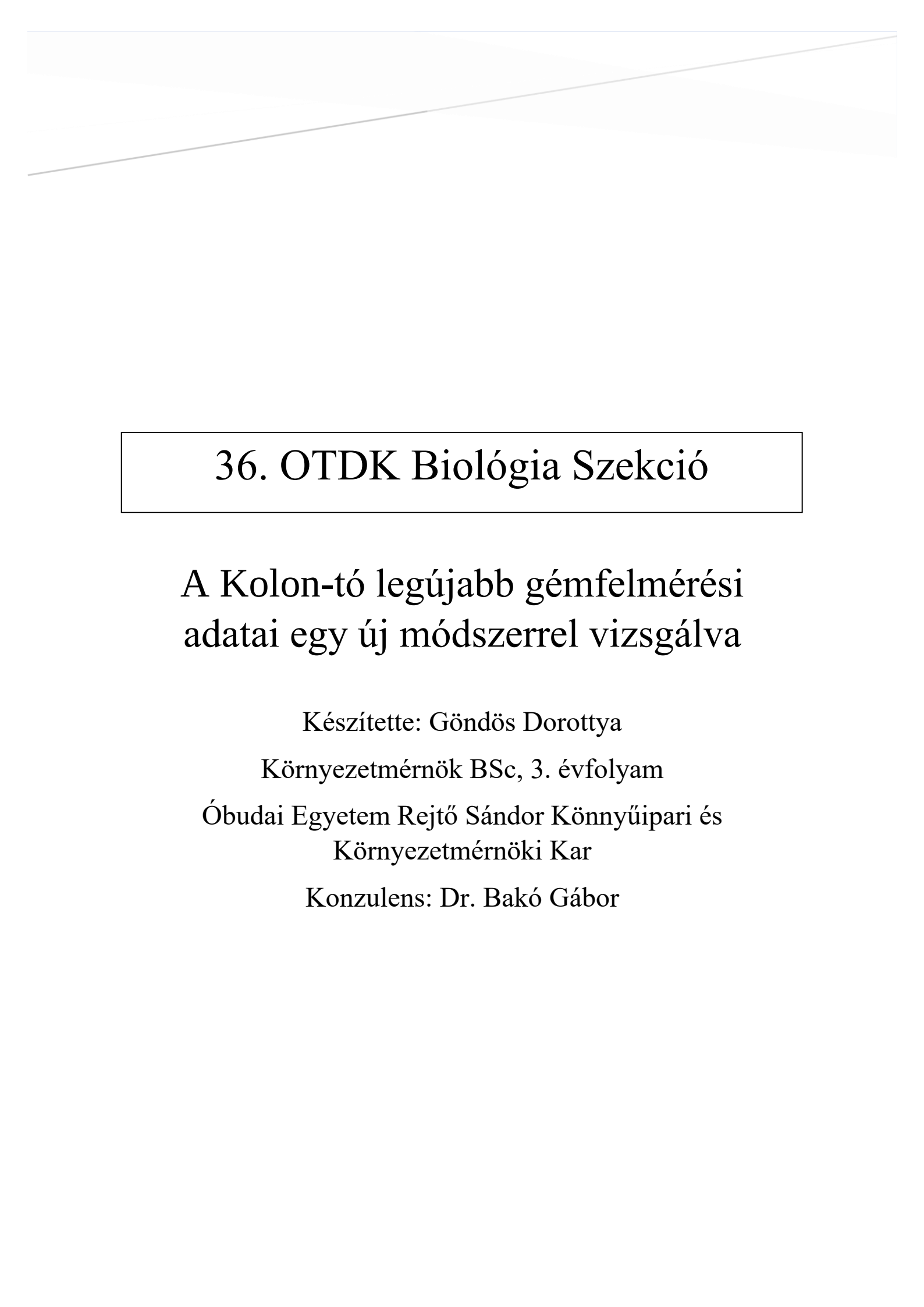




36. OTDK Biológia Szekció

A Kolon-tó legújabb gémfelmérési adatai egy új módszerrel vizsgálva

Készítette: Göndös Dorottya

Környezetmérnök BSc, 3. évfolyam

Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és
Környezetmérnöki Kar

Konzulens: Dr. Bakó Gábor

Tartalom

Absztrakt.....	2
Kulcsszavak	2
Bevezetés.....	3
Anyagok és módszerek	7
A felmérések geometriai pontossága.....	11
Értékelés	11
A Kolon-tó jellemző gémfajainak azonosítása.....	12
Eredmények.....	15
Összegzés.....	17
Szakirodalom	19

Absztrakt

A gémkolóniák, mint ökológiai indikátor tényezők információt szolgáltatnak számunkra egyes környezetben lejátszódó változásokról, mint például egy élőhely minősége, bolygatottsága vagy szennyezettsége, és segítségével vizsgálni tudjuk az élőhelyrekonstrukciós programok eredményességét, valamint betekintést nyerhetünk a telepek közelében történő egyes folyamatok tájra gyakorolt hatásaiba (Bakó et al. 2014).

A korábban alkalmazott gémtelep felmérési módszerek (például a terepi bejárás, vagy a kislebontású légifotókon történő fészekszámlálás, illetve a gyűrűző becslés) statisztikailag csak a fészekszámot illetően nyújtott megbízható adatokat. A madarak pontos számlálása érdekében került kidolgozásra, majd a Kolon-tó mintaterületen tesztelésre egy új, nagy magasságból végezhető költőtelep felmérési- és egyedszámlálási módszer, mely lehetővé teszi a pontos egyedszámok meghatározást anélkül, hogy megzavarná a madarakat természetes életfolyamataikban.

2018-tól fél cm terepi felbontású, 700 m terepfeletti magasságban 240 km/h-nál nagyobb terephez viszonyított sebességgel haladó repülőgépekről készített légifelvétel-sorozatok egy blokkban végbemenő feldolgozásával és ortorektifikálásával történik a kolóniák feltérképezése. Az ortorektifikálás során a távérzékelte képet torzulásoktól mentes, digitális képre alakítják át (Bakó et al. 2021).

2021 januárjától ebben a projektben vállalhattam részt Dr. Bakó Gábor témavezetésével, és a 2020 júniusában készített légi felvételek elemzését és kiértékelését QGIS program segítségével már a felügyelete alatt végezhettem. A programban lehetőség volt külön jelölni a fészkeket és az egyes madarakat, valamint az egyedek között is 3 csoportot alakítottunk ki kornak megfelelően.

Ezen új módszer előnyei közé sorolandó még, hogy az egyedek legalább 14 ortofotón és további ferde kameratengelyű képen azonosíthatók, a képek 0,5 cm-es terepi felbontásának és a hozzávetőlegesen 20 cm-es geometriai pontosságnak köszönhetően az azonosítási pontosság növelhető, és ezzel egyidejűleg csökken a többszörös számlálás kockázata.

Kulcsszavak

Gém, kolónia térképezés, populáció monitoring, egyedszámlálás, távérzékelés, légi felmérés

Bevezetés

Az indikátorok költség- és időhatékony eszközt biztosítanak a környezeti zavarok ökoszisztémára gyakorolt hatásainak értékelésére (Carignan és Villard 2002). Lynch már 1949-ben felismerte, hogy a sólyomcsoportok viselkedése a környezeti változások fontos indikátora, és légi számlálásokra szólított fel. (Lynch 1949) Az 1970-es évek elején, a nagy szárazság kezdetével egyidőben a Centre de Recherches sur la Biogéographie des Oiseaux (crbpo) madármegfigyelési rendszert hozott létre, amely a Szenegál-deltában a gémek, kacsák és ludak légi számlálását foglalta magában (Morel és Roux 1973a, Morel és Roux 1973b, Morel et al. 1984 in Zwarts et al. 2009).

A gémkolóniák mint indikátorok felhasználhatók a környezeti változások nyomon követésére a populáció méretével együtt, a természetes területeken végzett élőhelyrekonstrukció hatékonyságának vizsgálatára, vagy bizonyos tájban végbemenő folyamatok hatásainak vizsgálatára. A természeti területekről szóló rendelet megjelenése előtt a fokozottan védett fajok megfigyelése és populációs adataik pontos leírása volt a természetvédelmi hatóságok számára a leghatékonyabb és szinte egyetlen lehetőség a nem védett területek megőrzésére, ahol ezek a védett madarak költöttek. Ezek az információk beépíthetők a védelmi eljárások, a hatósági döntések és határozatok, valamint a településrendezési tervek előkészítésébe is (Szilágyi et al. 2000).

A madárfajok bioindikátorként való felhasználása már az 1990-es években is fontos kutatási terület volt (Bradford et al. 1998), de az alacsony felbontású légi felvételeken az egyedek azonosítása csak korlátozottan volt lehetséges, és a madarak repülése is statisztikai hibát okozott (Fleming et al. 2008; McEvoy et al. 2016; Mulero-Pázmány et al. 2017; Seymour et al. 2017; Barnas et al. 2018; Afán et al. 2018; Barr et al. 2018). Így a korábbi felmérések csak a fészekszámlálás terén lehettek eredményesek. A madárkolóniák légi felmérésére szolgáló fixszárnyú repülőgépes légi fotogrammetriai módszert, és a hozzá tartozó technikai háttérrel (Bakó et al. 2014) a Sensors tudományos folyóiratban mutatták be a sirálypopuláció felmérésére vonatkozóan, ezt követően az első gyakorlati alkalmazása a Kolon-tónál történt a gémtelepek felmérésére. Fontosnak tartottuk az őshonos gémfajok pontos egyedszámlálásához szükséges terepi felbontás ellenőrzését, valamint a Kolon-tónál lévő gémkolóniák adatainak éves változásának dokumentálását.

A Kiskunsági Nemzeti Park Kolon-tó magterülete a Kiskunság egyik legnagyobb természetes vizes élőhelye. Az 1200 hektáros lápterületet homokdűnék veszik körül, rétek és mocsári

erdők, amelyek mindegyike kiemelkedő természeti értéket képvisel. A védett terület egyben a vizes élőhelyek védelmét szolgáló Ramsari terület is.

A Kolon-tó gémtelepeiről az első adatok az 1830-as évekből állnak rendelkezésre.

A 19. század elején a tavat fokozatosan lecsapolták, és a területet az 1950-es években teljesen kiszáritották. Az 1960-as évek végétől a vízszint helyreállt, és a nádas is visszatért a területre. A nádasban 1975-ben fészkeltek először géme. Azóta a tó nádasában fokozatosan fejlődnek a gémtelepek a territóriumok, az egyedek és a fajok tekintetében is.

Napjainkban a kolóniák költő fajai a nagy kócsag (*Ardea alba*), a kis kócsag (*Egretta garzetta*), az üstökösgém (*Ardeola ralloides*), a bakcsó (*Nycticorax nycticorax*), a szürke gém (*Ardea cinerea*), a kanalasgém (*Platalea leucorodia*) és a kis kárókatona (*Microcarbo pygmeus*).

Szórványosan költő fajok a vörös gém (*Ardea purpurea*), a törpegém (*Ixobrychus minutus*) és a bölömbika (*Botaurus stellaris*).

A vörös gém magyarországi állományát 2004-ben 900-1500 párra, 2015-2018 között 630-810 párra becsülték; összehasonlításképpen: Európában ekkoriban mintegy 29-42 ezer pár élt (Burfield és van Bommel 2004). A kanalasgém egyik legnagyobb populációja Magyarországon található, 2014-2020 között a Nemzeti Park Igazgatóság 550-900 párra becsülte az állományt (Szép et al. 2021). A magyar kanalasgém populációban a szóródás mértéke nagyobb, mint az atlanti populációban, ahol a születési helyhűséget mutató madarak aránya magasabb. Ezt a megállapítást a Kárpát-medencében a táplálékforrások időbeli és térbeli eloszlásában, a vizes élőhelyek vízellátásában, valamint az ottani költőhelyeken uralkodó viszonyok fokozott kiszámíthatatlanságával magyarázzák (Pigniczki és Végvári 2015).

A szürke gém populációját 2015 és 2018 között 2970-3350 párra becsülte a Nemzeti Park Igazgatóság (Szép et al. 2021).

2015 és 2018 között a nemzeti park igazgatóságok 4170-4670 párra becsülték a nagy kócsag populációt (Szép et al. 2021).

2015 és 2017 között a bakcsó állományát 2200-2600 párra becsülték a Nemzeti Park Igazgatóságok (Szép et al. 2021).

A törpegém állományát 2014-2018 között 6000-7000 párra becsülték statisztikai becslés alapján (Szép et al. 2021).

A kis kócsag állományát a Nemzeti Park Igazgatóságok által végzett felmérések alapján 570-770 párra becsülték 2015 és 2018 között (Szép et al. 2021).

A nemzeti park igazgatóságok 2015 és 2018 között 240-290 párra becsülték az üstökösgém országos állományát (Szép et al. 2021).

A kis kárókatona populációját a Nemzeti Park Igazgatóságok 1100-1250 párra becsülték 2015 és 2017 között (Szép et al. 2021).

Fontos megjegyezni, hogy a Kárpát-medencében a nagyszámú, nagy távolságra vonuló madarak bármely korcsoportjának előfordulása a vizes élőhelyek folyamatos, táji léptékű helyreállításának szükségességét sugallja; ennek érdekében az állomány folyamatos nyomon követése a tájvédelem meghatározó mutatójává válhat. A kanalasgém populációit illetően különböző bizonytalanságok (Navedo és Garaita 2012) és veszélyek vannak jelen, így az állomány éves nyomon követése sokkal inkább indokolt, mint más fehér gémfajok esetében (Lok et al. 2011).

A vonulás idején bekövetkező váratlan időjárási események olyan bizonytalansági tényezők, amelyek miatt a populáció mérete igen gyorsan változhat (Overdijk és Navedo 2012). A populációk állapota a terület környezeti állapotának mutatója (Court 2001), és az élőhelyek degradációja a fajok csökkenéséhez vezethet (Triplet et al. 2008). Megállapították, hogy az elszigetelt vagy kis élőhelyfragmentumokban élő populációkban gyakori a párosítatlan hímek nagy aránya (Dale 2001).

Az ezekhez hasonló megfigyelések nemcsak a fészkek, hanem a költő kolóniákban élő egyedek számbavételét is szükségessé teszik. A légi felvételek segítségével információkat gyűjthetünk a nyári lúdról (*Anser anser*), a bütykös hattyúról (*Cygnus olor*) és a vaddisznóról (*Sus scrofa*) is, amelyek jelenlétének vizsgálata szintén fontos (Pigniczki 2017).

A kutatás célja, hogy az új típusú kutatással ne csak a fészkek számát határozzuk meg megbízhatóan - a korábbi évek felméréseivel ellentétben -, hanem a különböző gémfajok egyedszámát is rögzítsük a telepeken. Így az állományok évről évre összehasonlíthatók, és egy évtizedes adatsor betekintést nyújthat a gémfajok és állománynagyságuk érzékenységebe a különböző környezeti paraméterekre és a tájatalakító beavatkozásokra.

Korábbi felmérési módszerek

A terepen fészkelő párok számára alkonyatkor vagy hajnalban következtethetünk, amikor több négyzetkilométernyi sűrű nádas vagy sáros talajjal borított terület felett repülnek. Áthatolhatatlan terepen, a földről történő számláláskor, kisebb részterületeken a foglalt fészkek megszámlálása és a fészkelő fajok arányának meghatározása után az eredmények a kolónia teljes területére kivetíthetők. A nagy kolóniákon kijelölt 5 m-es sávokon belül a fészkeket megszámlálhatjuk és összegezhethetjük. Ezekben az esetekben a zavarás miatt nem lehetséges az egyedek megszámlálása. A binokuláris számlálásnál a berepülő és kirepülő madarak számát elosztjuk négygyel, mert valószínűleg duplán számolnak. Ezek a módszerek azonban nem adják vissza pontosan az egyedszámot, illetve az évek közötti statisztikák torzulhatnak (Bakó et al. 2020).

Tehát a gémtelepek hagyományos terepi felmérési módszerekkel történő rendszeres felmérésével még megközelítőleg sem lehetett pontos információt szerezni a fészkelő párok számáról, ezért jelenleg évente kétszer légi felméréseket végeznek. A terület fokozatos betelepülése miatt évente két felmérésre van szükség. Az elmúlt években többféle módszert is alkalmaztak a felmérésekhez, például merevszárnyú vagy többrotoros UAV-kat (pilóta nélküli légi járműveket), merevszárnyú repülőgépeket és sárkányrepülőket. A madarak zavarása és a gyorsan mozgó platform megnehezíti, illetve gyakran lehetetlenné teszi a fészekszámlálást, ezért a fotózás került előtérbe. Másrészt a fészkek sűrűsége a légi felméréseknél a vizuális hiba kevéssé ismert forrása lehet, a térbeli felbontástól függően (Williams et al. 2008). Ezért a felbontás növelése fontos szempont. 2009 szeptemberében Magyarországon sikeresen végeztek légi térképezési kísérletet a fehér gólya (*Ciconia ciconia*), a nagy kárókatona (*Phalacrocorax carbo*), a tőkés réce (*Anas platyrhynchos*) és a vadgalamb (*Columba livia domestica*) állományról 1,8 cm-es térbeli felbontású ortofotók segítségével (Takács 2012), de fontos megjegyezni, hogy akkoriban nem voltak hasonló kinézetű madárfajok a területen. Magyarországon az elmúlt 10 évben nagy sikerrel alkalmaztak UAV-kat fészekszámlálásra (Kalmár et al. 2011). A kolónia méretét, a lakott és nem lakott fészkek számát légi felvételek alapján számolták meg (Kalmár 2012.). Korábban filmes fényképezőgépeket használtak, míg ma már digitális tükörreflexes (SLR) fényképezőgépeket használnak. A repülést 300 méteres magasságban, illetve az alatt is végezték (Ábrám et al. 2019).

A függőleges kameratengelyű, kisrepülőgépeken vagy sárkányrepülőkön kézi kamerákkal történő fényképezés a kamerarendszer korlátozott mérete és súlya miatt csak kis távolságból hajtható végre. Ennek ellenére, ahogy az a feljavított képkivágásban is látható, az egyedszám

csak korlátozottan becsülhető. A képek Nikon D300 és Nikon D800 fényképezőgépekkel készültek 2014 és 2016 között. GSD-je 3,5-6 cm-nek felel meg (Biro 2017). A ferde kameratengellyel készült képek esetében a tárgytávolság még nagyobb.

A Kolon-tó gémtelepeinek 2016-os légi felmérése során például nagyon mélyre ereszkedtek, és pontos becslést végeztek a kis kócsagról, valamint a szürke gémről, a nagy kócsagról és a kanalasgémről, de a bakcsónak és üstökös-gémnek csak a jelenlétét tudták megállapítani (Pigniczki 2017).

A Kolon-tó gémtelepeire jellemző, hogy a költési időszak elején viharok vagy zavaró tényezők miatt elhagyott fészkekhez a második hullám során kisebb kolóniákból érkező párok foglalják el a fészkeket. Így a költési időszak a szokásosnál hosszabb. Egy adott faj esetében a tojások és a nagy madárfiókák is előfordulhatnak ugyanabban a fészekben. Az éves költési eredmények bekerülnek a Nemzeti Park gémtelepi adatbázisába és a Természetvédelmi Információs Rendszerbe. Korábban ez a fészkek számbavételét jelentette, ami a 2018-ban bevezetett új technológiának köszönhetően kiegészült az egyedszámlálással.

Anyagok és módszerek

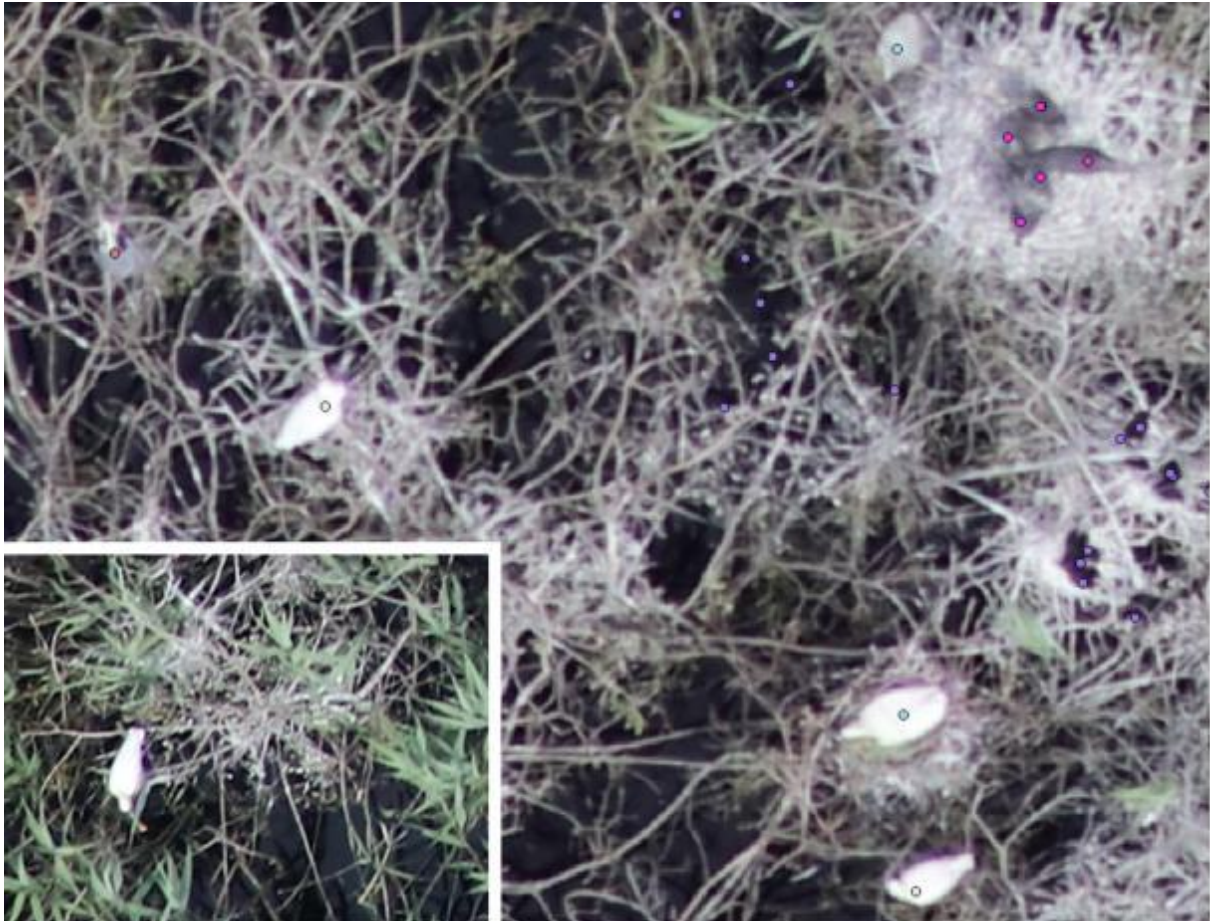
A vadvilág megőrzése szempontjából nagyon fontos olyan megfigyelőrendszerek kifejlesztése, amelyek képesek feltárni a környezetben bekövetkező változásokat. A vizes élőhelyi rendszerek érzékenyek a vízkészletük mennyiségében és minőségében bekövetkező változásokra, és a konkrét helyreállítási és kezelési tervekhez élőhelyenkénti vizsgálatokra lesz szükség (Bakó et al. 2020).

A megbízható és gyakori mintavételezésű monitoring eljárások sikere azon alapul, hogy olyan mutatókkal dolgozzanak, amelyek térben és időben hitelesen nyomon követhetők. A távérzékelési módszerek esetében a példák között említhető az erdőrezervátumok lombkoronaszintjének vizsgálata, a gyepterületek foltdinamikájának feltérképezése, az invazív növényfajok terjedési vektorainak folyamatos nyomon követése, valamint a vízimadár-kolóniák felmérése légi állapotfelméréssel a költési időszakokban. A légi térképezés nemcsak a madárállományok meghatározásában nyújt segítséget, hanem a környező növényzettel és a fészkelőhely élőhelyével kapcsolatban is hasznos információkkal szolgálhat. A növényzet és a fészkelési szokások között szoros kapcsolat mutatható ki (Bakó et al. 2020).

Az etető madarak, fészkek és fiókák száma indikátorként használható a gémtelepek monitorozására, és ezeket a felméréseket Magyarországon több ismétlésben, május és

augusztus között kell elvégezni (Horváth et al. 1997). Ezért az egyes kolóniák légi felmérését a költési időszakban háromszor végzik el.

Mivel a nagy felbontású kísérletek (Bakó et al. 2014) kimutatták, hogy az egyedek csak centiméter alatti térbeli felbontásban becsülhetők, ezért bevezettük az Interspect Kft. geoinformatikai alapú, ultra részletes fotogrammetriai légi felmérési módszerét (1. ábra).



1. ábra A feladathoz készített Interspect IS 5 mérőkamerával készült orto és ferde kameratengelyű kép részlete (Bakó Gábor felvételei)

Mivel a légtömeg és a vízgőz mennyisége nagyobb, mint az alacsonyan repülő drónok használatakor, a képek élessége alacsonyabb az alacsonyan repülő drónok képeinél. Másrészt a fajok azonosítása jó, és a repülés nem okoz észrevehető zavart a kolóniában. Ezenkívül a nagy kolóniák több repülési vonallal gyorsan felmérhetők, mivel a repülőgép átrepülési sebessége és a vonalak közötti visszatérési idő többszöröse a kis UAV-kénak.

A módszer alapelvei:

- Felmérő számlálás olyan magasságból, ahol a földön tartózkodó madarakat nem zavarja a repülőgép.
- Olyan terepi felbontással dolgozni, amelyek lehetővé teszik a gémfajok azonosítását
- Az egyes repülési nyomvonalak fényképezése között legfeljebb egy percnél szabad eltelnie.
- A soroknak legalább 40%-ban át kell fedniük egymást a mozgó madarak azonosítása érdekében.
- Minden egyes terepi pontnak (minden madárnak) legalább 14 ortofotón láthatónak kell lennie.
- Érdeemes évente háromszor elvégezni a felmérést a költési időszakban, mert nem minden madár van jelen a kolónián, és sok madár később kezd költeni
- A felmért adatoknak szabadon hozzáférhetőnek kell lenniük (nyílt forrás).

A felszerelés tartalmaz egy 40-100 MP-es nagysebességű, 400 mm-es vagy 600 mm-es gyújtótávolságú objektívvel rendelkező (a repülési magasságtól függ) kamerát, valamint további hátrafelé és oldalra néző, ugyanolyan képfelbontású ferde kamerákat. A D-GPS-INS a direkt georeferálás alapja, utófeldolgozással, ezért nincs szükség helyszíni mérésekre, nem használnak GCP-ket (Ground Control Points). A felmérés kritériuma a folyamatos gyors felvételezés pufferelessé megszakítás nélkül és a kamera-lencse légikamerarendszer előzetes kalibrálása.

A költő kolóniák méretének és elhelyezkedésének éves változása miatt először az új területeken fészkelőket ellenőrizzük. A légi felmérés egy előzetes, alacsony felbontású felderítő repüléssel kezdődik (Bakó et al. 2020). Amint a fészkelőhelyeket nagyobb magasságú repülésekkel körülhatároltuk, azonnal frissítjük a repülési tervet a nagy felbontású légi felméréshez. A 450 és 800 m közötti magasságból függőleges és ferde kameratengellyel is készítünk felvételeket.

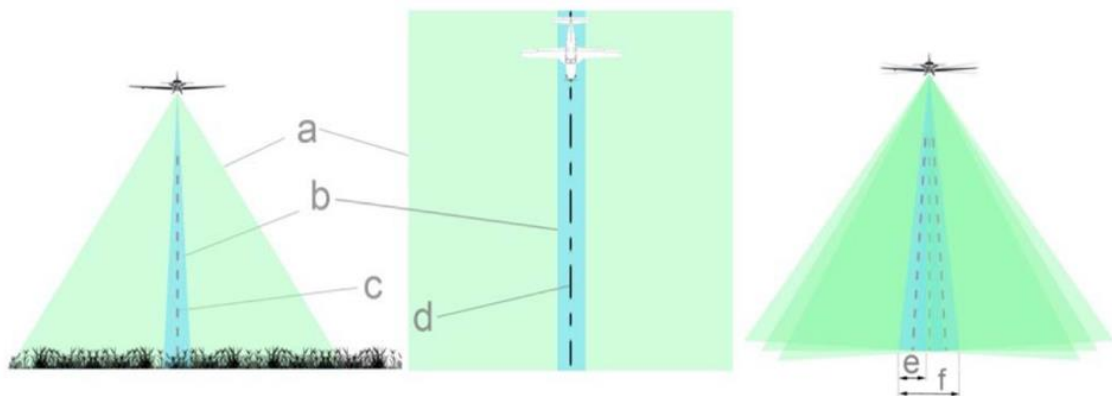
A 450-800 méteres magasságban végzett felmérés során a repülőgép repülési nyomvonalak pontos tartása mellett rendkívül fontos a hossz tengely menti elfordulás kompenzálása és a felvételek megfelelő, legalább 40%-os sorok közötti átfedésének biztosítás érdekében. Például egy 500 mm-es gyújtótávolságú objektívvel 600 m magasságból 43,1 m-es sáv szélesség érhető el. Ebben a magasságban, amikor a repülőgép 1 fokos bedöntéssel halad, a sáv 10,47 m-re csúszik el oldalra (Bakó et al. 2020).

Megállapítottuk, hogy a repülések során a rögzített mérőkamerával készített felvételek 13,35 százalék a 5%-nál nagyobb kitéréssel készült, ami 1535 felvételtől 205 képet jelentett (Bakó et al. 2020).

A szűk látószög miatt autonóm vezérlőrendszerek használata válik szükséges. Például a SkyView HDX robotpilóta orsózást kompenzáló üzemmódja megtartja a repülőgép aktuális dőlésszögét. Az AHRS (Attitude and Heading Reference System - helyzet- és irányreferencia-rendszer) kombinálható a légsebesség és egyéb műszerekkel, így egy légadat-, helyzet- és irányreferencia-rendszer (ADAHRS) jön létre, amely további információkat, például a légsebességet, a magasságot és a külső levegő hőmérsékletét szolgáltatja (Bakó et al. 2020).

A rendszer rögzíti a kamera helyzetét és dőlését az expozíció során, ami a kamera vetítési középpontjának x , y és z helyét, valamint a kamera tengelyének yaw, pitch és roll értékeit jelenti. A kamera tájolását az omega (az x tengely körüli elfordulás), a phi (az y tengely körüli elfordulás) és a kappa (a z tengely körüli elfordulás) adja meg. A koordinátákat, a magasságot, valamint az omega, phi és kappa szögeket együttesen a külső orientáció hat paraméterének nevezzük. Mivel a nádasokban nem tudunk GCP-eket (földi illesztőpontokat) mérni, az ortofotó kidolgozáshoz elengedhetetlen a direkt tájékozás. A képek és a mért orientációs adatok alapján a kamera belső orientációs paramétereinek automatikus meghatározása is lehetséges, és ez az optikai rendszer automatikus ellenőrzését is jelenti (Bakó et al. 2020).

Repülőgépeket alkalmaznak, mivel a berendezések súlya nem teszi lehetővé a kis UAV-k használatát. A kamerarendszer általában belső rögzítésű, és a repülőgép padlólemezén keresztül lát ki. Sem analóg (FMC – forward motion compensation), sem optikai (TDI - Digitális képstabilizátor) képstabilizátorokat nem használnak, mert a zársebesség lehetővé teszi, hogy nagy sebességnél is éles, képvándorlásmentes képeket készítsenek.



2. ábra Az előzetes alacsony felbontású légi felmérés $54,43^\circ$ -os vízszintes látószöge (a) és a sávszélesség aránya, a nagyterepi felbontású légi felmérés függőleges tengelyű mérőkamerájának $4,1^\circ$ -os vízszintes látószöge (b) és a sávszélesség aránya, a kamera tengelye (c) nyomvonal középvonala (d). Fontos, hogy megakadályozzuk az omega irányú elfordulását, különösen a nagy felbontású felmérés esetében, az elmozdulási távolság (f) és a sávszélesség (e) aránya miatt. (Bakó et al. 2020)

A felmérések geometriai pontossága

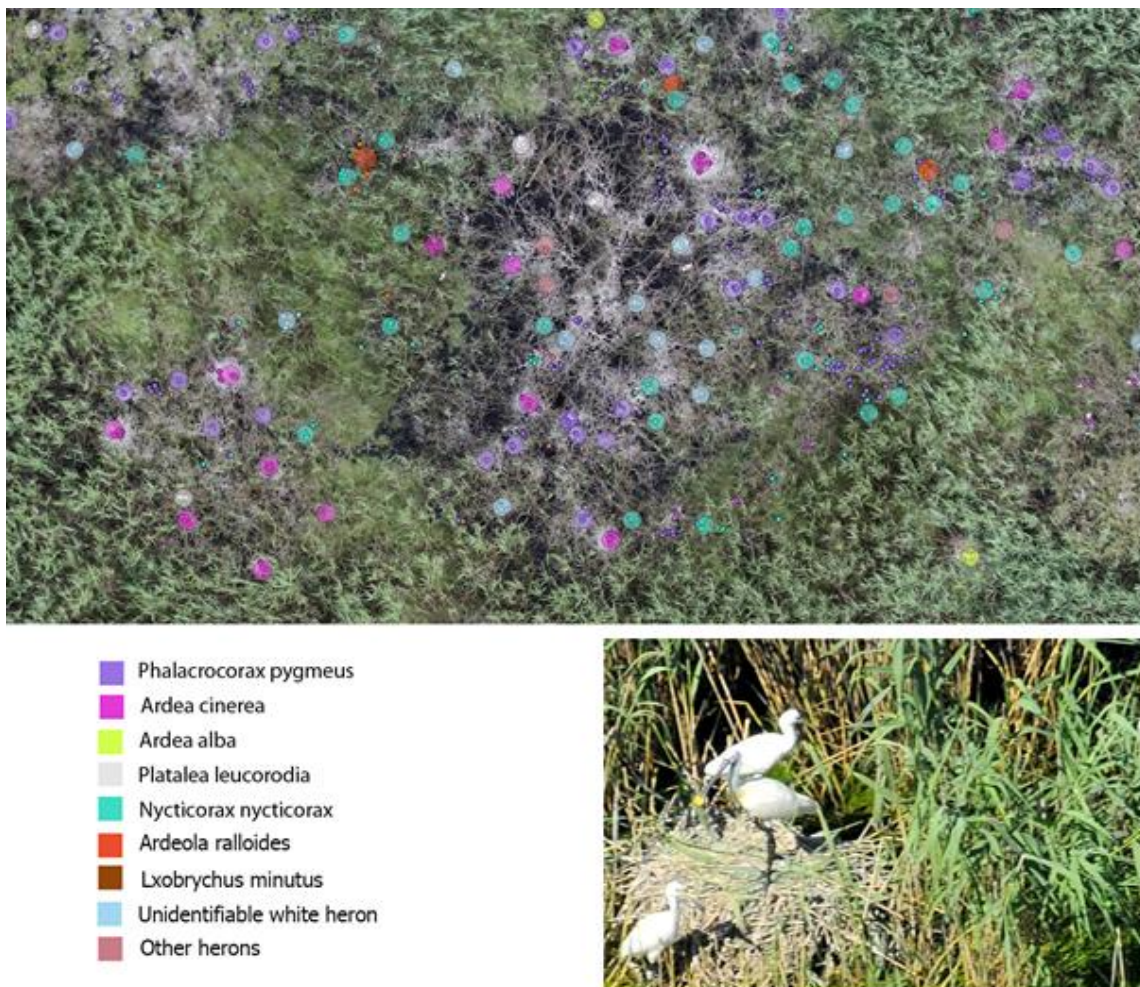
A módszer geometriai tulajdonságainak meghatározása érdekében geometriai ellenőrzést végeztünk egy földi tesztmezőn. Erre a könnyen hozzáférhető tesztterületre azért van szükség, mert a nádasban nem lehet elvégezni a pontosság értékelését (Bakó et al. 2020).

Értékelés

A képeket légi háromszögeléssel, egy blokkban végbemenő sugárnyalábkiegyenlítéssel, 3D légi fotogrammetriai feldolgozással alakítják felületmodellé és ortofotókká. Az ortofotókat és a hozzájuk tartozó ferde kameratengelyű képeket térinformatikai szoftverben (GIS) elemzik. Az egyedek és a fészkek vizuálisan egy pontszerű vektortérkép-rétegben kerülnek értelmezésre (3. ábra).

A nagy felbontású technológia geometriai pontossága miatt a képek átfedése esetén egyetlen mozdulatlan egyed sem tűnhet el az átfedésekben. Az ortofotók azonban mozaikozás nélkül is elemezhetőek, mivel az egyedek több szögből is láthatók, és a repülő egyedek mozgása is meghatározható. A mozgó egyedek, különösen a repülő egyedek esetében a képek átfedéseiben kézi ellenőrzésre van szükség. A nagy repülési sebesség és a repülési sorok közötti gyors visszatérés a fészekszámlálás során nem fontos, de a kolóniák és az azokat körülvevő egyedek számlálása során kulcsfontosságú.

A légi felmérések eredményeinek megbízhatósága függhet a megfigyelők tapasztalatától és képzettségétől, valamint a különböző fajok észlelhetőségének eltéréseitől.



3. ábra A fészkek és egyedek elhelyezkedése a 0,5 cm terepi felbontású ortofotókról és térképi vetületbe illesztett ferde kameratengelyű mérőképekről interpretálva. A nagyobb foltok a fészkeket jelölik, a kis pontok pedig az egyedek elhelyezkedését.

A Kolon-tó jellemző gémfajainak azonosítása

A kis kócsag lába sárga, ami lehetővé teszi, hogy repülés közben megkülönböztessük a nagy kócsagtól, amelynek lába sötétbarna vagy fekete. A nagy kócsag csőre sárga, kivéve a költési időszakot, amikor fekete, de az arcbőre mindig zöld. Ezzel szemben a kis kócsag csőre mindig fekete (Bakó et al. 2020).

A nagy kócsag olyan területeken építi a fészket, ahol a legsűrűbb a nádas, és a társfajokkal együtt fészkel. Fészket száraz nádból készíti; erre a célra a környező nádasokat használja. A nagy kócsag sűrűn építi fészket, de csak a fészkek közepe a szilárdabb, ahol száraz náddal bélelt. Alkalmanként a fészket a mocsarakban található fűzfabokrokra rakja; ebben az esetben a fészkek kisebb, és ágakból áll (Bakó et al. 2020).

A kis kócsag vegyes gémtelepeken költ, jellemzően üstökös-gém-mel, bakcsóval és batlával (*Plegadis falcinellus*) együtt fészkel. Fészket fűzfaágakból készíti, és fűzfák vagy bokrok között található. A fészkek a madár méretéhez képest kicsi és nagyon laza. Később, a költési és fészkekaljnevelési időszakban friss, leveles ágakkal béleli ki a fészket (Bakó et al. 2020).

A kócsagok évente egyszer költenek. A nagy kócsag 3-4 tojást, míg a kis kócsag 3-6 tojást rak. Ha a kifejlett madár nem tartózkodik a fészkekben, ortofotón szinte lehetetlen megkülönböztetni a két faj fészkekaljait; ráadásul a kanalasgém fészkekaljainak is sárgás a csőre. A nagyobb nagy kócsag fészkekaljakat testtartásuk és méretük alapján lehet azonosítani.

Ha a kanalasgémek nagy számban vannak jelen, akkor tiszta kanalasgém-telepeket alakítanak ki, de időnként más gém-típusokkal vegyes kolóniákat hoznak létre. A kanalasgém alacsonyabbra építi fészket, mint más gém-fajok. Nagy, lapos fészke nagyon tartós. Ehhez megtörik a környező nádasokat, majd mindkét szülő nádat és bokorleveleket hord a fészekbe. A béléshöz hínárt, csenkeszeket és más vízi növényeket is használnak. A kanalasgém költési időszaka május és június. A tojó 3-4 fakó, fehér tojást rak, amelyeken több piros folt és pötty található. A fészkekaljak között jelentős méretbeli különbségek lehetnek. Már 4-5 hetes korukban járkálnak a fészkek körül, de csak 7-8 hetes korukban repülnek ki a gémtelepről. A légi felvételeken a nagyobb fészkekaljak nagyon hasonlítanak a sárga csőrű nagy kócsag fészkekaljakra, mivel méretük és színük hasonló (Bakó et al. 2020).



4. ábra A kanalasgém (a) tojásai, (b) fészkekalja, valamint a kanalasgém (c) repülő és (d,e) ülő helyzetben (Ábrám Örs, Morvai Edina és Bakó Gábor felvétele) (Bakó et al. 2020)

Az ortofotókon a kanalasgém csőrének kiszélesedő része időnként sárga, de nem minden esetben. A háta tetején gyakran megfigyelhető egy sárga folt (Bakó et al. 2020).

A kis kárókatona kifejlett és fiatal egyedeit az ortofotókon alig lehet megkülönböztetni. Az egyedek fekete színe olyan esetekben, amikor a víz a háttér, megnehezíti a madarak megszámlálását (Bakó et al. 2020).

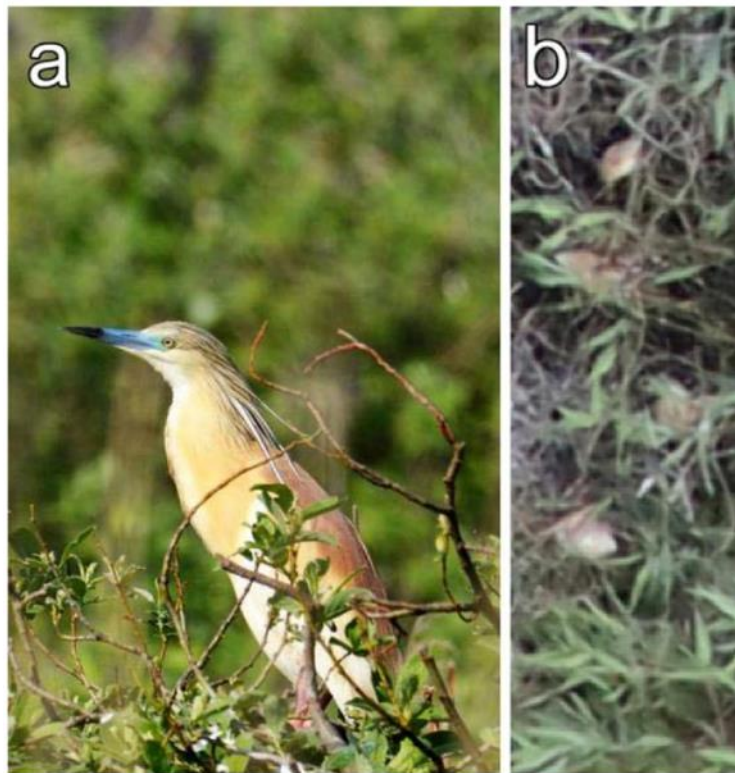
A kifejlett szürke gémelek könnyen összetéveszthetők a vörös gémelekkel, míg a fiatal egyedek a kis és közepes felbontású képeken összetéveszthetők a felnőtt bakcsókkal. A szürke gém nagyméretű fészket ágakból építi, melyet gyapjúval és tollal bélel, és általában magas fák ágain helyezkedik el. A nádasban is költ, fészkének építéséhez vízinövényeket és nádat használ (Bakó et al. 2020).

A bakcsók számlálása a bokros területeken nehézkes. Nagy kolóniákat hoznak létre, és gyakran fészkelnek együtt kis kócsagokkal vagy üstökösgepekkel. Hollófészkek nagyságú fészket, amely a bokrok és fák oldalágain található, száraz ágakból készítik, és kákával vagy náddal bélelik ki (Bakó et al. 2020).



5. ábra A bakcsó fészke (a), (b) a kifejlett madár, és (c) a fészkén ülő kifejlett madár – egy ortofotó részletei (Morvai Edina és Bakó Gábor felvételei) (Bakó et al. 2020)

Az üstökösgepek biztos észlelése nem lehetséges olyan légi felvételek alapján, amelyek felbontása kevesebb, mint 1 cm (Bakó et al. 2020).



6. ábra Egy üstökösgém (a) a helyszínen és (b) felülről fotózva (Morvai Edina és Bakó Gábor felvételei) (Bakó et al. 2020)

Az üstökösgém a mocsarak, árterek és galériaerdők fűzfáin építi fészket. A fészek vékony ágakból készül, és enyhén bélelt. Ritkán nádasban is költ, ha bokrok találhatók benne. Ilyenkor náddarabokból építi fészket. Az üstökösgém kolóniákban fészkel, általában kis kócsagokkal és bakcsókkal vegyesen (Bakó et al. 2020).

A területen előforduló egyéb madárfajok közül a vörös gémet légifelvételek alapján tudtuk azonosítani (Bakó et al. 2020).

Eredmények

Kísérletet végeztünk a szükséges terepi felbontás ellenőrzésére. A közepes felbontású (7-10 cm GSD) ortofotó-mozaik elkészültével az 55 km² -es területen hat nagyobb költő kolóniát azonosítottak a Kolon-tónál, de tőlük távolabb magányos fészkeket találtak. A közepes felbontású ortofotó-mozaikban 124 kifejlett kócsagot azonosítottak, amelyek többsége nagy kócsag (*Ardea alba*), szürke gém (*Ardea cinerea*), de lehetnek köztük vörös gémekek (*Ardea purpurea*) és kis kócsagok (*Egretta garzetta*) is. Az említett ortofotókon 336 fészket számoltunk meg, mindössze 70 fiókával.

Ezzel szemben a két perc alatt készített 1,5 cm térbeli felbontású ortofotó-mozaik 156 felnőtt egyedet és 192 fészkaljat mutatott ki a felnőtt egyedek és a növényzet takarásában.

A fehér gémelek és más gémfajok megkülönböztetése 2,5 cm-es térbeli felbontásnál válik egzakttá, a gémfajok pedig 0,5-0,7 cm-es térbeli felbontásnál válnak megkülönböztethetővé.

2019. június 16-án a kolóniát jégeső érte, amely sok madarat elpusztított (7. ábra). Ezért a 2019-es felmérést a kár után megismételtük.

A következő táblázat az eddig végzett felmérések eredményeit foglalja össze.

Fajok	2018 május 30.			2019 május 24. (jégeső előtt)			2019 június 21. (5 nappal a jégeső után)			2020 június 12.		
	Összes látható egyed	Felnőtt	Fióka	Összes látható egyed	Felnőtt	Fióka	Összes látható egyed	Felnőtt	Fióka	Összes látható egyed	Felnőtt	Fióka
Szürke gém (<i>Ardea cinerea</i>)	178	51	127	58	35	23	59	18	41	45	16	29
Nagy kócsag (<i>Ardea alba</i>)	480	88	392	88	47	41	61	27	34	100	13	87
Kanalasgém (<i>Platalea leucorodia</i>)	33	22	11	16	12	4	16	11	5	26	15	11
Bakcsó vagy Törpegém (<i>Nycticorax nycticorax</i> vagy <i>Ixobrychus minutus</i>)	125	56	69	41	Nem elkülöníthető		88	46	42	47	45	2
Kis kócsag (<i>Egretta garzetta</i>)	16	14	2	12	6	6	9	2	7	0	0	0
Üstökösgém (<i>Ardeola ralloides</i>)	9	2	7	1	1	0	5	5	0	2	2	0
Vörös gém (<i>Ardea purpurea</i>)	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kis kárókatona (<i>Microcarbo pygmeus</i>)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	Nem elkülöníthető	
Egyéb fajok (melyek nem fehér színűek)	37	13	24	1	Nem elkülöníthető		0	0	0	0	0	0
Fehér színű gémek (melyek nem azonosíthatók)	50	30	20	1	Nem elkülöníthető		0	0	0	0	0	0



7. ábra Kanalasgém fészkek a jégeső előtt (a) 2019. május 24, illetve a jégeső után (b) 2019. június 26. A jég (c) komoly károkat okozott (d)

A gyakorlati alkalmazás megerősítette korábbi tapasztalatainkat, hogy a legalább 0,5 cm-es terepi felbontású, 90%-os soron belüli és 40%-os sorok közötti átfedésű, nagy magasságú (450-800 m) repülésekkel készített, térinformatikai alapú kiértékeléssel értelmezett légi ortofotók megbízható módszer lehetnek a gémállomány számlálására. Az időjárástól függően 15-70 független kolónia rögzítése lehetséges egy felszállással.

Összegzés

A centiméternél jobbterepi felbontású ortofotó-térképezés és a ferde fotók egyidejű alkalmazása GIS-alapú képértelmezéssel legalább 60%-kal javítja a gémelek egyedszámlálásának pontosságát a 7-10 cm-es terepi felbontású felvételekhez képest, továbbá felgyorsítja a fészeksám-elemzést és javítja a fajbesorolást. Az elmúlt évek terepi és légi felméréseivel összehasonlítva a Kolon-tó gémkolónia felmérésének megbízhatósága jelentősen javult, és a felmérés sokkal több paramétert szolgáltat a környezeti információs rendszerek számára. A 450 és 800 m közötti magasságból végzett nagysebességű eljárás nemcsak nagyobb megbízhatóságot biztosít, mint a korábbi módszerek, hanem zavarás nélkül szolgáltatja a részletesebb információkat.

A módszer gyorsasága biztosítja, hogy a kolóniák és a fészkek száma évente háromszor is felmérhető legyen. A zavarásmentesség kiemelkedő fontosságú, mert ha minden költő kolóniát évente háromszor vizsgálnának országosan valamilyen a gépek számára kellemetlen eljárással, az komoly hatással lenne a kolóniákra. Ezért csak a teljesen zavarásmentes eljárás kidolgozása jöhet szóba ilyen célokra.

A költő kolóniák száma minden országban a vizes élőhelyek környezeti állapotának objektív, a politikai tendenciák befolyásától mentes mutatója, és a táj természetvédelmi értékének pontos mérőszáma lehet.

A természetvédelmi szempontból fontos és környezeti indikátornak is alkalmas legfontosabb költő kolóniák évente háromszori légi felmérését javasoljuk, mert a zavarásmentes módszerrel a madarak életkörülményeinek veszélyeztetése nélkül nyomon követhető a populációk állapota.

Szakirodalom

- Ábrám Ö., Bakó G., Biró Cs., Morvai E. 2019. Gémtelep felmérés légiessen, Két víz köze, 2019. tavasz Kiskunsági Nemzeti Park pp. 9.
- Afán, I.; Máñez, M.; Díaz-Delgado, R. Drone Monitoring of Breeding Waterbird Populations: The Case of the Glossy Ibis. *Drones* 2018, 2, 42.
- Bakó G., Molnár Zs., Bakk L., Horváth F., Fehér L., Ábrahám Ö., Morvai E., Biro Cs., Pápay G., Fűrész A., Penksza K., Pácsonyi D., Demény K., Juhász E., Dékány D., Csernyava L., Illés G., Molnár A. 2021. Toward a High Spatial Resolution Aerial Monitoring Network for Nature Conservation—How Can Remote Sensing Help Protect Natural Areas? *Sustainability* 2021, 13, 8807
- Bakó G., Molnár Zs., Szilágyi Zs., Biró Cs., Morvai E., Ábrahám Ö., Molnár A. 2020. Accurate Non-Disturbance Population Survey Method of Nesting Colonies in the Reedbed with Georeferenced Aerial Imagery. *Sensors* 2020, 20, 2601
- Bakó, G.; Tolnai, M.; Takács, Á. 2014. Introduction and Testing of a Monitoring and Colony-Mapping Method for Waterbird Populations That Uses High-Speed and Ultra-Detailed Aerial Remote Sensing. *Sensors* 2014, 14, 12828—12846.
- Barnas A., Newman R., Felege C. J., Corcoran M. P., Hervey S. D., Stechmann T. J., Rockwell R. F., Ellis-Felege S. N. 2018: Evaluating behavioral responses of nesting lesser snow geese to unmanned aircraft surveys. *Ecol Evol.* 2018 Jan; 8(2): 1328–1338.
- Barr, J. R., Green, M. C., DeMaso, S. J. & Hardy, T. B. Detectability and visibility biases associated with using a consumer-grade unmanned aircraft to survey nesting colonial waterbirds, *Journal of Field Ornithology.* 89, 242–257. <https://doi.org/10.1111/jofo.12258> (2018).
- Biro Cs. 2017. Súlyomszemmel, avagy a légifényképek új szerepe a természet védelemében, Előadás, Szegedi Tudományegyetem, ACRSA Légifotó Nap 2017. szeptember 29.
- Bradford, D. F., Franson, S. E., Neale, A. C., Heggem, D. T., Miller, G. R. and Canterbury, G. E. 1998. 'Bird species assemblages as indicators of biological integrity in Great Basin rangeland', *Environ. Monit. Assess.* 49, 1—22.

- Burfield, I., and van Bommel, F. 2004. Birds in Europe, Population estimates, trends and conservation status. BirdLife Conservation Series. No. 12. BirdLife International, Cambridge.
- Carignan, V. & Villard, MA. Environ Monit Assess 2002. 78: 45.
<https://doi.org/10.1023/A:1016136723584>
- Court, C. (2001) “The life-history strategy of the Spoonbill (*Platalea leucorodia*) how to live in an unpredictable environment. Doctoral thesis. University of Antwerp, Belgium.
- Dale, S. 2001. Female-biased dispersal, low female recruitment, unpaired males, and the extinction of small and isolated bird populations. *Oikos*. 92:344—356.
<https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2001.920217.x>
- Fleming, P. J. S. & Tracey, J. P. Some human, aircraft and animal factors affecting aerial surveys: how to enumerate animals from the air. *Wildlife Research*. 35, 258-267.
<https://doi.org/10.1071/WR07081> (2008).
- Horváth F., Korsós Z., Kovácsné Láng E., Matskási I. (Szerk.) 1997. Nemzeti Biodiverzitás-Monitorozó Rendszer IX. Madarak, Nemzeti biodiverzitás-monitorozó rendszer kézikönyvsorozat kötetei, Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest, p. 21.
- Kalmár S. 2012. Ornithological application of airborne imaging technics using rc model airplane, *Szélkiáltó* 15. sz. / 2012 p. 31-32.
- Kalmár S., Kovács Gy., Faragó S. 2011. Rádióirányítású modellrepülővel készített légifelvételek természetvédelmi és ornitológiai alkalmazása, *Ornis Hungarica* (2011) 19: 141–148
- Lok, T., Overdijk, O., Tinbergen, J. M., and Piersma, T. 2011. The paradox of spoonbill migration: most birds travel to where survival rates are lowest. *Animal Behaviour*. 82:837—844. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2011.07.019>
- Lynch J. 1949. Waterfowl breeding ground survey in Saskatchewan. Waterfowl populations and breeding conditions, summer 1949 U.S. Fish and Wildl. Serv. Spec. Sci. Rep. Wildl. No. 2, Washington, D.C. p. 48-82.
- McEvoy J. F., Hall G. P., & McDonald P. G. (2016). Evaluation of unmanned aerial vehicle shape, flight path and camera type for waterfowl surveys: Disturbance effects and species recognition. *PeerJ*, 4, e1831 <https://doi.org/10.7717/peerj.1831>

- Morel, G. & F. Roux. 1973. Les migrateurs paléarctiques au Sénégal: notes complémentaires. *Terre Vie* 27: 523-545. and Roux, F. 1973. Censuses of Anatidae in the central delta of the Niger and the Senegal delta - January 1972. *Wildfowl* 24: 63-80. and Roux, F. & G. Jarry. 1984. Numbers, composition and distribution of populations of Anatidae wintering in West Africa. *Wildfowl* 35: 48-60 in Zwarts L., Bijlsma R.G., van der Kamp J. & Wymenga E. 2009. *Living on the edge: Wetlands and birds in a changing Sahel*. KNNV publishing, Zeist, The Netherlands. Edition 2, KNNV pp. 122.
- Mulero-Pázmány M., Jenni-Eiermann S., Strebel N., Sattler T., Negro J. J., Tablado Z. Unmanned aircraft systems as a new source of disturbance for wildlife: A systematic review. *PLOS ONE* 6, e0178448. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178448> (2017).
- Navedo, J. G., and Garaita, R. 2012. Do systematic daily counts reflect the total number of birds using stopover sites during migration? A test with Eurasian Spoonbill. *Journal for Nature Conservation*. 20:242—246. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2012.03.004>
- Overdijk O., Navedo J. G., 2012 A massive spoonbill stopover episode: identifying emergency sites for the conservation of migratory waterbird populations, *Aquatic Conservation*, Volume22, Issue5 July 2012 Pages 695-703.
- Pigniczki Cs. 2017. Damage caused by wild boar (*Sus scrofa*) in heronries: a case report on Tömörkény Csaj-tó, *Aquila* 124. pp. 106-107.
- Pigniczki Cs. 2017. Gémtelepek felmérése repülővel a Kiskunságban, Kutatási jelentés TMF/608/8/2016 projekt, Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság, Kecskemét
- Pigniczki, Cs., and Végvári, Z. 2015. Dispersal of the Central European population of the Eurasian Spoonbill *Platalea leucorodia*. *Ardeola*. 62:219—236.
- Seymour, A. C., Dale, J., Hammill, M., Halpin, P. N. & Johnston D. W. Automated detection and enumeration of marine wildlife using unmanned aircraft systems (UAS) and thermal imagery. *Sci Rep*. 7, 45127. <https://doi.org/10.1038/srep45127> (2017).
- Szép T., Csörgő T., Halmos G., Lovászi P., Nagy K. & Schmidt A. (eds.) 2021. Magyarország madáratlasza. [Bird Atlas of Hungary] – Agrárminisztérium, Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Budapest. p. 326-343.

- Szilágyi A., Vasas A., Zalai T. 2000. Nagy kócsag (*Egretta alba*) és kanalasgém (*Platalea leucorodia*) fészkelőállományának monitorozási lehetőségei levegőből. *Crisicum* 3. pp.195-197.
- Takács Á. 2012. A vadszámlálás légi távérzékelési alapokra helyezésének lehetőségei, egy vizsgálatssorozat előkészítése, RS&GIS - 2012 / 2. p. 18 – 23.
- Triplet, P.; Overdijk, O.; Smart, M.; Nagy, S.; Schneider-Jacoby, M.; Karauz, E. S.; Pigniczki, C.; Baha el Din, S.; Kralj, J.; Sandor, A.; Navedo, J. G. 2008. International single species Action Plan for the conservation of the Eurasian Spoonbill *Platalea leucorodia*. AEWa, Bonn, Germany. AEWa Technical Series No. 35. p. 7-21.
- Williams, K. A., Frederick, P. C., Kubilis, P. S., Simon, J. C. 2008. Bias in aerial estimates of the number of nests in white ibis and great egret colonies. *Journal of Field Ornithology* 79(4):438-447