keleti cickányt (*Crocidura suaveolens* Pallas, 1811) koponyaméret alapján különítettük el. A *Sorex* genusba tartozó fajokat, az erdei cickányt (*Sorex araneus* Linnaeus, 1758) és a törpecickányt (*Sorex minutus* Linnaeus, 1766) szintén koponyaméret alapján különböztettük meg. Az *Apodemus* genus fajai közül csak a pirók erdeieger (*Apodemus agrarius* Pallas, 1771) különíthető el könnyen fajszerint a többi erdeieger fajtól a szemgödör feletti perem, valamint az alsó állkapocs első zápfogának mintázata alapján. Az *Apodemus* nemzetségbe tartozó további három fajt, mint a sárganyakú erdeiegeret (*Apodemus flavicollis* Melchior, 1834), a közönséges erdeiegeret (*Apodemus sylvaticus* Linnaeus, 1758), valamint a kislábú erdeiegeret (*Apodemus uralensis* Kratochvil & Rosicky, 1952) erdeieger taxoncsoporthoz (*Apodemus* spp.) néven foglaltunk össze. Amennyiben a csontmaradványok alapján a faj vagy taxoncsoporthoz szintű meghatározás nem volt lehetséges, az '*Apodemus* indet.' megnevezést alkalmaztunk. Az igazi egerek (*Mus* genus) közül Magyarországon két faj fordul elő, a házi egér (*Mus musculus*

Linnaeus, 1758) és a güzüegér (*Mus spicilegus* Petényi, 1882). Ezek meghatározása a zygomatikus ív szélességének alapján történik (Macholán 1996, Cserkész *et al.* 2008). Ha a koponya állapota miatt a pontos meghatározás nem volt lehetséges, genus szintet (*Mus* spp.) adtuk meg.

A pocokfajokat (Arvicolinae) az alsó első, valamint a felső második zápfog zománcbordáinak száma és paraméterei alapján határoztuk meg. A mezei pocok (*Microtus arvalis* Pallas, 1778), illetve a csaltjáró pocok (*Microtus agrestis* Linnaeus, 1761) alsó fogzatban a zománcbordák formája és száma megegyezik, így ezeket a fajokat a felső fogsor második zápfogának bordaszáma alapján különítettük el egymástól.

3.2. Statisztikai módszerek

A vizsgálatba bevont minták esetében csak a köpetekből származó adatokat használtuk fel a statisztikai elemzés során, a törmelékes anyagból származó adatokat nem vettük figyelembe. A táplálék-összetétel 99,13%-át kisemlősök tették ki, így alapadatokként a kisemlős fajok, illetve taxonok egyedszám értékeit vettük figyelembe (N). Az egyedszám mellett meghatároztuk az egyes zsákmánytaxonok köpetenkénti előfordulását (F) és biomasszáját (B), ez utóbbit az átlagos testtömeg és egyedszám szorzata alapján számítottuk ki. Mindhárom paraméter esetében kiszámítottuk ezek relatív értékét (relatív abundancia - $N\%$, relatív frekvencia - $F\%$, relatív biomassa - $B\%$), majd az alábbi képlet szerint ezekből az értékekből kiszámoltuk a relatív fontossági indexet (Index of Relative Importance, Pinkas *et al.* 1971):

$$IRI_i = (N_i + B_i)F_i$$

ahol N_i az adott fajra számított relatív abundancia, B_i a relatív biomassa, valamint F_i a relatív frekvencia. Az IRI esetében is kiszámítottuk a relatív (százalékos) értéket ($IRI\%$).

A gyöngybagoly táplálék-összetételének különbözőségét Bray-Curtis hasonlósági index számításán alapuló többváltozós permutációs varianciaanalízis (PERMANOVA) alkalmazásával teszteltük (permutációk száma: 9999) (McArdle & Anderson 2001, Anderson 2017) a 'vegan' csomag `adonis2()` függvényével (Oksanen *et al.* 2018). Mivel a minták három különböző évből (2020-2022) származtak, a többváltozós elemzéssel azt teszteltük, hogy a gyöngybagolyok táplálék-összetételének különbözősége mennyiben függ az elkülönülő évektől vagy a minták rendeződését inkább a földrajzi régiók gyöngybagoly állományának táplálék-fogyasztásában rejlő különbségek határozzák meg. A PERMANOVA eredményeit a szintén

távolságmátrix számításán (Bray-Curtis index) alapuló főkoordináta analízis (PCoA) alkalmazásával generált szórásdiagramon szemléltettük, amihez a 'vegan' csomag betadisper() függvényét (Oksanen *et al.* 2018) használtuk.

Következő lépésben főkomponens analízis (PCA) alapján vizsgáltuk a három régióra vonatkoztatott táplálék-összetétel különbözőségét, amit a három különböző táplálkozás-ökológiai relatív index (N%, B%, IRI%) alapján genus szintű zsákmánykategóriák figyelembevételével végeztük el. Mindhárom index esetén a PCA elemzéshez a 'factoextra' csomag prcomp() függvényét alkalmaztuk, majd az eredményeket grafikusan szórásdiagramon a 'ggplot2' csomag autoplot() függvényével ábrázoltuk. Továbbá vektor ábrán jelenítettünk meg az egyes genusok és a főkomponens értékek közötti korrelációt, amihez a 'ggplot2' csomag fviz_pca_var() függvényét alkalmaztuk. A Permanova, PCoA és PCA számításokat R környezetben (version 1. 4.2.3) végeztük (R Development Core Team, 2023).

Utolsó lépésben a trofikus niche szélességet a Levin's-index (Levins 1968, Krebs 1989) alapján számítottuk:

$$B_{pop} = 1 / \left(\sum p_j^2 \right)$$

ahol B_{pop} az elkülönülő gyöngybagoly állományok összesített adatából számított niche szélessége, míg p_j az adott zsákmányfaj relatív frekvenciája. Az index értéke 1-től n-ig terjed, ami minél jobban közelít 1-hez, annál specialistábbak a területen élő költőpárok. Az egyes régiókban költő populációk specializáltságának mértékéhez kiszámítottuk a WIC (*within individual component*) és TNW (*total niche width*) hányadosát, ahol a WIC a költőpárok Levin's-indexének átlaga, TNW pedig az adott régió összesített adata alapján számított Levin's-index értéke. A számított hányados egy 0 és 1 közé eső szám, melynek érték minél inkább közelít 0-hoz, annál specializáltabb a költőpárok táplálkozása. Végül a régiók gyöngybagoly állományának táplálék-összetétele közötti niche átfedést a Renkonen index számításával határoztuk meg (Krebs 1989):

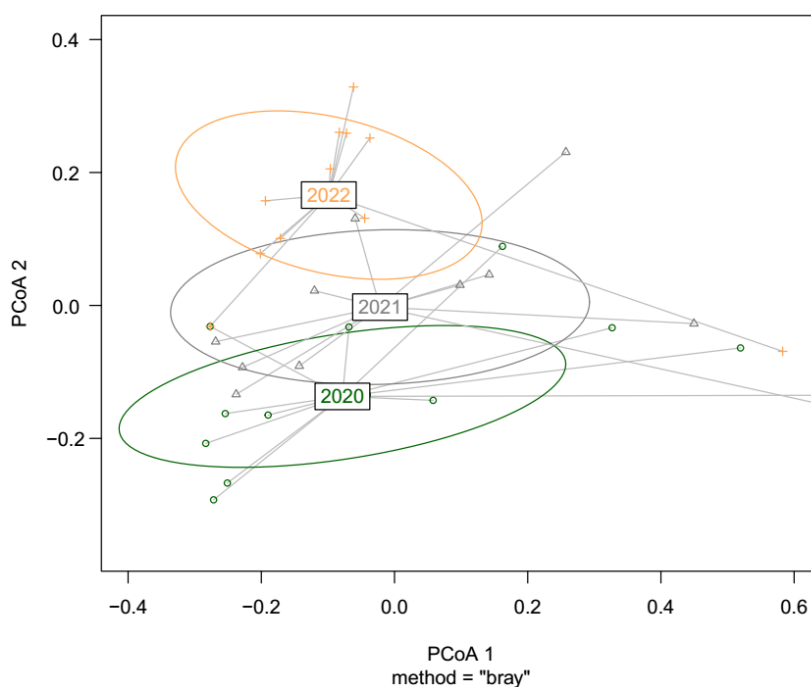
$$P_{jk} = \left[\sum_{i=1}^n (\text{minimum } p_{ij}, p_{ik}) \right] 100$$

ahol P_{jk} a két régió közötti átfedés, p_{ij} és p_{ik} a j és k régió gyöngybagoly állományában fogyasztott i-edik zsákmánykategória relatív aránya, ahol n a zsákmánykategóriák száma.

4. Eredmények

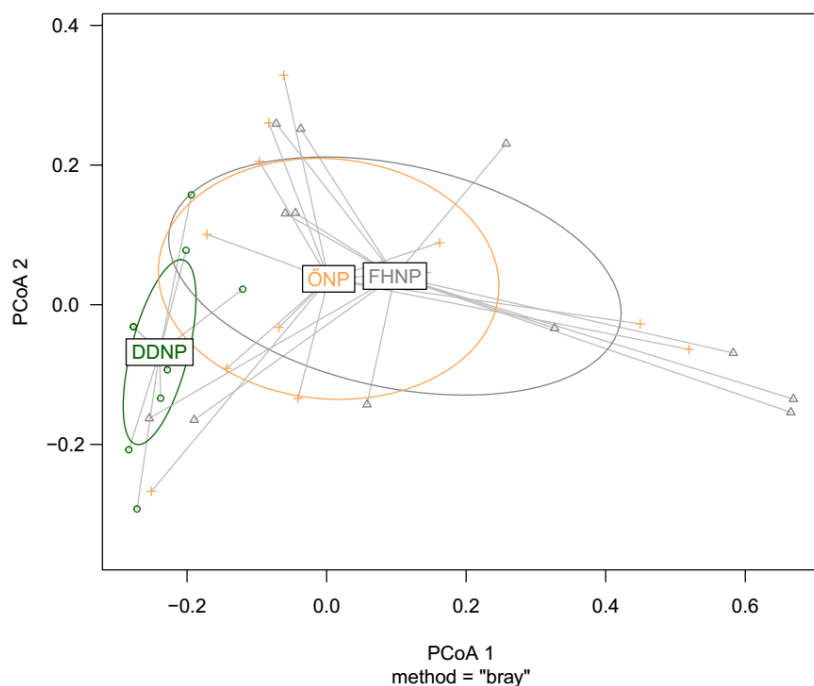
4.1. A régiók táplálék-összetételének összehasonlítása

A vizsgált időszakban begyűjtött 1250 köpetből 4243 zsákmány példányt határoztunk meg, melyből 4206 volt kisemlős, ami a táplálék-összetétel több mint 99%-át jelentette. Ennek megfelelően az eredmények további értékelésében a kisemlős taxonokat vettük figyelembe. Mivel a felhasznált adatsor három különböző évből (2020, 2021, 2022) származott, első lépésben PERMANOVA módszerrel teszteltük, hogy a zsákmány-összetétel különbségében az éveknek vagy a három földrajzi régióknak (Fertő-Hanság, Őrség, Drávamenti-síkság) van-e nagyobb jelentősége. Az évek csoportosításában a PERMANOVA nem adott szignifikáns eredményt ($R^2 = 0,116$; $F = 2,094$; $P = 0,061$). Ezt az eredményt a Bray-Curtis távolságmátrixon alapuló főkoordináta-elemzés (PCoA) is alátámasztotta, a három terület mintaelemei közötti távolságértékek alapján kapott szórásdiagramon a különböző évek mintái átfedést mutatnak, amit az ordináció permutációs tesztjének nem szignifikáns eredménye bizonyít ($F = 0,459$; $P = 0,623$). A minták páros Tukey post-hoc tesztje is alátámasztja a minták szignifikáns elkülönülő rendeződésének hiányát (Tukey teszt - 2021-2020: $P = 0,9997$; 2022-2020: $P = 0,6681$; 2022-2021: $P = 0,7016$) (**2. ábra**).



2. ábra: A gyöngybaglyok táplálék-összetételének főkoordináta analízis (PCoA) módszerével kapott rendeződése az évek összehasonlításában.

Amennyiben a gyöngybaglyok zsákmány-összetételének feltételezett elkülönülésében a három földrajzi terület jelentőségét teszteltük, a PERMANOVA szignifikáns eredményt adott, a területi különbség az összvariancia 23,67%-át magyarázta ($R^2 = 0,2367$; $F = 4,96$; $P < 0,001$). A PERMANOVA páronkénti post-hoc tesztje alapján a DDNP táplálék-összetétele szignifikánsan különbözött a másik két területétől (DDNP vs FHNP: $P < 0,001$; DDNP vs ÖNP: $P < 0,001$; FHNP vs ÖNP: $P = 0,01$). A PERMANOVA eredményének PCoA szórásdiagramban történő vizualizációja szemlélteti, hogy a három terület közül a DDNP területén kimutatott zsákmány-összetétel különül el legjobban a másik két területen detektált táplálék-összetételtől, amit az ordinációs eljárás permutációs tesztje is megerősített ($F = 6,434$; $P = 0,003$). A három földrajzi régió alapján minták páros Tukey post-hoc tesztje is megerősítette a csoportok szignifikáns elkülönülő rendeződését (Tukey teszt – DDNP vs FHNP: $P = 0,0043$; DDNP vs ÖNP: $P = 0,0289$; FHNP vs ÖNP: $P = 0,7334$) (3. ábra).



3. ábra: A gyöngybaglyok táplálék-összetételének főkoordináta analízis (PCoA) módszerével kapott rendeződése a három földrajzi terület gyöngybagoly állományának összehasonlításában.

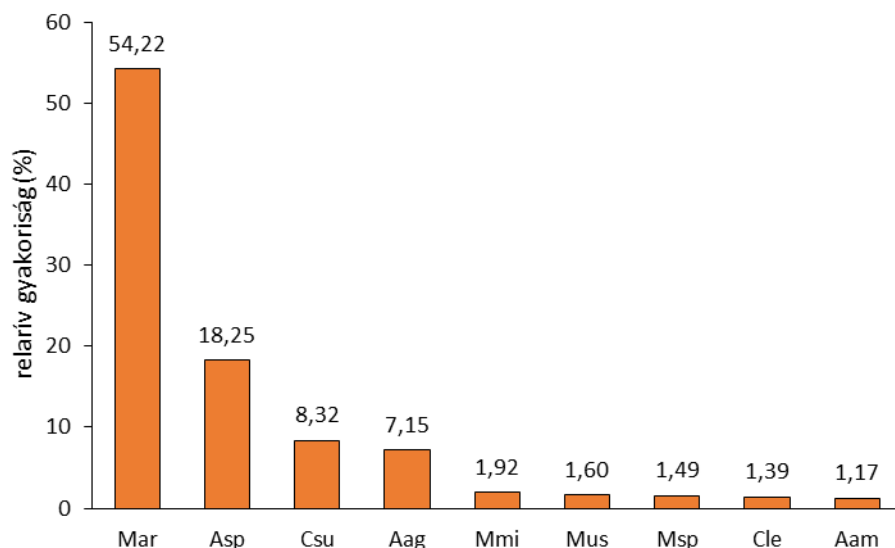
A gyöngybagoly állományok zsákmány-összetételének kvantitatív értékelését elsőként a regisztrált egyedszámokból kalkulált klasszikus relatív gyakoriság (N%) alapján értékeltük. A zsákmánykategóriák gyakorisági megoszlása tekintetében a Duna-Dráva NP területén a mezei pocok volt a fő zsákmány 54,22%-os előfordulási aránnyal. A második leggyakoribb préda az erdei egerek voltak, amely taxoncsoport gyakorisága 18,25% volt, míg a harmadik

legjelentősebb zsákmány a keleti cickány volt (8,32%). Faunisztikai szempontból kiemelendő, hogy a védett törpeegér a faj-gyakorisági hisztogram ötödik helyén szerepelt (**1. táblázat, 4. ábra**).

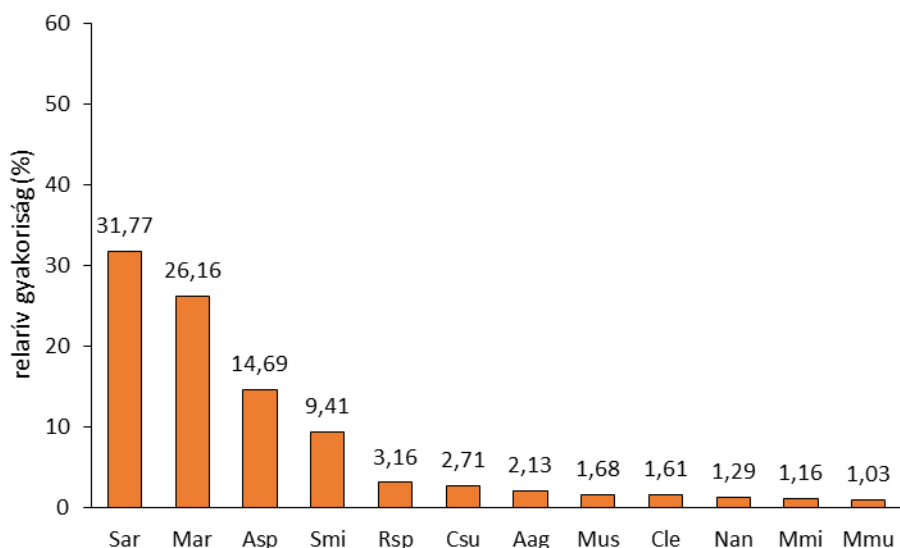
1. táblázat: A gyöngybagoly táplálék-összetétele a három vizsgálatba bevont régióban (N: egyedszám, N%: relatív gyakoriság)

Taxon	Régiók	DDNP		FHNP		ŐNP	
		N	N%	N	N%	N	N%
<i>Talpa europaea</i> (Teu)		1	0,11	0	0,00	0	0,00
<i>Sorex araneus</i> (Sar)		6	0,64	493	31,77	396	23,06
<i>Sorex minutus</i> (Smi)		8	0,85	146	9,41	80	4,66
<i>Crocidura suaveolens</i> (Csu)		78	8,32	42	2,71	128	7,45
<i>Crocidura leucodon</i> (Cle)		13	1,39	25	1,61	67	3,90
<i>Neomys fodiens</i> (Nfo)		0	0,00	4	0,26	6	0,35
<i>Neomys anomalus</i> (Nan)		0	0,00	20	1,29	22	1,28
<i>Neomys sp.</i> (Nsp)		0	0,00	4	0,26	3	0,17
<i>Clethrionomys glareolus</i> (Cgl)		4	0,43	15	0,97	23	1,34
<i>Microtus agrestis</i> (Mag)		0	0,00	0	0,00	28	1,63
<i>Microtus arvalis</i> (Mar)		508	54,22	406	26,16	568	33,08
<i>Microtus subterraneus</i> (Msu)		4	0,43	15	0,97	12	0,70
<i>Arvicola amphibius</i> (Aam)		11	1,17	2	0,13	3	0,17
<i>Rattus norvegicus</i> (Rno)		3	0,32	0	0,00	7	0,41
<i>Rattus sp.</i> (Rsp)		6	0,64	49	3,16	10	0,58
<i>Apodemus agrarius</i> (Aag)		67	7,15	33	2,13	101	5,88
<i>Apodemus sp.</i> (Asp)		171	18,25	228	14,69	191	11,12
<i>Apodemus indet.</i> (Aind)		4	0,43	0	0,00	11	0,64
<i>Micromys minutus</i> (Mmi)		18	1,92	18	1,16	37	2,15
<i>Mus spicilegus</i> (Msp)		14	1,49	10	0,64	4	0,23
<i>Mus musculus</i> (Mmu)		2	0,21	16	1,03	8	0,47
<i>Mus sp.</i> (Mus)		15	1,60	26	1,68	7	0,41
<i>Muscardinus avellanarius</i> (Mav)		4	0,43	0	0,00	5	0,29
Σ:		937		1552		1717	

A Duna-Drávánál tapasztaltakkal ellentétben, a Fertő-Hanság régióban már nem a mezei pocok van a rangsor elején, hanem az erdei cickány 31,7%-os gyakorisággal. Ezt követi szorosan a mezei pocok 26,16%-kal. A kapott eredmény mutatja, hogy az FHNP területén az erdei cickány egyenrangú vagy fontos alternatív prédaként jelenik meg a baglyok zsákmány-fogyasztásában. A Duna-Dráva területén alternatív erdeiegek itt visszaszorultak a harmadik helyre 14,69%-os gyakoriságukkal, míg a negyedik helyen a szárazságtűrő keleti cickány helyét a kistermetű törpecickány vette át 9,41%-os gyakorisággal. Tehát a Fertő-Hanság régióban a nedvességtűrő fajok domináltak a táplálék-fogyasztásban (**1. táblázat, 5. ábra**).

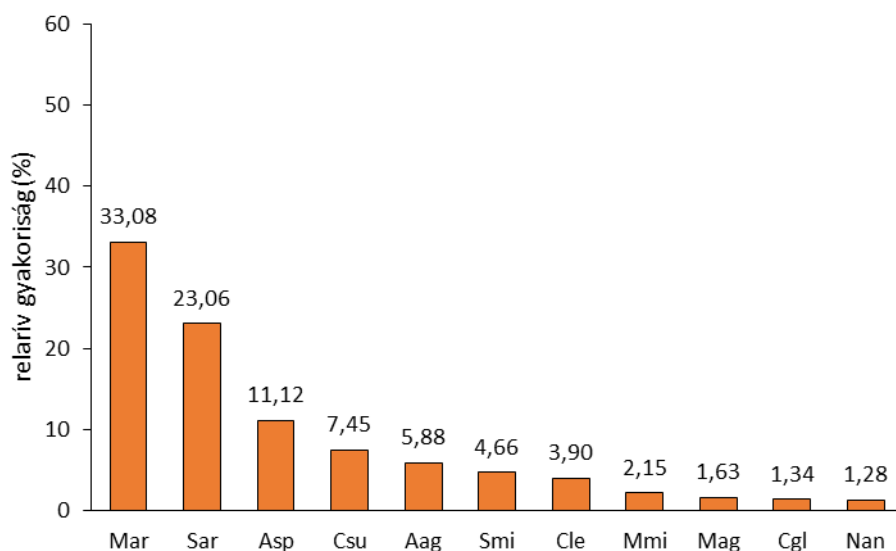


4. ábra: A zsákmánytaxonok relatív abundancia (N%) rangsora a Duna-Dráva Nemzeti Parkban.



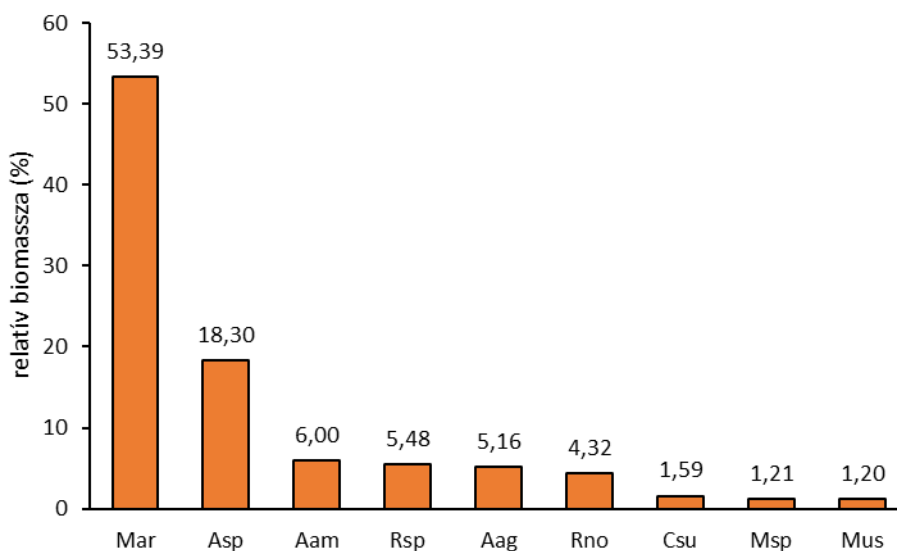
5. ábra: A zsákmánytaxonok relatív abundancia (N%) rangsora a Fertő-Hanság Nemzeti Parkban.

Az Őrségi régióban a fent említett jellegek együttes megjelenését láthatjuk. A fő zsákmány itt ismét a mezei pocok 33,08%-os gyakorisággal, viszont az erdei cickánynak itt is nagy a jelentősége, mivel 23,06%-os gyakoriságot mutat. Az erdei egerek itt is alacsonyabb gyakoriságúak, mivel csak 11,12%-kal vannak jelen a baglyok étrendjében, de az erdős területek miatt még mindig fontosak. Végül negyedik fajként itt is a szárazságtűrő keleti cickány jelent meg 7,45%-kal. A rangsor következő faja a pírók erdei egér, amely élőhely generalista faj, így többféle élőhely táplálék-kínálatában elérhető a baglyok számára (**1. táblázat, 6. ábra**).



6. ábra: A zsákmánytaxonok relatív abundancia (N%) rangsora az Őrségi Nemzeti Parkban.

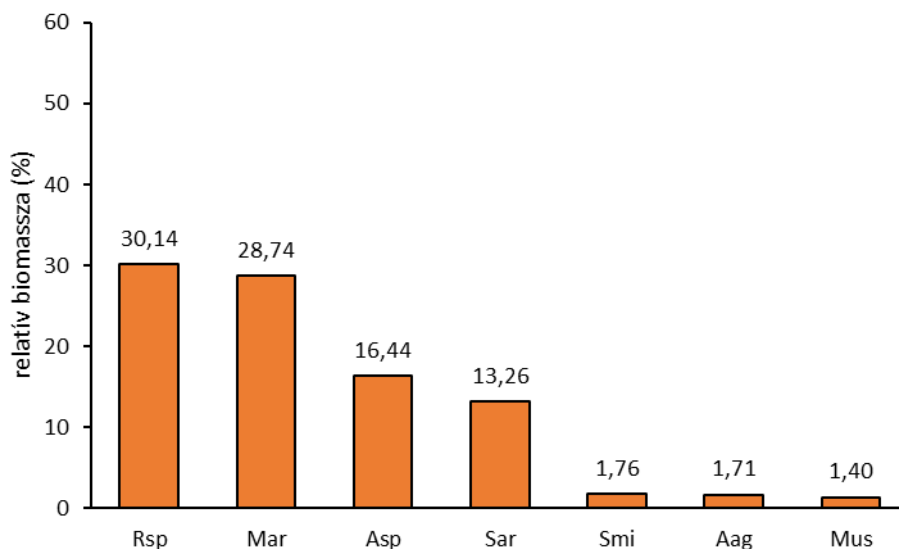
A következőkben a relatív biomassza alapú gyakorisági megoszlást értékeljük. A Duna-Dráva régióban a mezei pocok maradt a fő zsákmány 53,39%-os aránnyal. A legfőbb alternatív zsákmányként jelentek meg az erdeiegek 18,30%-kal, amely zsákmánycsoport testtömege alapján a baglyok számára profitábilis prédacsoportnak számít. A rangsorban ezután a nagytestű fajok következnek: a közönséges kőszapocok 6%-kal, és a patkányok 5,48%-kal (**7. ábra**).



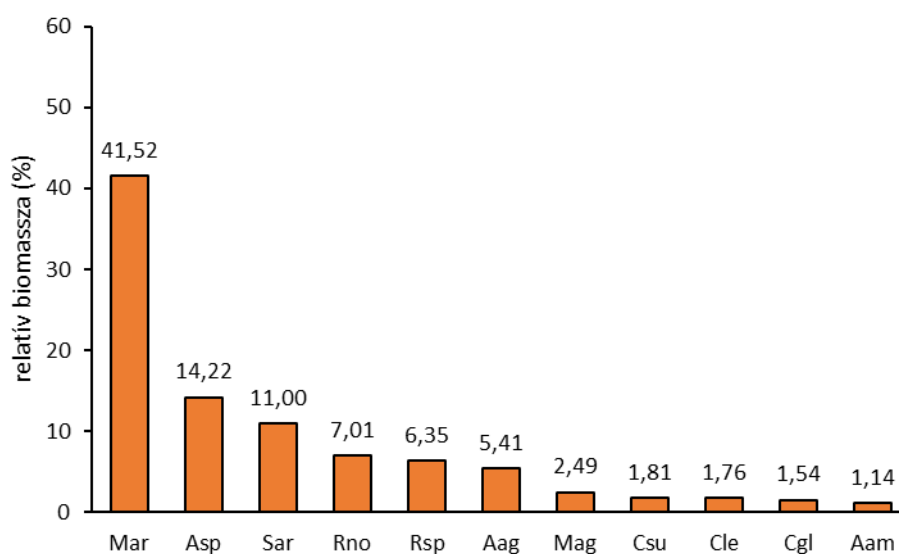
7. ábra: A zsákmánytaxonok relatív biomassza (B%) rangsora az Duna-Dráva Nemzeti Parkban.

A Fertő-Hanság régióban azt látjuk, hogy a relatív biomassza alapján a patkányok a legfontosabbak, 30,14%-os gyakorisággal, majd 28,74% relatív biomassza értékkel a mezei pocok következik a rangsorban. Itt ismét felfedezhető egyenrangúság a két első helyen lévő

taxon között, mint azt a relatív abundanciánál láttuk. Az erdei cickány visszaszorul a negyedik helyre 13,26%-kal, ami a relatív abundancia rangsor esetén az első faj volt. Harmadik helyre az erdei egerek kerültek 16,44%-kal, amely magasabb biomassa arány a zsákmánycsoport esetén tükrözi a cickányokkal szembeni fentebb említett optimális profitabilitást (**8. ábra**).



8. ábra: A zsákmánytaxonok relatív biomassa (B%) rangsora az Fertő-Hanság Nemzeti Parkban



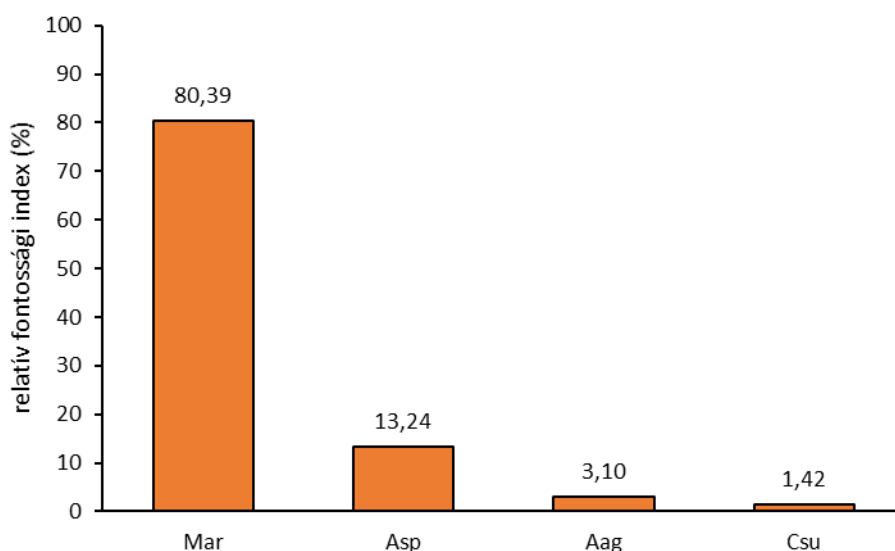
9. ábra: A zsákmánytaxonok relatív biomassa (B%) rangsora az Őrségi Nemzeti Parkban

Az Őrségi régióban a relatív biomassa megoszlása jobban hasonlít a DDNP területén jellemző, mint az FHNP esetén kapott megoszláshoz. Itt a mezei pocok a leggyakoribb faj, 41,52%-os megoszlással. Utána az erdei egerek 14,22%-kal, majd a rangsorban 11%-kal az erdei cickány következik. Az előző két zsákmánykategória biomassa megoszlása kiegyenlített,

azonban a jelentőségük kisebb, mint azt DDNP területén jellemző táplálék-fogyasztásnál láttuk. A rangsorban ezután ennél az állománynál is megjelennek a nagytestű patkányok (**9. ábra**).

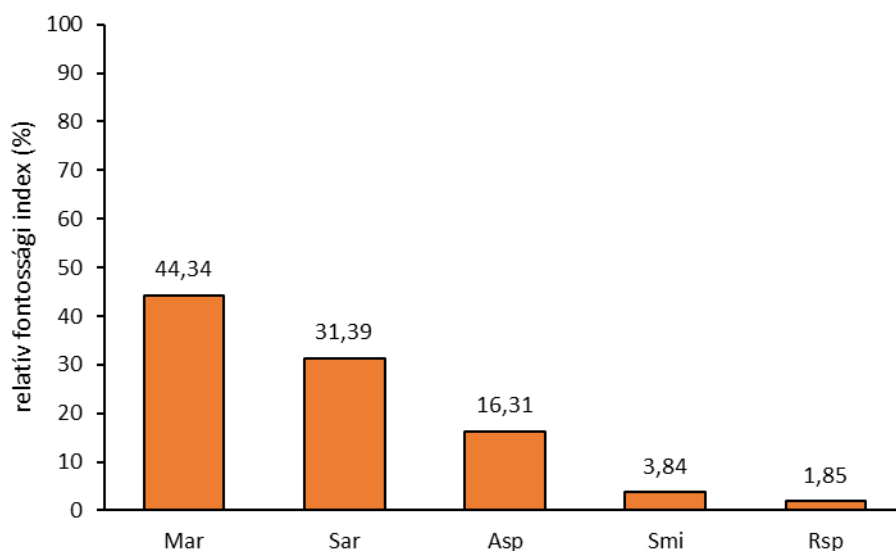
A három információt magában foglaló komplex relatív fontossági index (IRI%) megoszlása alapján fontos kiemelnünk, hogy a rangsorban már kevesebb taxon szerepel 1% feletti értékkel. Ez azt jelenti, hogy a relatív fontossági index jobban kiemeli a fontos taxonokat, táplálék-fogyasztásban kevésbé fontos zsákmánykategóriák jelentősége kisebb lesz, mint a hagyományos indexek esetén. Az viszont látható, hogy a rangmintázatok itt is a másik két indexhez hasonlóan alakulnak.

A Duna-Dráva régióban az IRI% alapján a mezei pocok jelentősége erősödött, több mint 80%-os értékkel került a rangsor első helyére. Ezt követően az erdei egerek és a pörkös erdei egér jelentek meg a rangsorban, melyek aránya már jóval kisebb, 13,24% és 3,1%. Végül kiemeljük még a keleti cickány 1,42%-os IRI arányát, amely közel hatodrésze a fajnál számított relatív abundanciának (**10. ábra**).



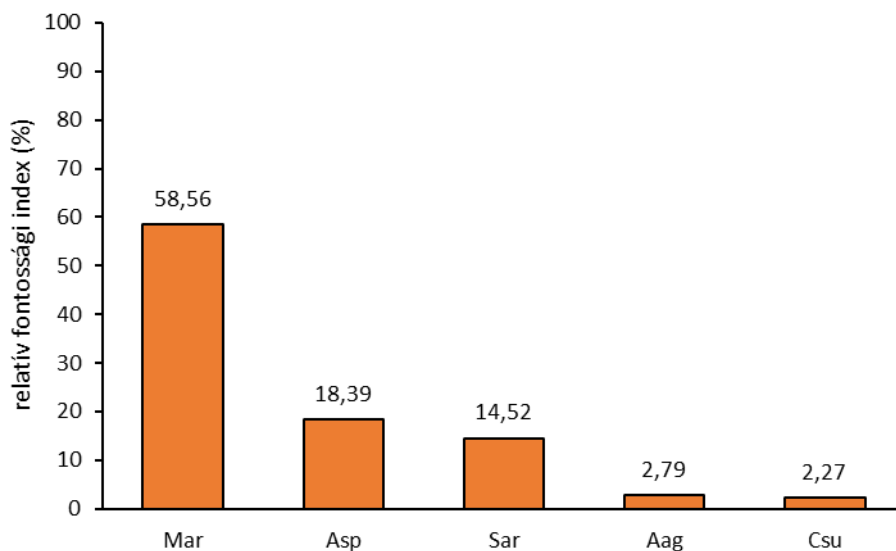
10. ábra: A zsákmánytaxonok relatív fontossági index (IRI%) rangsora az Duna-Dráva Nemzeti Parkban.

A Fertő-Hanság régióban az IRI% alapján a mezei pocok került az első helyre 44,34%-kal, a rangsor következő faja 31,39%-kal az erdei cickány volt. Itt is jól látható a két faj közötti egyenrangúság, e két zsákmányfaj a komplex index relatív értéke alapján a teljes táplálék-fogyasztás 70%-át teszi ki. A harmadik helyen az erdei egerek 16,31%-kal szerepelnek, majd a törpecickány és a patkányok következnek a rangsorban (**11. ábra**).



11. ábra: A zsákmánytaxonok relatív fontossági index (IRI%) rangsora az Fertő-Hanság Nemzeti Parkban.

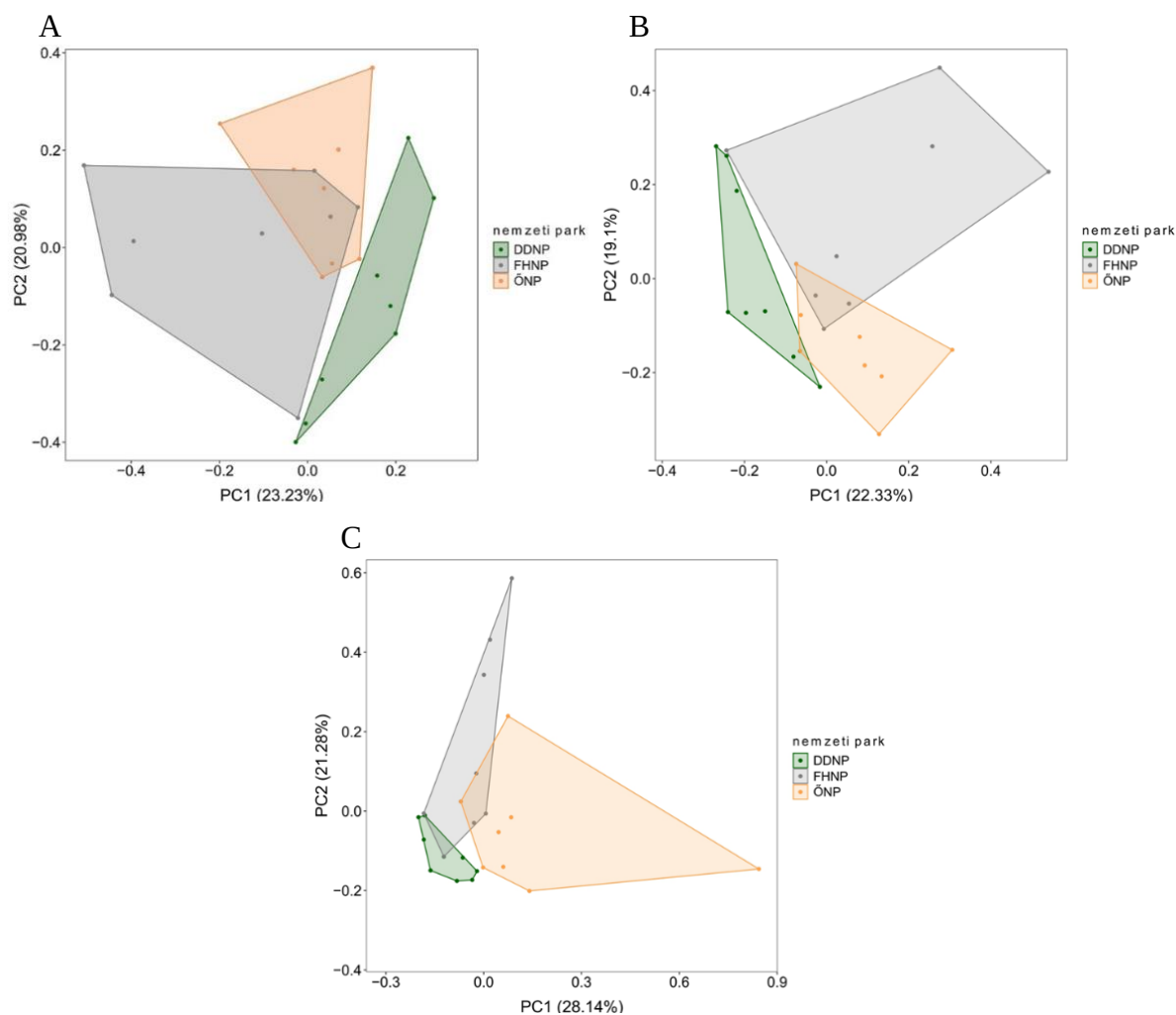
Az Őrségi régióban ismét a fenti két nemzeti parkra jellemző rangsor jellegzetességeinek együttes megjelenését láthatjuk. Legfontosabb préda 58,56%-os megoszlással a mezei pocok volt. Utána következett az erdeiegek csoportja 18,39%-kal, majd a rangsor harmadik helyére 14,52%-kal az erdei cickány került. Fontos kiemelni még két további fajt, nevezetesen a pirók erdeiegér és a keleti cickány 3% alatti jelentőségét a táplálék-összetételben, amelyek még megjelentek az 1% feletti gyakorisági intervallumban (**12. ábra**).



12. ábra: A zsákmánytaxonok relatív fontossági index (IRI%) rangsora az Őrségi Nemzeti Parkban.

4.2 A régiók gyöngybagoly állományára jellemző táplálék-összetétel többváltozós elemzése

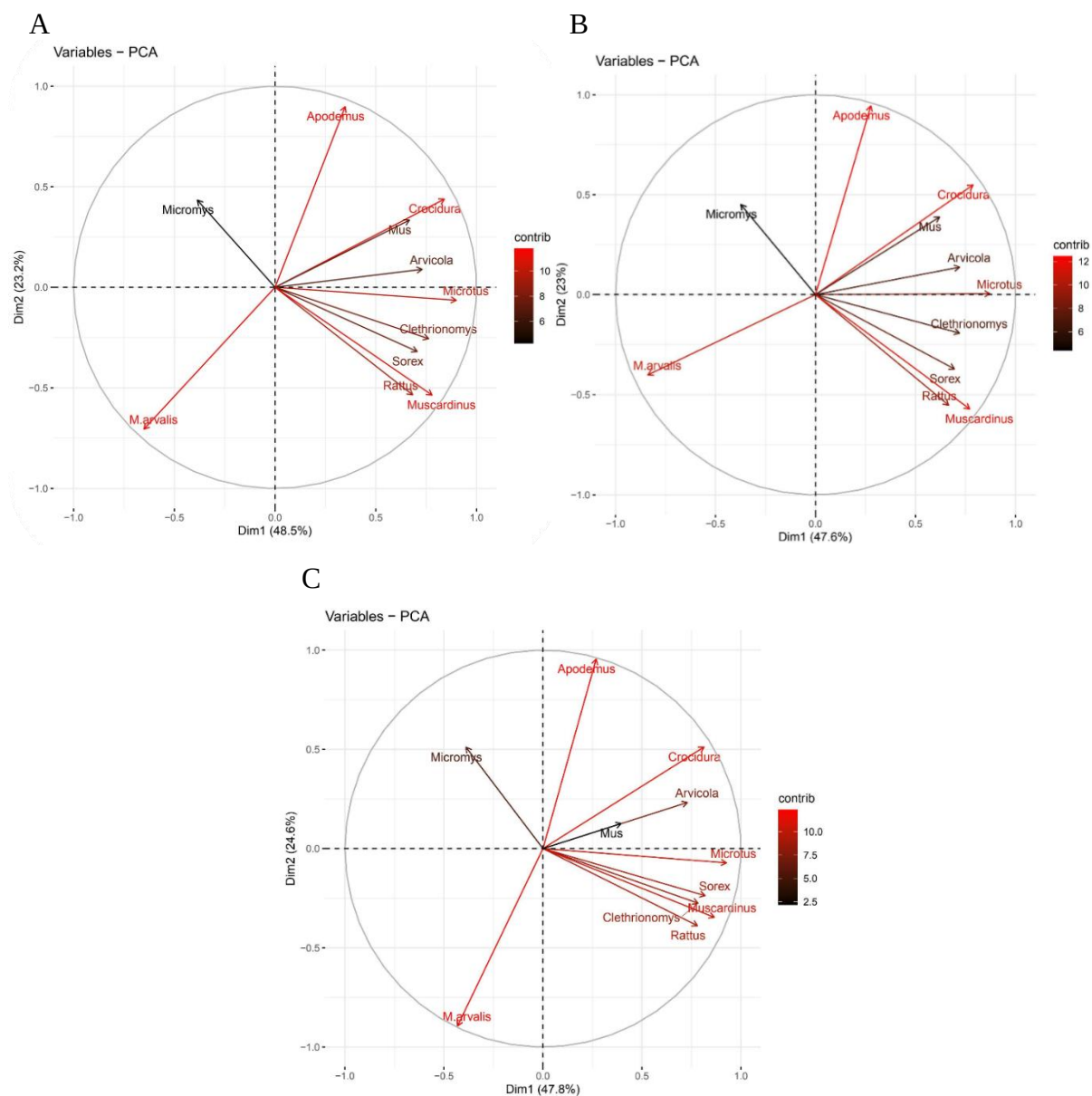
Ebben a fejezetben a főkomponens analízis (PCA) eredményeit foglaljuk össze. A kisemlős táplálék-taxonok egyes régiók szerinti rendeződését a három táplálkozás-ökológiai index (relatív abundancia, relatív biomassa, relatív fontossági index) számítása alapján a PCA szórásdiagramok ábrázolják.



13. ábra: A táplálék-összetétel régiónkénti eltérését szemléltető főkomponens analízis (PCA) szórásdiagramja. A: relatív abundancia; B: relatív biomassa; C: relatív fontossági index alapján.

Legelőször a részletes adatsorból készítettünk egy-egy, szintén a régiókra vonatkoztatott szórásdiagrammot. Az eredmények szerint a relatív abundancia számításánál a PCA első két tengelyének összesített magyarázó ereje 44,21%, a relatív biomassa esetén a két tengely az összvariancia 41,43%-át, míg a relatív fontossági index számítása esetén 49,42%-át magyarázta.

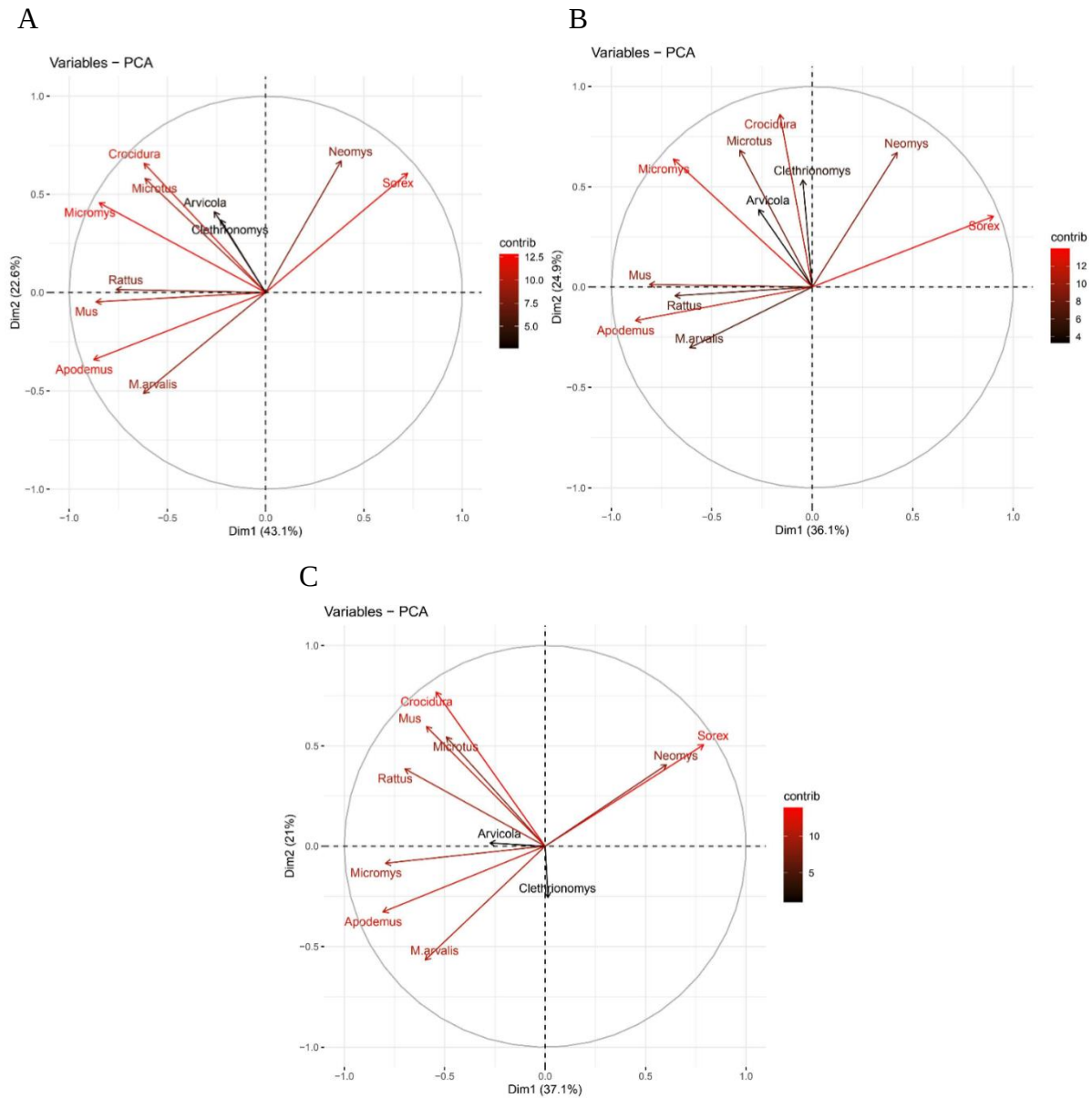
Ezek után minden régió gyöngybagoly állományok táplálék-összetételét a három index alapján a genusz szintű összesített adatokból külön PCA vektorábrák alapján is értékeltük.



14. ábra: A táplálék-összetétel genus szerinti vektortérképe a Duna-Dráva Nemzeti Parkban.
A: relatív abundancia; B: relatív biomassza; C: relatív fontossági index alapján.

Az eredmények azt mutatják, hogy a Duna-Dráva régióban a relatív fontossági index esetén az első két PCA tengely az összvariancia legnagyobb arányát magyarázta (72,4%). A relatív abundancia számításánál a PCA első két tengelye az összvariancia 71,7%-kát magyarázza, míg a két tengely legkisebb kumulált magyarázó ereje a relatív biomassza index esetén volt jellemző (70,6%) (14. ábra). A PCA vektorábra alapján a zsákmánykategóriák vektorait úgy értelmezzük, hogy ha az adott vektor minél hosszabb és közelebb helyezkik el a

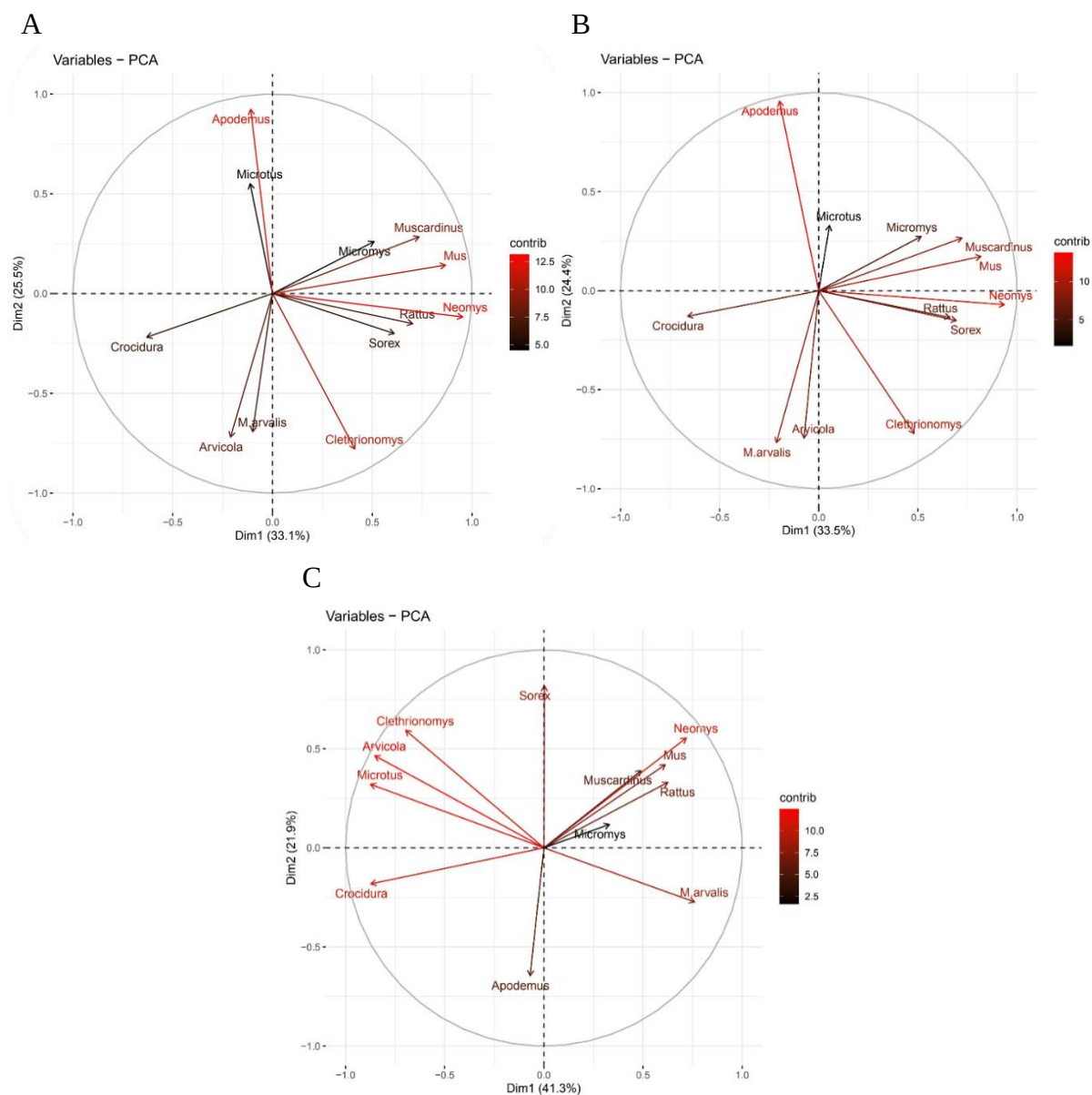
korrelációs körhöz, annál nagyobb a jelentősége az adott területen kimutatott gyöngybagoly táplálék-összetételben. Azt láthatjuk, hogy a mezei pocokkal, mint fő prédával szemben az erdei egerek (Apodemus) vektora majdnem 180°-os szöget zár be, ami erős antagonista kapcsolatra utal. Ez azt jelenti, hogy az erdei egerek jelentős alternatív zsákmánynak tekinthetők, és ehhez hasonlóan a cickányok közül a Dráva mentén még a szárazságtűrő Crocidurák is alternatív zsákmányunk számítanak (14. ábra).



15. ábra: A táplálék-összetétel genus szerinti vektortérképe a Fertő-Hanság Nemzeti Parkban. A: relatív abundancia alapján; B: relatív biomassza alapján; C: relatív fontossági index alapján.

Ezzel ellentétben a PCA első két tengelye a Fertő-Hanság régióban a relatív abundancia számítása esetén magyarázza az összvariancia legnagyobb, 65,7%-os hányadát. A két PCA tengely második legnagyobb kumulatív magyarázó ereje a relatív biomassza 61%-kal, a

legkisebb pedig a relatív fontossági index 58,1%-kal. Itt a mezei pocok a cickányok közül a *Sorex* genus áll ellentétben, ami jóval jelentősebb is. Emellett megnő a vízkedvelő fajok jelentősége, különösen a vízicickányoké (*Neomys*), amik szorosan a *Sorex*ek mellett helyezkednek el. A relatív fontossági index alacsony magyarázó erejének oka az lehet, hogy a *Sorex*eknek és a mezei pocoknak egyenrangú, alternatív zsákmánykapcsolata van a területen, ami ronthatja a PCA eredményét (15. ábra).



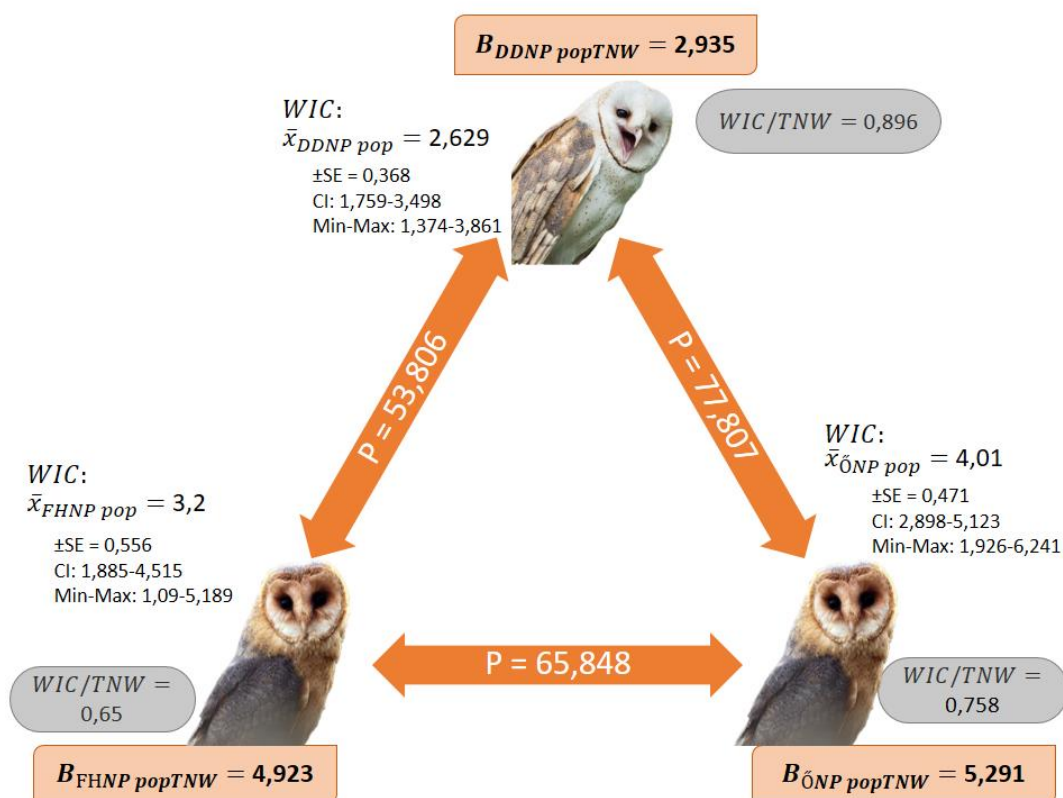
16. ábra: A táplálék-összetétel genus szerinti vektortérképe az Őrségi Nemzeti Parkban.
A: relatív abundancia alapján; B: relatív biomassa alapján; C: relatív fontossági index alapján.

Az Őrségi régióban ismét a relatív fontosság magyarázza a legtöbbet, 63,2%-ot. Ezt követi a relatív abundancia 58,6%-kal, a legalacsonyabb pedig a relatív biomassa 57,9%-kal. Viszont itt arra lehetünk figyelmesek, hogy a vektortérkép nem mutat egyértelműen kiemelhető

alternatív zsákmánygenust a mezei pocokkal (*M. arvalis*) szemben. Ebből arra következtethetünk, hogy itt az időjárás határozza meg, hogy az alternatív zsákmány vízkedvelő, vagy szárazságtűrő fajokból áll-e aktuálisan. Az abundancia és biomassa alapján azt láthatjuk, hogy jelentősek a mezei pocokkal szemben az erdei egerek (*Apodemus*), viszont a fontossági index alapján inkább a többi pocok genusszal mutat alternativitást (*Clethrionomys*, *Arvicola*, *Microtus*). Összefoglalva a PCA analízis eredményei is a Duna-Dráva és az Őrség területén kimutatott gyöngybagoly táplálék-összetétel nagyobb hasonlóságát tükrözték (**16. ábra**).

4.3 A gyöngybagoly állományok trofikus nichének összehasonlítása

Legutolsó lépésben kiszámítottuk a három állomány trofikus niche paramétereit (**17. ábra**). A Duna-Dráva Nemzeti Park területén az állomány teljes niche szélessége (TNW) 2,935; a költőpárok nichének átlaga (WIC) 2,629 (szóródási paraméterek az ábrán láthatók); e két érték hányadosa 0,896.



17. ábra: A táplálék-összetétel trofikus niche paramétereit a három állományban. TNW: total niche width; WIC: within individual component (ennek standard hibája, szórása, minimuma és maximuma); P: Renkonen index.

A fertő-hansági állomány teljes niche szélessége 4,923; a költőpárok niche-ének átlaga 3,2; a két érték hányadosa 0,65. Az Őrségi Nemzeti Park állományának teljes niche szélessége 5,291; a költőpárok niche-ének átlaga 4,01, a két paraméter hányadosa 0,758. Ezen trofikus niche adatok azt mutatják, hogy legnagyobb teljes niche szélessége (TNW) és költőpár niche átlaga (WIC) az Őrségi régiónak van ezt követi a Fertő-Hanság, majd a Duna-Dráva régió niche szélessége és átlaga. A legnagyobb WIC/TNW hányadosa viszont a Duna-Dráva régiónak van, ami azt jelzi, hogy régió a táplálék-összetételt tekintve ebben az állományban random kiválasztott gyöngybagoly párok táplálkozása volt leginkább generalista. A második legnagyobb WIC/TNW arányt az Őrség esetén számítottuk, míg ennek legkisebb értéke a Fertő-Hanság régióra volt jellemző, ami azt jelenti, hogy a Fertő-Hanság területét reprezentáló gyöngybagoly párok táplálkozása volt a legkevésbé generalista.

Az állományokra kiszámított niche átfedés számítás eredménye azt mutatta, hogy a legnagyobb niche átfedés a DDNP és az ŐNP között, míg a legkisebb átfedési érték a DDNP és FHNP területén kimutatott táplálék-összetétel között volt.

5. Diszkusszió

Jelen dolgozat a relatív fontossági index gyöngybagoly táplálkozás-ökológiai vizsgálatokban történő alkalmazhatóságát vizsgálta, három régió (Duna-Dráva, Fertő-Hanság, Őrség) három évben (2020-2022) gyűjtött köpetmintákból kapott adatokból. Eredményeink megerősítették, hogy a relatív fontossági index markánsan kiemeli a fontosabb zsákmánytaxonokat, ezáltal egyértelműbb eredményt szolgáltat. Az egyes prédafajok közötti alternatív kapcsolatot is jól szemlélteti és a zsákmánykínálatban végbemenő változásokról is tisztább képet ad. Viszont a kevésbé fontos zsákmány kategóriák relatív részesedését csökkenti, ezért ha a táplálék-összetételben alacsonyabb gyakorisággal megjelenő zsákmányfajok kívánjuk tanulmányozni, inkább a hagyományos egyedszám alapú táplálkozás-ökológiai index alkalmazása javasolt. Ennek ellenére, jól indikálja a táplálkozásbeli hasonlóságot, amivel az egyes folyamatokra következtetni lehet még a hagyományos indexek kiszámolása nélkül is. A relatív fontossági indexből levezetett eredményeket a trofikus niche számítások is megerősítik.

Ezek alapján a vizsgált adatokból az derült ki, hogy a fő zsákmányfaj a mezei pocok (*Microtus arvalis*) a Fertő-Hanság kivételével, ahol a mezei pocok és az erdei cickány egyenrangú. Továbbá a gyöngybagolyok eltérő alternatív zsákmánytaxonokkal kompenzálhatják fő préda hiányát, ami az adott régió csapadékosságától is függ. Jellemző alternatív

zsákmánytaxonok a különböző erdeieger (*Apodemus*) fajok, valamint a cickányfélék (*Sorex* és *Crocidura* fajok). Az *Apodemus* és *Crocidura* fajok inkább a szárazabb régiókban (ilyen a Duna-Dráva), a *Sorex* fajok pedig inkább a nedvesebb élőhelyeken, például a Fertő-Hanságban jellemzőek. Az Őrség ilyen szempontból átmenetet képez, ahol az éppen aktuális periódus nedvessége határozza meg az alternatív zsákmány megválasztását.

A többváltozós és niche számítások, valamint a rangsorrendek azt mutatják, hogy a táplálék összetételében az Őrség és a Duna-Dráva régió között van nagyobb hasonlóság. A Fertő-Hanság mindkettőtől eltér. A régiókon belül, a költőpárok között nem tapasztalható specializálódás.

A Fertő-Hanság területén a biomassa vonatkozásában kiemeltük a patkányok dominanciáját. Ez azzal magyarázható, hogy a patkányok jóval nagyobb testmérettel rendelkeznek, mint a cickányok, ezért biomassájuk alapján, még ha keveset is fogyasztanak belőlük a baglyok, jóval meghatározóbbak lesznek. A másik két terület esetében is megjelentek a patkányfajok a biomassa alapján ábrázolt faj-gyakorisági hisztogramon, ami utal a patkányok jelentőségére ezeken a területeken is. A gyöngybagoly méretfüggő predációját több tanulmány is tárgyalta (Kotler *et al.* 1988, Yom-Tov & Wool 1997, Bellocq 1998, Roulin 2004), ami megerősítette, hogy a zsákmány mérete a profitabilitás fontos jellemzője (Ille 1991). Ezért a nagy testtömegű rágcsáló fajok, mint például a vándorpatkány és a házi patkány a gyöngybaglyok alternatív zsákmánycsoportja lehet különösen a mezei pocok populáció összeomlásakor. Horváth és munkatársai (2020) kimutatták, hogy a nagy testtömegű préda fogyasztása pozitívan hathat a baglyok költési sikerére is, különösen a mezei pocok állomány összeomlásának fázisában.

Az Őrség területén az IRI alapú számítások vonatkozásában kapott eredmények jól szemléltetik, hogy noha az erdős területeknek van nagyobb jelentőségük, a vizes élőhelyek is majdhogynem ugyanannyira fontosak. Az erdei cickány élőhely generalistaként számos élőhelytípusban megtalálható, Schmidt (1969) kisemlősök elterjedését vizsgáló munkájában a faj nagyobb arányú megjelenését az ország nyugati területein mutatta ki, ahol a klíma hűvösebb és csapadékosabb, míg Magyarország szárazabb területeit tekintve (pl. Délkelet-Dunántúl) alacsony előfordulását vagy hiányát mutatta ki. Benedek és munkatársai (2007) tanulmányukban leírták a cickányok, így az erdei cickány baglyok táplálék-összetételében megnövekedett relatív gyakoriságát, ami a mezei pocok populáció csökkenésére adott prédaváltási választ jelenti. Az erdeieger taxoncsoport és a pirok erdeieger szintén jelentős alternatív zsákmánynak számítanak, amely fajok elsősorban erdős és mezőgazdasági területeken fordulnak elő, de a pirok erdeieger más élőhely típusokban is előfordulhat. Schmidt

1976-os publikációja a pirok erdeiegér előfordulását tekintve a Balatontól délre eső országrészt emelte ki, mint a faj egyik fontos előfordulási területe, azonban az utóbbi évtizedekben északi irányú elterjedése volt megfigyelhető (Bihari 2007), melynek következtében Magyarországtól északra, északnyugatra fekvő területeken is megjelent, mint például Ausztria és Szlovákia (Herzig & Straschil 2003, Obuch *et al.* 2016, Tulis *et al.* 2016). Ennek következtében a faj nemcsak a dél-dunántúli területeken jelentős alternatív préda (Horváth *et al.* 2005, Purger 2014, Szép *et al.* 2017, Horváth *et al.* 2018), hanem az ország északnyugati régiójában is fontos eleme a táplálék-összetételnek. A fehérfogú cickányok esetében (*Crocidura* genus) Schmidt (1969) az ország síkvidéki, szárazabb régióit emelte ki, mint a mezei és keleti cickány jellemző előfordulási területeit. A *Crocidura* fajok főleg a meleg klímához és így a szárazabb élőhelyekhez adaptálódtak (Nowak 1999), így a mediterrán térségben magasabb abundanciával jelennek meg a gyöngybaglyok táplálékában (Miltchev *et al.* 2004, 2006; Bontzorlos *et al.* 2005; Sándor 2009; Obuch & Benda 2009; Milchev 2015, Paspali *et al.* 2013). Azonban Közép-Európa kontinentális régiójában is megjelenhetnek jelentős alternatív zsákmányként a mezei pocok, mint fő zsákmány elérhetőségének csökkenésekor (Horváth *et al.* 2008, Veselovský *et al.* 2017). A mezei és keleti cickány nagyobb arányú megjelenése indikálja a szárazabb élőhelyek dominanciáját a baglyok vadászterületén belül (Bosé & Guidali 2001, Obuch 2011, Paspali *et al.* 2013). A fentiek alapján egyrészt megállapíthatjuk, hogy az Őrség területén mind az erdei, mind a vizes, mind pedig a szárazabb élőhely típusok is jelentősek a baglyok vadászterületén belül, másrészt az IRI alapján ábrázolt faj-gyakorisági hisztogramok szerint a relatív fontossági index jobban mutatja az Őrség és a Duna-Dráva, mint a Fertő-Hanság és az Őrség táplálékkínálatának hasonlóságát.

A populáció, valamint az egyedek specializáltsága fontos tényező a populáción belüli niche szélesség variabilitásának szempontjából, valamint számos egyéb jelentős vonatkozásai is vannak (ökológiai, evolúciós és természetvédelmi vonatkozások), így befolyásolja a populáció stabilitását, az interspecifikus versengés mértékét, valamint a rátermettséget (Bolnick *et al.* 2002). Horváth *et al.* (2023) tanulmányukban két régióban (DDNP, FHNP) költő gyöngybaglyok táplálékforrás niche paramétereit és specializálódási fokát vizsgálta a Rao kvadratikus entrópia mérőszámát alkalmazva. A gyöngybagoly populációk specializációjának számított értéke szignifikánsan magasabb volt az északnyugati, mint a délkeleti populációban. Eredményeink is ezt támasztották alá, mivel a *WIC/TNW* hányados a Duna-Dráva régióban volt a legnagyobb, míg az északnyugati területeken alacsonyabb, ami azt jelzi, hogy utóbbiak esetében a baglyok specializáltabban táplálkoznak.

6. Köszönetnyilvánítás

Köszönöm témavezetőimnek, Dr. Horváth Győzőnek, és Horváth Adrienn egyetemi tanársegédnek a segítséget, a Duna-Dráva, a Fertő-Hanság és az Őrségi Nemzeti Park a munkatársai által gyűjtött köpetmintákat a rendelkezésemre bocsátotta. Köszönöm a tanszéki diákkör hallgatóinak a köpetminták feldolgozásában nyújtott közreműködést. Köszönöm az Agrárminisztérium Természetmegőrzési Főosztályának, hogy az országos szintű bagolyköpet gyűjtésekre alapozott kisemlős monitorozást támogatta.

7. Irodalomjegyzék

- Anwar, M.B., Beg, M.A., Kayani, A.R., Nadeem, M.S., Shah, S.I., Noureen, S., Mushtaq, M., & Mahmood, T. (2021). Diet Comparison of Coexisting Collared Owlet (*Glaucidium brodiei* Burton, 1836), Spotted Owlet (*Athene brama* Temminck, 1821) and Eurasian Eagle Owl (*Bubo bubo* Linnaeus, 1758) in Wildlife Park Lohi Bher, Rawalpindi, Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology* 53(3): 1065-1079.
- Arlettaz, R., Krähenbühl, M., Almasi, B., Roulin, A., & Schaub, M. (2010). Wildflower areas within revitalized agricultural matrices boost small mammal populations but not breeding Barn Owls. *Journal of Ornithology* 151(3): 553-564.
- Askew, N.P., Searle, J.B., & Moore, N.P. (2007). Agri-environment schemes and foraging of barn owls *Tyto alba*. *Agriculture, ecosystems & environment* 118(1-4): 109-114.
- Baker, J.A., & Brooks, R.J. (1981). Distribution patterns of raptors in relation to density of meadow voles. *The Condor* 83(1): 42-47.
- Benedek, A.M. (2007). Small mammals (*Insectivora* and *Rodentia*) from the Agnita–Sighișoara area (Transylvania, Romania). *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research* 4: 187-198.
- Bernard, N., Michelat, D., Raoul, F., Quere, J.P., Delattre, P., & Giraudoux, P. (2010). Dietary response of Barn Owls (*Tyto alba*) to large variations in populations of common voles (*Microtus arvalis*) and European water voles (*Arvicola terrestris*). *Canadian Journal of Zoology* 88(4): 416-426.
- Bellocq, M.I. (2000). A review of the trophic ecology of the Barn Owl in Argentina. *Journal of Raptor Research* 34(2): 108-119.

- Bihari, Z. 2007. Pirók erdeiegér (*Apodemus agrarius* Pallas, 1771) [Striped Field Mouse *Apodemus agrarius* (Pall.)]. – In: Bihari, Z., Csorba, G., Heltai, M. (eds.) Magyarország emlőseinek atlasza. *Kossuth Kiadó*, Budapest, pp. 179-180.
- Bolnick, D. I., Yang, L. H., Fordyce, J. A., Davis, J. M., & Svanbäck, R. (2002). Measuring individual-level resource specialization. *Ecology* 83(10): 2936-2941.
- Bontzorlos, V.A., Peris, S.J., Vlachos, C.G., Bakaloudis, D.E. (2005). The diet of Barn Owl in the agricultural landscapes of central Greece. *Folia Zoologica* 54(1-2): 99-100
- Bosé, M., Guidali, F. (2001). Seasonal and geographic differences in the diet of the Barn Owl in an agroecosystem in northern Italy. *Journal of Raptor Research* 35(3): 240-246.
- Bunn D.S., Warburton, A.B., & Wilson R.D.S. (1982). The barn owl. *T & D Poyser*, Calton. 282 p.
- Charter, M., Izhaki, I., Meyrom, K., Motro, Y. & Leshem, Y. (2009). Diets of Barn Owls differ in the same agricultural region. - *The Wilson Journal of Ornithology* 121(2): 378-383.
- Cornulier, T., Yoccoz, N.G., Bretagnolle, V., Brommer, J.E., Butet, A., Ecke, F., Elston, D.A., Framstad, E., Henttonen, H., Hörnfeldt, B., Huitu, O., Imholt, C., Ims, R.A., Jacob, J., Jędrzejewska, B., Millon, A., Petty, S.J., Pietiäinen, H., Tkadlec, E., Zub, K., & Lambin, X. (2013). Europe-wide dampening of population cycles in keystone herbivores. *Science* 340(6128): 63-66.
- Cserkész, T., Gubányi, A., Farkas, J. (2008). Distinguishing *Mus spicilegus* from *Mus musculus* (Rodentia, Muridae) by using cranial measurements. *Acta Zoologica Hungarica* 54(3): 305-318.
- De la Peña, M., Butet, N.A., Delettre, Y., Paillat, G., Morant, P., Le Du, L., & Burel, F. (2003). Response of the small mammal community to changes in western French agricultural landscapes. *Landscape Ecology* 18: 265-278
- Delibes, J. (1985). Distribution and abundance of small mammals in a gradient of altitude. *Acta Zoologica Fennica* 173: 53-56.
- Dickman, C.R., Predavec, M., & Lynam, A.J. (1991). Differential predation of size and sex classes of mice by the barn owl, *Tyto alba*. *Oikos* 62: 67-76.
- Fernández, M.H. (2001). Bioclimatic discriminant capacity of terrestrial mammal faunas. *Global Ecology and Biogeography* 10(2): 189-204.
- Gendron, R.P. (1987). Models and mechanisms of frequency-dependent predation. *The American Naturalist* 130(4): 603-623.

- Hart, R.K., Calver, M.C., & Dickman, C.R. (2002). The index of relative importance: an alternative approach to reducing bias in descriptive studies of animal diets. *Wildlife Research* 29: 415-421.
- Herzig-Straschil, B., Bihari, Z., & Spitzenberger, F. (2003). Recent changes in the distribution of the field mouse (*Apodemus agrarius*) in the western part of the Carpathian basin. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien. Serie B für Botanik und Zoologie* 421-428.
- Hindmarch, S., Krebs, E.A., Elliott, J.E., & Green, D.J. (2012). Do landscape features predict the presence of barn owls in a changing agricultural landscape? *Landscape and Urban Planning* 107(3): 255-262.
- Hindmarch, S., & Elliott, J.E. (2015). A specialist in the city: the diet of barn owls along a rural to urban gradient. *Urban Ecosystems* 18(2): 477-488.
- Horváth, G., Molnár, D., & Csonka, G. (2005). Population dynamics and spatial pattern of small mammals in protected forest and reforested area. *Natura Somogyiensis* (7): 191-207.
- Horváth, Gy., Kovács, Zs. E. Dudás, R. (2008). Kisemlősök monitorozása két különböző síksági területen: indirekt abundancia adatok összehasonlítása tájleptéktű skálán. *Természetvédelmi Közlemények* 14: 75-89.
- Horváth, A., Morvai, A., & Horváth, G. F. (2018). Food-niche pattern of the Barn Owl (*Tyto alba*) in intensively cultivated agricultural landscape. *Ornis Hungarica* 26(1): 27-40.
- Horváth, A., Morvai, A & Horváth, G. F. (2022). Difference in Small Mammal Assemblages in the Diet of the Common Barn-Owl *Tyto alba* Between Two Landscapes. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae: An International Journal Of Animal Taxonomy And Ecology* 68 (2). pp. 189-216. ISSN 1217-8837 (print); 2064-2474
- Horváth, G. F., Maurer, M., & Horváth, A. (2023). Variation in small mammal food resource niche metrics of Western Barn Owl at the nesting pair and local population level. *Ornis Hungarica* 31(2): 168-191.
- Ille, R. (1991). Preference of prey size and profitability in Barn Owls *Tyto alba guttata*. *Behaviour* 116(3-4): 180-189.
- Jacob, J., Manson, P., Barfknecht, R., & Fredricks, T. (2014). Common vole (*Microtus arvalis*) ecology and management: implications for risk assessment of plant protection products. *Pest management science* 70(6): 869-878.
- Jacob J., Imholt C., Caminero-Saldaña C. et al. (2020). Europe-wide outbreaks of common voles in 2019. *Journal of Pest Science* 93: 703-9.

- Klok, C., & de Roos, A.M. (2007). Effects of vole fluctuations on the population dynamics of the barn owl *Tyto alba*. *Acta Biotheoretica* 55: 227-241.
- Kopij, G. (2012). Food niche overlap in co-existing Barn Owl *Tyto alba* (Scopoli 1769) and Great Horned Owl *Bubo virginianus* (Gmelin 1788) in intensively used farmland. *Polish Journal of Ecology* 61(1): 179-181.
- Kotler, B.P., Brown, J.S., Smith, R.J., & Wirtz, W.O. (1988). The effects of morphology and body size on rates of owl predation on desert rodents. *Oikos* 53(2): 145-152.
- Krebs, C.J. (1989). Ecological Methodology. *Harper and Row*, New York 654 pp.
- Kross, S.M., Bourbour, R.P. & Martinico, B.L. (2016). Agricultural land use, barn owl diet, and vertebrate pest control implications. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 223: 167-174.
- Leach, E., Jones, D., McBroom, J., & Appleby, R. (2015). Diet of Nankeen Kestrels '*Falco cenchroides*' at Brisbane airport. *Australian Field Ornithology* 32(1): 15-25.
- Levins, R. (1968). Evolution in Changing Environments; Some Theoretical Explorations. *Princeton University Press*, Princeton.
- Love, R., Webben, C., Glue, D.E., Harris, S. (2000). Changes in the food of British barn owls (*Tyto alba*) between 1974 and 1997. *Mammal Review* 30: 107-129.
- Macholán, M. (1996). Key to European house mice (*Mus*). *Folia zoologica* 45(3): 209-217.
- Marti, C.D. (1988). A long-term study of food-niche dynamics in the common barn-owl: Comparisons within and between populations. *Canadian Journal of Zoology* 66(8): 1803-1812.
- Marti, C.D., Bechard, M. & Jaksic, F.M. (2007). Food habits. Pp 129-149. In Bird, D. & Bildstein, K. (Eds.) Raptor research and management Techniques manual. Raptor Research Foundation. *Hancock House Publishers*, Surrey.
- Marti, C.D. (2010). Dietary trends of Barn Owls in an agricultural ecosystem in northern Utah. *The Wilson Journal of Ornithology* 122(1): 60-67.
- März, R. (1972). Gewöll- und Rupfungskunde. *Akademie Verlag*, Berlin (in German).
- Massa, C., Teta, P., Cueto, G.R. (2014). Effects of regional context and landscape composition on diversity and composition of small rodent assemblages in Argentinian temperate grasslands and wetlands. *Mammalia* 78(3): 371-382.
- McArdle, B.H. & Anderson, M.J. (2001). Fitting multivariate models to community data: a comment on distance-based redundancy analysis. *Ecology* 82(1): 290-297.

- Miltschev, B., Boev, Z., Georgiev, V. (2004). Die Nahrung der Schleiereule (*Tyto alba*) in Südost-Bulgarien. (Food of the Barn Owl (*Tyto alba*) in South-eastern Bulgaria. In German). *Egretta* 47: 66-77.
- Milchev, B., Boev, Z., Kodjabashev, N. (2006). Breeding distribution and diet composition of the barn owl *Tyto alba* (Scopoli, 1769), (*Aves: Strigiformes*) in the North-Western Upper Thracian plain (Bulgaria). *Acta Zoologica Bulgarica* 58: 83-92.
- Milchev, B. (2015). Diet of barn owl *Tyto Alba* in central South Bulgaria as influenced by landscape structure. *Turkish Journal of Zoology* 39: 933-940.
- Milchev, B. (2022). Effects of a forest landscape on the prey composition of the Common Barn-owl *Tyto alba* in southern Bulgaria. *Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle "Grigore Antipa"* 65(1): 141-149.
- Milana, G., Luiselli, L., Amori, G. (2018). Forty years of dietary studies on Barn Owl (*Tyto alba*) reveal long term trends in diversity metrics of small mammal prey. *Animal Biology* 68(2): 129-146.
- Nowak, R.M. (1999). Insectivora Soricidae. In: Walker's Mammals of the World. *John Hopkins University Press*, Baltimore, pp. 789-793.
- Obuch, J., & Benda, P. (2009). Food of the Barn Owl (*Tyto alba*) in the Eastern Mediterranean. *Raptor Journal* 3(2009): 41-50.
- Obuch, J. (2011). Spatial and temporal diversity of the diet of the tawny owl (*Strix aluco*). *Slovak Raptor Journal* 5: 1-120.
- Obuch, J., Danko, Š., & Noga, M. (2016). Recent and subrecent diet of the barn owl (*Tyto alba*) in Slovakia. *Raptor Journal* 10(1): 1-50.
- Oksanen, J., Kindt, R., Simpson, G.L. & Oksanen, M.J. (2018). Package 'vegan3d'. R package version, 1-0.
- Paspali, G., Oruci, S., Koni, M., WILSON, I., Krystufek, B., & Bego, F. (2013). Seasonal variation of small mammals in the diet of the barn owl (*Tyto alba*) in the Drinos River valley, southern Albania. *Turkish Journal of Zoology* 37(1): 97-105.
- Pavlůvčík, P., Poprach, K., Machar, I., Losík, J., Gouveia, A. & Tkadlec, E. (2015). Barn Owl productivity responseto variability of vole populations. - *PloS One* 10(12): e0145851.
- Petrovici, M., Molnar, P., & Sandor, A.D. (2013). Trophic niche overlap of two sympatric owl species (*Asio otus* Linnaeus, 1758 and *Tyto alba* Scopoli, 1769) in the North-Western part of Romania. *North-Western Journal of Zoology* 9(2).
- Pinkas, L.M., Oliphant, S. & Iverson, I.L.K. (1971). Food habits of albacore, Bluefin tuna and bonito in Californian waters. *Fish Game*, Calif. 152: 1-105.

- Purger, J.J. (2014). Survey of the small mammal fauna in north-western Somogy county (Hungary), based on barn owl *Tyto alba* (Scopoli, 1769) pellet analysis. *Natura Somogyiensis* (24): 293-304.
- Rasoma, J., & Goodman, S.M. (2007). Food habits of the Barn Owl (*Tyto alba*) in spiny bush habitat of arid southwestern Madagascar. *Journal of Arid Environments* 69(3): 537- 543.
- Real, R., Márcia Barbosa, A., Porras, D., Kin, M.S., Márquez, A.L., Guerrero, J.C., Palomo, J.L., Justo, E.R., & Mario Vargas, M.J. (2003). Relative importance of environment, human activity and spatial situation in determining the distribution of terrestrial mammal diversity in Argentina. *Journal of Biogeography* 30(6): 939-947.
- Rooney, E., & Montgomery, W.I. (2013). Diet diversity of the Common Buzzard (*Buteo buteo*) in a vole-less environment. *Bird Study* 60(2): 147-155.
- Roulin, A. (2002). Barn Owl. - BWP Update: *Journal of the Birds of the Western Palearctic* 4: 115-138.
- Roulin, A. (2004). Effects of hatching asynchrony on sibling negotiation, begging, jostling for position and within-brood food allocation in the Barn Owl *Tyto alba*. *Evolutionary Ecology Research* 6(7): 1083-1098.
- Roulin, A. (2020). Barn Owls: Evolution and Ecology. *Cambridge University Press*, Cambridge. 314 p.
- Saada, I., Hammouda, A., Romanowski, J., & Selmi, S. (2024): Autumn diet of Little Owls (*Athene noctua*) in southern Tunisia. *Ornis Hungarica* 32(2): 278-286.
- Sándor, A.D. (2009). The summer diet of barn owl (*Tyto alba*)(Aves: *Strigiformes*) in the Southern part of Danube delta biosphere reserve. *Acta Zoologica Bulgarica* 61: 87-92.
- Saufi, S., Ravindran, S., Hamid, N.H., Zainal Abidin, C.M.R., Ahmad, H., Ahmad, A.H., & Salim, H. (2020). Diet composition of introduced Barn Owls (*Tyto alba javanica*) in urban area in comparison with agriculture settings. *Journal of Urban Ecology* 6(1): juz025.
- Schmidt, E. (1967). Bagolyköpet vizsgálatok. *Madártani Intézet Kiadványa*, Budapest 130 pp.
- Schmidt, E. (1969). Adatok egyes kisémlős fajok elterjedéséhez Magyarországon, bagolyköpet vizsgálatok alapján (Előzetes jelentés). (Daten zur Verbreitung einiger Kleinsäugerarten in Ungarn, an Hand von Eulengewöllenuntersuchungen (Vorläufiger Bericht) In Hungarian). *Vertebrata Hungarica* 11(1-2): 137-153.
- Szép, D., Klein, Á., & Purger, J.J. (2017). The prey composition of the Barn Owl with respect to landscape structure of its hunting area (Zala County, Hungary). *Ornis Hungarica* 25(2): 51-64.

- Szpunar, G., Aloise, G., Mazzotti, S., Nieder, L., Cristaldi, M. (2008). Effects of global climate change on terrestrial small mammal communities in Italy. *Fresenius Environmental Bulletin* 17(9B): 1526-1533.
- Szűcs, D., Horváth, K. & Horváth, G.F. (2014). Comparing small mammal faunas based on Barn Owl (*Tyto alba*) pellets collected in two different lowland landscapes. *Natura Somogyiensis* 24: 305-320.
- Taylor, I. (2004). Barn Owls. Predator-prey relationships and conservation. *Cambridge University Press*, Cambridge.
- Teta, P., Herculini, C., & Cueto, G. (2012). Variation in the diet of Western Barn Owls (*Tyto alba*) along an urban-rural gradient. *The Wilson Journal of Ornithology* 124(3): 589-596.
- Tkadlec, E., & Stenseth, N.C. (2001). A new geographical gradient in vole population dynamics. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 268(1476): 1547-1552.
- Torre, I., Gracia-Quintas, L., Arrizabalaga, A., Baucells, J., Díaz, M. (2015). Are recent changes in the terrestrial small mammal communities related to land use change? A test using pellet analyses. *Ecological Research* 30: 813-819.
- Tores, M., Motro, Y., Motro, U., & Yom-Tova, Y. (2005). The barn owl - A selective opportunist predator. *Israel Journal of Zoology* 51(4): 349-360.
- Tulis, F., Ambros, M., Baláž, I., Žiak, D., Sládkovičová, V.H., Miklós, P., ... & Horváth, G. (2016). Expansion of the Striped field mouse (*Apodemus agrarius*) in the south-western Slovakia during 2010–2015. *Folia Oecologica* 43(1).
- Ujhelyi, P. (1994). A magyarországi vadonélő emlősállatok határozója. *Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület*, Budapest, 189 pp.
- Veselovský, T., Bacsa, K. & Tulis, F. (2017). Barn Owl (*Tyto alba*) diet composition on intensively used agricultural land in the Danube Lowland. - *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 65(1): 225-233.
- Viganò, M., Ancillotto, L., Agnelli, P., Ficetola, G.F., & Mori, E. (2020). Frequency of Occurrence and Ingested Biomass of Different Prey of the Barn Owl *Tyto alba* in an Island Ecosystem. *Birds* 1(1), 5-12.
- Vigués, J., Grajera, J., Arrizabalaga, A., Torre, I. (2018). Long-term human-induced landscape changes and small mammal communities in a Mediterranean place. *Galemys* 30: 37-47.
- Wakeley, J.S. (1978). Factors affecting the use of hunting sites by Ferruginous Hawks. *The Condor* 80(3): 316-326.

- Yalden, D.W. & Morris, P.A. (1990). The analysis of owl pellets (Occasional publication). *Mammal Society*, London.
- Yalden, D.W. (1977). Identification of remains in owl pellets. *The Mammal Society*, London.
- Yom-Tov, Y., & Wool, D. (1997). Do the contents of Barn Owl pellets accurately represent the proportion of prey species in the field? *The Condor* 99(4): 972-976.

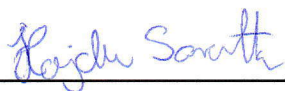
**A 37. OTDK
BIOLÓGIA SZEKCIÓ FELHÍVÁSÁNAK
2. SZÁMÚ MELLÉKLETE**

TÉTELES SZERZŐI HOZZÁJÁRULÁS

Alulírott **Hajdu Sarolta** nyilatkozom, hogy a 37. OTDK-ra benyújtott **Három regionális gyöngybagoly (*Tyto alba*) populáció táplálkozásának összehasonlító elemzése** című pályamunkámban leírtak esetében az alábbi munkafolyamatok elvégzésében vettem részt¹:

Részfeladat²	A részvétel mértéke (ötfokozatú skálán[#] jellemezve)
Köpetek feldolgozása	2
Adatok bevitele adatbázisba	4
Az adatok statisztikai feldolgozása	5
Táblázatok, ábrák készítése	4
Szakirodalmazás	5

Kelt: Pécs, 2025.01.14.



Pályamunkát benyújtó hallgató (*Hajdu Sarolta*)
aláírása

A nyilatkozatban foglaltak helyességét megerősítem:



Témavezető (*Dr. Horváth Győző, PTE-TTK Biológiai
Intézet, Ökológiai Tanszék*)
aláírása



Témavezető (*Horváth Adrienn, PTE-TTK
Biológiai Intézet, Ökológiai Tanszék*)
aláírása

¹ A kutatási projekt azon részfadatait, amelyekben egyáltalán nem vett részt, ne tüntesse fel a listában.

² Az alábbi lista mintául szolgál, szabadon módosítható, bővíthető.