

SZAKDOLGOZAT

Farkas Bence

Mezőgazdasági Mérnök Bsc

Gödöllő

2023



**MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS KÖRNYEZETTUDOMÁNYI KAR
MEZŐGAZDASÁGI MÉRNÖK BSc, LEVELEZŐ TAGOZAT**

**A mezőgazdaság jövője a mesterséges intelligencia térhódítása a
mezőgazdaságban**

Készítette:

Farkas Bence

Belső Témavezető:

Dr. Cserhádi Mátyás Phd.

Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet

Gödöllő

2023

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzés.....	4
2. Szakirodalmi áttekintés	6
2.1. A Green Deal célkitűzései.....	6
2.1.1. Biológiai sokféleség:	6
2.1.2. A termelőtől a fogyasztóig:.....	7
2.1.3. Fenntartható mezőgazdaság:.....	7
2.2. RTK alapú útvonal tervezése mezőgazdasági gépeknek UAV segítségével	10
2.3. A multispektrális képalkotás előnyei/kép elemzés előnyei.....	10
2.4. Permetezés UAV segítségével	13
2.4.1. Permetező drónok elterjedése a világban	17
2.4.2. A permetező drón működésének bemutatása DJI Agras T30-on keresztül	18
2.4.3. A permetező drónok pozitív tulajdonságai	19
3. A vizsgálatok módszerei	21
3.1. A kezelt terület bemutatása	21
3.1.2. A kezelés indoklása.....	22
3.2. A terület felmérése	22
3.2.1. Szerzett adatok feldolgozása	23
3.3. Permetezés DJI Agras T30 drón segítségével.....	24
3.3.1. Permetezés konvencionális szántóföldi permetezővel	27
4. Eredmények és értékelésük	29
4.1. A Repülés értékelése	29
4.2. A kezelés eredményei, költségek, anyagszükséglet.....	29
5. Következtetések és javaslatok	32
6. Összefoglalás	33
7. Köszönetnyilvánítás	34
8. Irodalomjegyzék	35
10. Nyilatkozat	37

1. Bevezetés és célkitűzés

*„Tiszteld a múltat,
hogy érthesd a jelent,
és munkálkodhass a jövőn...”
Gróf Széchenyi István*

A XVII. században jutott az ember arra a megfigyelésre és arra a gondolatra, hogy az állatok összetett gépként működnek (René Descartes). A későbbi századokban létrehozták az első mechanikus majd digitális számológépet (Blaise Pascal). A XIX. században már programozható számológépek születtek. Az XX. század első felében lefektették a gondolati alapjait az agy működésére alapozott számítógép kutatásának. Az 1950-es évektől különböző programnyelveket hoznak létre a kutatók (Lisp, Prolog) és megalkotják magát a Mesterséges Intelligenciát, mint fogalmat.

Mesterséges Intelligencia: Egy gép, program vagy mesterségesen létrehozott tudat által megnyilvánuló intelligencia.

Az MI megjelenését és gyors elterjedését a mezőgazdaságban a föld lakosságának az elmúlt 100 évben történt rendkívül gyors növekedése tette szükségessé és indokolttá.

A mezőgazdasági elterjedés a termésátlagok növekedését ugyanakkor a befektetett költségek csökkenését és a kitűzött környezetvédelmi célok könnyebb elérését eredményezte.

Az 1980-as évekre elterjedté válik a nyugati mezőgazdasági gépekben az elektronika használata így megszületnek az első "intelligens" gépek. Nagy lökést adott a fejlődésnek, hogy 2000 májusában az addig katonai okok miatt zavart GPS jel szabaddá vált világ szerte és a helymeghatározási pontosság 100 méterről 20 méterre csökkent. A legmodernebb munkagépek már önálló munkavégzésre is képesek GPS jelek alapján. A robot pilóta használata megkönnyíti az agrotechnológiai munkákat, ami nagyobb pontosságot és költségmegtakarítást eredményez. Jelenleg az egyre nagyobb méretű és teljesítményű mezőgazdasági gépek fejlesztése és használata jellemző a mezőgazdaságban, de már kialakulóban a fordulópont és egyre több a kis méretű és kevés energiát felhasználó, önálló döntéshozatalra is képes mezőgazdasági robot. Ilyen robotok közé sorolhatóak például a pilóta nélküli légi járművek (UAV: Unmanned Aerial Vehicle) vagy egyszerűen drónok. Ezen gépek segítségével mezőgazdasági területek egyszerű és gyors felmérése, válik lehetővé. Az így nyert adatokat felhasználva differenciált kijuttatásra van lehetőség, amivel vegyszert és vizet takaríthatunk meg így óvjuk a környezetet továbbá

csökkentjük a felmerülő költségeket.

A szakdolgozat célja bemutatni a pilóta nélküli légi járművek alkalmazását egy közép méretű gazdaságban.

A dolgozat célja, hogy bemutassa:

- A Green Deal¹-ben foglalt környezetvédelmi célok megvalósítása pilóta nélküli légi járművek (továbbiakban UAV) segítségével.
- RTK alapú útvonal tervezése mezőgazdasági gépeknek UAV segítségével
- Multispektrális képalkotás/kép elemzés előnyei
- UAV-vel történő permetezés előnyeit

A könnyebb szemléltetés érdekében a célkitűzésben szereplő célok egy általam elvégzett drónos felmérésen és kísérleti növényvédelmi beavatkozáson keresztül lesznek szemléltetve.

Az Európai Unió által megálmodott környezetvédelmi célkitűzések egyre közelebb kerülnek a valósághoz a kialakult gazdasági helyzet miatt. A hatalmasra nőtt input költségek egyre közelebb terelik a gazdákat a precíziós technológiák alkalmazásához. Ezeknek a technológiáknak az alkalmazása már rövidtávon is csökkentheti az input költségeket, illetve stabilizálja a várható termést, ezáltal a bevételi oldal biztosabb lesz. Nagyon fontos megemlíteni, hogy az anyagiak mellett a mezőgazdasági területek állapota (talajszerkezet, víztartalom stb.) is javul ezzel közelebb kerülünk földjeink értékének megőrzéséhez, amely szintén javítja a gazdaságosságot a művelési költségek csökkenése által.

¹ **Európai Unió által megfogalmazott környezetvédelmi célkitűzések.**

-az éghajlatváltozás és a biodiverzitás-csökkenés ellenére biztosítsa az élelmezés biztonságát;

-csökkentse az uniós élelmiszerrendszer környezeti és éghajlati lábnyomát;

-javítsa az uniós élelmiszerrendszer ellenálló képességét;

-élenjáró szerepet töltsön be abban a folyamatban, melynek célja, hogy a termelőtől a fogyasztóig a teljes globális élelmiszerrendszer átálljon a versenyképes fenntarthatóságra.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. A Green Deal célkitűzései

„Az éghajlat változás napjaink egyik legsürgetőbb és legnagyobb kihívásának számít. Alapvetően az éghajlat politika képezi az alapkát az Európai Zöld Megállapodásnak (európai Bizottság (2021A)). A megállapodás többek között tartalmaz egy ambiciózus intézkedés csomagot, amely az üvegház hatású gáz kibocsátás nagymértékű csökkentésére, a kutatásba és innovációba való beruházásra és Európa természetes környezetének megőrzésére terjed ki. A Zöld Megállapodás első éghajlatpolitikai kezdeményezései közé tartoznak a következők:

- Az Európai Klímarendelelet
- Az Európai Éghajlati Paktum
- 2030-ra vonatkozó éghajlat politikai célterv

Az első európai éghajlat törvényről szóló bizottsági javaslat célja, hogy törvénybe foglalja az Európai Zöld Megállapodásban foglaltakat, vagyis azt, hogy az európai gazdaság és társadalom 2050-ig gyakorlatilag éghajlat-semlegesé váljon. Ez azt jelenti, hogy elérjük a nettó nulla üvegházhatásúgáz-kibocsátást az EU összes országában. Az éghajlattörvény olyan intézkedéseket tartalmaz, amelyek nyomon követik az előrehaladást, és ezeket 5 évente felül is vizsgálja a Párizsi Megállapodás szerint globálisan is.”²

A klímaváltozás által legjobban veszélyeztetett, leginkább terhelt területek kerültek a Green Deal-ben a figyelem középpontjába, ezek a mindennapi élethez elengedhetetlen fontosságúak és a fenntartható gazdaság szempontjából kiemelt jelentőségűek.

2.1.1. Biológiai sokféleség:

„A biológiai sokféleség elengedhetetlen az élethez, ahogy azt napjainkban ismerjük. A természeti folyamatoknak köszönhetjük a levegő tisztaságát, a víz körforgását, a növények beporzását és a természetes hulladék lebontását, csakhogy a legfontosabbakat említsük az emberi élet szempontjából. Az EU-s források szerint igen jelentős a biológiai sokféleség gazdasági szerepe is, a világon megtermelt GDP fele (’40 billió euró’) ezektől a természetes folyamatoktól függ. Az emberi tevékenységek hatására jelenleg olyan mértékű fajpusztulás figyelhető meg, amelyre a jegyzett történelemben még nem volt példa. Ez a fajta felelőtlen és fenntarthatatlan környezeti kizsákmányolás és az élőhelyek pusztulása olyan méreteket öltött napjainkban, hogy a fajok populációja mintegy 60%-kal csökkent az elmúlt 40 évben. Olyan

²Az Európai Zöld Megállapodás (EU Green Deal) bemutatása

Körforgásos Gazdaság és Környezetvédelem, 5. évfolyam, 4. szám (2021)

létfonosságú fajok, mint a méhek kezdenek teljesen eltűnni bizonyos területekről az intenzív növénytermesztés és a rájuk is ártalmas növényvédőszer használata miatt. Ezen felül több mint egymillió ismert fajt fenyeget a kihalás veszélye. A biológiai sokféleség és az éghajlatváltozás szorosan összefügg. Ahhoz, hogy a megállapodás 2030-as céljai elérhetővé váljanak kiemelt fontossággal kezelni bizonyos természetes élőhelyek emberi beavatkozás előtti állapotának visszaállítását (Európai Bizottság (2021A)).

2.1.2. A termelőtől a fogyasztóig:

A célkitűzés (1. ábra) arra irányul, hogy az európai ételmezés jó minőségű és tápláló legyen, a lehető legbiztonságosabb forrásból származzanak és lehetőleg a legminimálisabb hatást gyakorolják a környezetre. A termelőtől a fogyasztóig elv szerint az ételmezést lehetőleg helyi alapanyagokból, és a legkevesebb veszteséggel kell megoldani.



1. ábra: A körforgásos gazdálkodás (Európai Bizottság(2021B))

2.1.3. Fenntartható mezőgazdaság:

A mezőgazdaság kiemelt fontossággal bír az Európai Unió államaiban, a társadalom és a gazdaság szempontjából is meghatározó szerepet tölt be. Ez Magyarországra fokozottan érvényes. A mezőgazdaság hatékony működéséhez jó környezeti feltételekre van szükség. A termelés megfelelő mezőgazdasági feltételek mellett hatékony. A megtermelt élelmiszerek így a társadalom fennmaradását és a vidéki közösségek megélhetését is biztosítják. A gazdálkodó családok megélhetésének biztosítása elengedhetetlen annak érdekében, hogy a vidéki területek

ne néptelenedjenek el. A Közös Agrárpolitikai Program (KAP) céljait mutatja be a **(2. ábra)** a fenntartható fejlődés jegyében. A Green New Deal (GND) keretében az Európa Unió a fenti irányelveket integrálja a Közös Agrárpolitikai Programba. Ez társadalmi, gazdasági és környezetvédelmi megközelítéseket ötvözve jelöli ki a fenntartható mezőgazdaság rendszerének megvalósítása felé vezető utat. A GND és a KAP integrált rendszerének célja, hogy versenyképes és környezetbarát mezőgazdaságot teremtsen.



2. ábra: fenntartható mezőgazdaság (Európai Bizottság(2021C))

A KAP az összes uniós tagország közös szakpolitikája. Irányítása és finanszírozása uniós szinten, uniós költségvetési források felhasználásával történik. A mezőgazdaságot – a kiemelkedő jelentősége ellenére – a többi iparágban realizálható átlagjövedelmekhez képest mintegy 40%-kal alacsonyabb kifizetések jellemzik. A mezőgazdasági termelés időigényes folyamatok összessége és nagymértékben függ a környezeti- és az időjárási viszonyoktól. A KAP a gyakorlatban a mezőgazdaság támogatását célozza három kiemelt pont mentén. A KAP-ban foglalt intézkedési pontok a következők:

- „jövedelemtámogatás – a mezőgazdasági termelők jövedelmének stabilitását közvetlen kifizetések formájában nyújtott jövedelemtámogatás biztosítja, melyben azért részesülnek, mert környezetbarát gazdálkodást folytatnak, és olyan közjavakat és - szolgáltatásokat nyújtanak, amelyekért a piac általában nem fizet. Példaként említhető a tájvédelem;
- piaci intézkedések – meghozataluk a nehéz piaci helyzetek kezelését szolgálja, amelyek például akkor alakulnak ki, ha egészségügyi aggályok miatt hirtelen csökken a kereslet, vagy ha a piacon átmeneti túlkínálat miatt esnek az árak;

- vidékfejlesztési intézkedések nemzeti és regionális programok keretében végrehajtott intézkedések, melyek a vidéki térségekben jelentkező sajátos szükségletek és kihívások kezelését célozzák (Európai Bizottság (2021D)).³

- A KAP részeként a termelőtől a fogyasztóig stratégia irányozza elő az alábbiakat:

- **50%-kal csökkenteni kell a növényvédőszeres használatát**

- **20%-kal csökkenteni kell a kijuttatott műtrágyák mennyiségét**

- a mezőgazdasági területek 25%-án 2030-ra ökológiai gazdálkodást kell majd folytatni

- 50%-kal csökkenteni kell az antimikrobiális szerek forgalmazását / használatát

- a biodiverzitási stratégia kiegészítése a növények és állatok sokféleségének a vidéki ökoszisztémában való védelmével és fokozásával;

- a zöld megállapodás éghajlatpolitikai fellépéséhez való hozzájárulás, és az EU nulla nettó kibocsátásra vonatkozó célkitűzésének 2050-re történő megvalósítása;

- a 2021-ben aktualizált erdészeti stratégia támogatása az egészséges erdők fenntartásával;

- a természeti erőforrások, például a víz, a levegő és a talaj megóvása révén a zéró szennyezést célzó, 2021-ben kidolgozandó cselekvési tervhez való hozzájárulás (Európai Bizottság (2021D)).

A Green Deal mezőgazdasági céljain látszik az elkötelezettség, hogy szeretne környezet tudatos stratégiákat bevezetni, ezek talán megvalósulnak a 2050-es határidőig.

³ Az Európai Zöld Megállapodás (EU Green Deal) bemutatása

Körforgásos Gazdaság és Környezetvédelem, 5. évfolyam, 4. szám (2021)

2.2. RTK alapú útvonal tervezése mezőgazdasági gépeknek UAV segítségével

Röviden az RTK-ről: „Real-Time Kinematic a legpontosabb helymeghatározást biztosító korrekciós jel, amely valós időben, menet közben biztosítja az alap műholdas helymeghatározó rendszer méréseinek pontosítását. A vevőkészülékhez többféle úton is eljuttatható (URH rádió frekvencián vagy mobil telekommunikációs csatornán keresztül).”⁴

Az RTK rendszerek elterjedése alapjaiban változtatta meg a világ mezőgazdaságát. Lehetőségünk adódott új fajta módon gazdálkodni. Ezen rendszerek felhasználásával képesek vagyunk mezőgazdasági gépeinknek olyan előre megtervezett útvonalat és munkatervet (**3. ábra**) készíteni melyekkel pontos paraméterek alapján tudunk feladatokat végrehajtani ezáltal üzemanyagot, vegyszert, vizet és időt spórolhatunk meg valamint lehetőség adódik sokkal pontosabb tervezésre adott munkafolyamat kapcsán.



3. ábra: Precision Agriculture – (forrás: Van Wall Equipment)

A legmodernebb UAV-ok segítségével a mezőgazdasági táblákon centiméter pontossággal tudunk felméréseket készíteni. Így megtervezhető az új ültetvények nagyon pontos térállása és meghatározható a pontos anyagszükséglet.

2.3. A multispektrális képalkotás előnyei/kép elemzés előnyei

A mezőgazdaságban gyorsan terjedő UAV technológiák közül a nem túl régen megjelent multispektrális felvételeket készítő drónok alkalmasak mezőgazdasági táblák felmérésére. Az ezekből származó felvételek pontos elemzése számos adatot tartalmaz. A (**4. ábra**) szemlélteti

⁴ AMS-RTK kisokos - Tudástár - KITE Zrt.

a különbséget egy hétköznapi RGB kamera felvétele és egy multispektrális kamera NDVI indexet használó felvétele között.

„A technológia rövid története.: Mint számos technológiai fejlesztés, a multispektrális felmérés is hadiipari fejlesztéseken alapszik. A felméréseket a hőkamerás célpont-azonosítás alternatívájaként vagy kiegészítőjeként használják a mai napig. Rendkívül hatékony az aknák és ballisztikus rakéták észlelésében, így az olyan csúcstechnológiai rendszerek részét képezi, mint az izraeli Iron Dome. A részletes felmérésekben rejlő potenciált különböző kutatócsoportok is felfedezték, így ma már az űrkutatás és a műholdas képalkotás szerves részévé vált a technológia. A műholdas elemzéseken keresztül az időjárás-előrejelzéseket szintén pontosabbá tette a multispektrális felmérés. Régészek és kutatók a festmények és korai kéziratok vizsgálatában és azonosításában szintén nagy sikereket értek el e technológia segítségével. A multispektrális felmérések egy egészen különleges és izgalmas felhasználási területe az alkímisták szövegeinek és használati tárgyainak tanulmányozása. A kamera segítségével azonosíthatóak a különböző foltok és szabad szemmel láthatatlan maradékok, és kémiai anyagokról készített felvételekkel összevetve megállapítható, hogy milyen alapanyagokat használhattak a kémikusok. Jól látható, hogy a 2000-es évek eleje óta a technológia számos területen állta meg a helyét, most azonban a katonai támaszpontok, kutatóállomások és laborok után a hazai gazdák is élvezhetik az előnyeit.”⁵



4. ábra: A képen egy RGB fotó és NDVI index fotó közti különbség látható. (forrás:

<https://www.copters.eu/img/cms/dji-phantom-4-multispectral/phantom-4-multispectral-5.jpg>)

⁵ <https://mezohir.hu/2021/07/17/monitoring-a-precizios-gazdalkodasban-mezogazdasag/>

„Az **RGB** szintér egy olyan additív színmodell, ami a vörös, zöld és kék fény különböző mértékű keverésével határozza meg a különböző színeket. Az elnevezése ezen három alapszín angol megfelelőinek első betűiből ered: Red (piros), Green (zöld), Blue (kék). Elsődlegesen elektronikai eszközök és a számítástechnika terén alkalmazzák, pl.: képernyők, kijelzők, érzékelők esetén.”⁶

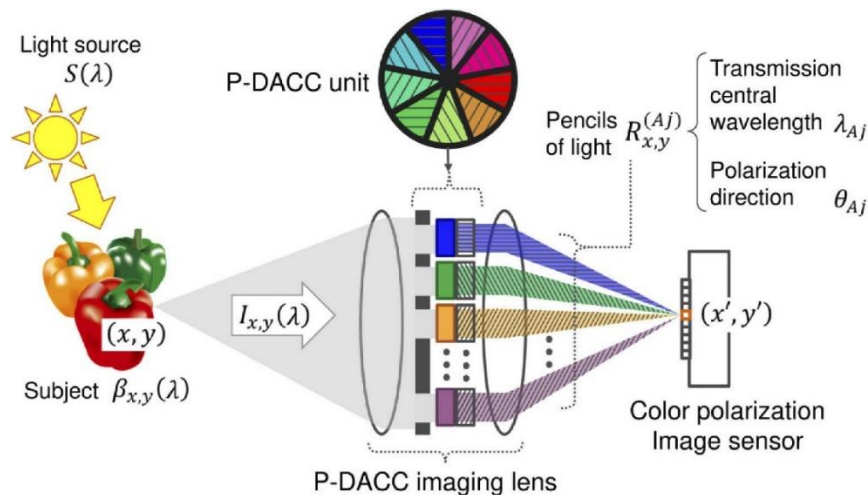
„Az **NDVI** az egyik legismertebb vegetációs index, mely a növényzet vegetációs aktivitását méri. Azt vizsgálja, hogy a fotoszintézisben hasznosítható hullámhossz tartományba eső fényből mennyit nyel el a növény. Minél élénkebb a fotoszintézis, illetve minél több a fotoszintézist végrehajtó növényi felület, annál többet. Az NDVI térkép képet ad a vegetációs aktivitás és a vegetáció mértékének táblán belüli különbségeiről. Ezáltal hasznos információ a táblán belüli heterogenitás megítélésében, és felhívhatja a figyelmünket a táblán belül előforduló problémák (belvíz, elhúzódó kelés, tápanyaghiány, vadkár, növény betegség) előfordulására. Az okok felderítésére viszont már nem elegendő. Több tábla térképét, illetve az egyes táblákon az NDVI alakulását végig kísérve követhető a növényzet fejlődése, összehasonlítható különböző fajták, hibridek vagy eltérő növénytermesztési technológiák hatása. Igaz, ezek továbbra sem egzakt értékek, de támpontot adhatnak.”⁷

Hogyan működik egy multispektrális felmérés.: „A felmérés során egy speciális eszköz, a multispektrális kamera a vizsgált tárgyáról, mezőgazdasági felhasználás esetén általában növényekről visszaverődő fényt vizsgálja különböző hullámhosszokon. A kamerák különlegessége abban rejlik, hogy az emberi szem által látható piros, zöld és kék színeken túl az infravörös és az ultraviola sugárzást is képesek rögzíteni, valamint jellemzően egy nagyfelbontású hőkamerával is rendelkeznek, így számos plusz információt megtudhatunk a vizsgált tárgyról. A különböző hullámhosszokon mért eredmények összegzésével átfogó képet kapunk a növényeink állapotáról (**5. ábra**). Az elkészült elemzés megértéséhez nem kell fizikusnak lenni, a feldolgozó szoftverek egy könnyen értelmezhető jelentést állítanak össze számunkra. A kamerát bármilyen eszközre felszerelhetjük, de mezőgazdasági felhasználás során ipari drónok segítségével érhetjük el a leggyorsabb és legpontosabb eredményeket.”⁸

⁶ https://hu.wikipedia.org/wiki/RGB_sz%C3%ADnt%C3%A9r

⁷ <https://www.axial.hu/ndvi>

⁸ <https://mezohir.hu/2021/07/17/monitoring-a-precizios-gazdalkodasban-mezogazdasag/>



5.ábra: Optical layout of the nine-band multispectral camera head.

(A kilencsávós multispektrális kamerafej optikai elrendezése.)

(forrás: <https://opg.optica.org/oe/fulltext.cfm?uri=oe-28-23-34536&id=442081&ibsearch=false>)

2.4. Permetezés UAV segítségével

„A drónok mindennapos mezőgazdasági felhasználása sokak számára még ma is sci-finek tűnik, és a legtöbb esetben a kérdés után érdeklődők is csak pár éve ismerkedtek meg a pilóta nélküli légi járművek agráriumban betöltött szerepével. Mindezek ellenére a napjainkban hírnévre törő technológiai újdonságok mögött évtizedes tesztelés, fejlesztés és történelem áll. A folyamatosan növekvő népszerűségnek és a közelmúltban megjelent precíziós pályázati felhívásnak köszönhetően a mezőgazdasági drónok végre lekerülhetnek a tervezőasztalról oda, ahova mindig is tervezték őket: a gazdák kezébe.

A kezdetek: A nehezen megközelíthető területek, a gépek által okozott taposási károk és a precíz foltkezelés kivitelezésének nehézsége mind olyan szempont, amely központi szerepet játszott abban, hogy a mezőgazdászok elkezdjenek a légi permetezés lehetőségén gondolkodni. Logikus lépésnek tűnhet a jól működő repülőgépek átalakítása, azonban a pilóta által irányított légi járművek több szempontból is alkalmatlanok voltak a pontos és precíz munkavégzésre, ráadásul a munkavégzés hatékonyságával kapcsolatban is problémák merülhettek fel. Természetesen számos olyan feladat van, amelyre tökéletes megoldást kínáltak a permetező-repülőgépek, és sok területen ma is használják őket, de korlátjaik miatt nem tudtak megoldást nyújtani a klasszikus technológiák hiányaira. A technológia fejlődésének köszönhetően azonban születőben volt egy új eszköz, amely forradalmi újításokat hozott a mezőgazdaság számára.

Motoros szán és helikopter

Az 1980-as évek elején már volt néhány olyan kísérleti, pilóta nélküli légi jármű, amelyeket különböző mezőgazdasági problémák megoldására szerettek volna kifejleszteni a tervezők, az igazi áttörés azonban 1983-ban érkezett, Japánból. A szigetországra ebben az időszakban rendkívüli gazdasági és technológiai fellendülés volt jellemző, a mérnökök új generációja pedig lelkesen kereste a fejlesztési lehetőségeket. Az innovációs kutatásokba az állam is gyakran befektetett, így jött létre a már akkor is világhírű Yamaha és a Mezőgazdasági, Erdészeti és Halászati Minisztérium együttműködése, amelynek célja egy mezőgazdasági felhasználásra alkalmas pilóta nélküli légi jármű tervezése volt. A mérnökök a kezdetektől fogva egy miniatűr helikoptert szerettek volna építeni, azonban a megvalósításhoz számos akadályt le kellett küzdeniük. A fejlesztés kezdeti stádiumában motorosszán-alkatrészek felhasználásával próbálták megalkotni az eszközt, de az 1987-ben bemutatott R-50 (**6. ábra**) névre keresztelt drón már egy lekicsinyített helikoptermotor segítségével emelkedett a magasba. A robbanómotorok használatának szükségességét a korabeli akkumulátorok fejletlensége okozta. Pár éves tesztelési fázis után, 1991-ben a technológia felhasználása állami engedélyt kapott, és egy évvel később megrendezték a pilóta nélküli helikopterek első versenyét is. Az R-50 megkérdőjelezhetetlen hatással volt az ipari drónok fejlődésére, hiszen ez volt az első, széleskörűen elérhető, permetezésre használható pilóta nélküli eszköz, és 15 kilogrammos teherbírása az összetett rendszerek szállítására is alkalmassá tette.



6. ábra: Yamaha R-50 repülés közben (https://global.yamaha-motor.com/stories/history/stories/img/0028/pic_002.jpg)

2 millió óra a levegőben.

Bár az R-50 sikere után számos vállalat kezdett ipari drónokkal kísérletezni, az úttörő helikopter jogos utódja szintén a Yamahától érkezett. Az 1997-ben bemutatott Rmax az R-50 továbbfejlesztett verziója volt. A pilóta nélküli helikopter ugyan még mindig fosszilis üzemanyaggal működött, de hatékonyságával, automatizált működésével és egyszerű kezelésével kijelölte az utat a jövő permetező drónjai számára. A modell jelentős nemzetközi sikereket ért el, sokak számára ez az eszköz tette egyértelművé a mezőgazdasági drónok elkerülhetetlen előretörését. A mai napig használt pilóta nélküli helikopterek a gyártó számításai szerint már több mint 2 millió órát töltöttek a levegőben.

A drónok évszázada

A Yamaha Rmax (7. ábra) által népszerűvé vált okosmegoldások és automatizált működés a 2000-es évek elejére a permetező drónok legfontosabb ismérvei lettek. Az üzemanyagtartályokat nagy teljesítményű akkumulátorok, a helikoptereket quadro- és hexacopterek (négy- és hatrotoros gépek) váltották le, de a könnyű kezelés és sokoldalú felhasználás továbbra is a pilóta nélküli légi járművek legnagyobb előnyei közé tartozott.



7. ábra: Yamaha Rmax permetezés közben. (forrás: yamahamotorsports.com)

A technológia fejlődésének köszönhetően a mezőgazdasági drónok (8. ábra) szerepe megkérdőjelezhetetlenné vált. Számos új drónipari vállalkozás született, amelyek közül szinte kivétel nélkül mindegyik fejlesztett mezőgazdasági felhasználásra alkalmas eszközöket. 2015-ben ezt az egyik leggyorsabban fejlődő vállalat, a DJI is megtette. Az Agras MG-1Sa permetező drónok erődemonstrációja volt. A lakossági és hobbidrónok tervezésével foglalkozó vállalat munkáját a világ minden tájáról figyelemmel kísérték, így a mezőgazdasági drón megjelenése soha nem látott tömegeket ért el. A nagy teljesítményű akkumulátorok, a modularitás és a

rendkívüli pontosság az Agras MG-1S olyan tulajdonságai, melyek vélhetően évtizedekig meghatározó jellemzői lesznek a permetező drónoknak.



8. ábra: DJI Agras T10 és T30 permetező drónok (forrás: <https://abzdrone.com/blog/uj-fejezet-a-permetezo-dronok-torteneteben/>)

Hazai pályán

Az egyre erősödő nemzetközi versenyből kitűnik a WJH20 permetező drón, amely a Magyarországon az ABZ Drone és a Mould Tech által közösen fejlesztett permetezőrendszer és hordozója, a Drone Volt Hercules 20 ipari drón egyesítését jelenti. Mint a generáció összes modelljére, a magyar rendszerre is a precizitás és az okosmegoldások jellemzőek. Ilyen megoldás többek között a rotorszél felhasználása, és az állítható, 98%-ban azonos cseppméret. Az egyedi szórófejnek és cseppképzésnek köszönhetően a permetezés során akár 90%-os víz- és 50%-os növényvédőszer-megtakarítás érhető el. A 10 literes tartállyal felszerelt eszköz hétméteres munkaszélességgel rendelkezik, így akár napi 60 hektárt képes lefedni. A kifinomult irányítással a kieső és nehezen megközelíthető helyek is könnyen kezelhetők. A technológiai újításokon túl a permetező drón előnye, hogy speciális magyarországi és európai viszonyokra tervezték. A NAIK által is minősített eszköz a hazai gazdák számára lehetőséget nyújt a technológia megismerésére és hatékony felhasználására.

A történelem új fejezete

A technológia fejlődésével egyre több felhasználóhoz jutnak el a permetező drónok. Vannak olyan országok, ahol mindennapos jelenség a pilóta nélküli légi járművek mezőgazdasági felhasználása, míg máshol még csak ismerkednek ezekkel az eszközökkel. A magyar gazdák a mezőgazdasági drónok felhasználásának új fejezetéhez érkeztek.”⁹

⁹ <https://abzdrone.com/blog/uj-fejezet-a-permetezo-dronok-torteneteben/>

2.4.1. Permetező drónok elterjedése a világban

A világon talán Kínában a legkiemelkedőbb a drónok teljes körű felhasználása. „A rengeteg felhasználó és gyártó közül az XAG társaság széleskörű szolgáltatást nyújt 29 kínai provinciában és a világon 38 országban. Kínában a cég által kezelt terület 2018-ban elérték a 20 millió hektár területet.

A mezőgazdasági forradalom lehetőségeit kihasználva a XAG társaság megkezdte a drónok és a mesterséges intelligencia bevezetését a termelés növelése érdekében. A cég UAS gyümölcsös permetezési megoldásai segíthetik a farmereket, a magas minőségű kertészeti termények csökkentett víz és növényvédőszer felhasználási technológiájának alkalmazásában. A társaság folytatja szoros együttműködését globális partnereivel a digitális és okos mezőgazdasági eljárások fejlesztésében annak érdekében, hogy a lokális problémákat globálisan lehessen megoldani. Az általuk kifejlesztett, szabadalmaztatott és gyártott mezőgazdasági drónok, szenzorok, és egyéb digitális eszközök alkalmasak a precíziós permetezésre, granulátum szórásra, térképezésre és a növények valós idejű monitoringjára.”¹⁰

Kínában évente 211,4 millió tonna rizst termelnek évente, ami a globális kínálat 28%-át adja így az első helyen állnak a világon. „Néhány rizsföld teraszos (9.ábra) megoldása pl.: dél kínai szigeteken több mint kétezer éve terjedt el. Ezek a látványos tájak a rizstermelők találékonyságáról tanúskodnak. A síksághoz hasonlóan, 40 és 60 cm magas gátak hálózatát is sikerült létrehozniuk és fenntartaniuk, biztosítva körülbelül 10-15 cm-es vízszintet, amelyre a rizsnek szüksége van a normális fejlődéshez.”¹¹



9.ábra: Teraszos rizstermesztés (forrás:

<https://sokszinuvidek.24.hu/eletmod/2018/06/06/magyar-rizs-nagyon-is-letezik-raadasul-glutenmentes/>)

¹⁰ <https://agroforum.hu/agrarhitek/gepinfo/a-kinai-xag-agri-tech-orias-20-millio-hektar-területen-alkalmazza-novenyvedo-dronjait/>

¹¹ https://hu.frwiki.wiki/wiki/Culture_du_riz

A teraszosan művelt területek kezelése (**10. ábra**) bonyolult, időigényes és kemény kézi munkát igénylő folyamat. A permetező drónok segítségével köszönhetően ezeknek a folyamatoknak egy része meggyorsítható a kezelt területek nagysága növelhető. A modern UAV rendszerek 3D felmérő rendszerüknek köszönhetően automatikusan képesek repülni ezeken a bonyolult és nehezen megközelíthető területeken. A precíz differenciált kijuttatás eredménye képen a gazdák pontosan a megfelelő mennyiségű vegyszert és műtrágyát képesek adott területre kiszórni ezzel is védve a környezetet, ami a modern gazdálkodás elengedhetetlen része.

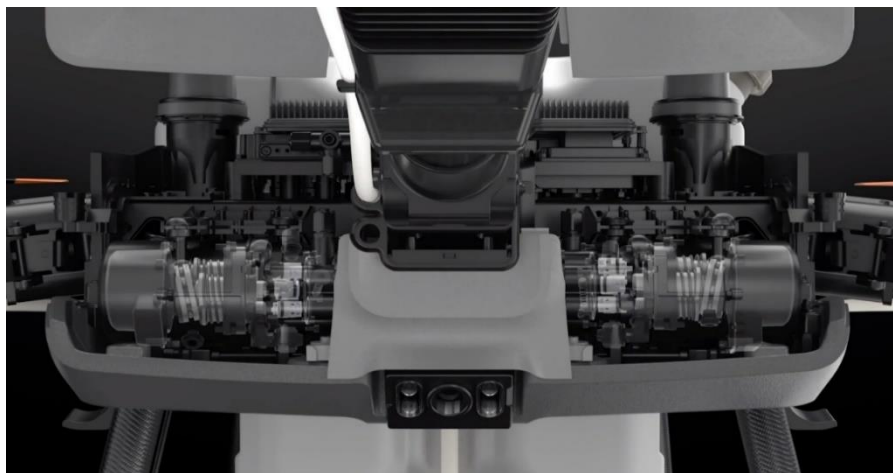


10. ábra: XAG P40 permetezés közben (forrás: <https://www.commercialdroneprofessional.com/xag-introduces-rice-seeding-drone-to-mitigate-labour-shortage/>)

2.4.2. A permetező drón működésének bemutatása DJI Agras T30-on keresztül

Az Agras T30 mezőgazdasági permetező drón 30 literes tartállyal rendelkezik melyből a permetlét 16 nagy teljesítményű fűvókán keresztül juttatja a kezelt területre. A független frekvenciaátalakítás vezérléséhez 8 szolenoid szelepkészlettel van felszerelve az egyenletes szórás kép biztosítása érdekében. A vízszintesen fekvő egymással szemben levő 6 hengeres kettős dugattyús szivattyúk (**11. ábra**) nagy teljesítményt képesek nyújtani a permetezéshez és ezáltal akár 8 liter/perc áramlási sebességet is képesek biztosítani. A drón karjai több pozícióban állíthatók ennek köszönhetően a különböző növényvédő szerek nagyobb mennyiségben képesek áthatolni a lombkorona felső rétegén továbbá a fák törzséhez közelebb eső, valamint lentebb fekvő levelekhez is eljut a hatóanyag. Optimális esetben, akár 16 hektáros terület képes permetezni mindössze egy óra alatt, köszönhetően a 9 méteres szórási szélességnek. A drón orrán és hátuljára felszerelt két darab FPV (first-person view) kamera biztosítja a távolabbi

repülések ellenőrzését. A régebbi modelleken egy irányba összpontosított radarokat helyeztek el az újabbakon 360 fokban érzékelő radar található (omnidirekcionális akadályérzékelés) ezáltal automatikusan kerülnek el az újukba kerülő akadályokat napszaktól függetlenül. A teljesen zárt és vízhatlan (IP67) burkolatnak köszönhetően védett a környezeti viszonyoktól és így könnyű a tisztítása. A gyors akkumulátorcsere lehetővé teszi, hogy a tervezett folyamat minél rövidebb időre szakadjon meg. Az akkumulátorok teljes visszatöltése biztosítható a saját gyorstöltő rendszere segítségével 15 percen belül. Az akkumulátorok maximális teljesítményét a gyártó 1000 töltési ciklusig, vagy 2000 hektár munkavégzésig garantálja.



11.ábra: DJI Agras T30 6 hengeres kettős dugattyús szivattyúk (forrás: <https://www.dji.com/hu/t30>)

2.4.3. A permetező drónok pozitív tulajdonságai

- Jelentősen csökken az üvegházhatású gázt képző üzemanyag felhasználása
- Nincs taposási kár, talajtömötődés
- RTK alapú akár 1,5-2 cm pontos sortartás
- Időjárás független művelet kivitelezése (esőzés után sáros terület)
- Precíz permetlé kijuttatás
- Vízmegtakarítás
- Növényvédőszer megtakarítás
- Differenciált kijuttatás, preemergens (megelőző) kezelés lehetősége, vagy lokális foltok kezelése az egész tábla helyet
- Könnyű kezelhetőség

A megelőző kezelések alkalmazás jelenleg nem elterjedt módszer Magyarországon. A technológia fejlődésével azonban egyszerűbb lesz az ilyen jellegű kezelések lebonyolítása. Az Európai Bizottság egyre nagyobb mértékben tiltja meg a növényvédőszer hatóanyagainak felhasználását. A gyakran ismétlődő egyoldalú hatóanyag felhasználás azonban a növényekben rezisztenciát okozhat, ami hosszú távon még nagyobb problémát okozhat a növényvédő szereket gyártóknak és alkalmazóknak egyaránt. A megelőző, differenciált kezelésekkal a rezisztencia kialakulását jelentősen lassíthatjuk, a meglévő egyre kevesebb hatóanyag tartósságát megőrizhetjük, illetve a kevesebb vegyszer felhasználása jelentős költséget takarít meg a gazdálkodóknak.

3. A vizsgálatok módszerei

A vizsgálat célja bemutatni a drónos permetezés előnyeit és környezetre gyakorolt pozitív hatását, valamint a multispektrális felmérésekből nyert adatok felhasználását egy kisgazdaságban elvégzett kísérleti beavatkozás példáján keresztül.

3.1. A kezelt terület bemutatása

A kísérletben szereplő terület egy magán tulajdonban lévő bérelt terület. Ez a terület Ercsi (Fejér Vármegye) lakott területén kívül található (**12 ábra**). A környéken előforduló számos talajtípus előfordul pl.: mezőségi, szikes és réti talajok. A 3,5 hektáron elterülő kaszálót a vizsgálatok alapján réti talajnak sorolták be. „E talajok keletkezését az időszakos túlnedvesedés az időszakos felületi vízborítás vagy a felszín közeli talajvíz alakította. Többnyire mélyen fekvő, vízjárta területen alakulnak ki (Duna közelsége). A vízhatásra beálló levegőtlenesség következményei sötét színű szerves anyag felhalmozódása és az ásványi részek redukciója. Termékenységük a kémiai és fizikai tulajdonságoktól, valamint a talajvíz átlagos mélységétől függ. Eredeti tulajdonságaik egy része kedvezőtlen, nagy az agyag- és holtvíz tartalmuk, nagy a vízvisszatartó és gyenge a vízvezető képességük. Lassan melegednek fel, amely tavasszal hátrány, nyáron viszont előny. Tavasszal magas a belvízvesztés, nagyobb esőzések után gyors nedvesség-túltelítődés a jellemző. A nagy agyagtartalom és a szélsőséges nedvesséviszonyok folytán nehezen művelhetőek.”¹²



12. ábra: Kísérleti terület 3,5 ha (45°14'15,85" É 18°53'24,50" K (forrás: Google Earth Pro, saját szerkesztés)

¹² Birkás Márta: Talajművelési ABC, Réti talajok művelése

3.1.2. A kezelés indoklása

A fentnevezett területen agrotechnikai beavatkozások történtek a jobb hozam érdekében felszántották majd téli pihentetést követően tavasszal kombinátorral elmunkálták majd az alábbi fűkeverékekkel két menetben (**1. táblázat**) tavasszal bevetették.

Első körös vetés:

Kaszáló standard fűkeverék	Csomós ebír	<i>Dactylis glomerata</i>	10%
	Nádkéjú csenkesz	<i>Festuca arundinacea</i>	10%
	Réti csenkesz	<i>Festuca pratensis</i>	15%
	Angol perje (diploid)	<i>Lolium perenne</i>	20%
	Angol perje (tetraploid)	<i>Lolium perenne</i>	20%
	Olasz perje	<i>Lolium multiflorum</i>	15%
	Réti komócsin	<i>Phleum pratense</i>	10%

Második körös vetés:

Kaszáló szárazságtűrő / Prémium	Magyar (Árva Rozsnok)	<i>Bromus inermis</i>	10%
	Csomós ebír	<i>Dactylis glomerata</i>	15%
	Nádkéjú csenkesz	<i>Festuca arundinacea</i>	15%
	Réti csenkesz	<i>Festuca pratensis</i>	20%
	Angol perje	<i>Lolium perenne</i>	30%
	Réti komócsin	<i>Phleum pratense</i>	10%

1.táblázat: felhasznált fűkeverékek

A vetést követően a területen elszaporodott a vadrepce (*Sinapis arvensis*) amely nem kívánatos növény a takarmányban mert nagy mennyiségben mérgező növény így elhullást is okozhat. Ennek következménye képen vegyszeres gyomirtásra volt szükség, de konvencionális permetező segítségével nem volt megvalósítható, mert a csapadékos időjárás miatt a talajvízzel telített volt.

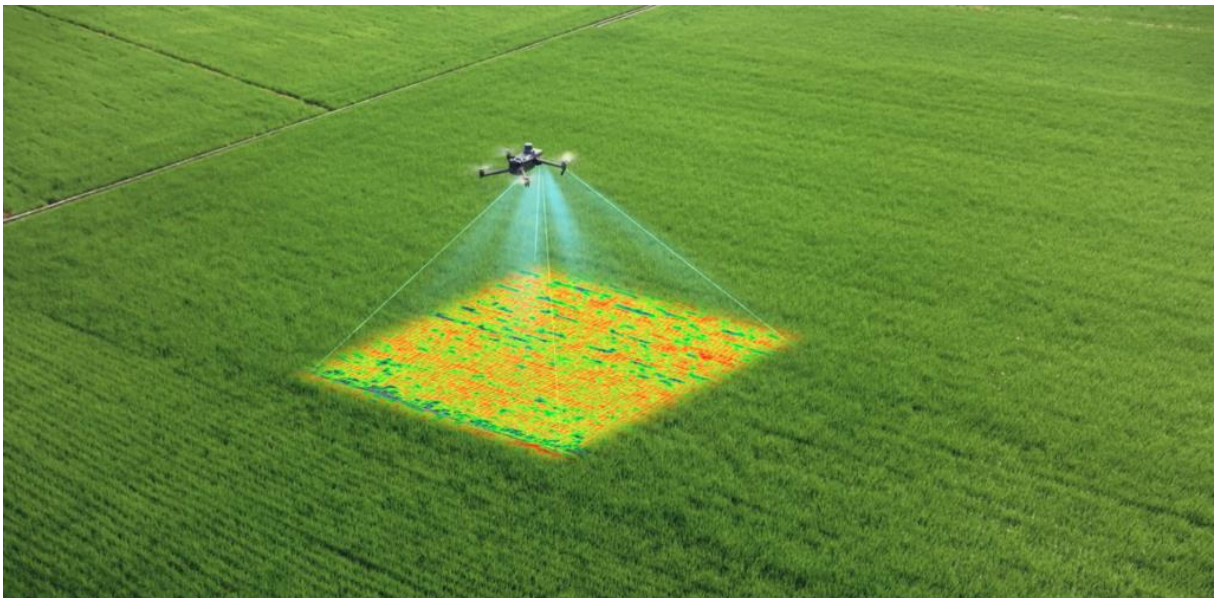
3.2. A terület felmérése

A terület felmérése UAV (DJI Mavic 3M) segítségével történik ezért az első és legfontosabb feladat tájékozódni a repülésre alkalmas időjárásról. Ha az időjárás megfelelő a következő lépés műveleti terület kijelölése, akadályok felmérése (belógó ágak, villanyoszlopok és egyéb tárgyak, amik zavarhatják az akadálytalan repülést). Ezt követően kijelölésre kerül a megfelelő fel és leszálló hely. Ezek után felállításra kerül az általunk használt RTK bázis

állomás, ami biztosítja az UAV számára a 1 cm-es pontosságot. Közben üzembe helyezzük és ellenőrizzük az UAV állapotát és meggyőződünk arról, hogy a biztonságos repülésre alkalmas az eszköz.

A repülést megelőzően MyDroneSpace alkalmazásban légteret foglalunk a biztonságos repülés érdekében. Az RC távirányítón Google Térkép alapján manuálisan kijelöljük a lerepülendő terület határait majd az UAV a beállított paraméterek alapján megtervezi az útvonalat, ha ez megfelel, elfogadjuk és az UAV autonóm üzemmódban teljesíti a repülést. Repülés közben a kijelölt feladatnak megfelelően multispektrális fényképeket készít (**13. ábra**), amiket a későbbiekben térképek készítéséhez és 3D permetezési útvonalak elkészítéséhez használunk fel.

A kapott georeferált mutispektrális felvételeket a DJI Terra¹³ programban dolgozzuk fel.



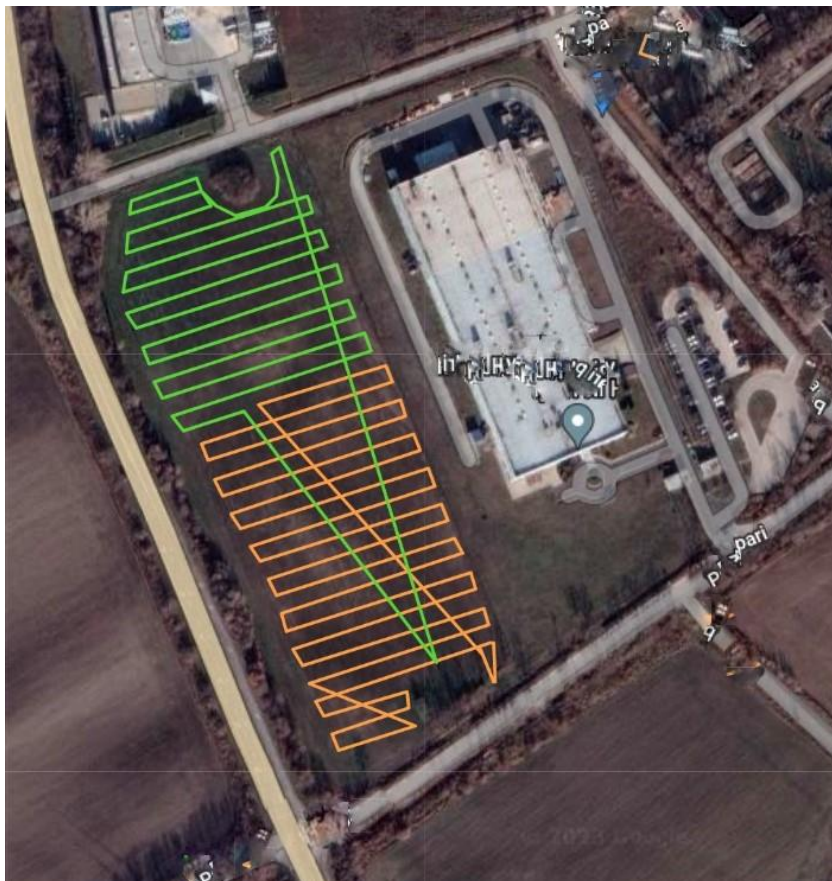
13. ábra: DJI Mavic 3M felmérés közben (illusztráció) (forrás: <https://thedronecentre.ae/introducing-the-mavic-3-multispectral/>)

3.2.1. Szerzett adatok feldolgozása

A DJI Terra programba beillesztjük a kapott nagy felbontású képeket, ezt követően a program rekonstruálja a területet (ami azt jelenti, hogy az éppen aktuális Google műhold képeivel összehasonlítja a georeferáció alapján). Az így rekonstruált térképen ki tudjuk jelölni pontosan az esetleges akadályokat, ebből adódóan a permetező drónnak repülés közben nem

¹³ A DJI saját fejlesztésű fotogrammetriai szoftvere multispektrális adatok feldolgozására.

kell az akadály elkerülő rendszerére támaszkodnia, ami gyorsabb és biztonságosabb repülést eredményez. A térkép felhasználásával lehetőség van differenciált (lokális) kijuttatásra vagy komplett tábla permetezésére. Megtervezzük a repülés szempontjából legoptimálisabb útvonalat (14. ábra) és beállítjuk a kijuttatandó víz, növényvédő és cseppnehezítőszer mennyiségét.



14. ábra: Repülési terv a konkrét kezelni kívánt területre (DJI Terra, saját szerkesztés)

3.3. Permetezés DJI Agras T30 drón segítségével

A művelési területre érkezés után az első legfontosabb teendő a helyszín biztosítása és a fel- és leszálló terület kijelölése (Home Point). Ezek után a drón üzembehelyezése következik (15. ábra), aminek fontos része az egyes alkatrészek állapotának felmérése (ha ez otthon nem történt meg). A repülés előtti ellenőrző lista kitöltése után a megfelelő engedélykés és jogosítványok birtokában a repülés végrehajtható. A pontosabb repülés biztosításához szükséges az RTK-bázisállomás beüzemelése. A repülés megkezdése előtt elengedhetetlen tájékozódni vizuálisan és programok segítségével az időjárásról. 5 m/s-nál nagyobb szélereősség esetén a művelet nem megkezdhető.

A következő lépés az előzetesen elkészített multispektrális útvonal feltöltése a permetező drónba, és a kijuttatásra vonatkozó egyedi beállítások elvégzése.



15.ábra: Permetezés előtti előkészületek (saját kép)

A permetezésre vonatkozó bekeverési arányokat az alábbi táblázat (**2. táblázat**) szemlélteti.:

megnevezés	dózis / ha	felhasznált mennyiség
Dezormon (herbicide)	1,2 l	4,2 l
víz	250-300	105 l
Droppmax cseppnehezítő	0,1 l / 100 l	1,05 dl

2. táblázat: A permetezéshez felhasznált anyagok

A mellékelt táblázatban foglalt arányokat követve a segéd pilóta egy különálló edényben elvégzi a bekeverést és feltölti a drón tartályát. Ezt követően a pilóta megkezdheti a permetezést a segéd pilóta pedig folyamatos vizuális ellenőrzést végez a területen (nagyobb terület esetén

URH rádiók segítségével). A drón autonóm üzemmódban végzi a műveletet a pilóta csak akadály vagy nem várt probléma felmerülésekor avatkozik közbe, kritikus hiba esetén a drón a tartózkodási helyén automatikus leszállást hajt végre. A tartály kiürülésekor megszakítja a repülési útvonalat és visszatér a felszálló pontra, ahol a segédpilóta elvégzi az újra töltést és akkumulátort cserél miközben a pilóta ellenőrzi a gép állapotát. Ha minden rendben a drón felszállhat és visszatér az útvonal azon pontjához, ahol megszakította a permetezést és folytatja a megkezdett munkát. A program sor addig folytatódik amíg a művelet véget nem ér, ezt követően automatikusan visszatér felszállási pontra. A precíziós beállítási lehetőségeknek köszönhetően nem marad permetlé a tartályban, de ha mégis akkor hússzoros hígításban a vegyszer kiönthető. A permetezés végeztével a feladatok még nem értek véget. Otthon a drón megfelelő tisztítása és műszaki állapotának ellenőrzése szükséges. Az akkumulátorok visszatöltése a tárolási kapacitásra elengedhetetlen. A repülés adatainak kiértékelése után az általános repülési napló elkészítése és online térbe történő dokumentálása a munka befejező lépése. A repülési naplót ellenőrizheti a kijelölt hatóság.

3.3.1. Permetezés konvencionális szántóföldi permetezővel

Ebben fejezetben szeretnék rávilágítani a konvencionális és a drónos permetezés közötti különbségekre, kifejezetten a kezelt területre vonatkozóan.

Vontatott szántóföldi permetező (**16. ábra**) esetén az alábbi mennyiségek kerülnének felhasználásra a kijelölt 3,5 hektáros területen:

- víz: 1050 liter
- Dezormon gyomirtó: 4,2 liter

24 méteres permetező keret szélesség esetén, művelőkerekkel használatával (John Deere 6 széria 320/85R32 gumiméret). A teljes lefedettséghez öt nyom taposása szükséges plusz a két oldali forgók ezáltal taposási kár ezen a területen 3,7% a forgókat beleszámolva.



16.ábra: Konvencionális vontatott permetező (forrás: <https://www.truck1.hu/mezogazdasagi-gepek/vontatott-permetezok/boguslav-group-agro-titan-30001-24m-a6605971.html>)

A terület adottságai miatt (erdőfolt, fa belógások) további veszteségek keletkeznek, a szűkebb részekhez 24 méteres kerettel nem lehet hozzáférni. A mellékelt ábrán feltüntetett terület 0,07 hektár (**17. ábra**).



17. ábra: Konvencionális permetezés során kimaradó terület (forrás: Google Earth (saját szerkesztés))

Az ábrán is jól látható kihagyások és a nagy mértékű taposási kár, valamint víztakarékosság miatt előnyösebb volt a terület drónos permetezése. A jelenlegi magas üzemanyag és üzemeltetési árak mellett konvencionális munkagépekkel ellentétben a drónos beavatkozás költséghatékonyabb kis gazdaságok számára. A permetezés alatti fogyasztás erőgéptől függően nagyjából 8-9 liter gázolaj hektáronként (MTZ 80). Ez azt jelenti, hogy az adott területen hozzávetőleg 28 liter gázolaj került volna felhasználásra. Szántóföldi permetező alkalmazása esetén minimum két ember jelenléte szükséges. Mivel közúton a tartályba előre bekevert permetlével nem lehet közlekedni a keverést a munkaterületen szükséges elvégezni, ezért egy vízszállító erőgép alkalmazására is szükséges van, ami további költségeket eredményez. A víz átfajtása és a permetlé bekeverése odafigyelést igénylő feladat ezért időigényes. A munkavégzés időtartama nő ezért a munkafolyamatban résztvevők bérköltsége is növekszik. Bérgepek alkalmazása esetén a kivonulás költségével is számolni kell.

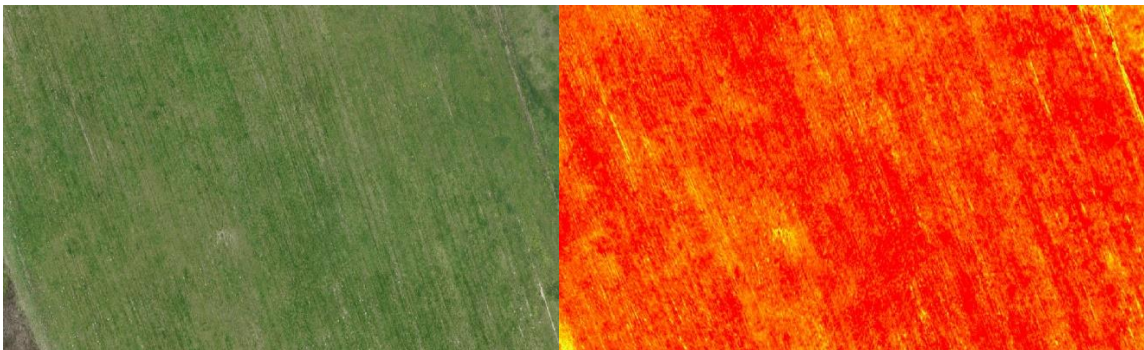
4. Eredmények és értékelésük

4.1. A Repülés értékelése

A levegőben (3,05m) végrehajtott művelet autonóm végrehajtása nem enged meg hibákat. A modern drónok pontosabb munkát képesek végrehajtani, mint bármely jelenleg használatban lévő repülő vagy helikopter. a jelenlegi újra töltési sebességgel és 9 méteres munkaszélességgel a T30-as drón 8 órás műszakra vetítve egy 24 méteres munkaszélességű konvencionális permetezővel képes lépést tartani taposási kár és magas üzemeltetési költségek nélkül. A könnyű telepítésnek és kezelésnek köszönhetően a repülés gyors és egyszerű. A nagyon fejlett 3 dimenziós akadály értékelő érzékelőknek köszönhetően az ütközés kockázata rendkívül alacsony így az eszköz irányítása nem igényel magas szintű képzettséget.

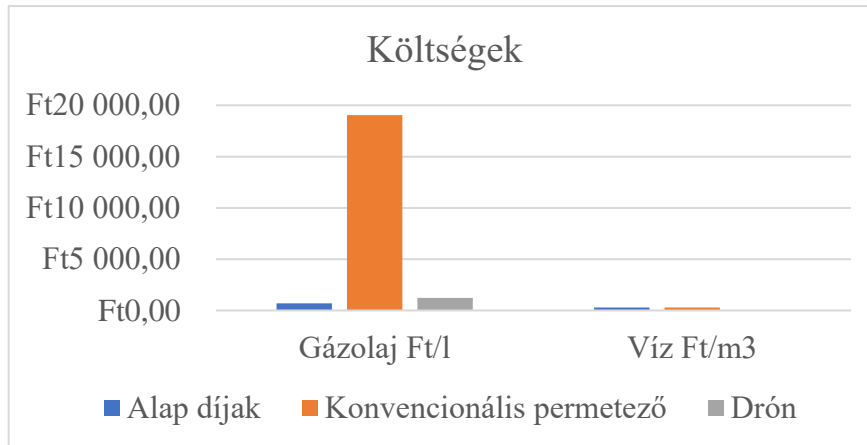
4.2. A kezelés eredményei, költségek, anyagszükséglet

A munkaterületre három hét múlva tértünk vissza. Az időjárás megengedte ezért a 3,5 hektáron ismét repülést hajtottunk végre. A multispektrális drónnak köszönhetően a felmérés nagyon rövid idő alatt elkészíthető és elemezhető (**18.ábra**). A frissen elkészített felvételeket laptopon DJI TERRA szoftverrel ismét kielemeztük. A képeken jól láthatóan a vadrepce egyértelműen a vegyszer hatásait mutatta. A környezet felméréséből származó információk alapján vegyszer elsodródás nem volt tapasztalható sehol. A vetett kultúra fitotoxicitást nem mutatott. Nem látszódtak sárguló, perzselődött vagy spirálisan csavarodó levelek, a növények fejlődése nem lassult a csökkentett vízmennyiségű permetlé alkalmazása ellenére sem. A beavatkozás sikeresen zárult. A vízmennyiség csökkentése a precíz munka, valamint taposási nyomvonal hiánya jelentős költséget takarított meg. A technológia rendszeres használata hosszú távon a környezetvédelmi célok megvalósításának lehetőségét hordozza magában.



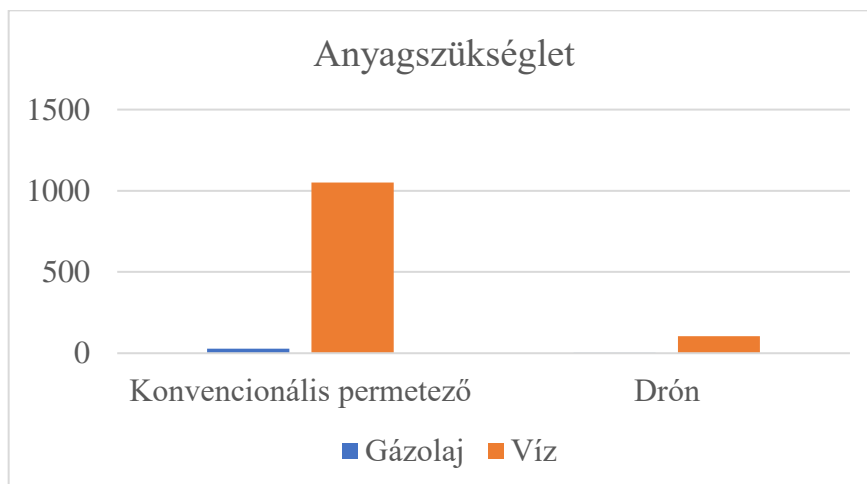
18.ábra: Multispektrális felvétel részlet a kezelendő területről (RGB, NDVI). (saját fotó DJI Terra)

A költségek (**1. diagram**) csökkentése a jelenleg kialakult gazdasági helyzetben (Covid-19, háború, energiaválság stb.) elengedhetetlen a gazdálkodók számára. A hosszútávú tervezéshez szükséges a fenntartható mezőgazdaság építése, amihez a különböző precíziós drón technológiák folyamatos beépítése a gazdálkodásba nélkülözhetlenné fog válni a jövőben.



1.diagram: Permetezési költségek a 3,5 hektáron a konvencionális és drónos módszer alkalmazásakor (Az árak 2022 tavaszához igazítva)

A permetezéshez az akkumulátorokat töltő aggregátor által felhasznált, illetve konvencionális permetezés során ugyan ehhez a művelethez felhasználandó gázolaj és víz mennyiségének különbségét a (**2. diagram**) szemlélteti.



2.diagram: A permetezéshez felhasznált víz és gázolaj mennyisége literben megadva a konvencionális és drónos módszer alkalmazásakor

A feltüntetett diagrammok jól tükrözik a felhasznált víz és gázolaj anyagi és mennyiségi különbségét. A terület növekedésével arányosan nő a megtakarítás. Olyan gazdaságokban, amelyek rendelkeznek lakossági vagy ipari méretű napelemes rendszerrel, ki tudják váltani az akkumulátorok aggregátorral való töltését így további költségeket takarítanak meg és csökken a környezetet terhelő károsanyagok kibocsátása.

5. Következtetések és javaslatok

Az elvégzett kísérleti repülésekből levonható tapasztalatok azt mutatják, hogy a technológia jó irányban halad. Véleményem szerint a jelenleg forgalomban lévő kémiai és biológiai növényvédőszer alkalmazása drónok esetében is megállja a helyét, de biztosan csak a megfelelő a hatóságok által engedélyezett szerek használatával tudunk növényvédelmi beavatkozásokat végezni. A drónok pozitív tulajdonságainak köszönhetően (2.4.2.) elterjedésük gyors ütemben zajlik. A kultúra taposását mellőzve hosszú távon jelentős termés mennyiség kiesést előzhetünk meg. Úgy gondolom, ha figyelembe vesszük a különböző szántóföldi gépek és drónok ökológiai lábnyomának különbségét, a felhasznált akkumulátorok által keletkezett veszélyes hulladék mennyiségét is figyelembe véve, a drónok okozta környezeti károk jóval kisebbek, mint a belsőégésű motorokkal üzemeltetett társaiké. Bízom benne, hogy a jövőben lehetőség nyílik olyan motor, illetve üzemanyag előállítására, ami mind a drónok mind a szántóföldi gépek károsanyag kibocsátását mérsékli vagy akár teljesen megszüntetni képes. Mind a multispektális és RGB kamerával felszerelt drónok alkalmazása kis és nagy gazdálkodóknak javasolt, hiszen a mezőgazdasági területek folyamatos monitoringozása nemcsak naprakész információval lát el, de a különböző kórokozók (gombák, vírusok stb.) elterjedése a legkorábbi stádiumban megakadályozható, ebből adódóan kevesebb növényvédőszer felhasználása indokolt.

A kísérletből levont következtetések alapján a látható, hogy a lehetőségeknek nem a maximumát használtuk ki. Valamivel több idő ráfordítása esetén pontosabb és elemezhetőbb felvételeket lehetett volna készíteni a területről, amelyek felhasználásával az egész terület permetezése helyett lokálisan a gyomnövények sűrűbb foltját tudtuk volna kezelni így jelentősebb mennyiségű herbicidet és vizet tudtunk volna megtakarítani a beavatkozás során. Ezzel a javaslattal és a kipróbált és a dolgozatomban bemutatott drónos permetezési módszer tapasztalata mellett, úgy gondolom, hogy a EU Green Dealben előírt növényvédőszer felhasználására vonatkozó 50%-os csökkentési előírás 2030-as határidővel teljesíthető. Miközben már nem a környezetvédelmi, hanem a gazdaságossági célok fogják vezérelni ezen célkitűzés elérését. Mindezek mellett foltkezelés segít megelőzni a növényekben kialakuló hatóanyag rezisztenciát, ami kiemelt fontosságú hiszen az Európai Bizottság egyre több hatóanyagot helyezett tiltólistára, környezetvédelemre való hivatkozással.

6. Összefoglalás

A modernizáció nagymértékben jelen van az agráriumban, talán a legnagyobb digitális forradalom közepén vagyunk. Az agrártermelés és piac folyamatos változása indokolja a precíziós technológiák egyre nagyobb mértékű alkalmazását. A termelési célok megváltoztak a termelészövetkezetek világa óta. A nagy területeken termelt kevés mennyiség ma nem elfogadható, kisebb területen többet és jobb minőséget kell termelnünk. Ezért törekednünk kell a modern elméleti tudás gyakorlatba való átültetésére. Biztos vagyok abban, hogy a közel jövőben nemcsak a multispektrális képalkotás de a drónokkal való permetezés is a mezőgazdaság szerves részévé fog válni. A mezőgazdasági területek taposása nélküli differenciált kijuttatás lehetősége nagyon sok pozitívumot hordoz magában. Amint a jogszabályi környezet rendeződik és megjelennek 100%-os biztonsággal alkalmazható kémiai és biológiai növényvédőszer a drónok elsősorban a légi permetezés többi résztvevőjét (helikopter, repülő) ki fogják szorítani a piacról, a technológia fejlődésével komoly ellenfelei lesznek a szántóföldi permetezőknél. Nemcsak a környezetvédelmi előírások és különböző dolgozatban felsorolt EU-s irányelvek betartása egyszerűbb ezeknek a technológiáknak a felhasználásával, de a rendkívüli módon megemelkedett üzemeltetési költségek radikális mérséklése is az alkalmazásuk mellett szól. Véleményem szerint nekünk, fiatal gazdálkodóknak kiemelt feladatunk környezetünk és termőföldjeink épségének hosszútávú megőrzése ezáltal az utánunk következő generáció egy biztosabb és jövedelmezőbb mezőgazdaságot örökölhessen tőlünk.

7.Köszönetnyilvánítás

1. Szeretnék köszönetet mondani Dr. Cserhádi Mátyás tanárúrnak a témaválasztásban és kidolgozásában nyújtott segítségéért, valamint, hogy naprakész információkkal látott el a dolgozat megírásához.
2. Szeretném hálámat kifejezni kollégámnak, segédpilótámnak Göncfalvi Zsoltnak a szakdolgozathoz végzett kísérleti repülések, a munkakörnyezetünk megtervezésében és megvalósításában nyújtott munkájáért cserébe.
3. Hálával tartozom apósomnak Kovács Imrének, aki a kísérleti beavatkozásokhoz input anyagokat, illetve a kijelölt területet szolgáltatta.
4. Köszönettel tartozom az ABZ Drone Kft. csapatának a kiválóan alkalmazható drón rendszerek beszerzéséért és a precíz tanfolyamok megszervezéséért, amik elengedhetetlenek a biztonságos és jogszerű üzemeltetéshez.
5. Illetve édesanyámnak Bacsó Beátának, aki nélkül a kísérletben használt eszközök beszerzése nem jöhetett volna létre.

8.Irodalomjegyzék

http1.: http://real.mtak.hu/135420/1/EuropaiZoldMegallapodas_CEEP_2021_Cikk_01.pdf

http2.: <https://www.kite.hu/tudastar/ams-rtk-kisokos/145>

http3.: <https://mezohir.hu/2021/07/17/monitoring-a-precizios-gazdalkodasban-mezogazdasag/>

http4.: <https://abzdrone.com/blog/uj-fejezet-a-permetezo-dronok-torteneteben/>

http5.: <https://agroforum.hu/agrarhirek/gepinfo/a-kinai-xag-agri-tech-orias-20-millio-hektar-teruleten-alkalmazza-novenyvedo-dronjait/>

http6: https://hu.frwiki.wiki/wiki/Culture_du_riz

http7: https://hu.wikipedia.org/wiki/RGB_sz%C3%ADnt%C3%A9r

http8: <https://www.axial.hu/ndvi>

Ambrus B. (2021): Robottechnika alkalmazási lehetőségei a szántóföldi növényvédelemben; Acta Agronomica Ovariensis vol. 62. No. 1.

Borhi A. (2022): Permetező Drónok Lehetőségek és korlátok a mezőgazdaságban

Bártfai Z. Blahunka Z. Bognár I. Faust D. SZIE Gépészmérnöki Kar, Mechanikai és Géptani Intézet (2018): Robotok a mezőgazdaságban

Popp J., Erdei E., Oláh J. (2018): International Journal of Engineering and Management Sciences (IJEMS) Vol. 3. (2018). No. 1
DOI: 10.21791/IJEMS.2018.1.15.: A precíziós gazdálkodás kilátásai Magyarországon
Outlook of precision farming in Hungary

Dr. Ocskó Z., Dr. Erdős Gy., Dr. Molár J. (2022): Növényvédő Szerek, Termésnövelő Anyagok

Dr. Vajdai I. (2000): Fontosabb Szántóföldi Gyomnövények

Dr. Birkás M. (2017): Talajművelési ABC

Dr. Birkás M. (2017): Földművelés és Földhasználat

9.Nyilatkozat

NYILATKOZAT

Alulírott _____ Farkas Bence _____, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, _____ Szent István _____ Campus,

_____ Mezőgazdasági Mérnök _____ szak levelező tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem.

Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: NEM

Kelt: ___2023___ év ___április___ hó ___27___ nap



Hallgató

NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Záródolgozatot/Szakdolgozatot/Diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam. A Záródolgozatot/Szakdolgozatot/Diplomadolgozatot záróvizsgán történő védeésre

javaslom /nem javaslom*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: ___2023___ év ___április___ hó ___27___ nap



Belső konzulens