

# **SZAKDOLGOZAT**

**Gyuricza Levente**

**2024**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Szent István Campus**

**Vidékfejlesztési agrármérnök alapképzési szak**

**DRÓNOK TÓGAZDASÁGI HASZNÁLATA VÍZMINŐSÉG  
ELLENŐRZÉSRE**

**Belső konzulens:** Körösparti János Tamás  
tudományos munkatárs

**Belső konzulens  
intézete/tanszéke:** Környezettudományi Intézet  
Öntözési és Vízgazdálkodási  
Kutatóközpont

**Készítette:** Gyuricza Levente

**Gödöllő**

**2024**

## Tartalomjegyzék

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 1. BEVEZETÉS .....                                                 | 2  |
| 1.1. Bevezető gondolatok .....                                     | 2  |
| 1.2. Problémafelvetés és a dolgozat célja .....                    | 2  |
| 2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS .....                                       | 4  |
| 2.1. Pilóta nélküli légi járművek áttekintése.....                 | 4  |
| 2.1.1. Osztályozásuk .....                                         | 4  |
| 2.2. Drónok alkalmazási lehetőségei halastavaknál .....            | 6  |
| 2.3. A vízminőség fontossága.....                                  | 8  |
| 2.4. Jogi szabályozások .....                                      | 9  |
| 3. ANYAG ÉS MÓDSZER .....                                          | 11 |
| 3.1. A felmérések előkészítése .....                               | 11 |
| 3.2. Felhasznált szenzorok, adatgyűjtési módszerek .....           | 11 |
| 3.3. Adatfeldolgozás és elemzés.....                               | 11 |
| 3.4. A mérések helyszíne .....                                     | 12 |
| 3.5. Eszközök.....                                                 | 14 |
| 4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKESELÉSÜK .....                               | 17 |
| 4.1. Kémiai vízvizsgálatok eredményei.....                         | 17 |
| 4.2. Klorofill-a tartalom és a víz színének összehasonlítása ..... | 18 |
| 4.3. Növényborítottság vizsgálata .....                            | 20 |
| 5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK .....                             | 24 |
| 6. ÖSSZEFOGLALÁS .....                                             | 26 |
| 7. IRODALOMJEGYZÉK .....                                           | 27 |
| HALLGATÓI NYILATKOZAT .....                                        | 30 |
| KONZULENSI NYILATKOZAT .....                                       | 31 |

# 1. BEVEZETÉS

## 1.1. Bevezető gondolatok

Az agrárszektor számos területén komoly kihívásokkal kell szembenéznünk a 21. században. A klímaváltozás hatásai egyre nyilvánvalóbbá válnak, gondoljunk csak a szélsőséges időjárási eseményekre. Az ilyen változások miatt a hagyományos gazdálkodási módszerek egyre kevésbé tudnak lépést tartani a megnövekedett igényekkel és a környezeti kihívásokkal.

A világ népessége folyamatosan növekszik, amely fokozódó élelmiszerigényt jelent. Az agrárszektornak ezzel együtt a termelés hatékonyságát is növelnie kell, miközben csökkenteni kell a termeléshez szükséges energiafogyasztást. A hagyományos gazdálkodási módszerek már nem elegendők a modern elvárások kielégítésére, így egyre nagyobb szükség van a technológiai újításokra, amelyek lehetővé teszik az erőforrások hatékonyabb felhasználását.

A technológiai fejlődés egyik legígéretesebb eszköze a pilóta nélküli légijárművek, azaz drónok alkalmazása. Eredetileg katonai és ipari célokra fejlesztették ki őket, de mára széles körben használják a mezőgazdaság és vízgazdálkodás számos területén is. A drónok lehetővé teszik, hogy gyorsan és költséghatékonyan szerezzünk adatokat a vízminőségről, a tavak állapotáról és az azt körülvevő környezetről. Ezek az adatok segítik a gazdálkodókat abban, hogy időben és hatékonyan reagáljanak a környezeti változásokra, így elősegítve a termelési kockázatok csökkentését.

A dróntechnológia alkalmazása a halastavak fenntartásában és üzemeltetésében nagy lehetőséggel bír. Az UAV<sup>1</sup>-k segítségével készített légifelvételekkel könnyedén nyomon követhető a tavak állapota, a növényzet eloszlása és az algásodás mértéke. Ez a fajta precíziós gazdálkodás lehetőséget ad arra, hogy a tógazdák időben azonosítsák a problémás területeket, és célzott beavatkozásokat végezzenek, ami hosszú távon hozzájárul a gazdaság fenntarthatóságához és jövedelmezőségéhez.

## 1.2. Problémafelvetés és a dolgozat célja

A halastavak üzemeltetése során alkalmazott módszerek gyakran idő és munkaigényesek, illetve korlátozott hatékonyságúak. A tavak vízminőségének ellenőrzése, a növényzet és algásodás mértékének nyomon követése nélkülözhetetlen feladat a sikeres halgazdálkodás

---

<sup>1</sup> Unmanned Aerial Vehicle – Pilóta nélküli légijármű

szempontjából, azonban a hagyományos módszerekkel nem mindig vagyunk képesek időben felismerni a változásokat, így a szükséges beavatkozások késedelmet szenvedhetnek.

A drónok által nyújtott technológiai lehetőségek (magas felbontású légifelvételek, hő és multispektrális kamerák) új megoldásokat kínálnak ezekre a problémákra. Megszokott körülmények között a vízminőség és a növényborítottság ellenőrzése terepi mintavételezéssel és laboratóriumi elemzéssel történik. Ezzel szemben a pilóta nélküli légitárművek használata lehetővé teszi a teljes vízfelület gyors és rendszeres átvizsgálását, valamint a változások azonnali nyomon követését. A dolgozat célja bemutatni, hogyan használhatók ezek az új módszerek a tógazdálkodásban, ezáltal biztosítva a halak egészségét és növekedését, és hogyan járulnak hozzá a gazdálkodás fenntarthatóságához.

## 2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1. Pilóta nélküli légitárművek áttekintése

Az utóbbi évek technológiai fejlődése új távlatokat nyitott a légi közlekedés és a légitárművek terén. Jelentős szerepet kaptak a pilóta nélküli légitárművek, közismert nevükön drónok, amelyek autonóm módon, emberi jelenlét nélkül képesek repüléseket végrehajtani. Ezek az eszközök a kezdeti katonai alkalmazásoktól kezdve a polgári és kereskedelmi területeken is gyorsan teret hódítottak. A katonai felderítési küldetésektől kezdve, egészen a mezőgazdasági növénymegfigyelésig, a drónok jelentősége folyamatosan növekszik. Az autonóm repülés és az emberi kockázatok minimalizálásának érdekében a pilóta nélküli légitárművek a modern technológiai innováció egyik meghatározó elemévé váltak.

#### 2.1.1. Osztályozásuk

Az UAV-k működésükben és felépítésükben szinte teljesen megegyeznek az ember által vezetett forgó- és merevszárnyas légitárművekkel, méretük általában kisebb, valamint távvezérléssel és/vagy programvezérléssel üzemeltethetők.

Csoportosításuk több szempont szerint is lehetséges, Békési B. (2013) megfogalmazásában: felépítés, felhasználás, meghajtás, irányítás, indítás, visszatérés, repülési jellemzők, rendeltetés szerint történhet.

A pilóta nélküli légitárművek dinamikus felhajtóerő létrehozása alapján merev-, forgószárnyas vagy hibrid kialakításúak lehetnek. A merevszárnyú modelleket gyakran használja a katonaság, mert stabilan, gyorsan és nagy teherbírással tudnak repülni hosszú ideig. Energiatakarékosak, mert csak az előrehaladáshoz használnak energiát, viszont drágábbak és felszállópályát igényelnek. A forgószárnyas eszközök képesek lebegni, minden irányba mozogni, valamint tengelyük körül forogni. Hátrányuk, hogy lassabbak, bonyolultabb az irányításuk, zajosabbak és rövidebb ideig tudnak repülni. A hibrid drónok a merev- és forgószárnyas típusok előnyeit ötvözik, így képesek a függőleges és vízszintes felszállásra, valamint nagy sebességre, cserébe drágábbak és kisebb a teherbírásuk (Rennie, 2016). Békési és Major (2022) „A drónok konfigurációi, alkalmazási területei” című kiadványában a felsorolt három konfiguráción túl említést tesznek egy negyedik, biológiai alapú drón konfigurációra.

Felhasználás szerint az UAV-k egyszeri és többszöri használatúak lehetnek. Az egyszeri használatú drónokat főleg katonai feladatokra használják, ahol a küldetés az eszköz

megsemmisülésével jár. A többszöri használatú pilóta nélküli légi járműveket úgy tervezik, hogy elkerüljék a szerkezet megsemmisülését, ezért különböző védelmi berendezésekkel vannak felszerelve, így költséghatékonyabbak, mint az egyszeri használatú drónok (Békési, 2013).

A pilóta nélküli légi járművek meghajtás szerint is csoportosíthatók, Patay és Montvajszki (2016) által megfogalmazottak szerint a nagy hatótávolságú feladatokra, mint például a növényvédelem, a benzinmotoros drónok alkalmasak. Az elektromos meghajtásúak egyszerűbbek, könnyebbek, halkabban üzemelnek, viszont rövidebb ideig maradnak a levegőben. A nagyobb UAV-k gázturbinás meghajtást használnak, nagy sebességgel és nagy magasságban működnek. A gázturbinás drónok sugárhajtóművekkel, turbólégcsavaros vagy légcsavar-ventilátoros hajtóművekkel lehetnek szerelve (Békési, 2013). Alternatív meghajtások közé tartoznak a hidrogén- vagy napenergia által működtetettek (Lafaurie, 2024).

Az UAV-k irányítására lehetőség van programvezérléssel, távirányítással vagy ezek kombinációjával. Távirányításra megfelelő hatótávolságon belül rádióhullámokkal, helyszíni lefedettség esetén mobilhálózattal van lehetőség. A programvezérelt drónok előre meghatározott feladatokat hajtanak végre, miközben automatizált rendszerek segítik a működésüket. Kombinált vezérlés esetén a drón távirányítható, de ha a kapcsolat megszakad, a betáplált program folytatódik (Kovács, 2022).

A drónok indítása történhet felszállópályáról, indítóállásból vagy helyből, függőleges felszállással. A merevszárnyú eszközöknek megfelelő teljesítményű hajtómű esetén guruló felszálláshoz felszállópálya szükséges, ami lehet akár füves terület vagy kemény burkolat. Az indítóállás katapultálással juttatja a levegőbe a robotrepülőgépeket, míg a kis méretű gépek kézből is indíthatók (Békési, 2013). Függőleges felszállásra a forgószárnyas típusok képesek, melyek nem igényelnek nagy helyet, valamint költséghatékonyabbak, mint az indító szerkezetes társaik (Vigh, 2018).

A pilóta nélküli légi járművek visszatérhetnek a földre futóműre érkezéssel, ejtőernyővel vagy elfogóhálózattal. Futóműre történő leszállás esetén az eszköz kerékre, hasra vagy talpra érkezik a landolás során. Az ejtőernyő biztonságos földet érést biztosít, míg az elfogóháló energiát nyel el, lassítva a gépet (Békési, 2013).

## 2.2. Drónok alkalmazási lehetőségei halastavaknál

A dróntechnológia rohamos fejlődése új távlatokat nyitott a halgazdálkodásban is, lehetőséget teremtve a hatékonyság és a fenntarthatóság növelésére. A drónok alkalmazási lehetőségei széles skálán mozognak, és egyre inkább a modern gazdálkodás elengedhetetlen eszközévé válnak.

Az egyik legfontosabb felhasználási terület a halastavak állapotának folyamatos nyomonkövetése. A drónokkal végzett légifelvételek segítségével gyorsan és hatékonyan felmérhető a tavak vízminősége, a növényzet terjedése, valamint az esetleges szennyeződések jelenléte. Az infravörös és multispektrális kamerákkal felszerelt UAV-k különösen hasznosak lehetnek a víz hőmérsékleti eloszlásának és algásodásának nyomon követésében, melyek mind fontos tényezők a halak egészsége és növekedése szempontjából.

A drónok a vízminőség és a klorofill-a koncentráció meghatározásában egyre nagyobb szerepet kapnak, mivel nagy területekről képesek gyorsan és költséghatékonyan adatokat gyűjteni, amit a hagyományos, helyszíni mintavételezési módszerek nehezen biztosítanak. Különböző érzékelőkkel lehetnek felszerelve, a multispektrális szenzorok például különösen hasznosak a vízi növény észlelésében és a klorofill-a tartalom becslésében, mivel ezek az érzékelők képesek a spektrum azon részein adatokat gyűjteni, amelyek tükrözik a fotoszintetikus aktivitást.

Továbbá, a pilóta nélküli légi járművek alkalmazása a tógazdaságok biztonságának növelésében is kiemelkedő. A tavak rendszeres ellenőrzése révén a drónok gyorsan észlelhetik a gátak vagy vízelvezető rendszerek sérüléseit, valamint a betolakodó állatfajokat vagy személyeket, akik veszélyeztethetik a halállományt. Az UAV-k emberi irányítással vagy előre beprogramozott útvonalon repülhetnek, hogy felderítsék és azonosítsák az ott tartózkodó személyeket. A felvételek rögzíthetők és később visszanezézhetők. Előre programozott járőrözésnél nincs szükség állandó emberi felügyeletre, mivel a drón infrakamerás képét videoanalitika elemzi, és riaszt, ha emberi testhőmérsékletet észlel, valamint alacsony akkumulátorszint esetén a légi jármű automatikusan visszatér a töltőállomásra (Kovács és Viplak, 2017).

Nádirtás során a pilóta nélküli légi járművek előre meghatározott útvonalon repülnek, majd a fedélzetükön található permetező rendszer segítségével juttatják ki a vegyszereket. Ez a módszer hatékony nagy kiterjedésű vagy nehezen megközelíthető területeken, ahol a mechanikus vagy kézi irtás nehézkes lenne. A drónok képesek alacsonyan repülni és pontosan

irányítani a vegyszer kijuttatását, így elkerülhető a környező növényzet vagy vízforrások szennyezése.

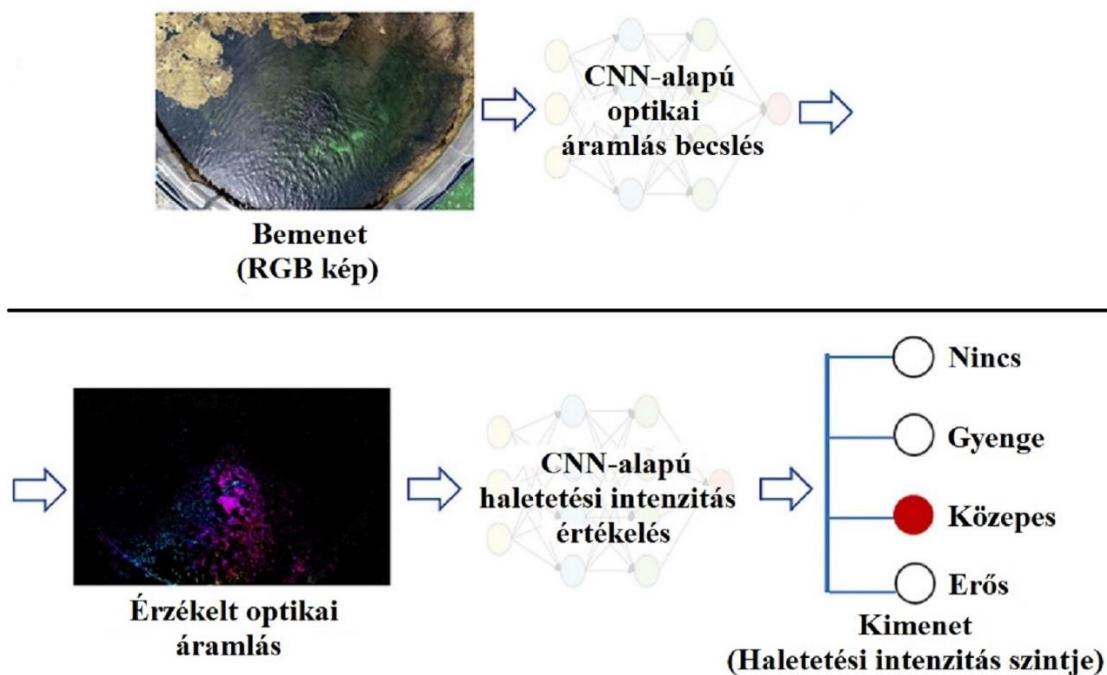
A drónok GPS-alapú navigációval és nagyfelbontású kamerákkal vagy LiDAR<sup>2</sup> technológiával lehetnek felszerelve, amelyek lehetővé teszik a domborzat részletes rögzítését. A lecsapolttómeder felett végzett repülések során a drónok számos képet készítenek, amelyeket szoftverek segítségével háromdimenziós modellekké és topográfiai térképekké alakítanak (Czupy, 2023). Ez lehetővé teszi a meder egyenetlenségeinek, lejtéseinek, és vízelvezetési útvonalaik pontos meghatározását. Ez a feltérképezési módszer rendkívül hasznos a halastavak újbóli feltöltése előtt, mivel segíthet azonosítani azokat a területeket, ahol a víz felhalmozódhat, vagy ahol az üledéklerakódás jelentős lehet. Emellett a térképezés eredményei alapot adhatnak a halastó jövőbeli karbantartási munkáinak megtervezéséhez, például a meder kotráshoz vagy a gátak megerősítéséhez.

A drónok halastavi alkalmazásával egyre több kutatás foglalkozik. Pilóta nélküli légi járműveket használhatnak akár a madarak riasztására is, mivel a halastavak esetén gyakran jelent problémát a halállományra vadászó madarak jelenléte, viszont a drónok zaja és mozgása távol tarthatja a madarakat, ezáltal csökkentve a halállományra gyakorolt nyomást (Magro.hu, 2021). Egy külföldi tanulmány szerint a drónok légi felvételei és az azokon alapuló szoftveres elemzések lehetővé teszik a halállomány méretének pontos becslését. Ezzel a módszerrel gyors és hatékony módon lehet ellenőrizni az állomány nagyságát és eloszlását, ami kulcsfontosságú az optimális halgazdálkodás szempontjából. A drónokkal készített felvételek révén nyomon követhető továbbá a halak táplálkozási aktivitása is, például a víz felszínének mozgásának elemzésével (lásd 1. ábra). Ez segít a halgazdaságoknak a megfelelő táplálék mennyiségének és időzítésének meghatározásában, optimalizálva ezzel a halak növekedését és a gazdaság hatékonyságát (Ubina és Cheng, 2021).

---

<sup>2</sup> Light Detection and Ranging

**1. ábra:** Táplálkozási intenzitás elemzése mesterséges intelligenciával  
(Forrás: Ubina és Cheng, 2021)



### 2.3. A vízminőség fontossága

Haltermelés szempontjából a klorofill-a tartalom az egyik legfontosabb biológiai vízminőségi paraméter, amely a vízben lebegő fitoplanktonok, valamint zooplanktonok mennyiségéről ad tájékoztatást (Padisák, 2005). A halastavakban a klorofill-a szintjének nyomon követése segíthet a tápanyagellátás és a termelés optimalizálásában. A klorofill-a optimális szinten tartásával biztosítható, hogy a fitoplankton megfelelő mennyiségben legyen jelen, így a halak számára elegendő természetes táplálék álljon rendelkezésre, ami elősegíti a növekedésüket és javítja az egészségi állapotukat. Arra kell törekednünk, hogy a megfelelő méretű zooplankton tömeges előállítását biztosítsuk a tavakban, miközben optimalizáljuk a kiegészítő takarmányozást (Hancz, 2007).

A vízi növényzet, különösen a túlzott mennyiségű hínár vagy algák, versenyben vannak a halakkal a tápanyagokért és az oxigénért. Az optimális növényzet fenntartása biztosítja, hogy a tápanyagok megfelelően hasznosuljanak, és ne alakuljon ki kedvezőtlen környezet a halak számára. A túl magas klorofill-a koncentráció gyakran algavirágzást okozhat, amely toxikus algafajok elszaporodásával járhat. Ez nemcsak a halak egészségét, de a vízminőséget is veszélyezteti. Eutrofizáció esetén a nappali órákban nőhet az oxigéntermelés, de éjszaka

jelentős oxigénfogyasztás is felléphet, ami oxigénhiányhoz vezethet, veszélyeztetve a halállományt (Pálffy, 2013).

Az utóbbi években a technológiai fejlődés lehetővé tette, hogy gyorsabb és költséghatékonyabb módszereket alkalmazzanak a víztestek vizsgálatára. A drónok használata és a spektrális képalkotás népszerűvé válhat az algabiomassza és a klorofill-a koncentráció meghatározásában. Számos tanulmány foglalkozik ezekkel a módszerekkel, hogy elősegítse a fenntartható vízgazdálkodást és a vízi ökoszisztémák védelmét.

Egy Illinois egyetemi kutatás például a káros algavirágzások problémájával foglalkozik, amelyek világszerte egészségügyi és gazdasági károkat okoznak. A kutatás célja, hogy az UAV-k segítségével költséghatékony módszert találjanak ezeknek a virágzásoknak a monitorozására. Két dél-illinois-i tó (Carbondale víztározó és a Southern Illinois Egyetem Campus tava) algatartalmát vizsgálták UAV-k által készített multispektrális képek és a vízben mért klorofill-a koncentráció alapján. A spektrális jellemzők és az algabiomassza kapcsolatának modellezésére regressziós modelleket hoztak létre, melyek kimutatták, hogy a Normalizált Vegetációs Index (NDVI) és a kék-zöld sáv aránya a legjobban illeszkedő mutatók a két tó klorofill-a változásához (Di Wu és munkatársai, 2023).

Egy másik, a Kaliforniai Egyetem keretein belül lezajlott kutatás a pilóta nélküli légitárművekkel történő vízmintavétel lehetőségeit vizsgálja, amely alternatívát kínál a hagyományos, kutatóhajókat használó mintavételi módszerekkel szemben. A kutatás célja, hogy bemutassa, miként használhatók drónok és újonnan fejlesztett mintavételi palackok, a víz alatti mintavételezésre, kutatóhajók nélkül. A mintavételi palackok két eltérő lezárási módszert alkalmaznak: egyik mechanikai úton, a másik nyomásérzékelők segítségével zárja a palackokat a kívánt mélységnél. A drónalapú mintavételezést jelenleg a Santa Barbara-i hosszú távú ökológiai kutatás (SBC LTER) keretében használják, ahol heti vízmintákat gyűjtenek pH és lúgosság mérésére. Ez a módszer gyors reagálást tesz lehetővé olyan átmeneti jelenségek vizsgálatára, mint a káros algavirágzások és mérgező szennyeződések (Washburn és munkatársai, 2018).

## **2.4. Jogi szabályozások**

A dróntechnológia gyors fejlődése és egyre szélesebb körű elterjedése alapvetően formálja át a légi közlekedés, a kereskedelem, a biztonság és a magánélet szabályozását. A drónok, amelyek kezdetben főként katonai célokat szolgáltak, ma már a mindennapi élet számos területén megtalálhatók, legyen szó mezőgazdasági, biztonsági vagy szabadidős felhasználásról. Ezzel

párhuzamosan azonban szükségessé vált egy átfogó jogi keretrendszer kialakítása, amely biztosítja, hogy a drónok használata szabályozott és a társadalom érdekeivel összhangban történjen.

Az UAV-k szabályos és biztonságos alkalmazásához Európán belül Magyarország az elsők között alkotta meg a jogi hátteret a mezőgazdasági drónok felhasználására. Speciális tanfolyamok keretében 2023. áprilisától lehetőség van itthon is drónpilóta képzést szerezni (Nagy, 2023). A magyar jogi szabályozás nem egyetlen különálló jogszabályban foglalkozik a drónhasználattal, hanem a már hatályban lévő légiközlekedési törvények módosításával rendezi a kérdést.

A drónpilóták a légi forgalom résztvevői, ezért a Légiközlekedésről szóló 1995. évi XCVII. törvény előírásait betartva végezhetnek csak szabályosan repüléseket. Ilyenek többnyire a sebességi és magasságkorlátozások, valamint a tiltott és korlátozott légterek használata. A légtér korlátozásának és a légi közlekedés szabályozásának célja, hogy biztosítsák a drónok és a többi légi jármű biztonságos együttműködését, megelőzve az esetleges baleseteket.

Léteznek ún. pilóta nélküli játék légi járművek is, melyekre jellemző, hogy súlyuk nem éri el a 120 grammot, adatrögzítővel nem rendelkeznek, valamint 100 méteren belül vezérelhetőek. Ezeken az eszközökön kívül minden pilóta nélküli légi járművet köteles a tulajdonos a nyilvántartási rendszerbe felvenni. A regisztrációt követően a nyilvántartási jelet az eszközre kell helyezni. Előírás továbbá, hogy a dróntulajdonosok az eszköz súlyához mérten kötelező felelősségbiztosítással lássák el pilóta nélküli légi járműveiket (Domokos és Horváth, 2022).

### **3. ANYAG ÉS MÓDSZER**

#### **3.1. A felmérések előkészítése**

A pilóta nélküli légijárművekkel végzett felmérések megkezdése előtt alapos előkészületeket végeztünk a repülési útvonalak tervezésére, a meteorológiai viszonyok elemzésére és a jogi követelmények betartására. A felmérésekre kiválasztott tavak nagysága és elhelyezkedése alapján meghatároztuk a drónok repülési magasságát, sebességét és a rögzíteni kívánt szakaszokat. A pontos repülési útvonalakat a Pix4D Capture alkalmazással programoztuk be, amely lehetővé tette a robotrepülőgépek autonóm irányítását az előre kijelölt útvonalakon.

#### **3.2. Felhasznált szenzorok, adatgyűjtési módszerek**

A kutatás során alkalmazott drón egy RGB kamerával volt felszerelve, amely kiváló minőségű, nagyfelbontású képeket készített a halastavak felszínéről. Az RGB kamera három színtartományban (piros, zöld, kék) rögzíti a vizuális adatokat, így részletes képet nyújt a vízfelület és a környező növényzet állapotáról. Bár a multispektrális kamerák által gyűjtött adatok elemzése bonyolultabb spektrális mutatókat is lehetővé tesz, az RGB kamerák által rögzített képek is hasznosak voltak a tavak algásodásának, növényzetének és általános vízminőségének vizsgálatában.

Az RGB kamera előnye, hogy egyszerű és költséghatékony módot biztosít a nagyobb vízfelületek gyors és hatékony megfigyelésére. A kamerával készült felvételek alapján vizuális elemzéseket végeztünk, amelyek segítségével azonosítottuk a víz színének változásait, valamint a növényzet eloszlását. Ezek a változások, például a víz zöld árnyalatainak intenzitása, az algásodás mértékének fontos indikátorai lehetnek, amelyet későbbi, hagyományos vízmintavételezéssel is összehasonlítottunk.

Az érzékelők által gyűjtött adatokat valós időben továbbítottuk a földi vezérlőállomásra, ahol azokat folyamatosan megfigyeltük. Az adatokat SD-kártyára mentettük további elemzés céljából. Az összegyűjtött nyers adatokat később szoftveres úton dolgoztuk fel, hogy pontos térképeket és elemzéseket készíthessünk a halastavak állapotáról.

#### **3.3. Adatfeldolgozás és elemzés**

Az adatgyűjtés során készült felvételeket a Pix4D, valamint a QGIS nyílt forráskódú térinformatikai szoftverek segítségével dolgoztuk fel. A pilóta nélküli légijármű által rögzített

RGB képeket először egybefűztük és ortomozaik képeket készítettünk, amelyek részletes, nagyfelbontású térképeket biztosítottak a halastavak felszínéről.

A további elemzésekhez a VARI<sup>3</sup> és a TGI<sup>4</sup> vegetációs indexeket alkalmaztuk. Lehetővé tették a növényzet, az algák és a vízfelület elkülönítését, mivel a növényi vegetáció zöld árnyalatainak intenzitása eltér a víztől. A VARI index segítségével a zöld növények eloszlását vizsgáltuk, míg a TGI segítségével pontosan azonosítottuk a zöld növényzet jelenlétét. Ezek az indexek az RGB (látható fény) hullámhossz tartományban készült fotókból állítható elő. Az infra és a vörös közeli (Red Edge) hullámhosszok további lehetőségeket és indexek százait rejtik magukban.

### 3.4. A mérések helyszíne

A vizsgálat helyszínül a Tiszasülyi Haltermelő és Kereskedelmi Kft. által üzemeltetett halastavak szolgáltak. A Tiszahalker Kft. összesen 420 hektáron gazdálkodik, amely területen 16 halastavon történik termelés. A halgazdaság működésének központi eleme a természetes környezetre és az ökológiai fenntarthatóságra épülő haltermelés, amihez különösen fontos a vízminőség folyamatos ellenőrzése.

A 420 hektáros terület változatos vízi élőhelyeket foglal magába, amelyek közül a vizsgálatokhoz négy tó, a G1, G5, G6 és G7 került kiválasztásra. Ezek a tavak különböző méretűek és vízmélységűek, ami lehetővé tette a különféle környezeti viszonyok közötti összehasonlítást.

A Tiszahalker Kft. halgazdasága főként pontyot, busát és amurt termel, de a területen megtalálható más halfaj, például süllő, csuka és harcsa is. A halastavak környezeti adottságai kiválóan alkalmasak a halfajok számára, mivel a tavakban természetes táplálékforrások állnak rendelkezésre, amelyeket a gazdaság takarmánygabonával egészít ki. Az algák és más vízinövények szintén fontos szerepet játszanak a tavak ökoszisztémájában, de túlzott mértékű növekedésük problémát jelenthet, mivel csökkenthetik a víz oxigénszintjét, ami negatívan hat a halak egészségére.

A kutatás fő célja az volt, hogy a drónfelvételek segítségével feltérképezzük a tavak felszínét, és ezeket az adatokat összevegyük a hagyományos módszerekkel begyűjtött vízmintákban mérhető klorofill-a koncentrációval. A légijárművel végrehajtott mérések 8 és 14

---

<sup>3</sup> Visual Atmospheric Resistance Index

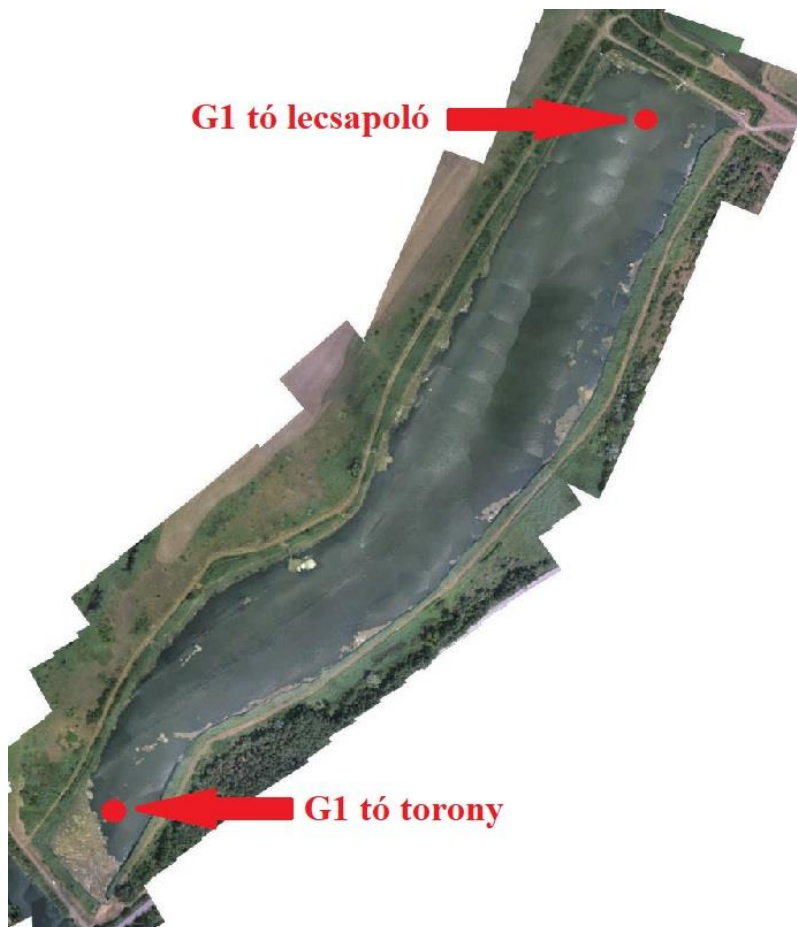
<sup>4</sup> Triangular Greenness Index

óra között zajlottak 2024. július 17.-én, átlagosan 16 km/h sebességű széljárás mellett. A repülési feladatokat a légijármű mind a G1, mind a G5, G6 és G7 tavaknál 10-13 perc között teljesítette.

A mérések első helyszíne a G1 tó (2. ábra), ahol a fonalas alga jelenléte jelentős mértékben volt megfigyelhető, többnyire a tó szélein és a torony felőli végén. Ez a tó ideális terepet biztosított a VARI és TGI vegetációs indexek alkalmazásához, hiszen jól elkülöníthető volt a vízi növényzet és a nyílt vízfelület.

A vizsgálatok során két ponton gyűjtöttünk vízmintákat: a tó torony felőli részén, ahol a növényzet sűrűbb volt, és a tó lecsapoló pontjánál, ahol a növényzet eloszlása némileg eltért. A két hely közötti eltérések pontosabban megmutatták, hogyan befolyásolja a növényzet az egyes vegetációs indexek eredményeit.

**2. ábra:** G1 tó mintavételi pontjai  
(Forrás: a szerző felvétele, 2024)



A G1 tó mellett további halastavak, a G5, G6 és G7 (3. ábra) is szerepeltek a kutatásban, ahol szintén légifelvételeket és vízmintákat gyűjtöttünk. A drónfelvételek fokozottan hasznosak lehetnek a nagyobb kiterjedésű tavak, például a G5, G6 és G7 esetében, mivel ezeknél a hagyományos mintavétel jelentősen időigényesebb. A feltérképezni kívánt terület ezen tavak esetében nem a teljes tó területét jelentette, csupán azt a részt, melybe a vízmintavételi pontok beletartoznak.

**3. ábra:** G5, G6 és G7 tavak mintavételi pontjai  
(Forrás: a szerző felvétele, 2024)



### 3.5. Eszközök

A légifelvételek elkészítésére a Környezettudományi Intézet Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóközpont tulajdonában lévő pilóta nélküli légi jármű szolgált. A DJI Phantom 4 (4. ábra) a DJI Phantom sorozat egyik legnépszerűbb tagja, és a drónipar egyik etalonjaként tekintenek rá. Ez a modell a hobbi felhasználók és a professzionális drónpilóták körében is rendkívül elismert, köszönhetően az innovatív technológiáknak és a kiváló felhasználói élménynek. A Phantom 4 megjelenésekor kiemelkedett a többi modell közül fejlett kamerarendszerével, intuitív repülési funkcióival és intelligens technológiai megoldásaival.

A légi jármű súlya hozzávetőlegesen 1380 gramm, amely az elérhető hasonló kategóriájú drónok közép mezőnyében helyezkedik el, ezáltal kiváló egyensúlyt teremtve a hordozhatóság és a stabil repülési teljesítmény között.

A távirányítóra rögzített tablet vagy okostelefon segítségével a felhasználók valós időben követhetik a légi jármű kameraképét a DJI GO applikáción keresztül. Az élő képmegjelenítés kiváló minőségű, és segít abban, hogy a pilóták pontosan lássák, mit rögzít a kamera, miközben repülnek.

**4. ábra:** DJI Phantom 4 készülék és távirányító  
(Forrás: a szerző felvétele, 2024)



A DJI Phantom 4 egyik legnagyobb előnye a beépített 4K felbontású kamera, amely akár 30 képkocka/másodperces sebességgel is képes videókat rögzíteni. Emellett a Full HD (1080p) felbontású videókat akár 120 képkocka/másodperces sebességgel is rögzítheti, ami lehetővé teszi a lassított felvételek készítését is. A kamera 12 megapixeles állóképek készítésére is alkalmas, és a fejlett szenzor és lencserendszer biztosítja a részletgazdag, éles felvételeket, még gyenge fényviszonyok mellett is.

A kamera gimbal stabilizátorral van felszerelve, ami azt jelenti, hogy a felvételek stabilak és rázkódásmentesek maradnak, még akkor is, ha a drón erősebb szelekben vagy gyors mozgás közben repül.

A DJI Phantom 4 beépített intelligens repülési módokkal rendelkezik, amelyek könnyebbé és biztonságosabbá teszik a drón irányítását. Néhány a legfontosabb funkciók közül:

- **ActiveTrack:** Ez a mód lehetővé teszi a légitármű számára, hogy automatikusan kövessen egy mozgó célpontot, legyen az egy ember, egy autó vagy bármilyen más tárgy. A drón mesterséges intelligenciával felismeri és követi a célt, miközben folyamatosan fenntartja az optimális kameraállást.
- **TapFly:** Ebben a módban a felhasználó egyszerűen a képernyőn való koppintással kijelölheti, hogy merre repüljön az eszköz, anélkül, hogy a távirányítóval kellene irányítania. Ez intuitív és könnyen kezelhető módot kínál a repülésre, különösen kezdő felhasználók számára.
- **Obstacle Avoidance:** A Phantom 4 szenzorokkal van felszerelve, amelyek érzékelik a közelgő akadályokat, és automatikusan elkerülik azokat. Ez a funkció hasznos a szűk helyeken való repülésre, vagy ha a drón automatikus módban repül, mivel növeli a biztonságot.
- **Return to Home:** Ha a légitármű akkumulátor töltöttsége alacsony, vagy elveszíti a kapcsolatot a távirányítóval, automatikusan visszatér a kiindulási ponthoz, elkerülve az akadályokat az út során. Ez a funkció fontos a hosszabb repülések során, ahol a drón biztonságosan képes visszatérni anélkül, hogy a pilóta beavatkozna.

A DJI Phantom 4 kiemelkedő repülési teljesítményt kínál. A robotrepülőgép maximális repülési sebessége körülbelül 72 km/h, ami gyors és dinamikus repülést tesz lehetővé. A közel 30 perces maximális repülési idő szintén a kategóriájában kiemelkedő, így a felhasználók hosszabb ideig élvezhetik a repülést anélkül, hogy túl sűrűn kelljen akkumulátort cserélniük.

A drón GPS és GLONASS helymeghatározási rendszerek támogatásával biztosítja a pontos helyzetkövetést és stabil repülést a kültéri használat során. Ezek a rendszerek lehetővé teszik, hogy a légitármű stabilan tartsa a pozícióját, még akkor is, ha a felhasználó nem irányítja aktívan (Forrás: DJI hivatalos weboldal).

## 4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

### 4.1. Kémiai vízvizsgálatok eredményei

A kutatás során végzett vízminőségi vizsgálatokat a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság Regionális Laboratóriuma végezte, amely a NAH által akkreditált laboratóriumként pontos és hiteles eredményeket biztosított. A vizsgálatok célja a halastavak vízminőségének elemzése volt, különös tekintettel a tápanyag-összetételre, az algásodást jelző klorofill-a koncentrációra, valamint a víz kémiai paramétereire. A mintavételezés az 5. ábrán látható módon 2024. július 18-án történt a G1, G5, G6 és G7 tavak kijelölt pontjain, a laboratóriumi elemzések pedig 2024. július 22-én fejeződtek be.

**5. ábra:** Vízmintavétel  
(Forrás: a szerző felvétele, 2024)



A G1 tó torony felőli részén végzett mérések alapján a víz pH értéke 7,5 volt, ami enyhén lúgos vízkémiai környezetet jelez. A fajlagos elektromos vezetőképesség 484  $\mu\text{S}/\text{cm}$  volt, ami viszonylag magas ionkoncentrációt sugall, és a víz tápanyagban gazdagabb állapotára

utal. Az összes nitrogén értéke 1,1 mg/L volt, míg az összes foszfor szintje 0,80 mg/L. A klorofill-a viszonylag alacsony mértékben volt jelen, ami 5,69 µg/L.

A G1 tó lecsapoló pontján az előbbivel azonos pH értéket mértünk, jelezve, hogy itt is enyhén lúgos a víz. Azonban a fajlagos elektromos vezetőképesség a korábbi értéknél alacsonyabb volt, 386 µS/cm. Az összes nitrogén szintje 0,5 mg/L alatt volt, ami jelentősen alacsonyabb a torony felőli részhez képest, míg az összes foszfor szintje 0,32 mg/L volt, ami szintén mérsékeltebb tápanyagterhelést mutat. A klorofill-a koncentráció ennél a pontnál 6,16 µg/L volt, ami kissé magasabb algásodást jelez, de még mindig viszonylag alacsony mértékű.

A G5 tó esetében a vizsgálat kiemelkedően magas klorofill-a koncentrációt mutatott, amely elérte a 281 µg/L értéket. A pH értéke 7,3, amely enyhén lúgos vízre utal. Az összes foszfor koncentrációja 0,35 mg/L, míg az összes nitrogén 2,8 mg/L. A fajlagos elektromos vezetőképesség 20°C víz esetén 314 µS/cm.

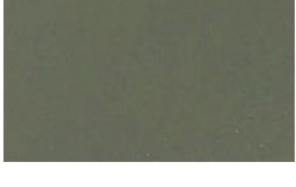
A G6 tó esetében a klorofill-a koncentráció alacsonyabb, mindössze 22,7 µg/L, amely a G5 tóhoz képest jóval kisebb algásodásra utal. Az összes foszfor vizsgálati eredménye 0,78 mg/L, az összes nitrogén szintje 1 mg/L, a pH értéke pedig 7,5 volt. A tó vizében mért vezetőképesség 450 µS/cm.

A G7 tó vízminőségi vizsgálatai szerint a klorofill-a koncentráció 56,9 µg/L volt, ami a G6 tónál intenzívebb, a G5 tónál mérsékeltebb algásodást jelez. Az összes nitrogén szintje 2,2 mg/L, a pH értéke pedig 7,4 volt. Az összes foszfor koncentrációja 0,30 mg/L.

## **4.2. Klorofill-a tartalom és a víz színének összehasonlítása**

A drónok segítségével készült magas felbontású képek lehetővé tették a vízfelszín vizuális megfigyelését, amely jól tükrözi a vízminőséget és az algásodás mértékét. A klorofill-a, amely az algák egyik legfontosabb pigmentje, az algásodás mértékének pontos indikátora. A mérések során megfigyelhettük, hogy a víz zöld színének intenzitása szorosan összefügg a klorofill-a mennyiségével (6. ábra), miszerint minél magasabb a klorofill-a koncentráció, annál erősebb a zöld szín a vízben. A térinformatikai szoftverek segítségével az árnyalatok (színspektrumok) jól elkülöníthetők egymástól és statisztikailag is kielemezhetőek.

**6. ábra:** Víz színének és klorofill-a tartalmának a szemléltetése  
(Forrás: a szerző felvétele, 2024)

| Tó megnevezése  | Klorofill-A tartalma | Víz színe                                                                             |
|-----------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| G1 tó torony    | 5,69 µg/L            |    |
| G1 tó lecsapoló | 6,16 µg/L            |    |
| G5 tó           | 281 µg/L             |    |
| G6 tó           | 22,7 µg/L            |   |
| G7 tó           | 56,9 µg/L            |  |

A képeken látható tavak klorofill-a tartalma jelentős eltéréseket mutat. A G1 tó két végén, ahol a torony és a lecsapoló pontokon történt a mintavétel, viszonylag alacsony klorofill-a koncentrációt mértünk: 5,69 µg/L és 6,16 µg/L. Ezeken a pontokon a víz színe kevésbé zöld, ami azt jelzi, hogy az algák jelenléte minimális. Ez a szín a drónképeken is jól megfigyelhető, ahol a tó vize világosabb, tisztább, kékes tónusú.

Ezzel szemben a G5 tó esetében extrém magas, 281 µg/L klorofill-a koncentrációt mértünk, amely a vizsgált területek közül a legmagasabb. A drónfelvételeken ennek megfelelően a víz színe intenzíven zöld, ami az algák nagymértékű jelenlétére utal. Az ilyen magas koncentrációk rendszerint algásodásra és eutrofizációra utalnak, ami jelentős környezeti hatással lehet a tó ökológiai egyensúlyára.

A G6 tó esetében a klorofill-a szint 22,7 µg/L. A fotón megfigyelhető a víz enyhén szürkés-zöldes árnyalata, amely a kismértékű algásodás jele.

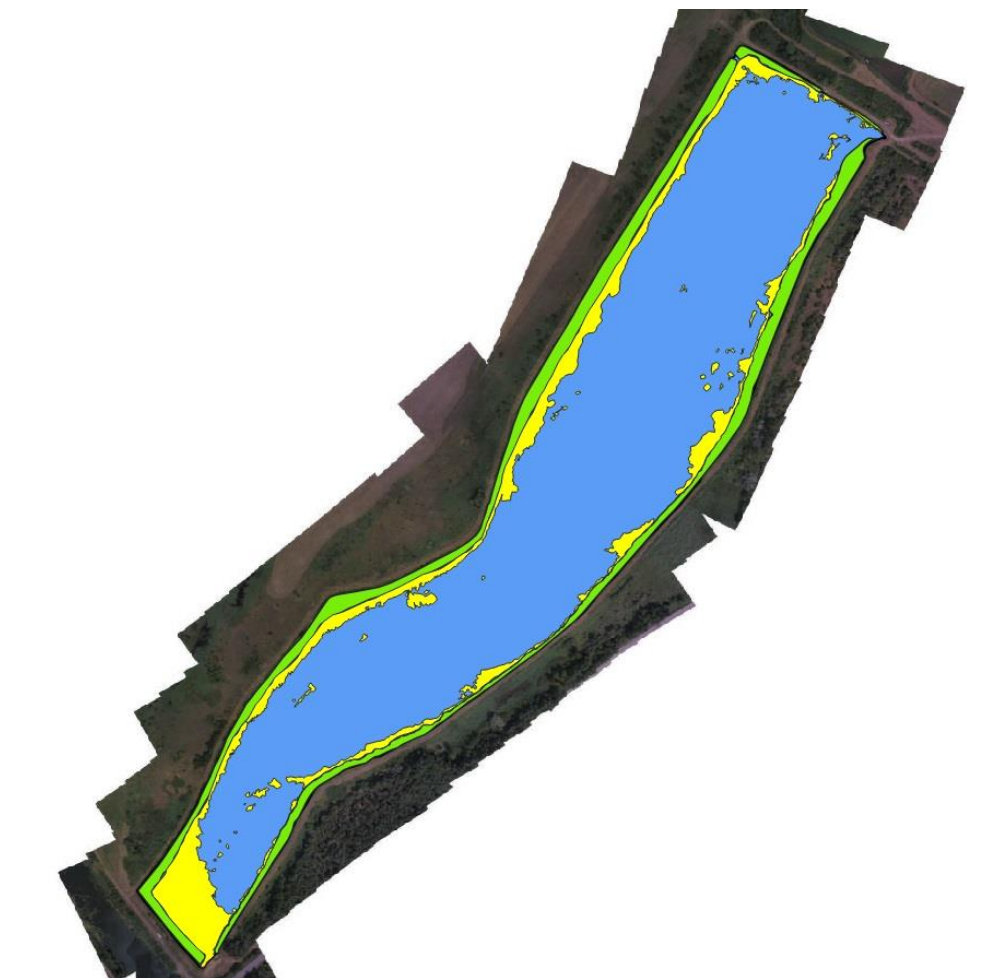
A G7 tóban 56,9 µg/L klorofill-a koncentrációt mértünk, amely a G5 tótól eltekintve a többi tóhoz viszonyítva magasabb. A felvételen a tó vize erőteljesebb zöld árnyalatú, amely a víz jelentősebb algásodására utal.

#### **4.3. Növényborítottság vizsgálata**

A halastavaknál a növényborítottság mértéke és megoszlása fontos szerepet játszik az ökoszisztéma egyensúlyában, a halállomány fenntartásában és a környezeti feltételek javításában. A nádasok és a vízinövények menedéket nyújthatnak a halak számára, többnyire az ivadékok esetében, valamint a vízi rovaroknak és más kisebb élőlényeknek, amelyek fontos táplálékforrást jelentenek a halaknak. Túlzott jelenlétük azonban elveszi a halak életterét, valamint a jelentős mértékű tápanyagelvonás arra készteti a tógazdákat, hogy gyérítéssel és folyamatos kaszálással megfelelő szinten tartsák a vízi növényzet mértékét. Sok halfaj a sűrű növényzetet választja ívási területként, így a növényborítottság mérsékelt szinten való tartása fontos a halállomány számára.

A pilóta nélküli légi járművel készített képek és a QGIS szoftver segítségével részletes képeket kapunk a tó növényborítottságáról és a fonalas alga elterjedésének mértékéről, amely segíthet a tógazdáknak a megfelelő beavatkozások megtervezésében.

**7. ábra:** A víz és a növényzet területi megoszlása a G1 tavon  
(Forrás: a szerző felvétele, 2024)



A 7. ábrán a G1 tó látható, ahol a különböző színekkel jelölt területek a tó eltérő elemeit és azok kiterjedését mutatják. A kék szín szemlélteti a tó azon vízfelületét, amelyet nem borít növényzet, ez a teljes terület legnagyobb részét foglalja el. A zöld színnel a nád kiterjedése van jelölve, amely többnyire a part menti sávban található meg. A sárga szín a fonalas algák elterjedését mutatja, amely a vízfelület bizonyos részein elszórtan és koncentráltan megtalálható, azonban főként a nádfal melletti területeken helyezkedik el. A tó területe, melybe beletartozik mind a három színnel jelölt komponens, összesen 165803 négyzetméter, megközelítőleg 16,6 hektár.

**8. ábra:** Fon alas alga jelenléte a G1 tavon  
(Forrás: a szerző felvétele, 2024)



A G1 tavon végzett vizsgálat során a QGIS szoftver segítségével sikerült pontosan meghatározni a fon alas algák területét (8. ábra), amely 19994 négyzetmétert tett ki a tó teljes, 165803 négyzetméteres területéből. Ez azt jelenti, hogy a mérések időpontjában a tó területének körülbelül 12%-át borította fon alas alga.

Ez a viszonylag magas borítottság jelentős hatást gyakorolhat a tó ökoszisztémájára. A fon alas algák, ha nagy mennyiségben vannak jelen, elszívhatják a tápanyagokat a vízből, és hozzájárulhatnak az oxigénszint csökkenéséhez is, különösen éjszaka, amikor fotoszintézis hiányában az algák is oxigént fogyasztanak. Ez káros hatással lehet az oxigénérzékeny halfajokra, és ronthatja az ívási feltételeket is (Orbán és munkatársai, 2023). Továbbá, a fon alas algák sűrű jelenléte akadályozhatja a tógazdaság mindennapi működését, például a vízi közlekedést. Ez elhanyagolhatatlan szempont, amikor a tógazdák olyan tevékenységeket végeznek, mint például az etetés vagy a vízminőség gyűjtése.

**9. ábra:** Nád területe a G1 tavon  
(Forrás: a szerző felvétele, 2024)



A nád esetében megállapítható, hogy a tó 165803 négyzetméteres teljes területéből 20814 négyzetmétert fed le (9. ábra), hasonlóan a fonalas alga mértékéhez, ami a tó területének körülbelül 12,5%-át teszi ki.

A nád jelenléte fontos szerepet játszik a halastavak ökológiai egyensúlyának fenntartásában, hiszen védelmet és élőhelyet biztosít számos fajnak. Kifejezetten fontos a halivadékok számára, mivel a sűrű növényzet menedéket nyújt nekik a ragadozókkal szemben, valamint a vízi rovaroknak és egyéb kisméretű élőlényeknek is, amelyek fontos táplálékforrást jelentenek a halaknak (Paulovits és munkatársai, 2007).

Ugyanakkor a túlzott nádas borítottság problémákat is okozhat a halastó gazdaságos működése során. A túlzott növényzet csökkenti a tavak hasznos haltermelő kapacitását. Emellett a nádasok vízfelhasználása és tápanyagelvonása hatással lehet a tó tápanyagegyensúlyára, ami további beavatkozást igényelhet a tógazdák részéről, amire megoldás például a gyérítés vagy a kaszálás.

## 5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A kutatás során az RGB kamerával készített ortofotók és a vegetációs indexek, mint a VARI és TGI, alkalmazásával sikerült pontosan feltérképezni a növényborítottság és az algásodás mértékét a vizsgált halastavakban. A vizsgálat során kiderült, hogy a technológia hatékonyan alkalmazható a vízi növényzet kiterjedésének gyors felmérésére, ami hasznos lehet a halgazdálkodási tevékenységek és a gyors intézkedések szempontjából. Az RGB kamerával készített felvételek egyesítésével létrejött ortofotók lehetőséget nyújtottak a tófelület és az azt körülvevő növényzet pontos, térképi megjelenítésére, míg a vegetációs indexek segítettek a növényzet és a vízterület elkülönítésében.

A vizsgálatok során a QGIS programot használtuk a képek feldolgozására és elemzésére, ami lehetővé tette az adatok hatékony rendszerezését és vizuális megjelenítését. A szoftver segítségével létrehozott térképek és indexképek jól szemléltették az algásodás mértékét, ami alapvető információval szolgált a vízminőség és a tavak állapotának értékeléséhez. A kutatásból levonható következtetés, hogy az RGB kamerás megoldás hatékony eszköz lehet a halastavak ellenőrzésében, kifejezetten olyan esetekben, ahol a költséghatékonyság és a gyors adatszerzés elsődleges szempont.

Az eljárás továbbfejlesztésére több javaslat is megfogalmazható. Ilyen például a multispektrális kamerák alkalmazása, amely lehetőséget nyújtana a spektrális tartomány szélesebb körének vizsgálatára, ami lehetővé tenné a növényzet még pontosabb azonosítását és elkülönítését. Az RGB kamerával készített ortofotók és a két használt vegetációs index jó alapot nyújtottak a vizsgálatokhoz, azonban egy multispektrális kamera lehetőséget biztosítana további indexek használatára is, amelyek pontosabb képet adnának a növényzetről és azok eloszlásáról.

Egy másik javaslat az adatfeldolgozási lépések automatizálása, ami jelentős idő és munkaerő megtakarítást eredményezhetne, főképp nagyobb területek megfigyelésének az esetén. Az önműködés lehetővé tenné az adatok gyorsabb feldolgozását és az eredmények gyorsabb elérését, ami fontos a tógazdaság kezelésének tervezésében és az esetleges problémák időbeni felismerésében. Az automatizálás emellett lehetőséget nyújtana arra, hogy a tógazdálkodók rendszeres, akár heti vagy napi szinten is figyelemmel kísérhessék a növényzet változásait, ami hozzájárulna a fenntartható gazdálkodási gyakorlatok kialakításához. Továbbá, a piacon egyre több cég kínál költséghatékony online adatfeldolgozási és kiértékelési

szolgáltatást, amelyek révén a drónnal rögzített képek és adatok távolról is elemezhetők. Az ilyen rendszerek felhőalapú technológiával működnek, így a kiértékelési folyamat szinte azonnal, emberi beavatkozás nélkül megkezdődhet.

A módszer további alkalmazási lehetőségei közé tartozhatnak a tápanyagterhelés hatásainak vizsgálata és az algavirágzás dinamikájának nyomon követése. Az algavirágzás gyakran a tó ökológiai egyensúlyának felborulását jelzi, amit a tápanyagok, különösen a nitrogén és a foszfor magas koncentrációja idézhet elő. A kutatás során mért vízminőségi adatok és az ortofotók kombinálása lehetőséget adna az algásodás előrejelzésére és az esetleges tápanyagterhelés hatásainak becslésére. Így a tógazdáknak lehetőségük van időben reagálni a vízminőség romlására, ami hosszú távon hozzájárulhatna a halállomány védelméhez és a termelés fenntarthatóságához.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

A szakdolgozat célja a dróntechnológia tógazdasági körülmények közötti alkalmazásának vizsgálata volt a halastavak ökológiai állapotának ellenőrzésére, azon belül a növényborítottság és az algásodás nyomon követésére. A dolgozat bemutatja, hogy ezek az eszközök hogyan alkalmazhatók a tógazdálkodási feladatok megkönnyítésére és a fenntartható halgazdálkodás elősegítésére.

Az Anyag és módszer fejezetben bemutattam azokat az eszközöket és technikákat, amelyeket a halastavak állapotának ellenőrzéséhez alkalmaztam. Továbbá részleteztem az RGB kamerával készített ortomozaik képek készítésének folyamatát, valamint a VARI és TGI vegetációs indexek használatát, amelyeket a növényzet és az algák elkülönítésére használtam.

Az Eredmények és értékelésük fejezetben bemutattam a halastavak területén végzett méréseket, majd elemeztem azokat. A kémiai vízvizsgálatok elvégzésére elsősorban a klorofill-a tartalom meghatározása miatt volt szükség, majd az értékek alapján történt a tavak víz színének az összehasonlítása. A fejezeten belül a pilóta nélküli légitármű segítségével meghatároztam még a növényborítottság mértékét.

A Következtetések és javaslatok részben összegzésre kerültek a kutatás során levont tanulságok. Az RGB kamerás UAV megfelelő eszköznek bizonyult a halastavak ellenőrzésére, azonban javasolt a multispektrális kamerák alkalmazása is, amely további spektrális információkat nyújtana. Az adatfeldolgozás automatizálása szintén javítaná a módszer hatékonyságát, különösen nagyobb vízfelületek esetén, ahol az időbeli tényező és a gyors adatgyűjtés kiemelten fontos.

## 7. IRODALOMJEGYZÉK

- BÉKÉSI B.: „Pilóta nélküli légijárművek jellemzése, osztályozásuk,” in Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek, Palik M. szerk., Budapest, Nemzeti Közsolgálati Egyetem, 2013. pp. 65–109.
- RENNIE J.: „Drone types: multi-rotor vs fixed-wing vs single rotor vs hybrid vtol”. 2016. [Online]. Elérhető: <https://www.auav.com.au/articles/dronetypes/>. [Letöltés dátuma: 2024. augusztus 10.].
- BÉKÉSI B., MAJOR G.: „A drónok konfigurációi, alkalmazási területei.” in: Páy Gábor (szerk.) Műszaki tudomány az észak-kelet magyarországi régióban 2022: Konferenciakiadvány, Nyíregyháza, 2022.06.02. (Nyíregyházi Egyetem Műszaki és Agrártudományi Intézet, Magyar Tudományos Akadémia (MTA) Debreceni Területi Bizottság (DAB) Műszaki Szakbizottsága). Nyíregyházi Egyetem, pp 301-307 (2022) (Acta Academiae Nyíregyhaziensis, ISSN 2416-2981; 7. kötet), ISBN: 9786156032577.
- DR. PATAY I., MONTVAJSZKI M.: Drónok a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Technika, 2016. február. pp. 18-20. Elérhető: [http://technika.gmgi.hu/uploads/termek\\_913/dronok\\_a\\_mezogazdasagban\\_16\\_02.pdf](http://technika.gmgi.hu/uploads/termek_913/dronok_a_mezogazdasagban_16_02.pdf). [Letöltés dátuma: 2024. augusztus 10.].
- VIGH A.: A drónok rendészeti alkalmazási lehetőségei. Belügyi Szemle, 2018/10. pp. 88-107. DOI: 10.38146/BSZ.2018.10.6. Elérhető: <https://ojs.mtak.hu/index.php/belugyiszemle/article/view/3753/2848>.
- C. LAFAURIE: The First Solar and Hydrogen-Powered Drone in China Makes Its Maiden Flight at Mingyue Lake in Liangjiang New Area. 2024. [Online]. Elérhető: <https://fuelcellsworks.com/2024/09/23/clean-technology/the-first-solar-and-hydrogen-powered-drone-in-china-makes-its-maiden-flight-at-mingyue-lake-in-liangjiang-new-area>. [Letöltés dátuma: 2024. október 26.].
- KOVÁCS T., VIPLAK A. M.: Drónok a biztonságtechnikában, url: [http://hadmernok.hu/172\\_01\\_ko-vacs.pdf](http://hadmernok.hu/172_01_ko-vacs.pdf), (pp. 8-12.) XII. Évfolyam 2. szám-2017. június
- DR. CZUPY I.: „Precíziós erdészeti – a jövő útja” in Az Erdőmérnöki Kar Tudományos Kiadványa 2023, Czímber K. szerk., Soproni Egyetem Kiadó, 2023. pp. 62-66.

Elérhető: <http://publicatio.uni-sopron.hu/2858/1/EMK-KariKiadv-2023-Czupy-62-66.pdf>, [Letöltés dátuma: 2024. augusztus 10.].

- „A kormoránúzó drón lett az első az agrártechnológiai verseny ötletei között” 2021. május 20. [Online]. Elérhető: <https://www.magro.hu/hu/agrahirek/cikk/a-kormoranuzo-dron-lett-az-elso-az-agrartechnologiai-verseny-otletei-kozott/>, [Letöltés dátuma: 2024. augusztus 19.].
- UBINA N., CHENG S.-C., CHEN H.-Y., CHANG C.-C., és LAN H.-Y.: A visual aquaculture system using a cloud-based autonomous drones, 2021, [Online]. Elérhető: <https://www.mdpi.com/2504-446X/5/4/109>, [Letöltés dátuma: 2024. augusztus 19.].
- PADISÁK J.: Általános Limnológia, 2005, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, p. 310.
- HANCZ CS.: Haltenyésztés. Egyetemi jegyzet, 2007. Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar, Kaposvár. pp. 1-262.
- PÁLFFY K.: „Társadalmi konfliktusokat generáló ökológiai történések a Balaton életében az utóbbi néhány évtizedben” in Act Sci Soc 39, 2013. pp. 37-44. Elérhető: <https://journal.uni-mate.hu/index.php/asc/article/view/314/1076>, [Letöltés dátuma: 2024. szeptember 7.].
- D. WU, R. LI, J. LIU és N. KHAN: „Monitoring Algae Blooms in Small Lakes Using Drones: Case Study in Southern Illinois” in Universities Council on Water Resources, 2023. április, pp. 83-93. Elérhető: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1936-704X.2022.3383.x>, [Letöltés dátuma: 2024. október 19.].
- L. WASHBURN, E. ROMERO, D. SALAZAR: Water sampling from aerial drones for water quality research in coastal and inland waters, 2018 február. Elérhető: <https://labs.eemb.ucsb.edu/iglesias-rodriguez/debora/publications/636>, [Letöltés dátuma: 2024. október 19.].
- NAGY K.: Begyűrűzött a dróntechnika a gazdák mindennapjaiba, óriási változás jön, 2023. [Online]. Elérhető: <https://www.economx.hu/gazdasag/elharult-az-oszszes-akadaly-oriasi-valtozas-jon-a-gazdak-eleteben.770204.html>. [Letöltés dátuma: 2024. október 19.]
- DR. DOMOKOS M. és DR. HORVÁTH A. Zs.: A drónszabályozás aktuális állása, 2022. február 3. [Online]. Elérhető: <https://www.jogiforum.hu/blog-ip-it-vedjegydomain-internet-jogi-blog-11/2022/02/03/a-dronszabalyozas-aktualis-allasa>. [Letöltés dátuma: 2024. október 19.].

- ORBÁN L., SOMFALVI-TÓTH K., MÜLLER T., KOVÁCS B., MOLNÁR T., SZEVERÉNYI I., HORVÁTH Á., URBÁNYI B.: „A klímaváltozás lehetséges hatása tenyésztett halaink élettanára és szaporodására” in Állattenyésztés és takarmányozás 2023.72.3, pp. 266-282. Elérhető: [https://real-j.mtak.hu/25467/13/%C3%81TT%202023\\_3%20FINAL.pdf#page=51](https://real-j.mtak.hu/25467/13/%C3%81TT%202023_3%20FINAL.pdf#page=51)  
[Letöltés dátuma: 2024. október 24.].
- PAULOVITS G., BORBÉLY G., G. TÓTH L., STASZNY Á.: „A balatoni halállomány szaporodásának és ívási körülményeinek módosulásai a vízszintváltozás hatására” in Acta Agraria Kaposváriensis Vol 11 No 2, 2007. pp. 1-12 Elérhető: <https://journal.uni-mate.hu/index.php/aak/article/view/1854/2387>  
[Letöltés dátuma: 2024. október 24.].
- DJI hivatalos weboldal. Elérhető: <https://www.dji.com/hu/support/product/phantom-4>  
[Letöltés dátuma: 2024. október 26.].

# HALLGATÓI NYILATKOZAT

## NYILATKOZAT

### a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Gyuricza Levente  
A Hallgató Neptun kódja: YZ9MJ1  
A dolgozat címe: Drónok tógazdasági használata vízminőség ellenőrzésre  
A megjelenés éve: 2024  
A konzulens intézetének neve: Környezettudományi Intézet  
A konzulens tanszékének a neve: Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóközpont

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

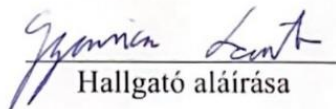
Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumba. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védelmet követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: 2024. október 31.

  
Hallgató aláírása

# KONZULENSI NYILATKOZAT

## NYILATKOZAT

Gyuricza Levente (YZ9MJ1) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védeésre **javaslom / nem javaslom<sup>1</sup>**.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*2</sup>

Kelt: 2024. év 10. hó 28. nap



belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő aláhúzendó.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendó.