

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**Pusztai viperák (*Vipera ursinii* komplex)
termoregulációja**

Radovics Dávid

Témavezető: Dr. Mizsei Edvárd és Dr. Lengyel Szabolcs



DEBRECENI EGYETEM
Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola

Debrecen, 2025

1. Témafelvétel

A klímaváltozás az egyik legnagyobb veszélyeztető tényező a globális biodiverzitás számára, különösen az ektoterm élőlények esetében, amelyek testhőmérséklete nagymértékben függ a környezetük hőmérsékletétől. A hüllők, mint ektoterm szervezetek, különösen érzékenyek az éghajlati változásokra, mivel az optimális testhőmérséklet elérése és fenntartása elengedhetetlen számukra olyan élettani folyamatokhoz, mint az emésztés, a mozgás és a szaporodás.

A termoreguláció a hüllők egyik legfontosabb viselkedési stratégiája, a termoreguláció során igyekeznek a számukra optimális hőmérsékleti tartományban tartani a testhőmérsékletüket különböző környezeti feltételek között. A termoregulációs viselkedés megismerése különösen fontos veszélyeztetett fajok esetében, mint a pusztai viperák (*Vipera ursinii* complex), amelyek különböző élőhelyeken fordulnak elő a síkvidéki pusztáktól a magashegyi rétegekig. A különböző élőhelyi viszonyok és mikroklimatikus feltételek eltérő hőmérsékleti kihívásokat jelentenek az egyes populációk számára, befolyásolva aktivitási idejüket, energiamérlegüket és túlélésüket.

A klímaváltozás hatására a hőmérsékleti mintázatok megváltozása jelentősen befolyásolhatja a hüllők napi és szezonális aktivitási időszakát. A hőmérséklet emelkedése csökkentheti az optimális aktivitási periódusokat, ami korlátozhatja a táplálkozásra és párkeresésre rendelkezésre álló időt. Ezen túlmenően, a szélsőséges hőmérsékletek gyakoribbá válása a fiziológiai stressz növekedéséhez és egyes populációk lokális kipusztulásához vezethet.

A jelen kutatás célja a *Vipera ursinii* komplex egyedeinek termoregulációs stratégiáinak vizsgálata és a klímaváltozás várható hatásainak elemzése. A kutatás során különös figyelmet fordítottunk a különböző populációk testhőmérsékleti preferenciáira, a termikus mikroélőhelyek használatára és az aktivitási mintázatok szezonális változásaira. Az eredmények hozzájárulhatnak a fajok megőrzéséhez szükséges természetvédelmi intézkedések kialakításához, valamint segíthetnek megérteni az ektoterm élőlények alkalmazkodási lehetőségeit a gyorsan változó környezeti feltételekhez.

2. Célkitűzések

2.1 *A pusztai viperák önkéntes hőmérsékleti maximuma*

A kutatás célja, hogy meghatározzuk a pusztai viperák (*Vipera ursinii* komplex) önkéntes hőmérsékleti maximumát, azaz azt a legmagasabb hőmérsékletet, amelyet az egyedek képesek elviselni anélkül, hogy komoly stressz vagy fiziológiai károsodás lépne fel. A vizsgálat során meghatároztuk a különböző klímájú élőhelyeken előforduló pusztai vipera fajok populációinak önkéntes hőmérsékleti maximuma közötti variabilitát és az azt befolyásoló környezeti tényezőket. Megvizsgáltuk, hogyan hat a taxonok filogenetikai helyzete, az élőhelyek klimatikus adottságai és az egyedek ivara és testmérete az önkéntes hőmérsékleti maximum értékek alakulására

2.2 *Az önkéntes hőmérsékleti maximum egyeden belüli és egyedek közötti változatossága*

A vizsgálat célja volt, hogy meghatározzuk a pusztai viperák (*Vipera ursinii*) önkéntes hőmérsékleti maximumának egyeden belüli és egyedek közötti változatosságát. A kutatás során elsődleges célként tűzzük ki a hőmérsékleti preferenciák egyedek közötti eltéréseinek feltárását és az egyedek számára optimális hőmérsékleti tartományok meghatározását. Ezen kívül vizsgálni kívántuk azokat a környezeti tényezőket (pl. napsugárzás, hőmérséklet, páratartalom), amelyek befolyásolják a viperák hőmérséklet választását. A célunk volt továbbá, hogy elemezzük, hogy milyen egyedi jellemzők befolyásolhatják az önkéntes hőmérsékleti maximumok variabilitását.

2.3 *A görög karsztvipera termoregulációja*

A görög karsztvipera (*Vipera graeca*) termoregulációját vizsgáló kutatás célja, hogy feltárja, hogyan alkalmazkodik ez a magashegyi faj a változó környezeti feltételekhez. A vizsgálat során meghatároztuk több görög karsztvipera populáció preferált testhőmérsékleti értékeit, valamint hőmérsékleti adatokat

gyűjtöttünk a vipera-élőhelyeken rendelkezésre álló különböző mikroklímájú élőhelyfoltokból.

2.4 A görög karsztvipera predátorai és aktivitási mintázata

A görög karsztvipera (*Vipera graeca*) aktivitási mintázatát jelentősen befolyásolják a környezeti tényezők mellett a predációs nyomás hatásai is. Mivel a faj kis populációkban, elszigetelt magashegyi élőhelyeken fordul elő, a ragadozók szerepe kulcsfontosságú lehet az aktivitási időszakok és a viselkedési stratégiák alakulásában.

A kutatás célja annak feltárása, hogy milyen főbb predátorok veszélyeztetik a görög karsztvipérát és ezek milyen hatással vannak a viperák napi és szezonális aktivitására. Vizsgáljuk, hogy az egyedeken látható sérülések alapján van-e eltérés kor, testméret illetve ivar alapján a populációkban.

2.5 A görög karsztvipera aktivitásának csökkenése a klímaváltozás hatására

A kutatás célja annak meghatározása, hogy a klímaváltozás és az ezzel járó mikroklimatikus változások hogyan befolyásolják a görög karsztvipera (*Vipera graeca*) aktivitási mintázatait.

Elsődleges célunk annak vizsgálata, hogy a növekvő hőmérsékletek milyen mértékben szűkíthetik az optimális aktivitási időszakot, ezáltal korlátozva a táplálkozásra, szaporodásra és más létfontosságú tevékenységekre fordítható időt. Emellett célunk modellezni a populációk jövőbeni alkalmazkodási lehetőségeit, különös tekintettel az extrém hőmérsékletek elkerülési stratégiáira és az élőhelyválasztásra.

A vizsgálat során összehasonlítottuk a jelenlegi és a várható klimatikus viszonyokat, valamint azok hatását az aktivitási időre.

3. Anyag és módszer

3.1 A pusztai viperák önkéntes hőmérsékleti maximuma

A pusztai viperák önkéntes hőmérsékleti maximum vizsgálatára kilenc taxon, összesen 194 egyedből gyűjtöttünk adatokat. A mérésekhez hordozható

klímakamrát használtunk, amelyben a hőmérséklet fokozatosan növekedett, míg az egyedek elérték maximális testhőmérsékletüket. A vizsgálat során figyelembe vettük az élőhelyek klimatikus viszonyait is, amelyeket a CHELSA adatbázisból nyert környezeti adatokat alapul véve elemeztük. A különböző élőhelyek közötti önkéntes hőmérsékleti maximum eltéréseket statisztikai tesztekkel vizsgáltuk. A környezeti tényezők hatását az önkéntes hőmérsékleti maximum értékekre random forest modellekkel modelleztük, figyelembe véve a legfontosabb változókat, mint például a hőmérséklet és csapadék, valamint filogenetikai elemzéseket is végeztünk a taxonok közötti önkéntes hőmérsékleti maximum eltérések magyarázatára.

3.2 Az önkéntes hőmérsékleti maximum egyeden belüli és egyedek közötti változatossága

A vizsgálat adatait a korábbi, “A pusztai vipera önkéntes hőmérsékleti maximum” vizsgálat adatai szolgáltatták. A legalább három mérést elérő vipera egyedek adatait elemeztük, melyeket R statisztikai környezetben dolgoztunk fel. Az önkéntes hőmérsékleti maximum mérések ismételhetőségét és az egyedek közötti, valamint egyedeken belüli varianciát kettős hierarchikus lineáris vegyes modellekkel becsültük meg. A modellekben teszteltük a síkvidéki és hegyvidéki populációk közötti különbségeket, valamint a környezeti tényezők, az ivar, a testhossz hatását. A modellek segítségével az egyedi varianciát és a fenotípusos varianciát is figyelembe vettük, és korrigált ismételhetőségi becsléseket számítottunk. További modellekkel vizsgáltuk a különböző környezeti változók (például hőmérséklet és nedvesség) hatását az önkéntes hőmérsékleti maximumra.

3.3 A görög karsztvipera termoregulációja

A görög karsztvipera termoregulációjának vizsgálatához három hőmérsékleti adatot gyűjtöttünk öt populációból: operatív hőmérsékletet, terepi testhőmérsékletet és preferált testhőmérsékletet. A preferált testhőmérséklet méréseket egy mesterségesen kialakított termálgrádiensben végeztük, a hőmérsékleti adatok alapján meghatároztuk a testhőmérséklet sűrűségeloszlását és kiszámítottuk a preferált hőmérsékletet és a termoregulációs tartományt.

Lineáris modellek segítségével vizsgáltuk a testhossz, az ivar és a földrajzi szélesség és hosszúság hatását a preferált testhőmérsékletre. A populációk preferált testhőmérséklet értékeinek alakulását filogenetikai szignál jelenlétére is teszteltük.

3.4 A görög karsztvipera predátorai és aktivitási mintázata

14 görög karsztvipera populációból gyűjtöttünk észlelésadatokat 2010 és 2019 között, a detektált állatok testén látható sérüléseket feljegyeztük. A viperák mellett a ragadozómadár fajokat is felmértük az élőhelyeken és az észleléseket rögzítettük. Az észlelt ragadozók táplálkozási preferenciáiról szakirodalmi áttekintést készítettünk.

Az életkor és ivar szerinti sérüléseloszlás felméréséhez a testhossz adatait használtuk az egyedek életkorának helyettesítő mutatójaként. Lineáris kevert modelleket alkalmaztunk a sérülések jelenlétére vonatkozóan, figyelembe véve az egyedek ivarát és testhosszát. Az aktivitási minták becslésére valószínűségi sűrűségfüggvényeket használtunk és a minták átfedését a Δ átfedési együttható segítségével vizsgáltuk

3.5 A görög karsztvipera aktivitásának csökkenése a klímaváltozás hatására

A viperák aktivitásának hőmérséklet általi befolyásolásának vizsgálatához adatbázist állítottunk össze a görög karsztvipera előfordulási adataiból és a Worldclim 2.1 adatbázisból származó havi levegő hőmérsékleti adataiból. A jövőbeli éghajlati viszonyok modellezésére három globális klímamodellt és két SSP forgatókönyvet választottunk: egy optimista és egy pesszimista jövőképet. Az aktivitási idő változását a görög karsztvipera preferált hőmérsékleti értékeinek túllépésével számoltuk, figyelembe véve az élőhelyek mikroklímáját. Az adatokat havi átlagos hőmérsékletek alapján szimuláltuk, figyelve a jövőbeli éghajlati viszonyokat. Az elemzés célja annak meghatározása, hogy a jövőbeli klíma miként befolyásolja a vipera aktivitását a teljes elterjedési területen. Az aktivitási idő csökkenését kiszámoltuk és térképen ábrázoltuk a két klímamodell alapján.

4. Eredmények

4.1 *A pusztai viperák önkéntes hőmérsékleti maximuma*

A kilenc pusztai viperá taxon egyedénél mért önkéntes hőmérséklet maximum értékek 32,5 °C és 39,7 °C között változtak, az átlag 36,4 °C volt. A filogenetikai helyzet nem befolyásolta az önkéntes hőmérséklet maximum értékeket, nem találtunk szignifikáns filogenetikai szignált. A síkvidéki taxonok önkéntes hőmérséklet maximum értékei alacsonyabbak voltak a hegyi taxonokénál. A legfontosabb környezeti tényezők, amelyek befolyásolták az önkéntes hőmérséklet maximum értéket, a csapadék mennyisége, a rövidhullámú fénymennyiség és a hőmérséklet. A GLM modell szerint a rövidhullámú fénymennyiség pozitívan, míg a csapadék és hőmérséklet bizonyos változói negatívan hatottak az önkéntes hőmérséklet maximumra. A testhossz szignifikánsan pozitívan befolyásolta az önkéntes hőmérséklet maximum értéket, míg az ivar és a két változó kölcsönhatása nem mutatott hatást.

4.2 *Az önkéntes hőmérsékleti maximum egyeden belüli és egyedek közötti változatossága*

Az adatok modellezése alapján az önkéntes hőmérsékleti maximum értékek alakulását befolyásolta a „fahatár” és a hegyvidéki élőhelyen előforduló viperák magasabb önkéntes hőmérsékleti maximum értékeket mutattak. Azonban viselkedés kiszámíthatóságának különbségeit nem befolyásolta az élőhely diverzifikáció (síkvidék vs. hegyvidék). Az átlagos önkéntes hőmérsékleti maximum értékek jelentősen különböztek a síkvidéki és hegyvidéki populációkban. Mindkét élőhelytípus esetében a viperá egyedek önkéntes hőmérsékleti maximum értékei konzisztensek voltak, azaz voltak egyedek, amelyek alacsonyabb vagy magasabb értékeket mutattak, mint az adott populáció átlagos önkéntes hőmérsékleti maximum értéke. Nem volt szignifikáns különbség a mérések repetabilitásában a különböző élőhelyek között. A modellünk nem mutatatta ki környezeti tényezők hatását a viselkedéstípusra vagy az viselkedés kiszámíthatóságára de megerősítette az egyedi varianciát az önkéntes hőmérsékleti maximum értékek egyedek közötti

és egyeden belüli változásaiban. Jelentős eltérések mutatkoztak a taxonok között és egy-egy taxonon belül is. A modell eredményei szerint az ivar hatással volt az önkéntes hőmérsékleti maximum értékekre, mivel a hímek nagyobb önkéntes hőmérsékleti maximum értékeket produkáltak, mint a nőstények.

4.3 A görög karsztvipera termoregulációja

Összesen öt populációból gyűjtöttünk hőmérsékleti adatokat 74 *Vipera graeca* egyedről. Az általános preferált testhőmérséklet 28,77 °C volt. Az ivar nem befolyásolta a preferált testhőmérsékletet, viszont a testhossz hatással volt a preferált testhőmérsékletre, különösen a nőstényeknél, ahol szignifikáns pozitív hatást mutatott. A felnőtt nőstények gravid állapota nem befolyásolta a preferált testhőmérsékletet. A legtöbb populáció preferált testhőmérséklete nem különbözött egymástól, kivéve a legdélibb (Vardoussia) és legészakibb (Tomorr) élőhelyek közötti szignifikáns különbséget. A földrajzi szélesség pozitívan befolyásolta a preferált testhőmérsékletet, a populációk filogenetikai helyzete nem mutatott hatást. A testhőmérséklet átlagos pontossága $0,45 \pm 0,26$ °C volt, ami a termoreguláció nagy pontosságát jelzi.

4.4 A görög karsztvipera predátorai és aktivitási mintázata

Összesen 12 ragadozómadár-fajt figyeltünk meg a viperák élőhelyein, a leggyakoribbak a *Falco tinnunculus*, *Circaetus gallicus* és *Buteo buteo* voltak. Bizonyítékot gyűjtöttünk a görög karsztvipera fogyasztására a *C. gallicus*, *F. tinnunculus* és *Corvus cornix* esetében. Az irodalmi adatok alapján öt ragadozómadár-faj étrendjében több mint 10%-ot tesznek ki a hullók.

319 görög karsztvipera egyedet vizsgáltunk 14 populációban sérülések szempontjából, 40 egyednél találtunk sérüléseket, főleg a test középső és hátsó felén. A sérülés jelenlétét szignifikánsan pozitívan befolyásolta az egyedek testhossza és a sérülések gyakrabban fordultak elő a nőstényeknél. A görög karsztvipera nappali aktivitása bimodális volt, a csúcok a kora reggeli és késő délutáni órákban jelentkeztek. A ragadozómadarak nappali aktivitásának csúcspontja a nap közepén jelentkezett, és a ragadozók aktivitása kisebb átfedést mutatott a vipera aktivitásával, mint a potenciális aktivitásával.

4.5 A görög karsztvipera aktivitásának csökkenése a klímaváltozás hatására

A jelenlegi éghajlati viszonyok között a görög karsztvipera éves átlagos aktivitási idejének rövidülése 1278,4 óra. A jövőbeli viszonyok szerint az optimista forgatókönyv alapján 1606 óra, míg pesszimista forgatókönyv szerint 2086 óra csökkenés várható a görög karsztvipera aktivitási idejében.

5. Következtetések és javaslatok

A pusztai viperák különböző élőhelyeken eltérő hőmérséklet toleranciát mutatnak, amely a lokális alkalmazkodásokat tükrözi a változatos termál tájakhoz. Eredményeink azt mutatják, hogy a hidegebb környezetben élő viperák magasabb önkéntes hőmérséklet maximum értékeket produkálnak, mint a melegebb élőhelyeken élők. Ez arra utal, hogy ezek a populációk alacsonyabb hőmérsékletre is alkalmazkodtak, miközben fenntartják a hatékony hőszabályozást. A hőmérséklet toleranciát jelentősen befolyásolják a helyi klimatikus viszonyok, mint a csapadék, hőmérséklet-ingadozás és a felhőborítottság, amelyek különböző termoregulációs viselkedésformákat eredményeznek a viperák számára.

A kutatás másik fontos megállapítása, hogy a predációs nyomás jelentős hatással van a viperák aktivitási idejére. A görög karsztvipera aktivitása két fő csúcstra koncentrálódik, reggel és késő délután, amely az optimális testhőmérséklet fenntartásának és a ragadozók elkerülésének kompromisszumát jelzi. A vizsgálat azt is feltárta, hogy a görög karsztvipera termoregulációja pontos, de nem használják ki teljes mértékben az optimális hőmérsékletű időszakokat. Ennek oka, hogy az aktivitásukat a ragadozóktól való elkerülés érdekében alakítják, ami egy predáció-elkerülő stratégia lehet.

A hőmérséklet növekedésének hatása a fajokra a jövőbeli klímaváltozás miatt különösen aggasztó. Az eredményeink azt sugallják, hogy a hőmérséklet emelkedés miatt a viperák aktivitási időszakai csökkenhetnek, ami potenciálisan csökkentheti a populációk túlélését.

További vizsgálatokra van szükség a különböző populációk közötti eltérések jobb megértése érdekében és külön figyelmet kell fordítani azoknak a fajoknak a vizsgálatára, melyek síkvidéki és hegyvidéki élőhelyeken egyaránt

megtalálhatóak. A klímaváltozás és a predációs nyomás hatásainak megértése kulcsfontosságú a fajok védelme szempontjából. További kutatásokat igényel a viperák szezonális aktivitásának vizsgálata, valamint a populációk diszperziós potenciáljának becslése, amely segíthet a jövőbeni klímaváltozás hatásainak pontosabb előrejelzésében.

Az élőhelyek megőrzése és rehabilitációja elengedhetetlen, mivel a különböző mikroklímák elérhetősége és változatossága alapvető a viperák termoregulációs stratégiájához. A kutatások hangsúlyozzák a természetvédelmi folyosók kialakításának fontosságát, amelyek összekötik az izolált populációkat, elősegítve a génáramlást és a genetikai változatosság fenntartását. A helyi közösségek bevonása és oktatása kulcsfontosságú a viperák élőhelyeinek megőrzésében, a közösségi tudatosság növelésével pedig javítható a fajok védelme.

6. Új tudományos eredmények

- Bebizonyítottuk, hogy a pusztai vipera taxonok hőmérséklet toleranciája nem filogenetikailag meghatározott, sokkal inkább az élőhelyek klimatikus jellemzői határozzák meg a hőmérséklet toleranciát. A hidegebb klímán élő fajok magasabb hőmérséklet toleranciát mutattak, mint a melegebb élőhelyeken élő taxonok.
- Az olyan klimatikus változók, mint a csapadék, hőmérséklet-ingadozás és felhőborítottság, jelentősen befolyásolják a pusztai viperák hőtoleranciáját
- Az önkéntes hőmérsékleti maximum érték alakulását egyedi szinten a testméret szignifikáns pozitívan befolyásolja
- Az önkéntes hőmérséklet maximum mérések egyedenként és populációnként is magas repetabilitást mutattak
- Termálgrádiensben meghatároztuk a görög karsztvipera által preferált testhőmérséklet tartományt, ennek pontosságát megerősíti, hogy az élőhelyen detektált kígyók terepi testhőmérséklete soha nem haladta meg a preferált testhőmérséklet tartomány felső határát

- A preferált testhőmérséklet mérések alapján megállapítottuk, hogy a görög karsztvipera meglehetősen pontosan termoregulál
- A görög karsztvipera élőhelyeken előforduló predator fajok közül 3 fajnál bizonyítottuk a görög karsztvipera fogyasztást
- A görög karsztvipera aktivitási idejének lerövidítésével elkerüli az élőhelyein előforduló ragadozófajok aktivitási csúcsát, ezáltal ez a viselkedés egy ragadozó elkerülő stratégia lehet
- A görög karsztvipera észlelés adatok, valamint klímaadatbázisból nyert környezeti hőmérsékleti adatok modellezésével, mind az optimista, mind pedig a pesszimista klímaforgatókönyv azt prediktálta, hogy a jövőben csökkeni fog a görög karsztvipera éves aktivitásra alkalmas időszak



Nyilvántartási szám: DEENK/68/2025.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Radovics Dávid
Doktori Iskola: Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10091056

A PhD értekezés alapján szolgáló közlemények

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (3)

1. Mizsei, E., **Radovics, D.**, Rák, G., Budai, M., Bancsik, B., Szabolcs, M., Sós, T., Lengyel, S.:
Alpine viper in changing climate: thermal ecology and prospects of a cold-adapted reptile in the warming Mediterranean.
Sci. Rep. 14 (1), 1-11, 2024. EISSN: 2045-2322.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-024-69378-4>
IF: 3.8 (2023)
2. **Radovics, D.**, Sós, T., Mebert, K., Üveges, B., Budai, M., Rák, G., Lengyel, S., Mizsei, E.:
Voluntary thermal maximum of grassland vipers (*Vipera* spp.): environmental drivers and local adaptation.
Zool. J. Linn. Soc. 201 (1), 159-168, 2024. ISSN: 0024-4082.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/zoolinnean/zlad109>
IF: 3 (2023)
3. **Radovics, D.**, Szabolcs, I. M., Lengyel, S., Mizsei, E.: Hide or die when the winds bring wings: predator avoidance by activity shift in a mountain snake.
Front Zool. 20, 1-10, 2023. EISSN: 1742-9994.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12983-023-00497-w>
IF: 2.6

További közlemények

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

4. Wenner, B., Mór, A., **Radovics, D.**, Bancsik, B., Budai, M., Rák, G., Kovács, G., Szabolcs, M., Korsós, Z., Mizsei, E.: The Smooth Snake is not a threat to the Meadow Viper: predator-prey interactions of a reptile specialist snake.
Community Ecol. [Epub ahead of print], 1-11, 2025. ISSN: 1585-8553.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s42974-025-00234-9>
IF: 1.2 (2023)





Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (4)

5. Mizsei, E., Budai, M., Rák, G., Bancsik, B., **Radovics, D.**, Szabolcs, I. M., Móré, A., Vadász, C., Dudás, G., Lengyel, S.: Microhabitat selection of meadow and steppe vipers enlightened by digital photography and image processing to describe grassland vegetation structure. *J. Zool.* 322 (2), 168-178, 2024. ISSN: 0952-8369.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/jzo.13129>
IF: 1.9 (2023)
6. Móré, A., Üveges, B., Simics, J., **Radovics, D.**, Kovács, G., Bancsik, B., Wenner, B., Budai, M., Tisza, Á., Vadász, C., Mizser, S., Tóthmérész, B., Mizsei, E.: Predation on the Endangered Hungarian Meadow Viper in Pastures and Hayfields: Insights From Plasticine Models. *Rangel. Ecol. Manag.* 95, 68-76, 2024. ISSN: 1550-7424.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rama.2024.04.007>
IF: 2.4 (2023)
7. Mizsei, E., Budai, M., Wenner, B., Rák, G., **Radovics, D.**, Bancsik, B., Kovács, G., Tisza, Á., Simics, J., Szabolcs, M., Vadász, C., Móré, A.: Before-after-control-impact field experiment shows anti-predator netting enhances occupancy of the threatened Hungarian meadow viper (*Vipera ursinii rakosiensis*). *Wildlife Biology. Epub ahead of print*, 1-9, 2023. ISSN: 0909-6396.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/wlb3.01147>
IF: 1.7
8. Mizsei, E., Budai, M., Móré, A., Rák, G., **Radovics, D.**, Bancsik, B., Wenner, B., Marton, S., Korsós, Z., Lengyel, S., Vadász, C.: Management impacts on three reptile species (*Vipera ursinii*, *Lacerta agilis*, *Lacerta viridis*) in sandy grasslands in Hungary: Mowing should be avoided. *Conservat Sci and Prac.* 5 (12), 1-7, 2023. ISSN: 2578-4854.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/csp2.13048>
IF: 2.8

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (2)

9. Móré, A., **Radovics, D.**, Tisza, Á., Turny, Z., Vadász, C., Mizsei, E.: A rákosi vipera (*Vipera ursinii rakosiensis*) ismert és potenciális predátorainak állomány változása és a predációnyomás csökkentésére irányuló erőfeszítések előzetes eredményei a Kiskunságban. In: XIII. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia : "Klimaváltozás: trendek, veszélyek és megoldások" : Absztrakt kötet / szerk Soltész Zoltán, Magyar Biológiai Társaság, Budapest, 84, 2022. ISBN: 9786158098687

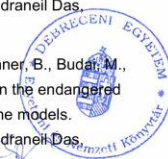




10. Mizsei, E., Szarvas, R., Móré, A., **Radovics, D.**, Unyi, M., Halpern, B., Lengyel, S., Korsós, Z., Vadász, C.: A talajvízszint hatása a rákosi vipera (*Vipera ursinii rakosiensis*) előfordulására és élőhelyalkalmasságára.
In: XIII. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia : "Klimaváltozás: trendek, veszélyek és megoldások" : Absztrakt kötet / szerk Soltész Zoltán, Magyar Biológiai Társaság, Budapest, 22, 2022. ISBN: 9786158098687

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (10)

11. Mizsei, E., **Radovics, D.**, Rák, G., Budai, M., Bancsik, B., Szabolcs, I. M., Sós, T., Lengyel, S.: Alpine Viper in Changing Climate: Thermal Ecology and Prospects of a Cold-Adapted Reptile in the Warming Mediterranean.
In: 10th World Congress of Herpetology : Book of abstracts. Comp. by: Indraneil Das, Universiti Malaysia Sarawak, Sarawak, 620-621, 2024.
12. Kovács, G., Móré, A., **Radovics, D.**, Bancsik, B., Budai, M., Rák, G., Wenner, B., Szabolcs, I. M., Tölgyesi, C., Mizsei, E.: Community Organization in Two Hungarian Meadow Viper Species across Two Previously Afforested Grassland Reconstruction Sites.
In: 10th World Congress of Herpetology : Book of abstracts. Comp. by: Indraneil Das, Universiti Malaysia Sarawak, Sarawak, 613-614, 2024.
13. Sós, T., **Radovics, D.**, Mebert, K., Úveges, B., Budai, M., Rák, G., Szabolcs, I. M., Lengyel, S., Horváth, G., Mizsei, E.: Coping Through Diversity: Quantifying Variation in Behavioural Thermal Tolerance of Grassland Vipers (*Vipera* Spp.) on Individual and Population Level.
In: 10th World Congress of Herpetology : Book of abstracts. Comp. by: Indraneil Das, Universiti Malaysia Sarawak, Sarawak, 721-722, 2024.
14. Mizsei, E., Wenner, B., Budai, M., Rák, G., Bancsik, B., Kovács, G., **Radovics, D.**, Márton, S., Móré, A.: Effects of Anti-predator Netting on a Reptile Community in Central Hungary.
In: 10th World Congress of Herpetology : Book of abstracts. Comp. by: Indraneil Das, Universiti Malaysia Sarawak, Sarawak, 619, 2024.
15. Wenner, B., Móré, A., **Radovics, D.**, Bancsik, B., Budai, M., Rák, G., Kovács, G., Szabolcs, M., Korsós, Z., Mizsei, E.: Feeding Habits of the Smooth Snake (*Coronella austriaca*) and its Habitat Cooccupancy With Potential Prey Species in Central Hungary.
In: 10th World Congress of Herpetology : Book of abstracts. Comp. by: Indraneil Das, Universiti Malaysia Sarawak, Sarawak, 616-617, 2024.
16. Móré, A., Úveges, B., Simics, J., **Radovics, D.**, Kovács, G., Bancsik, B., Wenner, B., Budai, M., Tisza, Á., Vadász, C., Mizser, S., Tóthmérész, B., Mizsei, E.: Predation on the endangered hungarian Meadow Viper in pastures and hayfields: insights from plasticine models.
In: 10th World Congress of Herpetology : Book of abstracts. Comp. by: Indraneil Das, Universiti Malaysia Sarawak, Sarawak, 716, 2024.





17. Mizsei, E., **Radovics, D.**, Sós, T., Mebert, K., Üveges, B., Budai, M., Rák, G., Szabolcs, I. M., Lengyel, S.: Restriction Times on the Rise: Mechanistic Modelling of Activity Time of Grassland Vipers (*Vipera* Spp.) in the Face of Climate Change.
In: 10th World Congress of Herpetology : Book of abstracts. Comp. by: Indraneil Das, Universiti Malaysia Sarawak, Sarawak, 727-728, 2024.
18. Rák, G., Budai, M., Wenner, B., Móré, A., Bancsik, B., Kovács, G., Szabolcs, I. M., **Radovics, D.**, Sós, T., Mizsei, E.: The microhabitat choice of the Hungarian Meadow Viper (*Vipera ursinii rakosiensis*) in Kiskunság: A preference towards microhabitat transitions.
In: 10th World Congress of Herpetology : Book of abstracts. Comp. by: Indraneil Das, Universiti Malaysia Sarawak, Sarawak, 145-146, 2024.
19. Sós, T., Horváth, G., **Radovics, D.**, Mizsei, E.: Repeatability of Voluntary Thermal Maximum: (sub)species-level responses across *Vipera ursinii* complex.
In: Magyar Etológiai Társaság XXIV. konferenciája: Program és kivonatfüzet, Állatorvostudományi Egyetem, Budapest, 58, 2022.
20. Móré, A., Mizsei, E., Tisza, Á., **Radovics, D.**, Üveges, B.: Trends in the abundance of predators of Hungarian meadow viper (*Vipera ursinii rakosiensis*) and the effect of grassland utilization on predation pressure.
In: 21st European Congress of Herpetology : Book of Abstracts. Eds.: Mirjana Mihailović, Jelka Crnobrnja-Isailović, Tanja Vukov, Tijana Vučić, Ljiljana Tomović, Institute for Biological Research "Siniša Stanković", Belgrade, 227, 2022. ISBN: 9788680335193

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 19,4

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapján szolgáló közleményekre): 9,4

A DEENK a Jelölt által a Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudánymetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2025.02.24.



Short thesis for the degree of doctor of philosophy (PhD)

**Thermoregulation of the meadow vipers (*Vipera
ursinii* complex)**

Radovics Dávid

Supervisor: Dr. Mizsei Edvárd and Dr. Lengyel Szabolcs



UNIVERSITY OF DEBRECEN
Juhász-Nagy Pál Doctoral School

Debrecen, 2025

1. Topic Introduction

Climate change is one of the greatest threats to global biodiversity, particularly for ectothermic organisms, whose body temperature is highly dependent on the temperature of their environment. Reptiles, as ectothermic organisms, are particularly sensitive to climate changes, as achieving and maintaining an optimal body temperature is essential for physiological processes such as digestion, movement, and reproduction.

Thermoregulation is one of the most important behavioral strategies for reptiles, as they strive to keep their body temperature within an optimal range under various environmental conditions. Understanding thermoregulatory behavior is especially crucial for endangered species, such as the grassland vipers (*Vipera ursinii* complex), which occur in a range of habitats from lowland steppes to high-altitude meadows. Different habitat conditions and microclimatic factors present varying thermal challenges to different populations, influencing their activity patterns, energy balance, and survival.

As a result of climate change, shifts in temperature patterns could significantly affect reptiles' daily and seasonal activity periods. Rising temperatures may reduce the duration of optimal activity periods, limiting the time available for feeding and mating. Furthermore, the increasing frequency of extreme temperatures could lead to heightened physiological stress and local extinctions of certain populations.

The aim of this study is to examine the thermoregulatory strategies of *Vipera ursinii* complex individuals and analyze the potential effects of climate change. Particular attention was given to the body temperature preferences of different populations, the use of thermal microhabitats, and the seasonal changes in activity patterns. The findings could contribute to the development of conservation measures necessary for the species' preservation and help understand the adaptive possibilities of ectothermic organisms in rapidly changing environmental conditions.

2. Objectives

2.1 *The voluntary thermal maximum of grassland vipers*

The aim of this study is to determine the voluntary thermal maximum of grassland vipers (*Vipera ursinii* complex), that is, the highest temperature the individuals can tolerate without experiencing significant stress or physiological damage. The study focuses on the variability of the voluntary thermal maximum among populations of grassland viper species occurring in habitats with different climates and the environmental factors that influence it. We examined how the phylogenetic position of the taxa, the climatic characteristics of their habitats, and the individuals' sex and body size affect the development of voluntary thermal maximum values.

2.2 *Intraspecific and interspecific variation in voluntary thermal maximum*

The aim of this study was to determine the intraspecific and interspecific variation in the voluntary thermal maximum of grassland vipers (*Vipera ursinii*). The primary goal was to explore the differences in temperature preferences among individuals and to determine the optimal temperature ranges for each individual. Additionally, we aimed to investigate the environmental factors (e.g., sunlight, temperature, humidity) that influence the temperature selection of vipers. Another goal was to analyze which individual characteristics may influence the variability of voluntary thermal maximums.

2.3 *Thermoregulation of the greek meadow viper*

The aim of the research on the thermoregulation of the greek meadow viper (*Vipera graeca*) is to explore how this high-altitude species adapts to changing environmental conditions. The study focused on determining the preferred body temperature values of several greek meadow viper populations and collecting temperature data from various microclimatic habitat patches available at viper habitats.

2.4 Predators and activity patterns of the greek meadow viper

The activity patterns of the greek meadow viper (*Vipera graeca*) are significantly influenced by environmental factors as well as the effects of predation pressure. Since the species occurs in small populations in isolated high-altitude habitats, the role of predators may be crucial in shaping activity periods and behavioral strategies. The study aims to identify the main predators threatening the greek meadow viper and examine their effects on the daily and seasonal activity of the vipers. We also investigate whether there are differences in the injuries observed on individuals based on age, body size, and sex within the populations.

2.5 Reduction in the activity of the greek meadow viper due to climate change

The goal of the research is to determine how climate change and the associated microclimatic changes affect the activity patterns of the greek meadow viper (*Vipera graeca*). Our primary objective is to examine how increasing temperatures may narrow the optimal activity period, thereby limiting the time available for feeding, reproduction, and other vital activities. Additionally, we aim to model the future adaptive possibilities of populations, with particular attention to strategies for avoiding extreme temperatures and habitat selection. The study compares current and anticipated climatic conditions and their impact on activity periods.

3. Materials and Methods

3.1 Voluntary thermal maximum of grassland vipers

To investigate the voluntary thermal maximum of grassland vipers, we collected data from nine taxa, comprising a total of 194 individuals. Measurements were conducted using a portable climate chamber in which the temperature was gradually increased until individuals reached their maximum body temperature. We also considered the climatic conditions of their habitats, which were analyzed based on environmental data from the CHELSA database. Differences in voluntary thermal maximum between habitats were assessed using statistical tests. The effects of environmental factors on voluntary thermal maximum

values were modeled using random forest models, considering key variables such as temperature and precipitation. Additionally, phylogenetic analyses were conducted to explain differences in voluntary thermal maximum among taxa.

3.2 Intraspecific and interspecific variation in voluntary thermal maximum

The data for this study were derived from the previous investigation of the voluntary thermal maximum in grassland vipers. We analyzed individuals for which at least three measurements were available, and data processing was conducted in the R statistical environment. The repeatability of voluntary thermal maximum measurements and the variance within and among individuals were estimated using double hierarchical linear mixed models. These models tested differences between lowland and montane populations, as well as the effects of environmental factors, sex, and body length. The models accounted for individual and phenotypic variance, and adjusted repeatability estimates were calculated. Additional models examined the influence of various environmental variables (e.g., temperature and humidity) on voluntary thermal maximum.

3.3 Thermoregulation of the greek meadow viper

To investigate the thermoregulation of the greek meadow viper, we collected three types of temperature data from five populations: operative temperature, field body temperature, and preferred body temperature. Preferred body temperature was measured in an artificially created thermal gradient, and the body temperature distribution was determined based on these data. We calculated the preferred temperature and the thermoregulatory range. Linear models were used to assess the effects of body length, sex, and geographic latitude and longitude on preferred body temperature. Additionally, we tested for the presence of a phylogenetic signal in the preferred temperature values of different populations.

3.4 Predators and activity patterns of the greek meadow viper

Observation data were collected from 14 populations of the greek meadow viper between 2010 and 2019, and injuries visible on the detected individuals were

recorded. Additionally, we surveyed and recorded the presence of raptor species in the habitats. A literature review was conducted on the dietary preferences of observed predators. To assess the distribution of injuries by age and sex, body length was used as a proxy for age. Linear mixed models were applied to analyze the presence of injuries, considering sex and body length. Activity patterns were estimated using probability density functions, and overlap in activity patterns was analyzed using the Δ overlap coefficient.

3.5 Reduction in the activity of the greek meadow viper due to climate change
To investigate the influence of temperature on viper activity, we compiled a database containing occurrence records of the greek meadow viper and monthly air temperature data from the WorldClim 2.1 database. Three global climate models and two Shared Socioeconomic Pathway (SSP) scenarios (one optimistic and one pessimistic) were selected for future climate modeling. Changes in activity periods were estimated by assessing when temperatures exceeded the preferred body temperature of the greek meadow viper, considering habitat microclimates. Data were simulated based on monthly average temperatures, incorporating projected future climatic conditions. The objective of the analysis was to determine how future climate conditions will impact viper activity across its entire distribution range. The reduction in activity time was calculated and mapped based on the two climate models.

4. Results

4.1 Voluntary thermal maximum of grassland vipers

The voluntary thermal maximum values measured in individuals from nine grassland viper taxa ranged from 32.5 °C to 39.7 °C, with a mean of 36.4 °C. Phylogenetic position did not influence voluntary thermal maximum values, as no significant phylogenetic signal was detected. Lowland taxa exhibited lower voluntary thermal maximum values than montane taxa. The key environmental factors influencing voluntary thermal maximum included precipitation, shortwave radiation, and temperature. According to the GLM model, shortwave radiation had a positive effect, whereas certain variables related to precipitation

and temperature had negative effects on voluntary thermal maximum. Body length significantly and positively influenced voluntary thermal maximum, whereas sex and its interaction with body length showed no effect.

4.2 Intraspecific and interspecific variation in voluntary thermal maximum

Modeling results indicated that voluntary thermal maximum values were influenced by the "tree line," with vipers from mountain habitats exhibiting higher voluntary thermal maximum values. However, habitat diversification (lowland vs. mountain) did not influence behavioral predictability differences. Mean voluntary thermal maximum values differed significantly between lowland and montane populations. In both habitat types, individual vipers exhibited consistent voluntary thermal maximum values, with some individuals showing higher or lower values than the population mean. No significant differences in measurement repeatability were found between habitats. Our model did not detect an effect of environmental factors on behavioral type or predictability but confirmed individual variance in voluntary thermal maximum values within and among individuals. Significant differences were observed among taxa and within certain taxa. According to the model, sex influenced voluntary thermal maximum values, with males exhibiting higher values than females.

4.3 Thermoregulation of the greek meadow viper

Temperature data were collected from 74 greek meadow viper individuals across five populations. The overall preferred body temperature was 28.77 °C. Sex did not influence preferred body temperature, but body length had a significant effect, particularly among females, where a positive correlation was detected. Gravidity in adult females did not affect preferred body temperature. Most populations did not differ significantly in preferred temperature, except for a significant difference between the southernmost (Vardoussia) and northernmost (Tomorr) populations. Geographic latitude had a positive effect on preferred body temperature, whereas phylogenetic position showed no influence. The mean accuracy of body temperature regulation was 0.45 ± 0.26 °C, indicating high thermoregulatory precision.

4.4 Predators and activity patterns of the greek meadow viper

A total of 12 raptor species were observed in viper habitats, with the most common being *Falco tinnunculus*, *Circaetus gallicus*, and *Buteo buteo*. Evidence of greek meadow viper predation was found for *C. gallicus*, *F. tinnunculus*, and *Corvus cornix*. Literature data indicated that reptiles comprised more than 10% of the diet in five raptor species. Among 319 examined greek meadow vipers from 14 populations, 40 individuals exhibited injuries, primarily on the mid and posterior body. The presence of injuries was significantly positively influenced by body length and occurred more frequently in females. The greek meadow viper exhibited a bimodal diurnal activity pattern, with peaks in the early morning and late afternoon. Raptors displayed peak activity at midday, with lower overlap between predator and viper activity than expected based on potential activity patterns.

4.5 Reduction in the activity of the greek meadow viper due to climate change

Under current climatic conditions, the greek meadow viper's annual activity period is reduced by 1278.4 hours. Future projections indicate a reduction of 1606 hours under the optimistic scenario and 2086 hours under the pessimistic scenario.

5. Conclusions

Grassland vipers exhibit different thermal tolerances across various habitats, reflecting local adaptations to diverse thermal landscapes. Our results indicate that vipers inhabiting colder environments display higher voluntary maximum body temperatures than those in warmer habitats. This suggests that these populations have adapted to lower temperatures while maintaining effective thermoregulation. Local climatic conditions, such as precipitation, temperature fluctuations, and cloud cover, significantly influence thermal tolerance, leading to different thermoregulatory behaviors among vipers.

Another important finding of this study is that predation pressure has a significant impact on the activity patterns of vipers. The activity of the greek

meadow vipers is concentrated in two main peaks—morning and late afternoon—indicating a trade-off between maintaining optimal body temperature and avoiding predators. Our study also revealed that, while greek meadow vipers exhibit precise thermoregulation, they do not fully exploit periods of optimal environmental temperatures. This is likely due to behavioral adjustments aimed at predator avoidance, suggesting a predator-avoidance strategy.

The impact of rising temperatures on these species is particularly concerning in the context of future climate change. Our findings suggest that increasing temperatures may reduce the vipers' active periods, potentially lowering population survival rates. Further research is needed to better understand interpopulation differences, with special attention given to species that occupy both lowland and mountainous habitats. Understanding the combined effects of climate change and predation pressure is crucial for the conservation of these species. Future studies should focus on the seasonal activity patterns of vipers and estimate their dispersal potential, which could help refine predictions regarding the effects of climate change.

Habitat preservation and restoration are essential, as the availability and diversity of microclimates are fundamental to vipers' thermoregulatory strategies. Many research highlights the importance of establishing conservation corridors that connect isolated populations, facilitating gene flow and maintaining genetic diversity. Engaging and educating local communities is crucial for the conservation of viper habitats, as increasing public awareness can enhance species protection efforts.

6. New Scientific Findings

- We demonstrated that the temperature tolerance of *Vipera ursinii* species is not phylogenetically determined but is instead primarily influenced by the climatic characteristics of their habitats. Species inhabiting colder climates exhibited higher temperature tolerance than those in warmer environments.
- Climatic variables such as precipitation, temperature fluctuations, and cloud cover significantly affect the thermal tolerance of *Vipera ursinii* taxa.

- At the individual level, body size has a significant positive effect on voluntary maximum temperature values.
- Voluntary maximum temperature measurements showed high repeatability at both the individual and population levels.
- Using a thermal gradient, we determined the preferred body temperature range of the greek meadow viper. The accuracy of this range is reinforced by the fact that field-measured body temperatures of individuals never exceeded the upper limit of the preferred temperature range.
- Based on preferred temperature measurements, we confirmed that the greek meadow viper exhibits precise thermoregulation.
- Among the predator species occurring in the habitat of the greek meadow viper, we provided evidence of predation on this species by three different taxa.
- The greek meadow viper minimizes its activity period to avoid the peak activity times of sympatric predators, suggesting that this behavior represents an anti-predation strategy.
- By modeling greek meadow viper observation datas and environmental temperature datas obtained from climate databases, both optimistic and pessimistic climate scenarios predict a reduction in the annual period suitable for the species' activity in the future.



Registry number: DEENK/68/2025.PL
Subject: PhD Publication List

Candidate: Dávid Radovics

Doctoral School: Pál Juhász-Nagy Doctoral School of Biology and Environmental Sciences

MTMT ID: 10091056

List of publications related to the dissertation

Foreign language scientific articles in international journals (3)

1. Mizsei, E., **Radovics, D.**, Rák, G., Budai, M., Bancsik, B., Szabolcs, M., Sós, T., Lengyel, S.:
Alpine viper in changing climate: thermal ecology and prospects of a cold-adapted reptile in the warming Mediterranean.
Sci. Rep. 14 (1), 1-11, 2024. EISSN: 2045-2322.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-024-69378-4>
IF: 3.8 (2023)
2. **Radovics, D.**, Sós, T., Mebert, K., Üveges, B., Budai, M., Rák, G., Lengyel, S., Mizsei, E.:
Voluntary thermal maximum of grassland vipers (*Vipera* spp.): environmental drivers and local adaptation.
Zool. J. Linn. Soc. 201 (1), 159-168, 2024. ISSN: 0024-4082.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/zoolinnean/zlad109>
IF: 3 (2023)
3. **Radovics, D.**, Szabolcs, I. M., Lengyel, S., Mizsei, E.: Hide or die when the winds bring wings: predator avoidance by activity shift in a mountain snake.
Front Zool. 20, 1-10, 2023. EISSN: 1742-9994.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12983-023-00497-w>
IF: 2.6

List of other publications

Foreign language scientific articles in Hungarian journals (1)

4. Wenner, B., Mór, A., **Radovics, D.**, Bancsik, B., Budai, M., Rák, G., Kovács, G., Szabolcs, M., Korsós, Z., Mizsei, E.: The Smooth Snake is not a threat to the Meadow Viper: predator-prey interactions of a reptile specialist snake.
Community Ecol. [Epub ahead of print], 1-11, 2025. ISSN: 1585-8553.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s42974-025-00234-9>
IF: 1.2 (2023)





Foreign language scientific articles in international journals (4)

5. Mizsei, E., Budai, M., Rák, G., Bancsik, B., **Radovics, D.**, Szabolcs, I. M., Móré, A., Vadász, C., Dudás, G., Lengyel, S.: Microhabitat selection of meadow and steppe vipers enlightened by digital photography and image processing to describe grassland vegetation structure. *J. Zool.* 322 (2), 168-178, 2024. ISSN: 0952-8369.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/jzo.13129>
IF: 1.9 (2023)
6. Móré, A., Úveges, B., Simics, J., **Radovics, D.**, Kovács, G., Bancsik, B., Wenner, B., Budai, M., Tisza, Á., Vadász, C., Mizser, S., Tóthmérész, B., Mizsei, E.: Predation on the Endangered Hungarian Meadow Viper in Pastures and Hayfields: Insights From Plasticine Models. *Rangel. Ecol. Manag.* 95, 68-76, 2024. ISSN: 1550-7424.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rama.2024.04.007>
IF: 2.4 (2023)
7. Mizsei, E., Budai, M., Wenner, B., Rák, G., **Radovics, D.**, Bancsik, B., Kovács, G., Tisza, Á., Simics, J., Szabolcs, M., Vadász, C., Móré, A.: Before-after-control-impact field experiment shows anti-predator netting enhances occupancy of the threatened Hungarian meadow viper (*Vipera ursinii rakosiensis*). *Wildlife Biology. Epub ahead of print*, 1-9, 2023. ISSN: 0909-6396.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/wlb3.01147>
IF: 1.7
8. Mizsei, E., Budai, M., Móré, A., Rák, G., **Radovics, D.**, Bancsik, B., Wenner, B., Marton, S., Korsós, Z., Lengyel, S., Vadász, C.: Management impacts on three reptile species (*Vipera ursinii*, *Lacerta agilis*, *Lacerta viridis*) in sandy grasslands in Hungary: Mowing should be avoided. *Conservat Sci and Prac.* 5 (12), 1-7, 2023. ISSN: 2578-4854.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/csp2.13048>
IF: 2.8

Hungarian abstracts (2)

9. Móré, A., **Radovics, D.**, Tisza, Á., Turny, Z., Vadász, C., Mizsei, E.: A rákosi vipera (*Vipera ursinii rakosiensis*) ismert és potenciális predátorainak állomány változása és a predációnyomás csökkentésére irányuló erőfeszítések előzetes eredményei a Kiskunságban. In: XIII. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia : "Klimaváltozás: trendek, veszélyek és megoldások" : Absztrakt kötet / szerk Soltész Zoltán, Magyar Biológiai Társaság, Budapest, 84, 2022. ISBN: 9786158098687





10. Mizsei, E., Szarvas, R., Móré, A., **Radovics, D.**, Unyi, M., Halpern, B., Lengyel, S., Korsós, Z., Vadász, C.: A talajvízszint hatása a rákosi vipera (*Vipera ursinii rakosiensis*) előfordulására és élőhelyalkalmasságára.
In: XIII. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia : "Klimaváltozás: trendek, veszélyek és megoldások" : Absztrakt kötet / szerk Soltész Zoltán, Magyar Biológiai Társaság, Budapest, 22, 2022. ISBN: 9786158098687

Foreign language abstracts (10)

11. Mizsei, E., **Radovics, D.**, Rák, G., Budai, M., Bancsik, B., Szabolcs, I. M., Sós, T., Lengyel, S.: Alpine Viper in Changing Climate: Thermal Ecology and Prospects of a Cold-Adapted Reptile in the Warming Mediterranean.
In: 10th World Congress of Herpetology : Book of abstracts. Comp. by: Indraneil Das, Universiti Malaysia Sarawak, Sarawak, 620-621, 2024.
12. Kovács, G., Móré, A., **Radovics, D.**, Bancsik, B., Budai, M., Rák, G., Wenner, B., Szabolcs, I. M., Tölgyesi, C., Mizsei, E.: Community Organization in Two Hungarian Meadow Viper Species across Two Previously Afforested Grassland Reconstruction Sites.
In: 10th World Congress of Herpetology : Book of abstracts. Comp. by: Indraneil Das, Universiti Malaysia Sarawak, Sarawak, 613-614, 2024.
13. Sós, T., **Radovics, D.**, Mebert, K., Úveges, B., Budai, M., Rák, G., Szabolcs, I. M., Lengyel, S., Horváth, G., Mizsei, E.: Coping Through Diversity: Quantifying Variation in Behavioural Thermal Tolerance of Grassland Vipers (*Vipera* Spp.) on Individual and Population Level.
In: 10th World Congress of Herpetology : Book of abstracts. Comp. by: Indraneil Das, Universiti Malaysia Sarawak, Sarawak, 721-722, 2024.
14. Mizsei, E., Wenner, B., Budai, M., Rák, G., Bancsik, B., Kovács, G., **Radovics, D.**, Márton, S., Móré, A.: Effects of Anti-predator Netting on a Reptile Community in Central Hungary.
In: 10th World Congress of Herpetology : Book of abstracts. Comp. by: Indraneil Das, Universiti Malaysia Sarawak, Sarawak, 619, 2024.
15. Wenner, B., Móré, A., **Radovics, D.**, Bancsik, B., Budai, M., Rák, G., Kovács, G., Szabolcs, M., Korsós, Z., Mizsei, E.: Feeding Habits of the Smooth Snake (*Coronella austriaca*) and its Habitat Cooccupancy With Potential Prey Species in Central Hungary.
In: 10th World Congress of Herpetology : Book of abstracts. Comp. by: Indraneil Das, Universiti Malaysia Sarawak, Sarawak, 616-617, 2024.
16. Móré, A., Úveges, B., Simics, J., **Radovics, D.**, Kovács, G., Bancsik, B., Wenner, B., Budai, M., Tisza, Á., Vadász, C., Mizser, S., Tóthmérész, B., Mizsei, E.: Predation on the endangered hungarian Meadow Viper in pastures and hayfields: insights from plasticine models.
In: 10th World Congress of Herpetology : Book of abstracts. Comp. by: Indraneil Das, Universiti Malaysia Sarawak, Sarawak, 716, 2024.



17. Mizsei, E., **Radovics, D.**, Sós, T., Mebert, K., Üveges, B., Budai, M., Rák, G., Szabolcs, I. M., Lengyel, S.: Restriction Times on the Rise: Mechanistic Modelling of Activity Time of Grassland Vipers (*Vipera* Spp.) in the Face of Climate Change.
In: 10th World Congress of Herpetology : Book of abstracts. Comp. by: Indraneil Das, Universiti Malaysia Sarawak, Sarawak, 727-728, 2024.
18. Rák, G., Budai, M., Wenner, B., Móré, A., Bancsik, B., Kovács, G., Szabolcs, I. M., **Radovics, D.**, Sós, T., Mizsei, E.: The microhabitat choice of the Hungarian Meadow Viper (*Vipera ursinii rakosiensis*) in Kiskunság: A preference towards microhabitat transitions.
In: 10th World Congress of Herpetology : Book of abstracts. Comp. by: Indraneil Das, Universiti Malaysia Sarawak, Sarawak, 145-146, 2024.
19. Sós, T., Horváth, G., **Radovics, D.**, Mizsei, E.: Repeatability of Voluntary Thermal Maximum: (sub)species-level responses across *Vipera ursinii* complex.
In: Magyar Etológiai Társaság XXIV. konferenciája: Program és kivonatfüzet, Állatorvostudományi Egyetem, Budapest, 58, 2022.
20. Móré, A., Mizsei, E., Tisza, Á., **Radovics, D.**, Üveges, B.: Trends in the abundance of predators of Hungarian meadow viper (*Vipera ursinii rakosiensis*) and the effect of grassland utilization on predation pressure.
In: 21st European Congress of Herpetology : Book of Abstracts. Eds.: Mirjana Mihailović, Jelka Crnobrnja-Isailović, Tanja Vukov, Tijana Vučić, Ljiljana Tomović, Institute for Biological Research "Siniša Stanković", Belgrade, 227, 2022. ISBN: 9788680335193

Total IF of journals (all publications): 19,4

Total IF of journals (publications related to the dissertation): 9,4

The Candidate's publication data submitted to the Tudóstér have been validated by DEENK on the basis of the Journal Citation Report (Impact Factor) database.

24 February, 2025

