

Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Kar
Biológiai Intézet, Ökológia Tanszék

SÁTRAS BÖGÖLYCSAPDÁK CSALIFELÜLETEINEK HATÉKONYSÁGVIZSGÁLATA

Sándor András

Biológia MSc., II. évfolyam

Témavezetők:

Dr. habil. Horváth Gábor, egyetemi docens, az MTA doktora

ELTE Természettudományi Kar, Fizikai Intézet, Biológiai Fizika Tanszék

Dr. Kriska György (Ph.D.) egyetemi adjunktus

ELTE Természettudományi Kar, Biológiai Intézet, Biológiai Szakmódszertani Csoport

Budapest

2011

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzés.....	3
2. Irodalmi áttekintés	4
3. Anyag és módszer.....	9
4. Eredmények.....	16
5. Elemzés.....	24
6. Összefoglalás	26
7. Mellékletek	27
8. Irodalom	36
9. Köszönetnyilvánítás	39
10. Summary.....	40

1. Bevezetés és célkitűzés

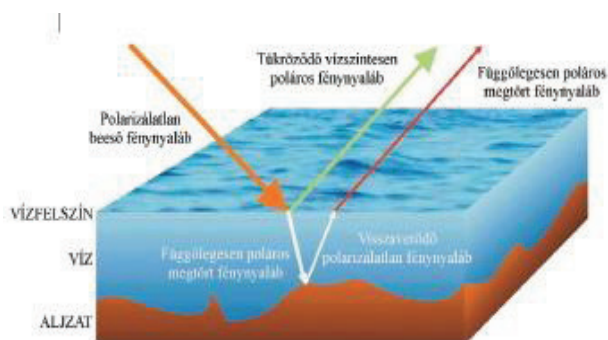
Világszerte súlyos problémát jelentenek a haszonállattartásban a vérszívó ektoparaziták okozta különböző kártételek, élen a bögölyök által terjesztett kórokkal, tejhozam- és húsmennyiség-csökkenéssel, általános fizikumromlással. A jelenleg használatban lévő sátras bögölycsapdák továbbfejlesztésében meghatározó lehet azon új fölfedezés, hogy a bögölyök pozitív polarotaxissal rendelkeznek (Horváth *et al.*, 2008), azaz vonzódnak a vízszintesen poláros fényhez. A bögölyök nőstényei a vízfelszínről tükröződő, vízszintesen poláros fény alapján ismerik föl a vizes élőhelyeket, ahol a vízparti növényekre rakják le petecsomóikat. A nőstények vérszívásra alkalmas gazdaállat keresésében (Horváth *et al.*, 2010), valamint a hím és nőstény bögölyök egymásra találásában is fontos a pozitív polarotaxis.

Kutatásaim során egy dinnyési mezőn több nyári hónapon át (2010 júliusa és szeptembere között) vizsgáltam a sátras bögölycsapdákban használható, különböző fénypolarizáló-képességű, a talajhoz képest eltérő magasságokban elhelyezett, fényes, fekete csalítárgyak bögölyvonzó hatását többszörös választásos kísérletekkel. Céлом az volt, hogy a kísérletek eredményeként olyan új ismeretekre tegyek szert a bögölyök vizuális etológiájával kapcsolatban, amelyek lehetőséget adnak új elven működő, a jelenlegieknél nagyobb hatékonyságú sátras bögölycsapdák kifejlesztésére.

Eredményeim szerint, habár a hím és nőstény bögölyök vonzásában fontos szerepet játszik a pozitív polarotaxis, a vérszívásra készülő nőstények nagyobb távolságból való odavonzásában a csalítárgy felületnek a környezethez képesti nagy fényintenzitás-kontrasztja (sötét csalítárgy világos háttér előtt-, vagy fordítva) is jelentősnek bizonyult. Ezen új fölismerés alapján dolgozatomban javaslatot teszek a jelenleg használatban lévő sátras bögölycsapdák csalítárgy felületének a továbbfejlesztésére.

2. Irodalmi áttekintés

Mióta az ember olyan mesterséges felületeket hoz létre, melyek a vízéhez hasonló fénypolarizáló-képességgel rendelkeznek (például aszfalt utak, olajtavak, üvegházak, fényes autókarosszériák, temetői fekete márvány síremlékek), szándékai ellenére is a vízirovarok ökológiai csapdáihoz hozza létre (Kriska *et al.*, 1998, 2006, 2008; Bernáth *et al.*, 2001; Mizera *et al.*, 2001; Horváth *et al.*, 2007). Természetes körülmények között a víztestek a beeső fényt részben megtörik, egy részét elnyelik, más részét pedig visszaverik (1. ábra). A tükrözött fény minden esetben polarizálódik bizonyos mértékben. Ha a visszavert fénynyaláb merőleges a megtörtre (Brewster-szög), a visszaverődő összetevő polarizációfoka maximális ($p = 100\%$), a polarizációirány pedig vízszintes.



1. ábra: A vízfelületen megtörő és visszaverődő fénynyalábok.

Ha a fény elektromos vektora egyetlen és állandó síkban rezeg, teljesen lineárisan poláros elektromágneses hullámról van szó, amelynek lineáris polarizációfoka $p = 100\%$. Polarizálatlan elektromágneses hullám például a Nap fénye, melyben minden rezgésűk azonos valószínűséggel fordul elő. Az égboltfény részlegesen lineárisan poláros. Az égbolt polarizációs mintázata sok polarizációérzékeny állat számára iránytűként szolgál (Bernáth *et al.*, 2004; Horváth és Varjú, 2004), ha a Napot nem lehet valamiért látni.

Az elmúlt években többen is kimutatták, hogy a vízi, illetve fejlődésükben vízhez kötődő rovarok nagymértékben vonzódnak a vízszintesen poláros fényhez, mert ez vezeti őket a vízhez (Schwind 1991, 1995; Horváth és Varjú, 2004; Bernáth *et al.*, 2004). Számukra minden felszín vízfelületnek számít, ami a vízszinteshez közeli rezgésűkű olyan fényt ver vissza, amelynek lineáris polarizációfoka nem kisebb a polarizációs ingerküszöbükénél. Ám azzal, hogy az ember a vízéhez nagyon hasonló fénypolarizáló felületeket hoz létre (látszatra jobb minőségű, valójában a faj fennmaradásához alkalmatlan élőhelyet), megtéveszti a polarotaktikus vízirovarokat, amelyek nemegyszer választják ezeket a vizes élőhelyek helyett

kolonizációjuk vagy peterakásuk során (1. kép). A vízirovarok csak kis távolságokat tudnak megtenni napközben anélkül, hogy kiszáradnának, a petecsomóik pedig a száraz felületre lerakva hamar elpusztulnak. Ezért az élőhelyeik és peterakóhelyeik hibás megválasztása veszélyezteti az utódgenerációik kifejlődését, ami akár egy faj helyi eltűnését is eredményezheti (Kokko és Sutherland, 2001; Robertson *et al.*, 2010).



1. kép: Az üvegházak a vízhez hasonlóan polarizálják a visszavert fényt, amivel megtévesztik a polarotaktikus vízirovarokat, aminek következtében elpusztulhatnak (<http://www.ggh.hu>).

Meghatározás szerint az ökológiai csapdák olyan helyzetek, melyek a gyorsan változó környezeti feltételek révén arra készítetik az élőlényeket, hogy az előnyös környezet helyett a rosszabb minőségűn telepedjenek le (Dwernychuk és Boag, 1972; Robertson *et al.*, 2010).

A közelmúltban témavezetőimnek, Horváth Gábornak és Kriska Györgynek terepi választásos kísérletekkel sikerült bebizonyítania, hogy a bögölyök is – ahogyan más, fejlődésükben vízhez kötődő rovarok – vonzódnak a vízszintesen poláros fényhez, valamint hogy ez a vonzódás a hímekre és a nőstényekre egyaránt jellemző (Horváth *et al.*, 2007, 2008). Az állattartóknak időtlen idők óta gondot jelent a bögölyök okozta zavarás, mivel a ló- és szarvasmarha-állományban erőnlét, súly-, illetve tejhozamcsökkenés tapasztalható miattuk. A nőstény bögölyök számára elengedhetetlen a peterakáshoz friss vért szívni, amit általában a leendő peterakó helyük, a vizes élőhelyek közelében tesznek meg (természetesen itt megjegyzendő, hogy egyes nagytestű bögölyfajok egyedei igen nagy távolságokat is képesek repülni, akár 100 km-t is, ezért ezek a vizes élőhelyektől távol is kifejthetik kártételüket), illetve a hímekkel ellentétben, melyek pollennel és nektárral táplálkoznak, a nősténynek táplálékul is a vér szolgál (Horváth *et al.*, 2008). A gazdaállat általában valamilyen gerinces, de az embert is parazitálják a bögölyök alkalomadtán. Kórokozóvektor-szerepüket az is növeli, hogy akár frissen elhullott állatokból is hajlandók vért szívni. A bögölyök számos, az

ember számára is veszélyes betegség kórokozóit terjesztik, például a vándorfiláriát (*Loa loa*) Afrikában vagy a tularémiát, illetve egyéb, másodlagos bakteriális fertőzéseket (Foil, 1989). Ám ezzel a bögölyök vizuális etológiáját illető új fölfedezéssel, miszerint vonzódnak a vízszintesen poláros fényhez (Horváth *et al.*, 2008), megnyílt a lehetőség hatékony, új, polarizációs bögölycsapdatípusok kidolgozására. Ezért a vizsgálataim eredményei nemcsak alaptudományi szempontból újszerűek, hanem az állattartásban és a közegészségügyi gyakorlatban is kamatoztathatóak.

Az egyik elterjedt bögölycsapda a Nzi-csapda, amely octanolt (1-octen-3-ol) használ csalogatóanyagként (Becker *et al.*, 1995), amely a linolsav oxidatív bomlásából keletkező, a verejtékező bőrön is megtalálható, a bőr gombára emlékeztető szagát adó, a csípő rovarokat vonzó vegyület. Ez a sátras csapda trapéz és téglalap alakú szövetdarabokból áll, összekapcsolva egy hálóval, amely a megfogott bögölyöket a gyűjtőedényhez vezeti (2. kép). A terelő mechanizmus része még két ferdén elhelyezett műanyag lap is, amelyek a bögölyök csapdából való kirepülését hivatottak megakadályozni. A csapda előnye, hogy egyszerű elkészíteni (a világhálón részletes leírás található róla), hátránya az alacsony fogási arány.



2. kép: A Nzi nevű bögölycsapda szemből (balra) és oldalnézetből (jobbra). A bögölyöket a sátor lapjai terelik a csalogató kémiai anyag (octanol) felé, majd a háló vezeti őket a fogóedényhez (http://www.nzitrap.com/Nzi_trap/Making/Making.htm).

Az interneten föllelhető (és megrendelhető) másik csapdatípus (3. kép) részei: a sátor alakú terelőháló, az alatta elhelyezett fényes fekete gömb és a háló tetején található fogóedény (Hribal *et al.*, 1991). A gyártók rájöttek, hogy ha a sátorban lévő kémiai anyagot egy fekete gömbre (felfújható labdára) cserélik, hatékonyabb csapdát nyernek: több bögölyt tudnak fogni egységnyi idő alatt, vagyis ez a típus fokozottabb védelmet nyújthat a vérszívók ellen. Működése arra épül, hogy a fehér sátor és a sötétebb háttere között nagy fényességbeli különbség van, amely már nagy távolságból is vonzza a nőstény bögölyöket. A csapdához

érve a csalitárgyra, a fekete gömbre szállnak le, majd elkezdik keresni a felületen a vérszívásra alkalmas helyet, miközben fölfelé másznak a gömbön. Mikor rájönnek, hogy a gömbön nem tudnak vért szívni, elrepülnek. Ekkor nekirepülnek a sátor belső felületének, ami a csúcson lévő gyűjtőedénybe tereli a menekülni próbáló bögölyöket. A bögölyök pozitív fototaxissal menekülnek fölfelé a fény felé, ezért fontos, hogy a gyűjtőedény fala áttetsző legyen, rajta keresztül fény jusson a sátorba.



3. kép: *Sátras bögölycsapda. A vért szívni akaró nőtény bögölyöket vizuálisan a világos sátor és a sötét háttér kontrasztja vonzza először, s csak közelebb érve a csalifelület, a fekete gömb. A csapdához érve a csalitárgyra, a fekete gömbre szállnak le, majd elkezdik keresni a felületen a vérszívásra alkalmas helyet, miközben fölfelé másznak a gömbön. Mikor rájönnek, hogy a gömbön nem tudnak vért szívni, elrepülnek. Ekkor nekirepülnek a sátor belső felületének, amely a csúcson elhelyezett gyűjtőedénybe tereli a menekülni próbáló bögölyöket* (http://ipm.ncsu.edu/current_ipm/01PestNews/01News6/horsepal.gif).

A bögölyök vonzásakor a sátor mint távoli vizuális jelző tárgy (marker) szerepel, majd mikor már a csapda közelébe ért a bögöly, akkor már sötét, illetve poláros felületet keres a leszállásra (közelebbi marker), mert ez jelenti számára a gazdaállatot. A csapdatípus hátránya, hogy a fekete gömb mint csalitárgy, csak a vérszíváshoz készülő nőtényeket csalogatja, a hímeket nem, mert ők elsősorban poláros vízfelületet keresnek, hogy ihassanak, fürödhessenek, vagy párház céljából találkozhatnak a vízhez vonzott nőtényekkel.

Előzetes kísérleteik alapján (Horváth *et al.*, 2008; Kriska *et al.*, 2008) Horváth Gábor és munkatársai is készítettek hasonló sátras bögölycsapdákat, tudva már azt is, hogy a fekete tárgyról visszaverődő, vízszintesen poláros fény vonzza oda és téveszti meg a bögölyöket (4. kép). A sátorháló alá berepülő bögölyök mindegyike mégsem esett csapdába, mert a poláros csalifelületről lapos szögben elrepülő bögölyök nem ütköztek bele a sátor belső

falába, aminek az a feladata, hogy bevezesse a rovarokat a sátorcsúcson lévő gyűjtőedénybe. Emiatt az újabb sátorcsapda hatékonysága még mindig nem érte el a kívánatos mértéket.

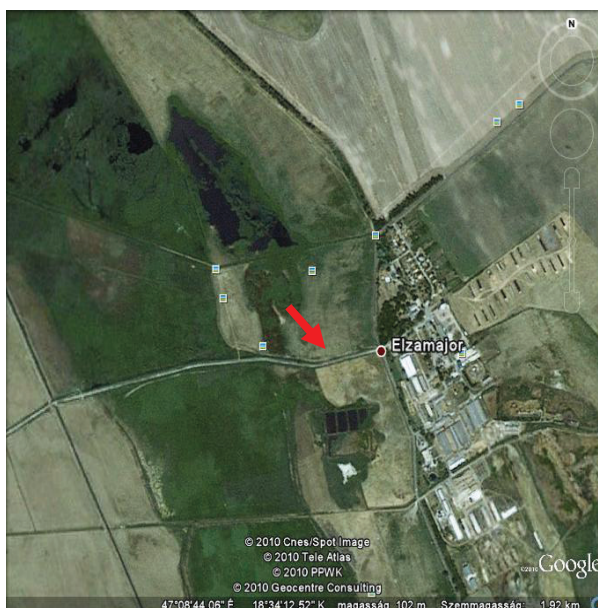


4. kép: *A Horváth Gábor és munkatársai által módosított sátras bögölycsapda. A korábban használt gömb csalifelületet kicserélték egy fényes fekete korongra, abból kiindulva, hogy a hím bögölyök számára a gömb nem jelentett megfelelően erős ingert: a korong a teljes felületén, míg a gömb csak két kis foltban, a tetején és az alján mutatott vízhez hasonlós polarizációs mintázatot (fotó: Kriska György).*

A megfelelő csalifelület megtalálása is több vizsgálat eredménye (Horváth *et al.*, 2008; Kriska *et al.*, 2008). Kísérleteik során egy 0.5 m oldalhosszúságú, négyzetes csapda ugyanannyi bögölyt (90 darabot) fogott egy nap alatt, mint két egymás melletti (45-45 db). Ebből arra következtettek, hogy a csapdafelület pontszerű poláros vonzócentrumként viselkedve vonzza magához a bögölyt, ezért egy adott helyen a csapdaszám növelése nem eredményez több befogott bögölyt, és a pontforrás miatt a fogási hatékonyság csak részben függ a felület nagyságától. További méréseikben a 0.5 m oldalhosszúságú négyzetlap bizonyult a legkisebb felületű csalitárgynak, amely még képes volt kiváltani a bögölyök pozitív polarotaxisát.

3. Anyag és módszer

A terepkísérleteket 2010. július 2-a és szeptember 4-e között végeztem Dinnyésen, a Dinnyési Fertő Természetvédelmi Terület Seregélyes felőli (elzamajori) szélén (É. sz. 47° 8' 44", K. h. 18° 34' 12") (5. kép).



5. kép: A terepkísérleteim helyszíne Elzamajor mellett. A piros nyíl a csapdák helyét jelöli. A terület a Péczely György-féle éghajlati körzetfelosztás szerint a mérsékelt meleg – száraz éghajlati körzetbe tartozik, meleg nyarakkal, hűvös telekkel, 500-600 mm átlagos csapadékkal (Google Earth).

A terület a Mezőföldön, Székesfehérvártól 11.5 km-re, K-DK-i irányban fekszik. Alapköze eolikus lösz, talaja mészlepedékes csernozjom talaj (Martonné, 2006). Mai arculatát az óholocén kori Nádas-tó alakította, aminek e terület képezte a DK-i medernyúlványát, vizes jellegét is innen örökölte (Martonné, 2006). Átlagos évi felhőzöttsége 54-58%, átlagos évi napfénytartama 2050-2100 óra, uralkodó széliránya ÉNy, januári átlag középhőmérséklete -1 – -2 °C, hótakarós napjainak száma 30-40 nap, átlagos maximum hóvastagsága 20-30 cm, téli napjainak száma (mikor a hőmérséklet napi csúcsértéke nem haladja meg a 0 °C-ot) 25-30 nap, fagyos napjainak száma (mikor a hőmérséklet napi mélypontja 0 °C vagy az alá süllyed) 90-100 nap, júliusi átlag középhőmérséklete 21-22 °C, nyári napjainak átlagos száma (mikor a hőmérséklet napi csúcsértéke eléri vagy meghaladja a 25 °C-ot) 75-80 nap, júliusi átlagos relatív nedvessége 60-65%, évi átlagos középhőmérséklete 10-11 °C, évi közepes

hőmérsékleti ingása 23-24 °C, átlagos évi csapadékmennyisége 550-600 mm (Péczy, 2002). Ezek alapján a terepkísérleti helyszínt a Péczy György-féle éghajlati körzetfelosztás szerint a mérsékelt meleg – száraz éghajlati körzetbe lehet beosztani (Péczy, 2002). Soó Rezső nyomán a terület növényföldrajzilag az Alföld flóraidékének (Eupannonicum) felel meg, ezen belül a Colocense flórajárás része. Állatföldrajzilag az euro-turáni faunavidéken belül a középdunai faunakerület Pannonicum faunakörzetének Eupannonicum faunajárásához tartozik.

Vizes–mocsaras jellegéből következően a terület bögölyökben igen gazdag, mivel rengeteg, peterakásra alkalmas, növényzettel borított partú víztér található elszórva, illetve a nőstények a peterakáshoz nélkülözhetetlen vért is könnyen meg tudják szerezni az elzai tehenészetből. A közeli Elzamajorban tejgazdaság működik 150-200 holstein-fríz marhával. A Dinnyési Fertő Természetvédelmi Terület a Duna-Ipoly Nemzeti Park fennhatósága alá tartozik, a kezelők a hagyományos magyar állatfajták génkészletének fenntartásában 80-90 egyedű szürkemarha-állománnyal is részt vesznek, mivel ez kultúrtörténeti emlék.

A május végi, illetve a nyári esőzések jelentősen átalakították a táj képét, rengeteg legelő- és kaszálóterület került víz alá. Ez a helyzet a gazdaság szempontjából hátrányt, míg a vérszívó rovarok szempontjából előnyt jelentett az újabb peterakó helyek kialakulása miatt. A méréseket egy közel 26 m²-es területen végeztem többszörös választásos módszerrel, vagyis a bögölyök csalifelületpárok közül választhattak különböző permutációban: lap-gömb párok, föld-föld – levegő-levegő – levegő-föld – föld-levegő elrendezésben (6-9. kép). A kérdés, amelyre a választ kerestem, az volt, hogy vajon a különböző módon kihelyezett eltérő csalifelületek közül melyik fogja meg a legtöbb bögölyt, tehát milyen csalifelülettel lenne a leghatékonyabb egy újfajta polarizációs bögölycsapda.

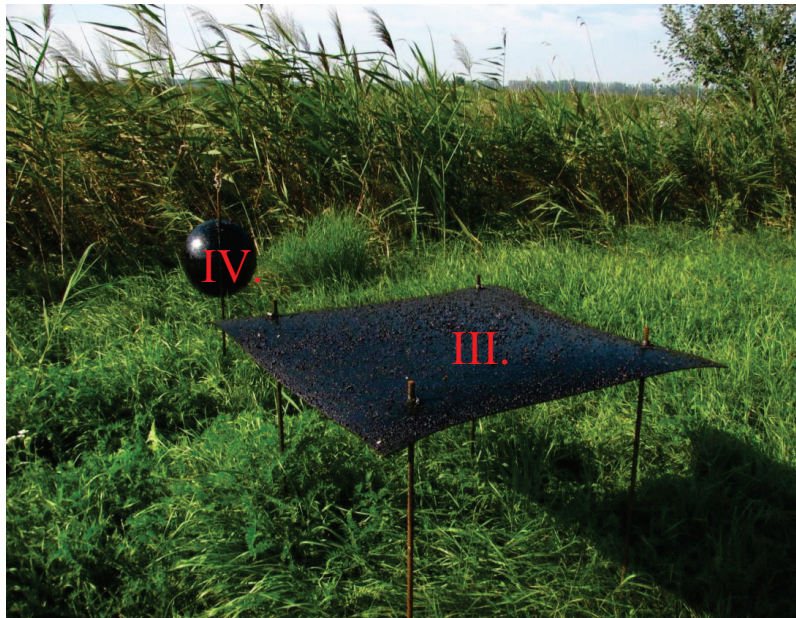
A kísérlet előkészítése a csalifelületek elkészítésével kezdődött. 41 cm átmérőjű strandlabdákat (4 db) használtam a gömb alakú csalifelületek alapjául. Addig kellett tölteni őket levegővel, míg teljesen feszes nem lett az oldaluk. A fölfújó labdák szelepére (a szelepszárót rögzítő műanyag nyelvre) először egy 1 m hosszú madzag végét kötöttem, majd ezt vékony dróttal is rögzítettem. Erre azért volt szükség, mert a terepen egy hirtelen szélleökés, rántva egyet a gömbön, kipattinthatta volna a labda szelepszáróját a drótos rögzítés nélkül. A leeresztett labda nem működött volna megfelelő csalifelületként. Akrilfestékszprével (Maestro akrilfesték, fényes fekete, RAL 9005) homogén fényes feketére festettem a gömböket, és hagytam őket száradni fél napig.

Fényes, fekete, 1 m × 1 m felületű műanyag lapok közül kettőt a földre, kettőt pedig rövidebb (2 × 4 db 110 cm-es betonvas) rudakra erősítettem. A földre L-vasak segítségével tudtam rögzíteni a lapokat, majd pedig a környező növényzetet (füvet) levágtam, hogy a csalifelületek ne legyenek takarásban. (A lapok alól nem lehetett teljesen eltüntetni a növényzetet, így mindkét, földön fekvő lap enyhén meghajolt a közepén. Ez a helyzet végül előnyösnek bizonyult a rovarfogó ragacs fölvtelikor (10. kép). Az „asztalok” elkészítéséhez először a fekete lapok négy sarkára a rudak átmérőjének megfelelő átmérőjű lyukat fúrtam, melyek az elhelyezést segítették. 2-2 csőbilinccsel rögzítettem az egyes oldalakat, vagyis a lap alá és fölé is fémbilincset csavaroztam föl. A vízszintes csalifelület így 70-75 cm magasra került a talajszinttől. A megszáradt, fekete gömböket fémbilinccsel a hosszabb (2 db 150 cm-es) vasrudakhoz erősítettem úgy, hogy a föld fölött 60-70 cm-re legyen a legalsó pontjuk. A vasrudakat kalapáccsal vertem a talajba, 30-30 cm mélyre. A lapok és a gömbök egymással választási párokat alkottak (gömb-lap párok), 3 méterenként. A párok a következők voltak:

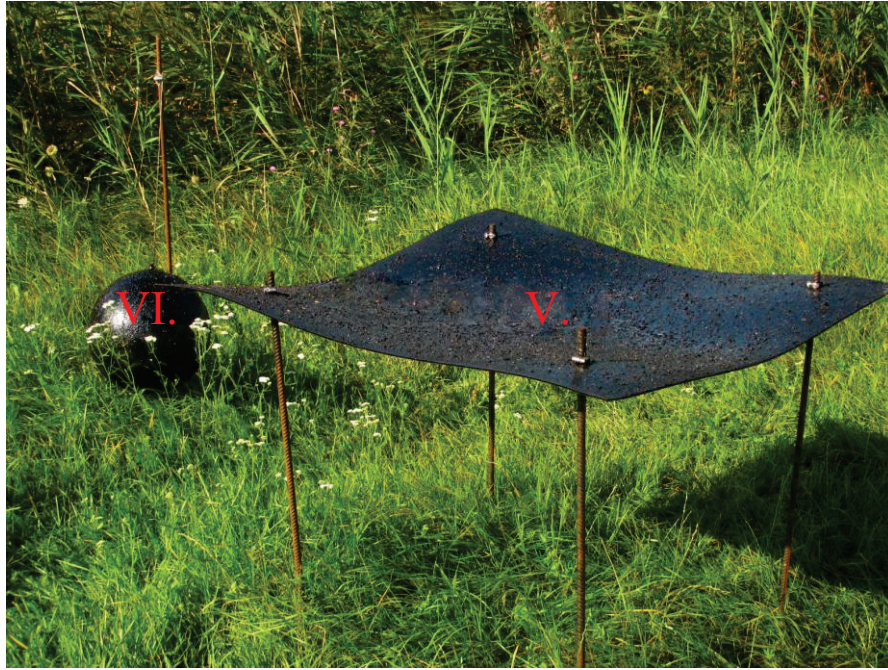
- I. 1 m × 1 m-es fényes, fekete műanyag lap a földön, az oldalfelezőknél L-vasakkal rögzítve (6. kép) **(FI)**
- II. fényes, fekete, 41 cm átmérőjű gömb a földön (6. kép) **(Fg)**
- III. 1 m × 1 m-es fényes, fekete műanyag lap a levegőben, 70 cm magasságban, fémbilincsekkel rögzítve (7. kép) **(LI)**
- IV. fényes, fekete, 41 cm átmérőjű gömb a levegőben, a földtől mért 60-70 cm-es legalsó ponttal (7. kép) **(Lg)**
- V. 1 m × 1 m-es fényes, fekete műanyag lap a levegőben, 70 cm magasságban, fémbilincsekkel rögzítve (8. kép) **(LI)**
- VI. fényes, fekete, 41 cm átmérőjű gömb a földön (8. kép) **(Fg)**
- VII. 1 m × 1 m-es fényes, fekete műanyag lap a földön, az oldalfelezőknél L-vasakkal rögzítve (9. kép) **(FI)**
- VIII. fényes, fekete, 41 cm átmérőjű gömb a levegőben, a földtől mért 60-70 cm-es legalsó ponttal (9. kép) **(Lg)**



6. kép: I. 1m×1m-es vízszintes fényes, fekete műanyag lap a földön, az oldalfelezőknél stabilizálva L-vasakkal (FI); II. fényes, fekete, 41 cm átmérőjű gömb a földön (Fg).



7. kép: III. 1m×1m-es vízszintes fényes, fekete műanyag lap a levegőben, 70 cm magasságban, csőszorítókkal rögzítve (LI); IV. fényes, fekete, 41 cm átmérőjű gömb a levegőben, legalsó pontjának a földtől való távolsága 60-70 cm (Lg).



8. kép: V. $1\text{m}\times 1\text{m}$ -es vízszintes fényes, fekete műanyag lap a levegőben, 70 cm magasságban, csőszorítókkal rögzítve (Ll); VI. fényes, fekete, 41 cm átmérőjű gömb a földön (Fg).



9. kép: VII. $1\text{m}\times 1\text{m}$ -es vízszintes fényes, fekete műanyag lap a földön, az oldalfelezőknél rögzítve L-vasakkal (Fl); VIII. fényes, fekete, 41 cm átmérőjű gömb a levegőben, legalsó pontjának a földtől való távolsága 60-70 cm (Lg).

A polarizációs mérés előtt a lapok és gömbök felületét egyenletesen bekentem BioStop egérragasztóval. A csalifelületek kihelyezése és beragasztóztása után Horvák Gábor minden lap és gömb tükröződési-polarizációs mintázatát mérte képalkotó polarimetriával a szoláris meridiánnal párhuzamosan, az antiszoláris meridiánnal párhuzamosan és a szoláris meridiánra merőlegesen a spektrum vörös (650 nm), zöld (550 nm) és kék (450 nm) tartományában (Mellékletek). A képalkotó polarimetria elvét és módszerét Horváth és Varjú (1997, 2004) publikációi ismertették részletesen. A módszer lényege a következő: Egy fotóállványra rögzített kamerával föl vesszük a kiválasztott tárgy vagy élőhely fényképét, miközben az objektívlencse előtt egy lineáris polárszűrőt forgatunk. A polárszűrő rezgésíkját kezdetben például függőlegesre állítjuk, majd néhány másodperc után az óramutató járásával megegyező irányban 45 fokkal elforgatjuk. E műveletet újabb néhány másodperc elteltével megismételjük, s a polárszűrő mindenkori irányát följegyezzük. A polárszűrő három irányához ($\alpha = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$) tartozó három színes képet ezután egy számítógépes programmal értékeljük ki. Ha a felvett kép adott pontjáról jövő fény részlegesen poláros, akkor a fény I intenzitása szinuszosan változik a forgó polárszűrő α irányától függően. Az adott képponthez tartozó három fényintenzitás-értékre illesztett $I(\alpha) = A \sin(B\alpha) + C$ szinuszfüggvény paramétereiből kiszámítható a vizsgált pontból jövő fény p lineáris polarizációfoka [$p = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min})$] és α_{\max} iránya (az I_{\max} fényerősség iránya). E számításokat a felvett kép minden pontjára elvégezve végül meghatározható és hamisszínes kódolással a számítógép képernyőjén megjeleníthető a vizsgált tárgy fényintenzitásának, polarizációfokának és polarizációirányának térbeli eloszlása.

A vízirovarok számára csak a vízszintestől egy fajspecifikus küszöbszögnél kisebb mértékben eltérő polarizációirányú és egy polarizációfok-küszöbnél erősebben poláros fényt visszaverő felületek jelentenek vízfelületet (Bernáth *et al.*, 2004).

A csalifelületek ellenőrzése naponta, kétnaponta történt, időjárástól függően. A fogott rovarokat bonccsipesz segítségével gyűjtöttem be, majd 70%-os etilalkoholban tároltam. A gyűjtött egyedszám csapdafelületenként került följegyzésre. A begyűjtéskor meghatározásra került a bögölyök neme is: a homloklemez megléte (nőstény) vagy nemléte és a szemeknek a fejtetőn való összeérése (hím) alapján.



10. kép: *A csapdák ragacsozása. A gömböket és a lapokat egyenletesen, spirál vonalban kentem be BioStop egérragasztóval (a gömböket az egyenlítői vonalukig, míg a lapokat teljes felületükön), ujjnyi-kétujjnyi közöket hagyva. A ragasztó a gravitáció miatt szétfolyva egyenletesen vont be a lapok és gömbök felületét.*

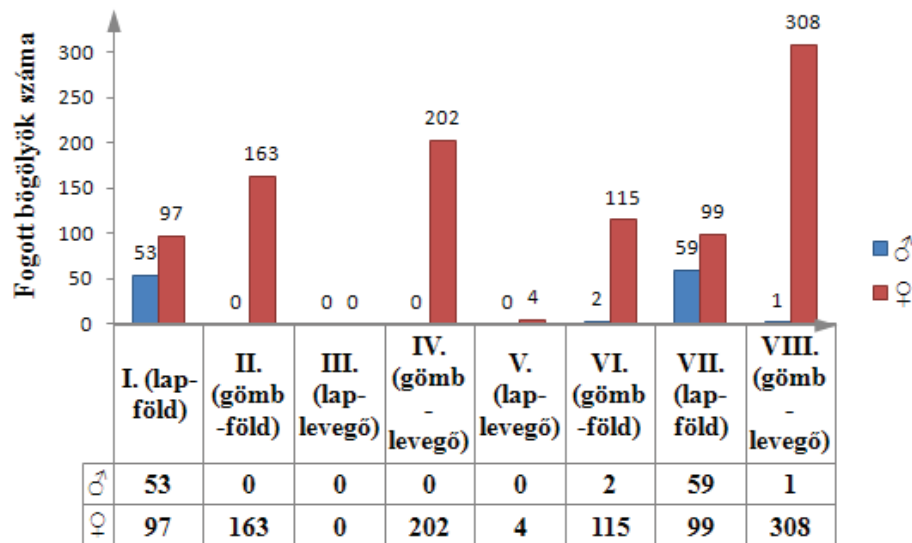
4. Eredmények

A terepkísérleteim során nyert adatok összesítése és elemzése lehetőséget adott a csapdázott bögölyökre vonatkozó adatok viselkedésbiológiai értelmezésére, és arra is, hogy olyan módosításokra tegyek javaslatot, amelyek megnövelhetik a sátras bögölycsapda fogási hatékonyságát. Az elemzésben sokat segítettek a csalifelületekről készített polarizációs mintázatok (Melléklet). Az 1-6. mellékletekből megállapítható, hogy a vízszintes csalilapok felszíne erősen és vízszintesen poláros fényt ver vissza, függetlenül a fény beesési szögétől, illetve a talajtól mért magasságtól. Ugyanakkor a fényes fekete gömbök csak két foltról vernek vissza erősen és vízszintesen poláros fényt (7-9. mellékletek), a többi részük a pozitív polarotaxissal vizet kereső bögölyök számára nem jelent vonzó felületet.

A vizsgálatom ideje alatt a különböző csapdapárok összesen 988 nőstény és 115 hím bögölyt fogtak. Az egyes kísérleti elrendezések összesített fogásszámait az 1. táblázat, illetve az 1. ábra mutatja, a fogásszámok gyakoriságeloszlása pedig a 3. ábrán látható.

1. táblázat: *A különböző csapdapárok által fogott bögölyök számai. I. – II.: lap a földön és gömb a földön (6. kép); III. – IV.: lap a levegőben és gömb a levegőben (7. kép); V. – VI.: lap a levegőben és gömb a földön (8. kép); VII. – VIII.: lap a földön és gömb a levegőben (9. kép).*

csapdapár	♀ (db)	♂ (db)	Σ
I. – II.	260	53	313
III. – IV.	202	0	202
V. – VI.	119	2	121
VII. – VIII.	407	60	467
Σ	988	115	1103

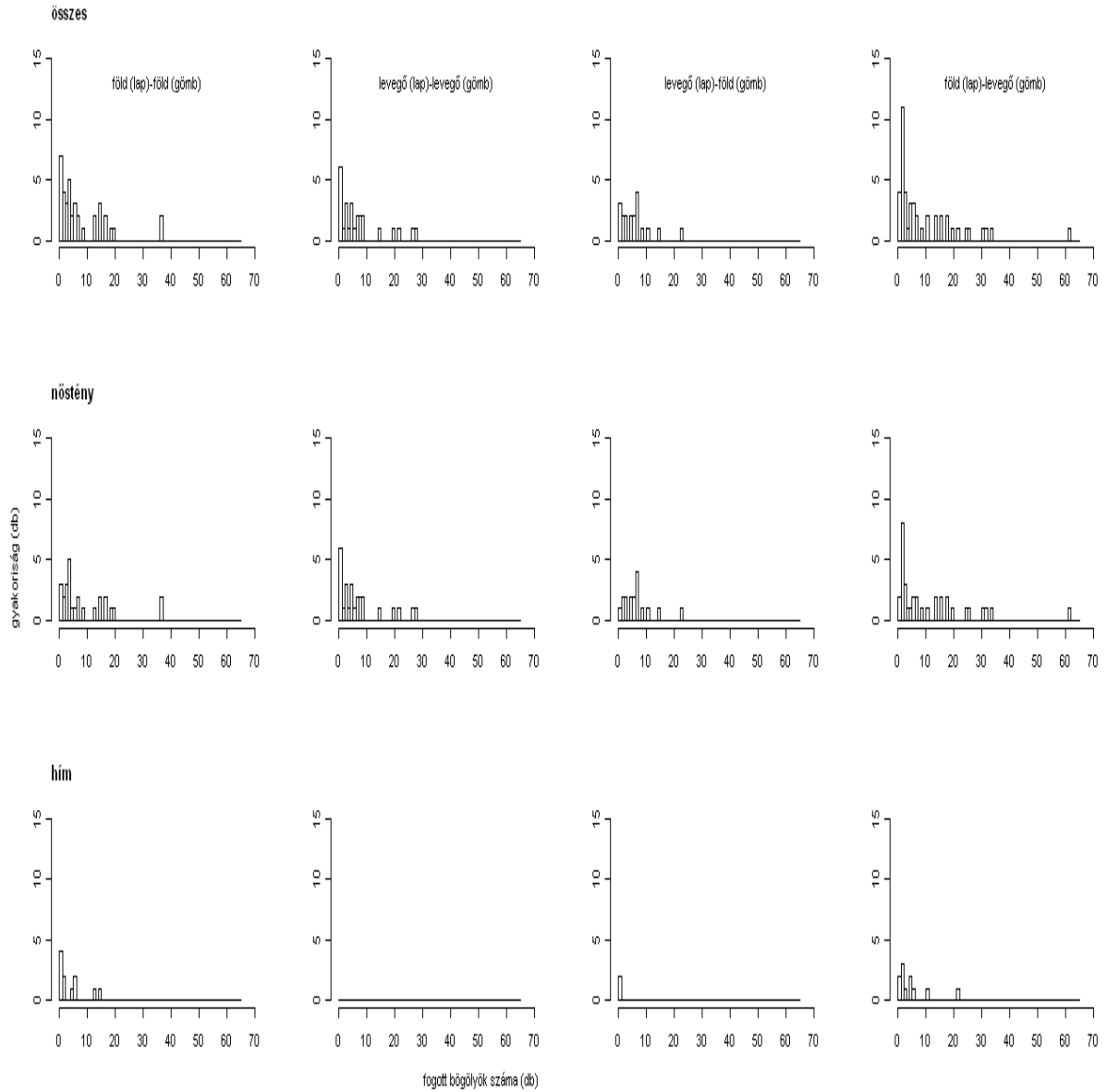


2. ábra: Az egyes csalifelületeken fogott nőstény (♀) és hím (♂) bögölyök számai.

Először azt vizsgáltam, van-e különbség a különböző kísérleti elrendezések között a fogott bögölyök ivararányának tekintetében. A statisztikai elemzés (kvázi Poisson-teszt) szignifikáns eltérést mutatott a kísérleti elrendezések között ebből a szempontból (meredekség: 0,6844, p-érték: 0,0313). Eszerint a különböző csapdatípusok eltérő módon fognak nőstényeket és hímeket, amit magyarázhat az, hogy a gömbök inkább a markerhatáson alapulva, míg a lapok a polarizációshatást erősítve csapdázzák a bögölyöket. A csapdák valamennyi elrendezésnél szignifikánsan több nőstényt fogtak, mint hímeket.

Ezután kvázibinominális statisztikai teszttel páronként összevettem az egyes csapdaelrendezéseket, először a fogott hímek száma alapján (3. ábra, 2. táblázat). Azért kellett kvázimodellt használni, mivel a binomiális modell szabadság-, illetve devianciafoka között nagyságrendi különbség volt, vagyis a hagyományos statisztikai modell nem illeszkedett volna rendesen az adatokhoz. Az összehasonlítás alapját a „van” – „nincs” szabály képezte, vagyis aszerint történt, hogy az adott csapdapár fogott-e („van”) vagy nem („nincs”) bögölyt. A próba az FIFg elrendezés (Földön lévő lap - Földön lévő gömb) fogásaihoz viszonyította a többi csapdapáron fogott hímek számát (mivel a program ABC sorrendben nézi a változókat, ezért az összehasonlítás a föld—föld csapdapáros hímjeinek „nincs” állapotát hasonlította a többi páros hímjeinek „nincs” állapotához). Az eredményeket itt reciprokban ismertetem, amit az ésszerűség diktál (a próba a „nincs” értékeket ismerteti, ám számunkra a „van” érték bír lényeges információval, valamint a szignifikanciaértékük csupán előjelben különbözik

egymástól). Szignifikáns különbség az FIFg ↔ LIFg, valamint az FIFg ↔ LILg összehasonlításakor volt kimutatható (2. táblázat).



3. ábra: Az egyes csapdapárokon fogott összes, hím, illetve nőstény bögölyök darabszámai.

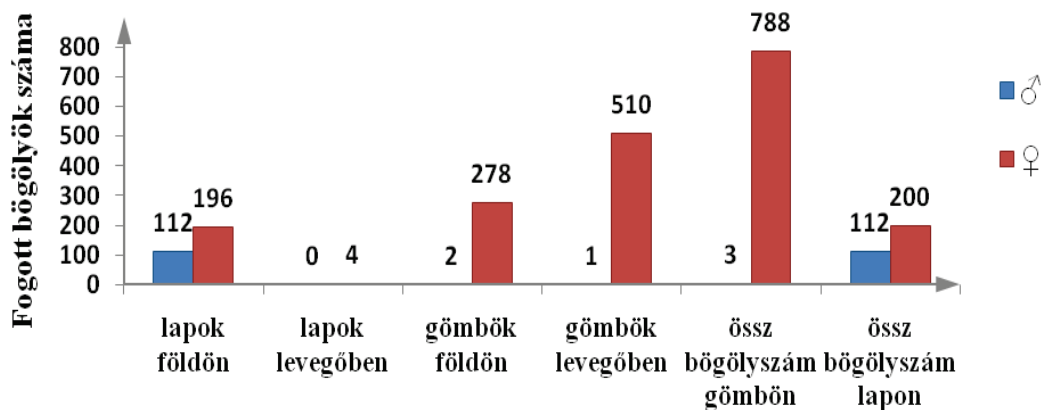
2. táblázat: A különböző csapdapárok által fogott hím bögölyök számainak összehasonlítása kvázibinominális statisztikai teszttel, mikor viszonyítási alapul az FIFg csapdapárt használtam. A csapdapárok jelölései: **FIFg**: földön lévő lap – földön lévő gömb; **FILg**: földön lévő lap – levegőben lévő gömb; **LIFg**: levegőben lévő lap – földön lévő gömb; **LILg**: levegőben lévő lap – levegőben lévő gömb. A kiemelések a szignifikánsan hatékonyabb csapdapárost jelölik (p: szignifikanciaszint): erősen szignifikáns; szignifikáns; nem szignifikáns. A „t-érték” a kvázibinominális teszthez tartozó t-próba értéke.

csapdatípus	t-érték	p
FIFg (♂) ↔ FILg (♂)	-1,277	0,202536
FIFg (♂) ↔ LIFg (♂)	3,841	0,000151
FIFg (♂) ↔ LILg (♂)	2,502	0,012910

Ugyanezt az összehasonlítást elvégezve a nőstények fogásszámai esetén, az FIFg ↔ LIFg és FIFg ↔ LIFg elrendezések között volt kimutatható szignifikáns eltérés (3. táblázat).

3. táblázat: A különböző csapdapárok által fogott nőstény bögölyök számainak összehasonlítása kvázibinominális statisztikai teszttel, mikor viszonyítási alapul az FIFg csapdapárt használtam. A csapdapárok jelölései: **FIFg**: földön lévő lap – földön lévő gömb; **FILg**: földön lévő lap – levegőben lévő gömb; **LIFg**: levegőben lévő lap – földön lévő gömb; **LILg**: levegőben lévő lap – levegőben lévő gömb. A kiemelések a szignifikánsan hatékonyabb csapdapárost jelölik (p: szignifikanciaszint): erősen szignifikáns; szignifikáns; nem szignifikáns. A „t-érték” a kvázibinominális teszthez tartozó t-próba értéke.

csapdatípus	t-érték	p
FIFg (♀) ↔ FILg (♀)	-1.791	0,07549
FIFg (♀) ↔ LIFg (♀)	2.341	0,02063
FIFg (♀) ↔ LILg (♀)	0.264	0,79251

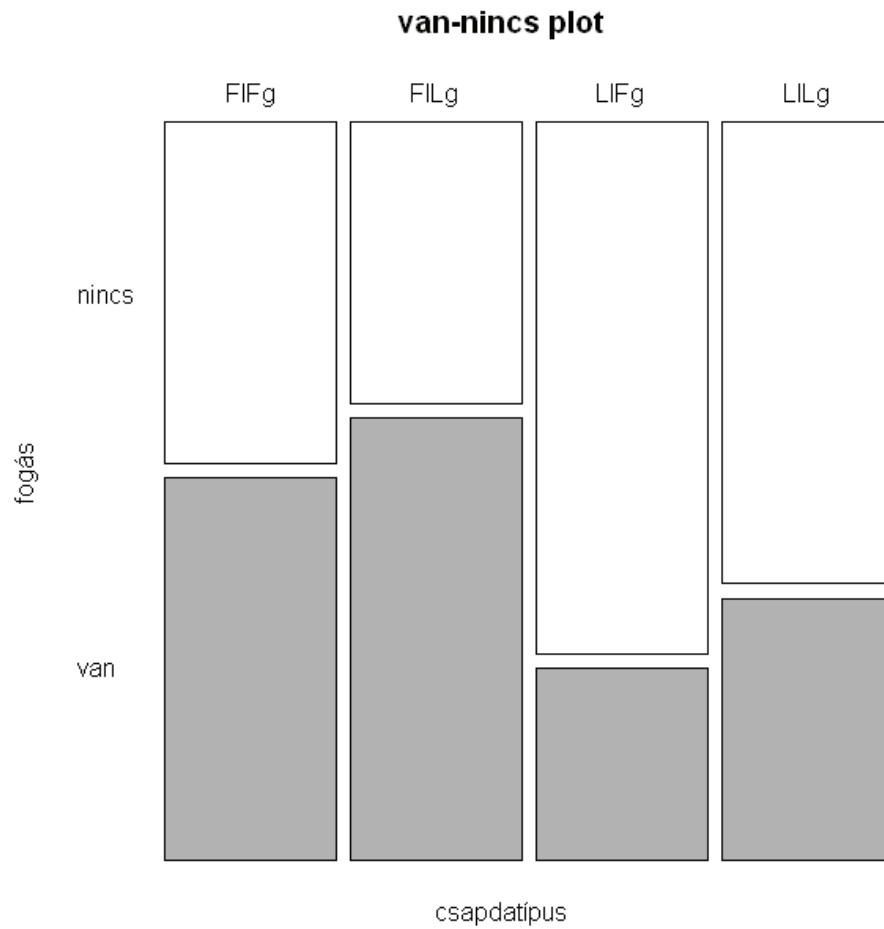


4. ábra: A 2, illetve 4 lapon és a 2, illetve 4 gömbön fogott nőstény (♀) és hím (♂) bögölyök számai.

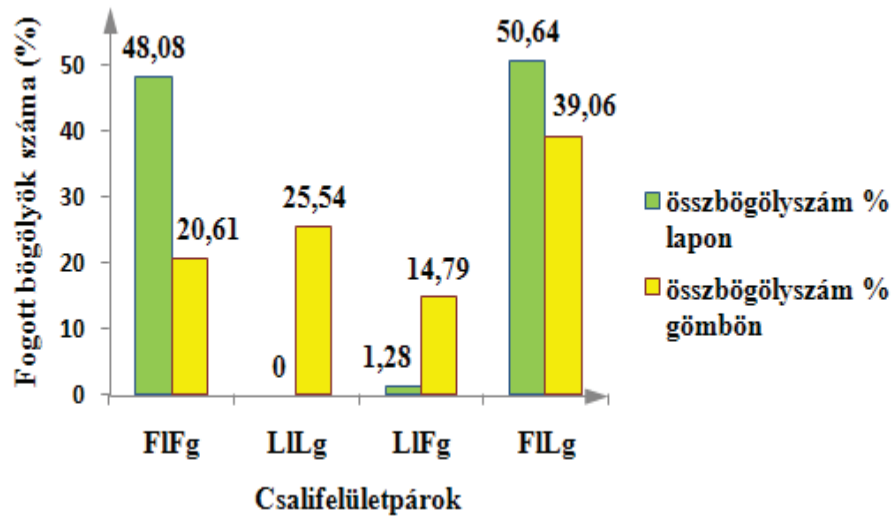
A teljes (hímek + nőstények) fogásszámok összehasonlítását Tukey-teszttel végeztem (5. és 6. ábra, 4. táblázat). Erősen szignifikáns fogási különbség az LIFg ↔ FILg és LIFg ↔ FIFg összehasonlítások esetében volt kimutatható az utóbbiak javára. Ez az eredmény is alátámasztja azon hipotézisünket, hogy a legtöbb bögölyt a földön lévő lap, illetve a levegőben lévő gömb fogja. Szignifikáns volt még a különbség az LILg ↔ FILg összehasonlításokor az utóbbi javára, ami szintén azt erősíti meg, hogy a földön lévő lapok több bögölyt csapdáznak. Kevésbé szignifikáns különbség adódott az LILg ↔ FIFg összehasonlításokor.

4. táblázat: A különböző csapdapárok teljes fogásszámainak összehasonlítása Tukey-féle statisztikai teszttel. A csapdapárok jelölései: **FIFg**: földön lévő lap – földön lévő gömb; **FILg**: földön lévő lap – levegőben lévő gömb; **LIFg**: levegőben lévő lap – földön lévő gömb; **LILg**: levegőben lévő lap – levegőben lévő gömb. A kiemelések a szignifikánsan hatékonyabb csapdapárost jelölik (p: szignifikanciaszint): **erősen szignifikáns**; **szignifikáns**; **nem szignifikáns**. A „z-érték” a Tukey-teszthez tartozó z-próba értéke.

csapdatípus	z-érték	p
FILg ↔ FIFg	1,277	0,57671
LIFg ↔ FIFg	-3,841	< 0,001
LILg ↔ FIFg	-2,02	0,05943
LIFg ↔ FILg	-4,863	< 0,001
LILg ↔ FILg	-3,635	0,00145
LILg ↔ LIFg	1,493	0,44073



5. ábra: A fogott-nem fogott arány az egyes csapdapárok esetén. (VAN: a csapdapárok milyen mértékben fogtak bögölyöket; NINCS: a csapdapárok milyen mértékben nem fogtak bögölyöket.) A csapdapárok jelölései: **FIFg**: földön lévő lap – földön lévő gömb; **FILg**: földön lévő lap – levegőben lévő gömb; **LIFg**: levegőben lévő lap – földön lévő gömb; **LILg**: levegőben lévő lap – levegőben lévő gömb.



6. ábra: A vizsgált csalifelületpárok által fogott bögölyök számának százalékos arányai. A csapdapárok jelölései: **FIFg**: földön lévő lap – földön lévő gömb; **FILg**: földön lévő lap – levegőben lévő gömb; **LIFg**: levegőben lévő lap – földön lévő gömb; **LILg**: levegőben lévő lap – levegőben lévő gömb.

5. Elemzés

Összehasonlítva a vízszintes fényes, fekete lap és a fényes, fekete gömb polarizációs mintázatait (Melléklet), már első látásra feltűnik a lényegi különbség, hiszen míg a gömb csak két kisebb foltban ver vissza erősen és vízszintesen poláros fényt, addig a lap az egész felületén, miáltal vizet utánoz a polarotaktikus vízirovarok számára. A polarizációs mintázatok 3. sorában kék szín jelzi a polarotaktikus rovarok (jelen mérés esetében a bögölyök) által vízként érzékelt felületrészeket. A 7-9. mellékleten szereplő, matt fekete gömb polarizációs mintázatai azt mutatják, hogy a fényvisszaverő csalfelületnek simának, azaz fényesnek kell lennie ahhoz, hogy a polarotaktikus rovarok vonzásához megfelelően nagy polarizációfokú fényt verjen vissza.

A csapdázott rovarok adatait tartalmazó táblázatokból és ábrákból kiolvasható, hogy a lapok csak akkor fogtak bögölyt, ha a talajfelszínen voltak, a befogott bögölyök között pedig egyaránt voltak nőstények és hímek (2. ábra, 1. táblázat). Ebből arra következtethetünk, hogy a talajfelszínen elhelyezett ragacsos lapokat a polarizációs mintázatuk alapján a bögölyök valószínűleg víznek hitték, ezért szálltak rájuk úgy a nőstények, mint a hímek. A hímek vélhető célja az lehetett, hogy ihassanak, fürödhessenek, vagy pározó partnert találhassanak a víznek érzékelt vízszintes fekete ragacsos lapok közelében, míg a nőstények esetében mindezen motivációkhoz még hozzáadódhat a peterakó hely keresése is. A hím bögölyök nem szívnak vért, nem keresnek gazdaállatot, ezért az azt utánzó gömbök nem is vonzották őket és mivel a kísérletem idején a nyár rendkívül esős volt, ami rengeteg tocsogót eredményezett, a nőstény bögölyök többsége gazdaállatot kereshetett nem pedig vizet, a vizet utánzó lapok helyett tehát a gazdaállatot utánzó gömbökre szálltak rá (2. és 3. ábra).

Víz természetes körülmények között többnyire csak a talajfelszínen jelenhet meg, ezért a magasabban elhelyezett, a fényt vízszintesen polarizáló fekete lapokat a bögölyök nem érzékelték víznek, s nem szálltak rájuk (3. és 5. ábra, 1., 2. és 4. táblázat). A ragacsos gömbök minden esetben fogtak bögölyöket (2. és 4. ábra), de akkor fogták a legtöbbet, ha a gömbök nem a talajon, hanem a levegőben voltak (2. és 4. ábra; 3. táblázat). A másik fontos tapasztalat az volt, hogy a gömbök szinte kizárólag csak nőstény bögölyöket csapdáztak (2. és 4. ábra). Ebből valószínűsíthető, hogy a gömbökre a vérszívásra készülő nőstény bögölyök szálltak rá. Ezt egyrészt azzal lehet magyarázni, hogy a gömbök mint csaltárgyak nem a róluk tükröződő fény polarizációja miatt vonzották a bögölyöket, hiszen csak nagyon kis felületökről verődött vissza vízszintesen poláros fény (lásd 7-9. melléklet). Ehelyett inkább már távolról, a

gazdaállatot utánzó markerként vonzották a nőtény bögölyöket azzal, hogy fekete alakjuk erős kontrasztban volt a világosabb környezetükkel. Miután az odacsábult bögölyök a gömbök közelébe értek, csak akkor kutathattak a poláros jel után, ami számukra részben a prédaállatot is jelentheti. Témavezetőim egyik terepkísérlete szerint a fényt erősen polarizáló fényes fekete gömbök sokkal jobban vonzzák a bögölyöket, mint az ugyanolyan méretű és magasságban függő matt fekete gömbök. Másrészt, a nőtény bögölyök a vízterek vízszintesen poláros optikai jelét követve is közeledhetnek, majd a víz közelében kereshetnek prédaállatot, részben a poláros jel után kutatva.

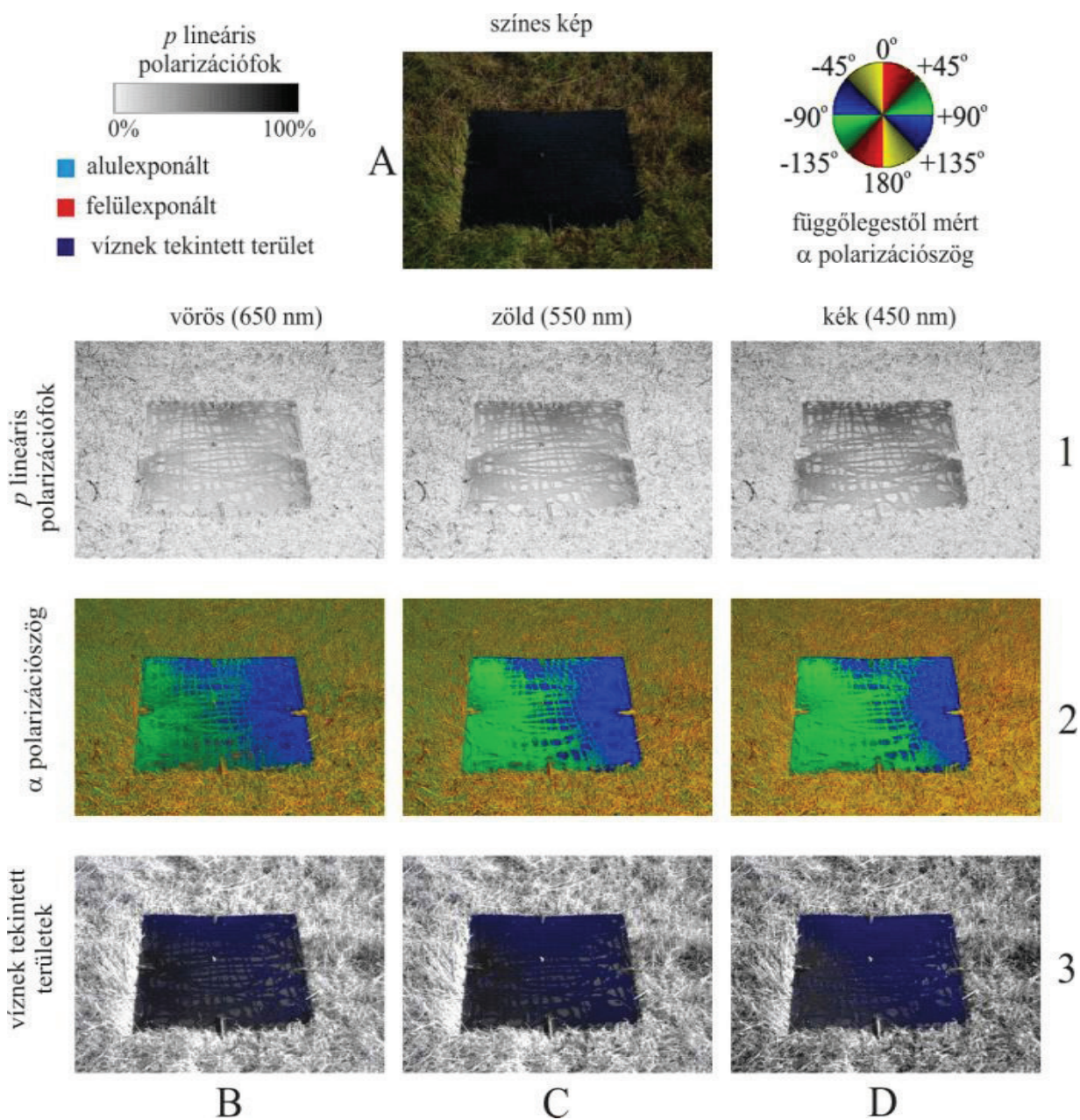
Mikor a gömbök a levegőben voltak, messzebről is jól láthatták őket a bögölyök. Ezzel magyarázható, hogy e gömbök több bögölyt csapdázta, mint azok, melyek a talajon voltak. A gömbök összességükben több bögölyt fogtak, mint a lapok (4. ábra, 1. táblázat), ami valószínűleg a szélsőségesen csapadékos nyárnak tudható be: A kísérleti területen sok víztócsa volt, ezért a talajra helyezett, s a visszavert fényt erősen és vízszintesen polarizáló lapok is kevesebb vízkereső bögölyt fogtak.

A lapok közül a földön, míg a gömbök közül a levegőben lévők fogtak több bögölyt: a földön lévő lapok az összes lap által fogott bögöly 98.72%-át, míg a levegőben lévő gömbök az összes gömb által fogott bögöly 64.6 %-át csapdázták. Ezért a különböző motivációjú bögölyök befogásában a leginkább egy olyan csapda lehet hatékony, ami kétféle csalitárgyat tartalmaz: egy, a talajra kihelyezett, vizet utánzó, erősen és vízszintesen polarizáló lapot, valamint egy, a gazdaállatot imitáló, fényes fekete gömböt (4. és 6. ábra, 4. táblázat). Az LIFg csapdapárról elmondható, hogy egyik csalifelület se töltötte be hatékonyan a szerepét, amennyiben bögölyvonzókéességük gyenge volt (5. és 6. ábra, 1. és 4. táblázat). E fogási számokat akár véletlennek is lehet tekinteni, amit a 2. és 3. táblázat statisztikai összehasonlításai is megerősítik, miszerint a lapok és a gömbök egymáshoz viszonyított elhelyezkedése a párokon belül lényeges, valamint hogy a leghatékonyabb csapdapáros az FLLg volt.

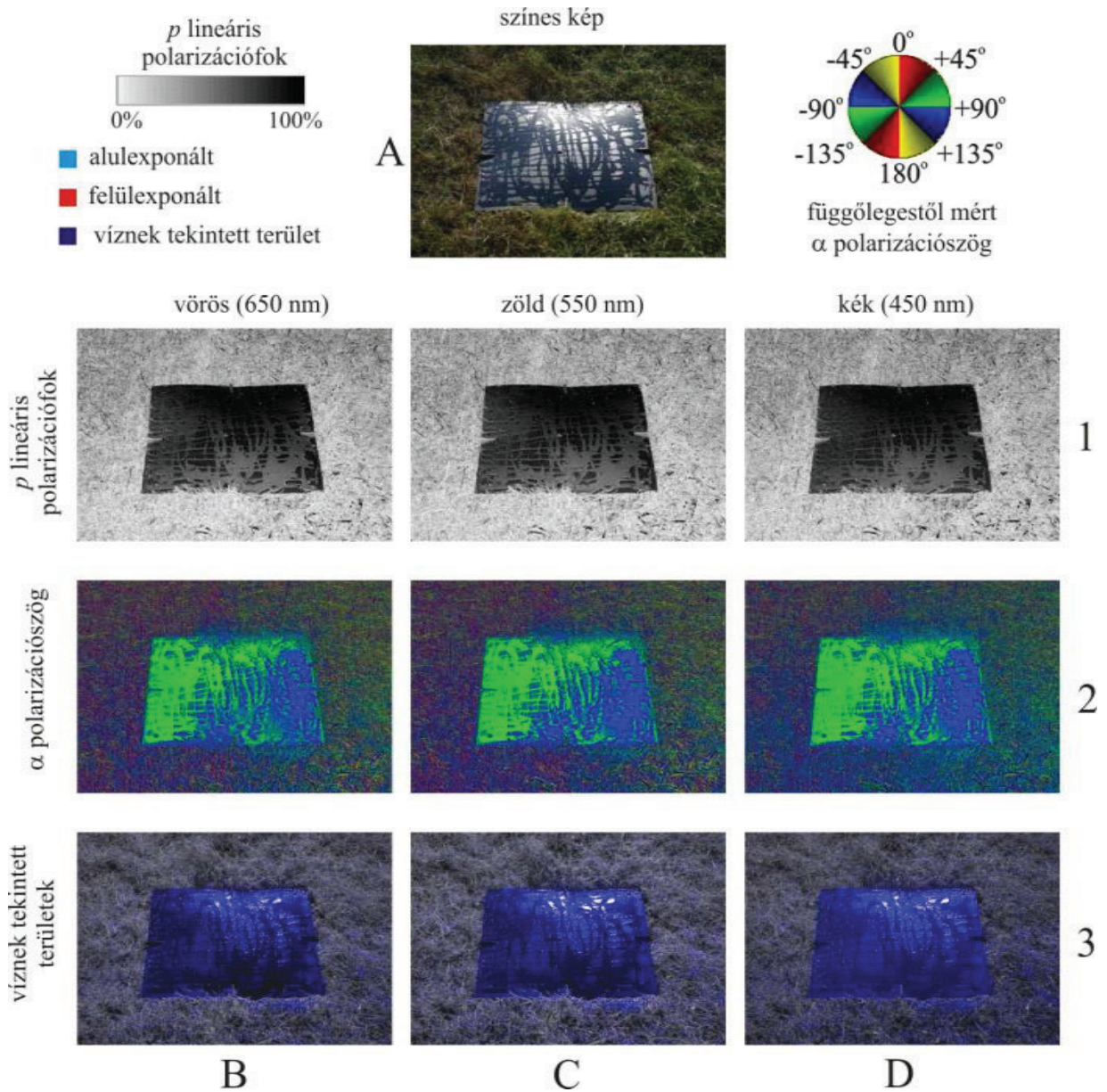
6. Összefoglalás

Világszerte súlyos problémákat jelentenek a haszonállattartásban a vérszívó ektoparaziták okozta különböző kártételek, élen a bögölyök által terjesztett kórokkal, tejhozam- és húsmennyiség-csökkenéssel, általános fizikumromlással. A jelenleg használatban lévő sátras bögölycsapdák továbbfejlesztésében meghatározó lehet azon új felfedezés, hogy a bögölyök pozitív polarotaxissal rendelkeznek, azaz vonzódnak a vízszintesen poláros fényhez, mert a vízfelszínről tükröződő, vízszintesen poláros fény alapján találják meg a peterakásra alkalmas helyeket, továbbá a vérszívásra alkalmas gazdaállatok keresésében, valamint a hím és nőstény bögölyök egymásra találásában is fontos e pozitív polarotaxis. Kutatásaim során egy dinnyési mezőn több nyári hónapban át vizsgáltam a sátras bögölycsapdákban használható, különböző fénypolarizáló-képességű, a talajhoz képest eltérő magasságokban lévő fényes, fekete csalitárgyak bögölyvonzó hatását többszörös választásos kísérletekkel. Célom az volt, hogy olyan új ismeretekre tegyek szert a bögölyök vizuális etológiájával kapcsolatban, amelyek lehetőséget adnak új elven működő, a jelenlegieknél nagyobb hatékonyságú sátras bögölycsapdák kifejlesztésére. Eredményeim szerint, habár a hím és nőstény bögölyök vonzásában fontos szerepet játszik e rovarok pozitív polarotaxisa, a vérszívásra készülő nőstények nagyobb távolságból való odavonzásában a csalifelületnek a környezethez képesti nagy fényintenzitás-kontrasztja (sötét csalitárgy világos háttér előtt vagy fordítva) is jelentős. A terepkísérletek során azt tapasztaltam, hogy nagy távolságból a bögölyök nem látják a talajfelszínre kihelyezett, polarizációs sajátosságukat tekintve vizet utánzó kisebb tesztfelületeket. Ezért a csapdától távolabb repülő bögölyök vonzásában a távoli markerként működő fekete gömbök a legfontosabbak, különösen azon gömbök, melyek a levegőben lógnak, így jobban láthatók, mint a talajfelszínre helyezett gömbök. Azon távolságból, ahonnan már a talajra kihelyezett, vizet utánzó lapok is láthatók, a vizet kereső bögölyök is a csapdához vonzódnak, így a kétféle csalitárgyat (a talajra helyezett fényes, fekete lap és a levegőbe fölfüggesztett fényes, fekete gömb) együttesen alkalmazó bögölycsapda nagyobb hatékonysággal működhet, mint a korábbi, csak gömböt alkalmazó csapdák. Ezen új fölismerés alapján dolgozatomban javaslatot tettem a jelenleg használatban lévő sátras bögölycsapdák továbbfejlesztésére kettős csalifelület beépítésével.

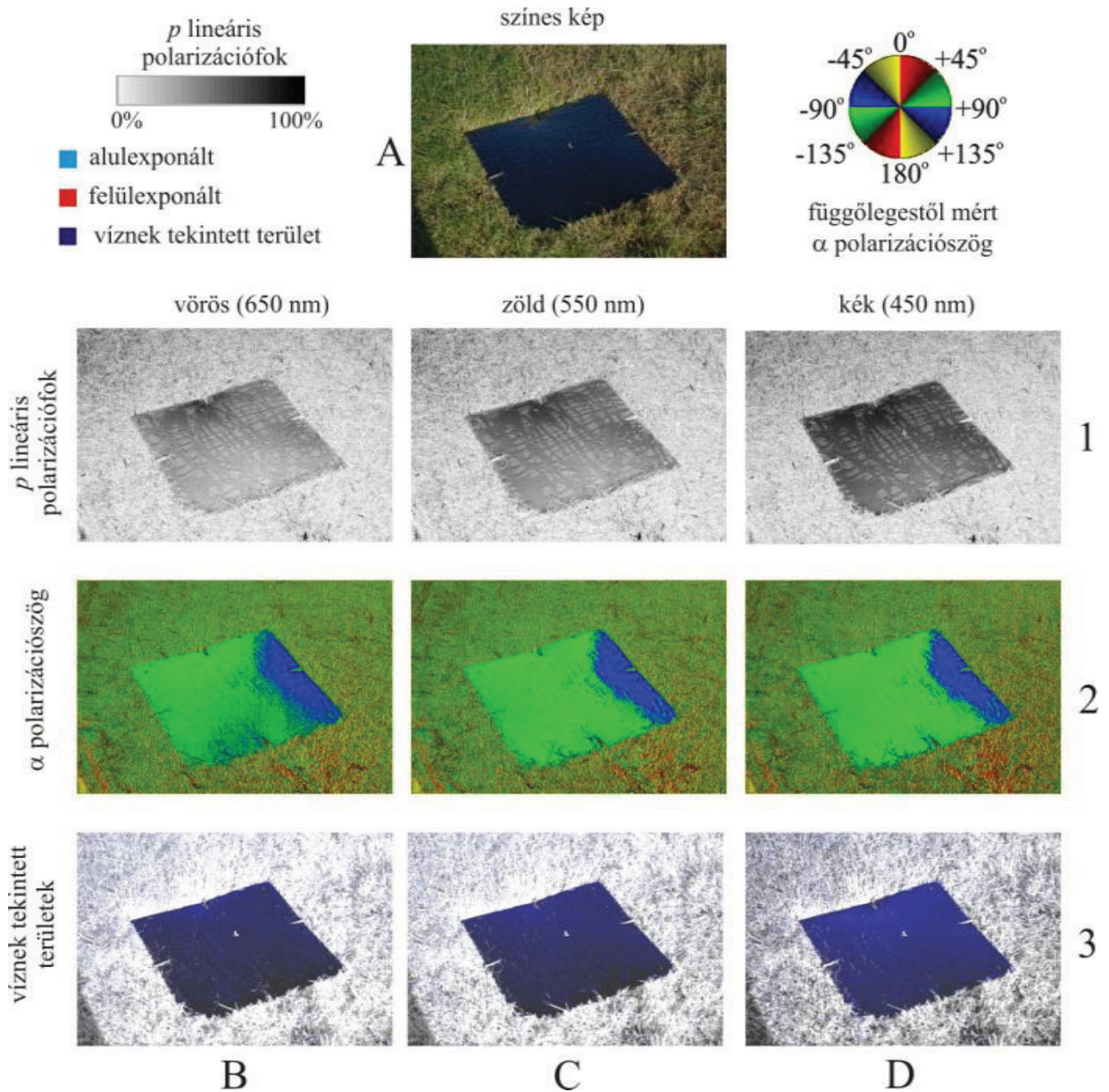
7. Mellékletek



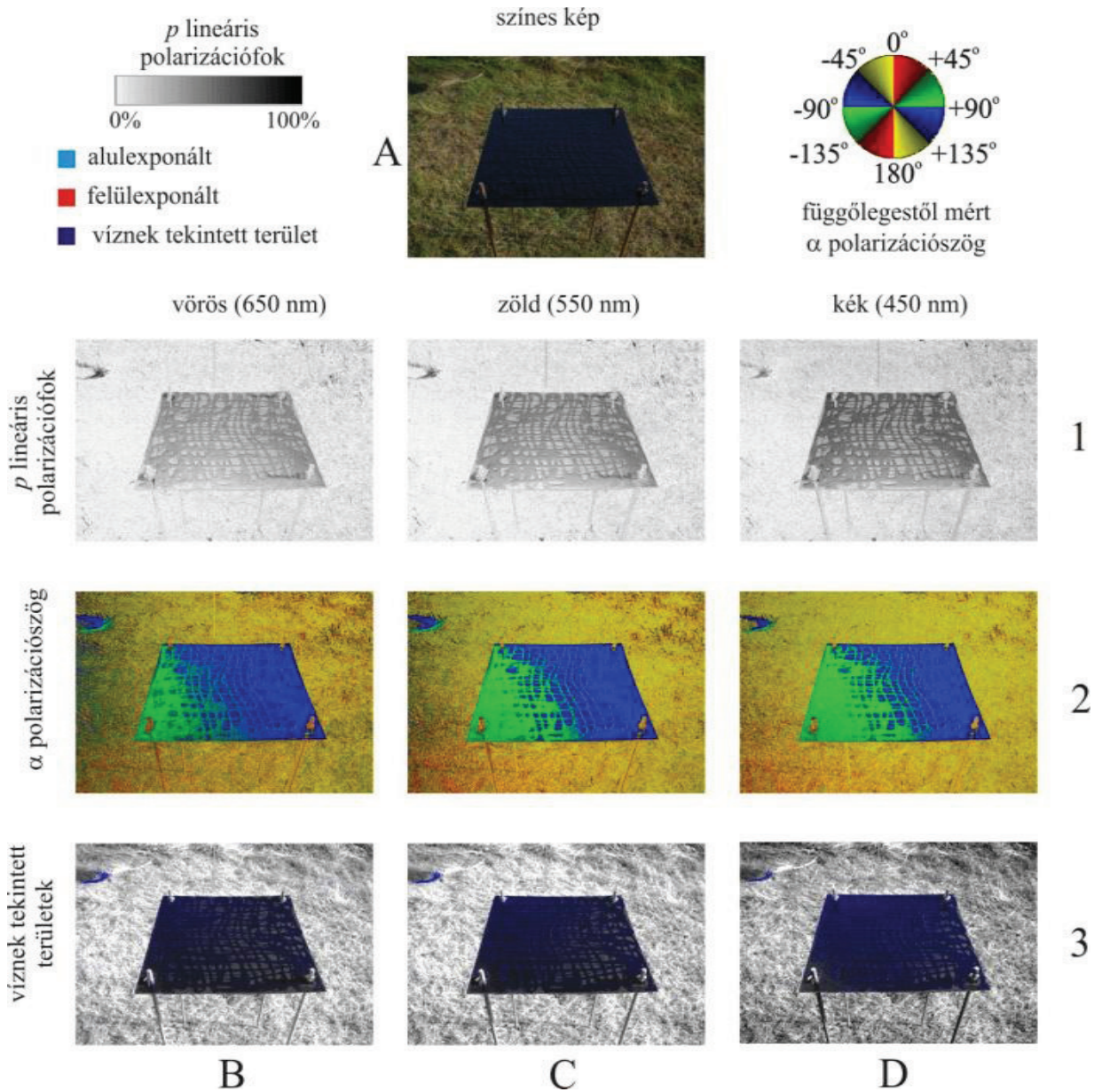
1. melléklet: A földön fekvő ragacos lap tükröződési-polarizációs mintázatai az antiszoláris meridiánnal párhuzamosan, képalkotó polarimetriával mérve a spektrum vörös (650 nm), zöld (550 nm) és kék (450 nm) részében. A 3. sorban a polarotaktikus vízirovarok számára csak a közel vízszintesen ($80^\circ < \alpha < 100^\circ$) és megfelelően erősen ($p > 15\%$) poláros fényt visszaverő felületek jelentenek vízfelületet.



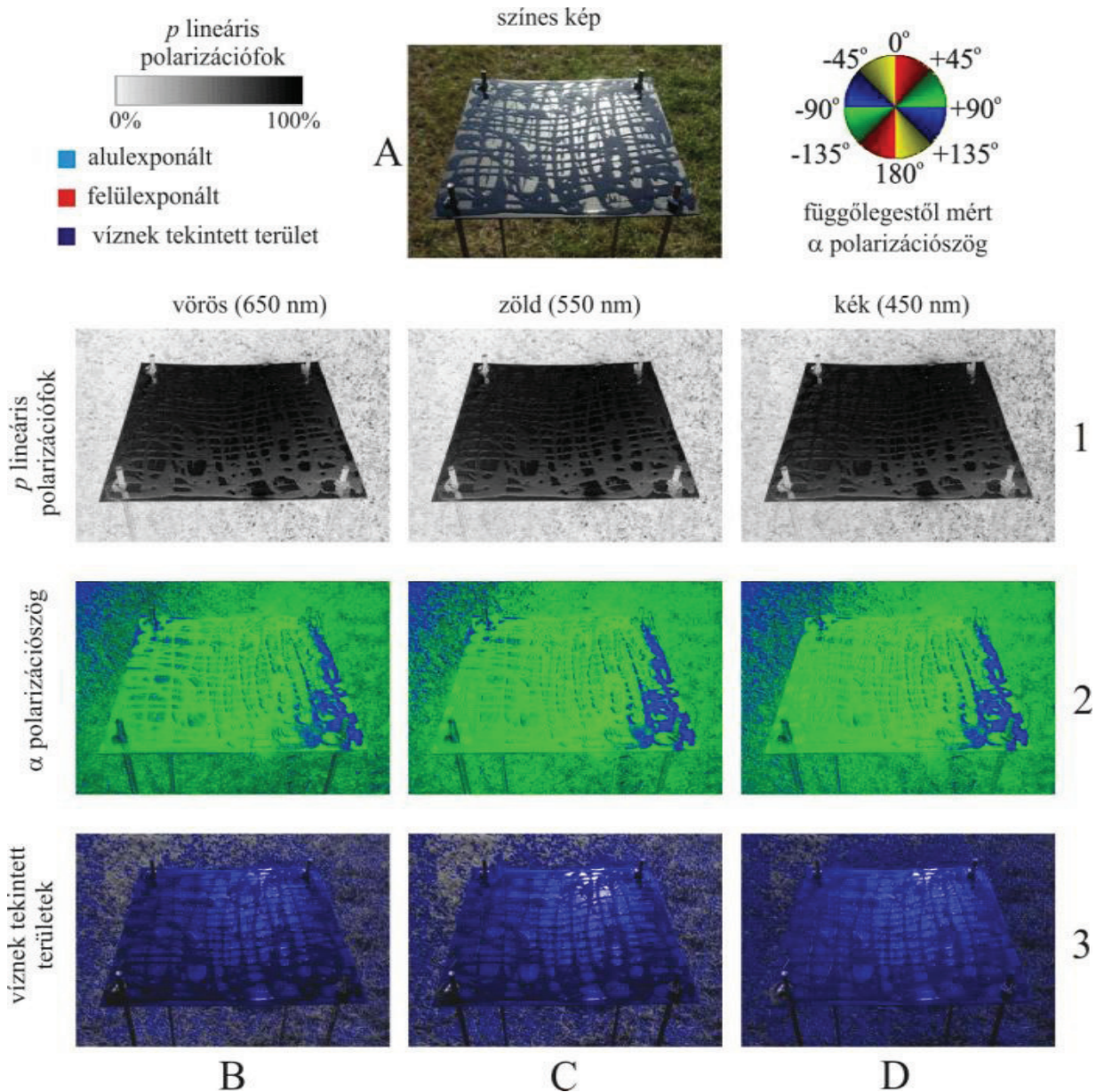
2. melléklet: A földön fekvő ragacos lap tükröződési-polarizációs mintázatai a szoláris meridiánnal párhuzamosan, képalkotó polarimetriával mérve a spektrum vörös (650 nm), zöld (550 nm) és kék (450 nm) részében. A 3. sorban a polarotaktikus vízirovarok számára csak a közel vízszintesen ($80^\circ < \alpha < 100^\circ$) és megfelelően erősen ($p > 15\%$) poláros fényt visszaverő felületek jelentenek vízfelületet.



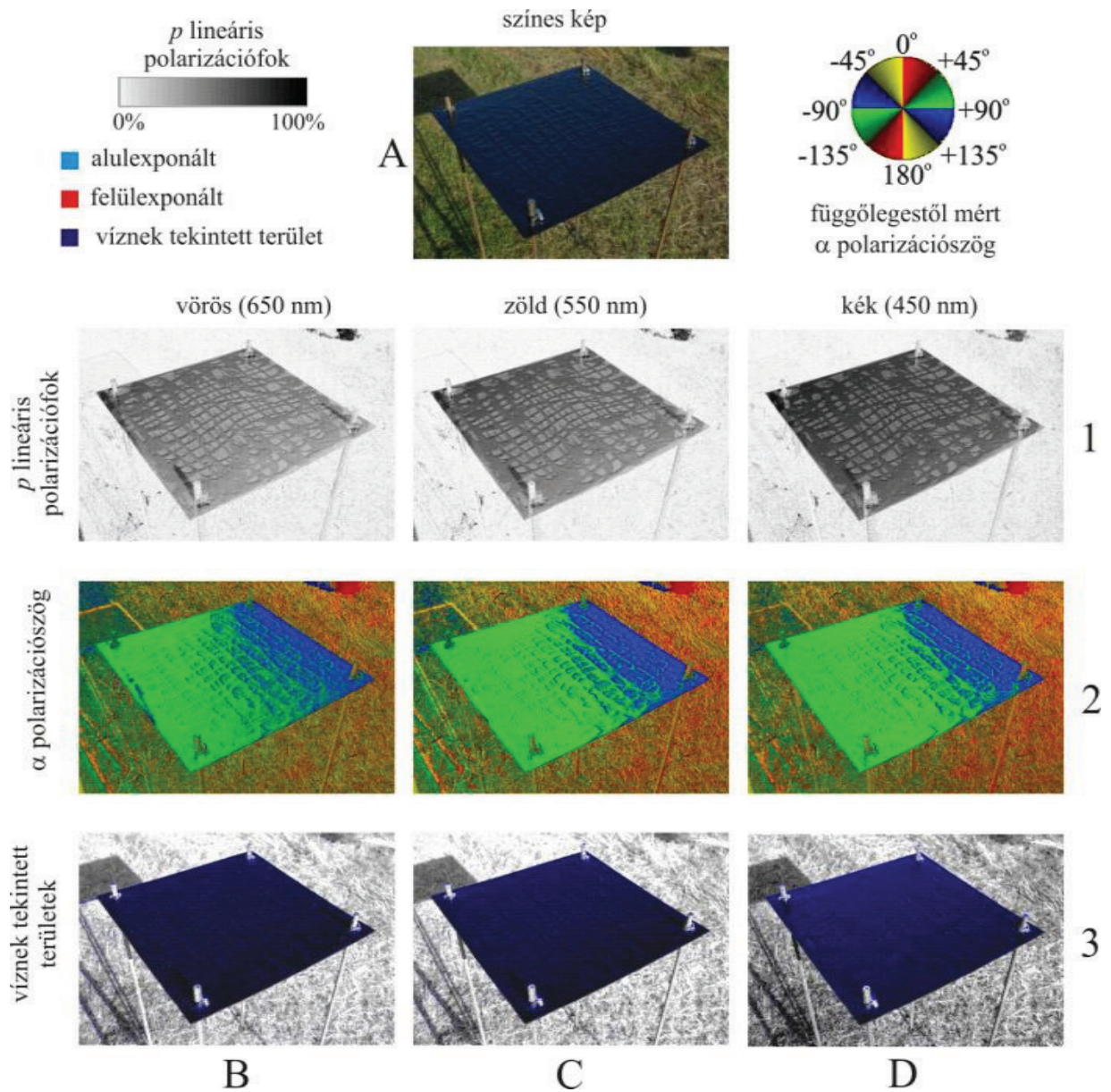
3. melléklet: A földön fekvő ragacos lap tükröződési-polarizációs mintázatai a szoláris meridiánra merőlegesen, képalkotó polarimetriával mérve a spektrum vörös (650 nm), zöld (550 nm) és kék (450 nm) részében. A 3. sorban a polarotaktikus vízirovarok számára csak a közel vízszintesen ($80^\circ < \alpha < 100^\circ$) és megfelelően erősen ($p > 15\%$) poláros fényt visszaverő felületek jelentenek vízfelületet.



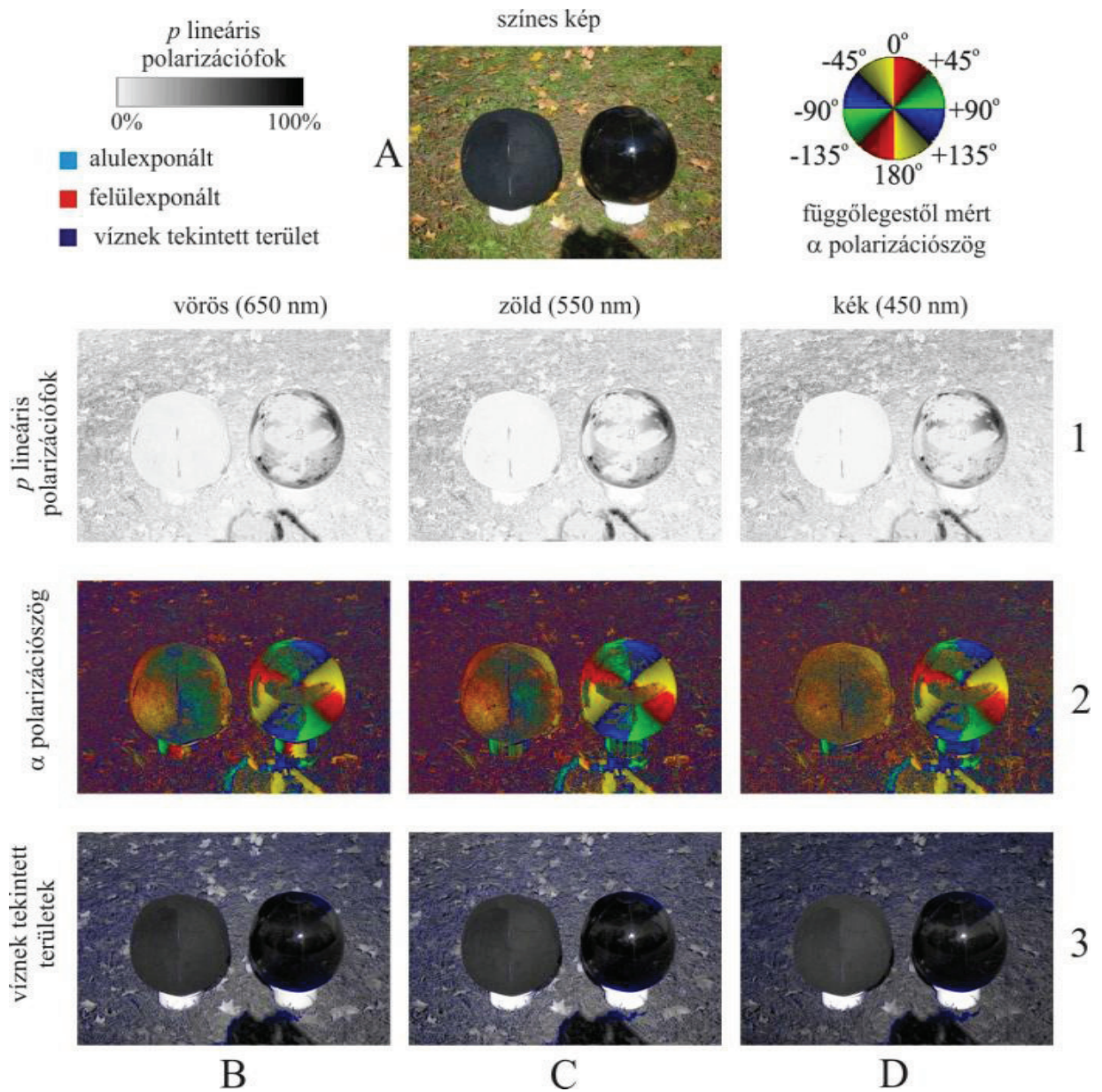
4. melléklet: A föld fölött 70 cm magasan lévő ragacos lap tükröződési-polarizációs mintázatai az antiszoláris meridiánnal párhuzamosan, képalkotó polarimetriával mérve a spektrum vörös (650 nm), zöld (550 nm) és kék (450 nm) részében. A 3. sorban a polarotaktikus vízirovarok számára csak a közel vízszintesen ($80^\circ < \alpha < 100^\circ$) és megfelelően erősen ($p > 15\%$) poláros fényt visszaverő felületek jelentenek vízfelületet.



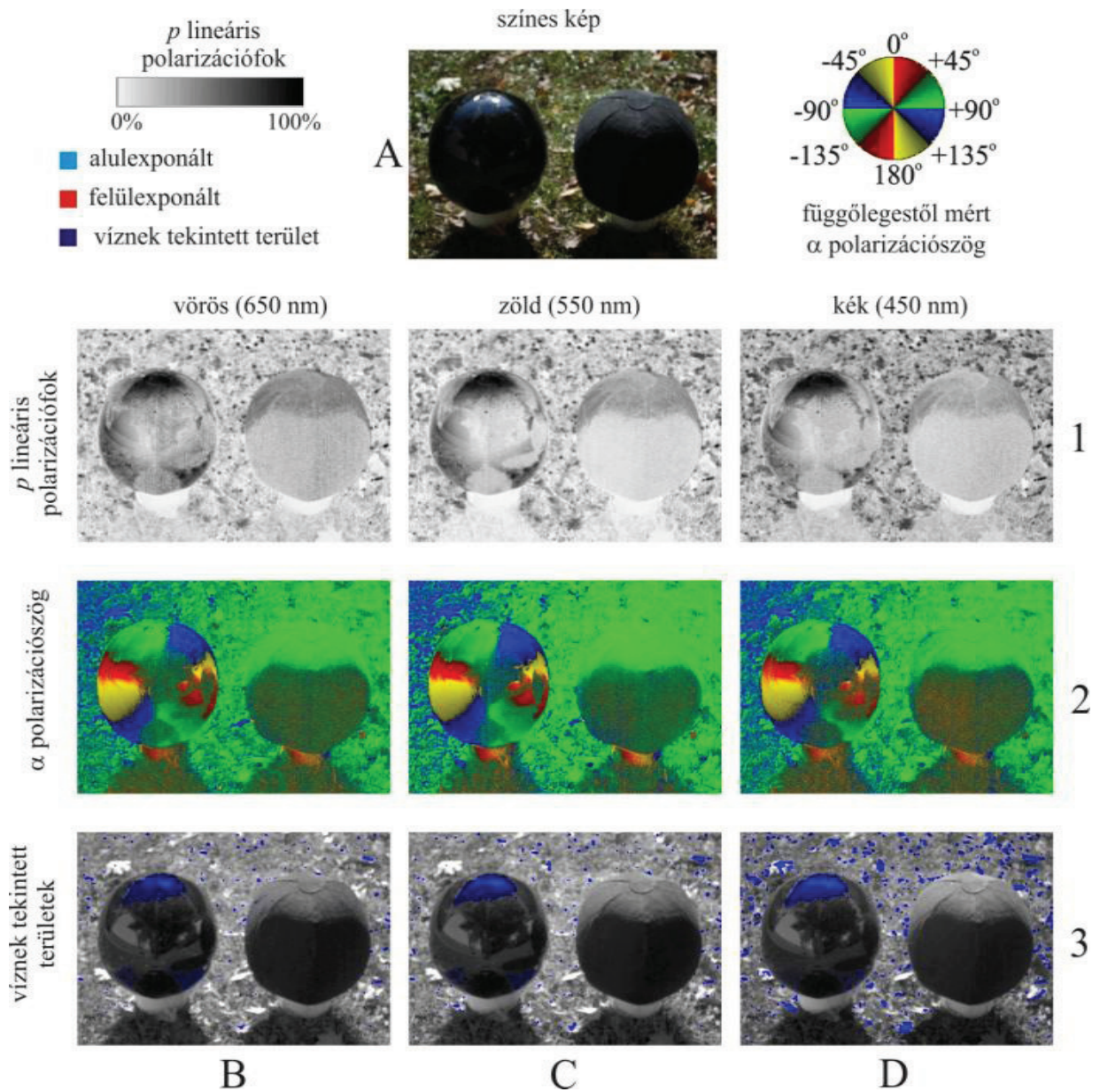
5. melléklet: A föld fölött 70 cm magasan lévő ragacos lap tükröződési-polarizációs mintázatai a szoláris meridiánnal párhuzamosan, képkalkító polarimetriával mérve a spektrum vörös (650 nm), zöld (550 nm) és kék (450 nm) részében. A 3. sorban a polarotaktikus vízirovarok számára csak a közel vízszintesen ($80^\circ < \alpha < 100^\circ$) és megfelelően erősen ($p > 15\%$) poláros fényt visszaverő felületek jelentenek vízfelületet.



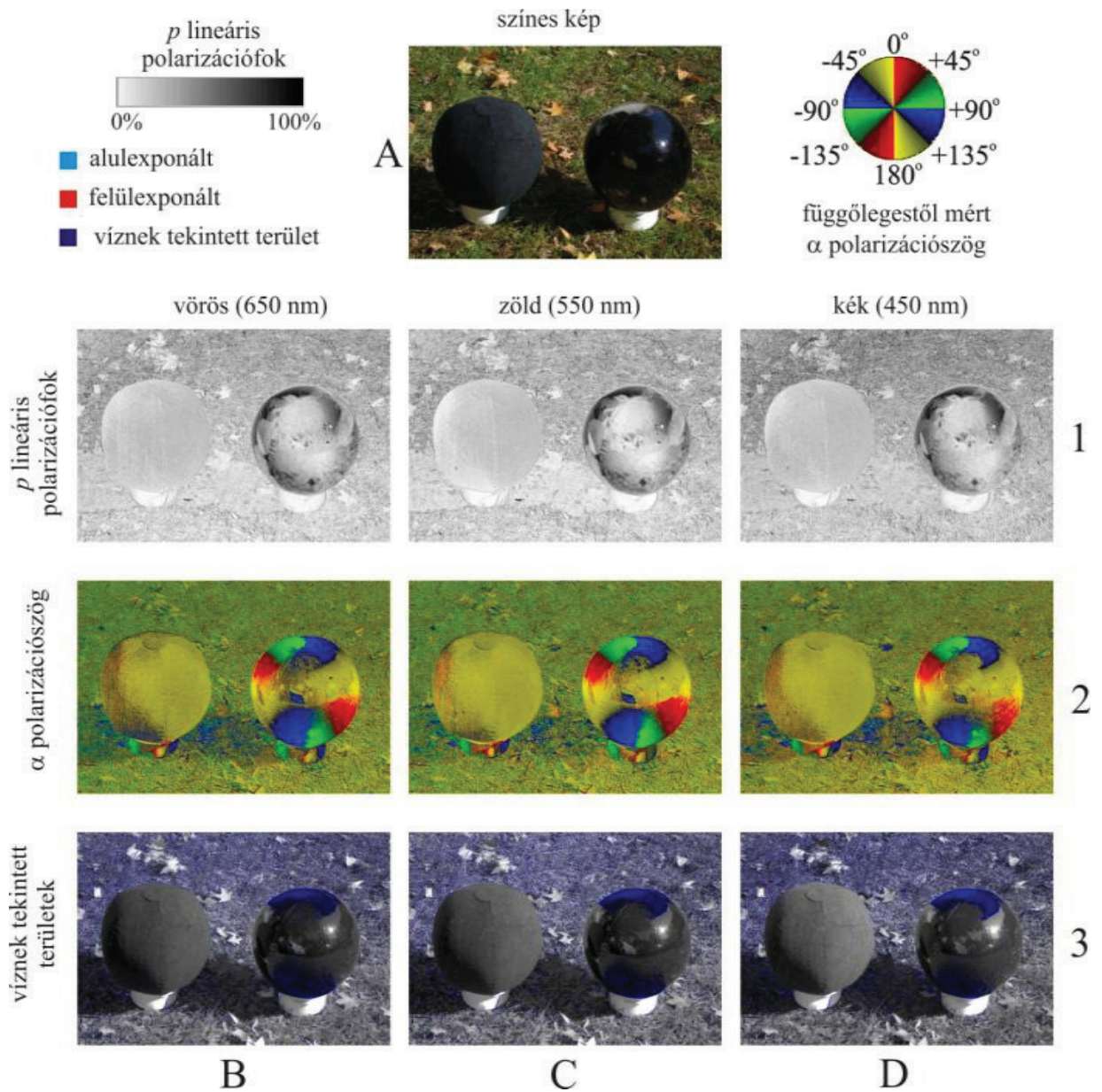
6. melléklet: A föld fölött 70 cm magasan lévő ragacsos lap tükröződési-polarizációs mintázatai a szoláris meridiánra merőlegesen, képalkotó polarimetriával mérve a spektrum vörös (650 nm), zöld (550 nm) és kék (450 nm) részében. A 3. sorban a polarotaktikus vízirovarok számára csak a közel vízszintesen ($80^\circ < \alpha < 100^\circ$) és megfelelően erősen ($p > 15\%$) poláros fényt visszaverő felületek jelentenek vízfelületet.



7. melléklet: Fényes és matt fekete golyók tükröződési-polarizációs mintázatai az antiszoláris meridiánnal párhuzamosan, képalkotó polarimetriával mérve a spektrum vörös (650 nm), zöld (550 nm) és kék (450 nm) részében. (A matt golyó összehasonlításként szerepel.) A 3. sorban a polarotaktikus vízirovarok számára csak a közel vízszintesen ($80^\circ < \alpha < 100^\circ$) és megfelelően erősen ($p > 15\%$) poláros fényt visszaverő felületek jelentenek vízfelületet.



8. melléklet: Fényes és matt fekete golyók tükröződési-polarizációs mintázatai a szoláris meridiánnal párhuzamosan, képalkotó polarimetriával mérve a spektrum vörös (650 nm), zöld (550 nm) és kék (450 nm) részében. (A matt golyó összehasonlításként szerepel.) A 3. sorban a polarotaktikus vízirovarok számára csak a közel vízszintesen ($80^\circ < \alpha < 100^\circ$) és megfelelően erősen ($p > 15\%$) poláros fényt visszaverő felületek jelentenek vízfelületet.



9. melléklet: Fényes és matt fekete golyók tükröződési-polarizációs mintázatai a szoláris meridiánra merőlegesen, képalkotó polarimetriával mérve a spektrum vörös (650 nm), zöld (550 nm) és kék (450 nm) részében. (A matt golyó összehasonlításként szerepel.) A 3. sorban a polarotaktikus vízirovarok számára csak a közel vízszintesen ($80^\circ < \alpha < 100^\circ$) és megfelelően erősen ($p > 15\%$) poláros fényt visszaverő felületek jelentenek vízfelületet.

8. Irodalom

- Becker, N.; Zgomba, M.; Petric, D.; Ludwig, M. (1995) Comparison of carbon dioxide, octenol and a host-odour as mosquito attractants in the Upper Rhine Valley, Germany. *Medical and Veterinary Entomology* 4: 377-380
- Bernáth, B.; Szedenics, G.; Molnár, G.; Kriska, G.; Horváth, G. (2001) Visual ecological impact of "shiny black anthropogenic products" on aquatic insects: oil reservoirs and plastic sheets as polarized traps for insects associated with water. *Archives of Nature Conservation and Landscape Research* 40(2): 89-109
- Bernáth, B.; Gál, J.; Horváth, G. (2004) Why is it worth flying at dusk for aquatic insects? Polarotactic water detection is easiest at low solar elevations. *Journal of Experimental Biology* 207: 755-765
- Foil, L. D. (1989) Tabanids as vectors of disease agents. *Parasitology Today* 5: 88-96
- Horváth, G.; Varjú, D. (1997) Polarization pattern of freshwater habitats recorded by video polarimetry in red, green and blue spectral ranges and its relevance for water detection by aquatic insects. *Journal of Experimental Biology* 200, 1155-1163
- Horváth G.; Pomozi I.; Gál J. (1998) Sarkított világ - Videopolarimetria. *Élet és Tudomány* 53: 756-757
- Horváth, G.; Varjú, D. (2004) *Polarized Light in Animal Vision - Polarization Patterns in Nature*. Springer-Verlag, Heidelberg - Berlin - New York, p. 447
- Horváth, G.; Malik, P.; Kriska, G.; Wildermuth, H. (2007) Ecological traps for dragonflies in a cemetery: the attraction of *Sympetrum* species (Odonata: Libellulidae) by horizontally polarizing black gravestones. *Freshwater Biology* 52: 1700-1709
- Horváth, G.; Majer, J.; Horváth, L.; Szivák, I.; Kriska, G. (2008) Ventral polarization vision in tabanids: horseflies and deerflies (Diptera: Tabanidae) are attracted to horizontally polarized light. *Naturwissenschaften* 95: 1093-1100

- Horváth, G.; Blahó, M.; Kriska, G.; Hegedüs, R.; Gerics, B.; Farkas, R.; Akesson, S. (2010) An unexpected advantage of whiteness in horses: the most horsefly-proof horse has a depolarizing white coat. *Proceedings of the Royal Society of London B* 277: 1643-1650
- Hribar, L. J.; Leprince, D. J.; Foil, L. D. (1991): Design for a canopy trap for collecting horse flies (Diptera: Tabanidae). *Mosquito Systematics* 2: 657-659
- Kriska, G.; Horváth, G.; Andrikovics, S. (1998) Why do mayflies lay their eggs *en masse* on dry asphalt roads? Water-imitating polarized light reflected from asphalt attracts Ephemeroptera. *Journal of Experimental Biology* 201: 2273-2286
- Kriska, G.; Csabai, Z.; Boda, P.; Malik, P.; Horváth, G. (2006) Why do red and dark-coloured cars lure aquatic insects? The attraction of water insects to car paintwork explained by reflection-polarization signals. *Proceedings of the Royal Society B* 273: 1667-1671
- Kriska, G.; Malik, P.; Szivák, I.; Horváth, G. (2008) Glass buildings on river banks as "polarized light traps" for mass-swarmed polarotactic caddis flies. *Naturwissenschaften* 95: 461-467
- Kriska, G.; Majer, J.; Horváth, L.; Szivák, I.; Horváth, G. (2008b) Polarotaxis in tabanid flies and its practical significance. *Acta Biologica Debrecina, Supplementum Oecologica Hungarica* 18: 101-108
- Martonné Erdős, K. (2006) *Magyarország természeti földrajza I.* Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, 245 o.
- Mizera, F.; Bernáth, B.; Kriska, G.; Horváth, G. (2001) Stereo videopolarimetry: measuring and visualizing polarization patterns in three dimensions. *Journal of Imaging Science and Technology* 45: 393-399
- Péczeley, Gy. (2002) *Éghajlattan.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 336 o.
- Pomozi, I.; Horváth, G.; Wehner, R. (2001) How the clear-sky angle of polarization pattern continues underneath clouds: full-sky measurements and implications for animal orientation. *Journal of Experimental Biology* 204: 2933-2942
- Robertson, B.; Kriska, G.; Horváth, V.; Horváth, G. (2010) Glass buildings as bird feeders: Urban birds exploit insects trapped by polarized light pollution. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 56(3): 283-293

Schwind, R. (1991) Polarization vision in water insects and insects living on a moist substrate. *Journal of Comparative Physiology A* 169: 531-540

Schwind, R. (1995) Spectral regions in which aquatic insects see reflected polarized light. *Journal of Comparative Physiology A* 177: 439-448

Állatföldrajzi területegységek. URL:

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:OUUnLBHqAHRQJ:www.pedozoologia.net/regionalis.doc+%C3%A1llatf%C3%B6ldrajz&cd=3&hl=hu&ct=clnk&gl=hu>
Letöltés időpontja: 2010. 10. 28.

Colocense flórajárás. URL:

http://hu.wikipedia.org/wiki/Colocense_fl%C3%B3raj%C3%A1r%C3%A1s Letöltés
időpontja: 2010. 10. 28.

Magyarország florisztikai felosztása és vegetációja. URL:

<http://www.tankonyvtar.hu/biologia/erdeszeti-okologia-080904-72> Letöltés időpontja:
2010. 10. 28.

Oktanol. URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Oct-1-en-3-one> Letöltés időpontja: 2011. 04. 23.

http://ipm.ncsu.edu/current_ipm/01PestNews/01News6/horsepal.gif Letöltés időpontja: 2011.
04. 27.

<http://www.geographic.hu/index.php?act=napi&id=11827> Letöltés időpontja: 2011. 04. 23.

<http://www.ggh.hu> Letöltés időpontja: 2011. 04. 23.

http://www.nzitrap.com/Nzi_trap/Making/Making.htm

9. Köszönetnyilvánítás

Nagyon köszönöm témavezetőimnek, Horváth Gábornak és Kriska Györgynek a kutatómunkámhoz és a dolgozat elkészítéséhez nyújtott segítségüket.

Köszönöm Dr. Szabó Péternek (Ph.D., biológus, SzIE-ÁOTK, Biológiai Intézet, Ökológiai Tanszék), hogy átnézte velem az adataimat, és időt nem kímélve keresett a fölmerült statisztikai problémára megfelelő modellt.

Köszönettel tartozom Dr. Kis Jánosnak (Ph.D., tudományos munkatárs, SzIE-ÁOTK, Biológiai Intézet, Ökológiai Tanszék) és Sipos Dórának (biológia MSc; SzIE-ÁOTK, Biológiai Intézet), a statisztikai elemzésekben nyújtott segítségükért.

És végül, de nem utolsó sorban, köszönöm mindenkinek, aki kitartott mellettem, és biztatott a dolgozat megírására.

10. Summary

STUDYING THE EFFECTIVENESS OF VISUAL TARGETS

IN CANOPY TRAPS FOR TABANID FLIES

Various damages caused by blood-sucking ectoparasites cause serious problems worldwide in the keeping of farm animals. These mainly mean different diseases, the decrease in milk and meat production, furthermore the continuous annoyance of animals caused by tabanid flies. According to a recent discovery, tabanids have positive polarotaxis, i. e. they are attracted to horizontally polarized light. This is because female tabanids find their egg-laying sites on the basis of the horizontally polarized light reflected from the water surface. Moreover, male and female tabanids can easily find each other in the vicinity of waters. Furthermore, drinking or bathing host animals can also be found near water bodies detected by polarotactic female tabanids wishing to suck blood. In my multiple-choice experiments I examined the attractiveness of two different visual targets used in tent-shaped tabanid traps: a horizontal shiny black board and a shiny black sphere placed either on the ground or hanging in the air above the ground, and possessing different reflection-polarization characteristics. My aim was to gather new information about the visual etology of tabanid flies, in order to develop new visual targets for tent-shaped tabanid traps that are more effective than the conventional targets. According to my findings, although polarotaxis in tabanids plays an important role, the intensity contrast between the visual target and the surroundings is also of a great importance in the remote attraction of female tabanids being ready for blood-sucking. On the basis of my results I proposed to use an additional visual target (a horizontal shiny black board on the ground level reflecting highly and horizontally polarized light and thus attracting efficiently both female and male polarotactic tabanids) in tent-shaped tabanid traps.