

SZAKDOLGOZAT

Bogdán Boróka

Bogdán Boróka

2025



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Budai Campus**

**Szőlészeti és Borászati Intézet
Kertészmérnök alapképzési szak**

**Pilóta nélküli légi járművek és távérzékelési platformok
alkalmazása szőlészetben**

Belső konzulens: Dr. Bodor-Pesti Péter
Habilitált egyetemi docens

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:** Szőlészeti és Borászati Intézet
Szőlészeti Tanszék

Külső konzulens: -
-

Készítette: Bogdán Boróka

**Budapest
2025 év**

1. Tartalomjegyzék

1. TARTALOMJEGYZÉK	3
2. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS	4
3. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	5
3.1. A PILÓTA NÉLKÜLI LÉGI JÁRMŰVEK KIALAKULÁSÁNAK FONTOSABB SZAKKASZAI.....	5
3.1.1. DRÓNOK KIALAKULÁSA, ALAPMODELLEK FELTALÁLÁSA	5
3.2. DRÓNOKRA ÉS LÉGTÉRHASZNÁLATRA VONATKOZÓ RENDELETEK ÉS JOGSZABÁLYOK	10
3.3. DRÓNOK ALKALMAZÁSI TERÜLETEI.....	12
4. DRÓNOK MEZŐGAZDASÁGI SZEREPE	14
4.1. PRECÍZIÓS MEZŐGAZDASÁG	14
4.2. DRÓNOK SZEREPE A MEZŐGAZDASÁGBAN	14
4.3. PRECÍZIÓS SZŐLŐTERMESZTÉS	15
5. TÁVÉRZÉKELÉS	21
5.1. SZENZOROK.....	22
5.1.2. MULTISPEKTRÁLIS SZENZOROK.....	24
5.1.3. HIPERSPEKTRÁLIS SZENZOROK.....	26
5.2. DRÓNOK ÉS TÁVÉRZÉKELÉS GYAKORLATI ALKALMAZÁSA SZŐLÉSZETBEN	29
5.2.1. TÉRBELI VARIABILITÁS, HETEROGENITÁS	29
5.2.2. ZÓNATÉRKÉPEZÉS ÉS VÁLTOZÓ DÓZISÚ KIUTTATÁS	30
5.2.3. ÁLLOMÁNYFELMÉRÉS ÉS NÖVÉNYEGÉSZSÉGÜGY	31
5.2.4. TERMÉSHOZAM ÉS MINŐSÉGBECSLÉS.....	33
6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	36
7. ÖSSZEFOGLALÁS	38
8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	40
9. IRODALOMJEGYZÉK	41

2. Bevezetés és célkitűzés

Az ezredforduló után jelentősen felgyorsult a technológiai fejlődés, valamint a digitalizáció és az adatfeldolgozás is jelentős mértékben előtérbe került. A mezőgazdasági digitalizáció legkorszerűbb területe a precíziós gazdálkodás.

A szőlészet, mint magas hozzáadott értékű ágazat, különösen érzékeny a környezeti és a növényegészségügyi tényezők változására, emiatt a termelés során fontos a pontosan időzített, helyes döntések kivitelezése. A pilóta nélküli légi járművek (UAV, drón) és a távérzékelési technológiák lehetővé teszik a növényállomány precíz felmérését és megfigyelését, aminek köszönhetően a beavatkozások jól megtervezhetőek.

A távérzékelés segítségével szolgál a gazdának, mivel az adatfeldolgozó rendszerek segítségével lehetőséget ad a döntéstámogató rendszerek létrehozására. Ennek köszönhetően optimalizálható a növényvédőszer és tápanyagutánpótláshoz szükséges permetlé. A térbeli adatok integrálása a gazdálkodás során hozott döntésekbe hozzájárul a fenntarthatóbb és környezetkímélőbb termeléshez, valamint a minőség stabilizálásához.

Dolgozatom célja bemutatni a pilóta nélküli légi járművek és a távérzékelési technológiák kialakulását és az általuk nyújtotta lehetőségeket a termesztés során, kifejezetten a növényállomány-monitoring, a termésbecslés és a precíziós növényvédelem területén.

Irodalmi kutatásom során a konkrét meghatározott céljaim közé tartozik a dróntechnológia, valamint a távérzékelés elméleti hátterének bemutatása, a távérzékelési módszerek (RGB, hiperspektrális, multispektrális alapú felvételezés) bemutatása és összehasonlítása a szőlőültetvények monitorozása alapján. A gyakorlati alkalmazási lehetőségek bemutatása szakirodalmi példákon keresztül, hogyan segítheti a dróntechnológia a betegségek, a stressz, valamint a tápanyaghiány észlelését, ami alapján optimalizálható a beavatkozások száma és a kijuttatott permetlé.

3. Szakirodalmi áttekintés

3.1. A pilóta nélküli légi járművek kialakulásának fontosabb szakaszai

3.1.1. Drónok kialakulása, alapmodellek feltalálása

Az első írásos feljegyzés 1849-ből származik, amikor az osztrák tüzérség személyzet nélküli léghajókat alkalmazott Velence ostromához. (1. ábra) A léghajókat bombákkal szerelték fel, megfelelő pozíciót elérve kioldották a bombákat, amelyek a földnek csapódva detonálódtak. Az esetek többségében az alkalmazás sikertelennek bizonyult, mivel a szélirány sok esetben megfordította a léghajókat, nem érték el céljukat.

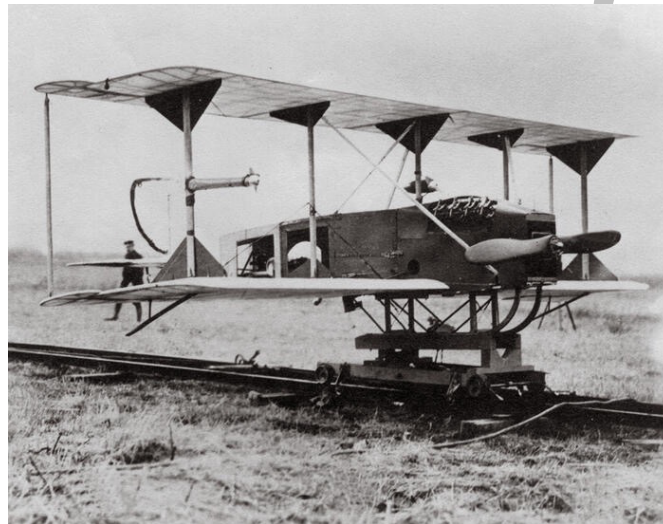


1. ábra: Velence bombázása az osztrák hadsereg által (Forrás: [URL](#))

Az amerikai polgárháború idején Charles Perley ezt továbbfejlesztve hőlégballonok kosarába helyezett bombákat. A hőlégballonokba időzítő berendezést szerelt, amik előre beállított idő után kioldja a bombákat. A siker ebben az esetben is változó volt, mivel a szélirány változásával a hőlégballon iránya is megváltozott. Sok esetben a haderők saját magukat bombázták le ennek köszönhetően.

A felderítésre alkalmazható pilóta nélküli légi járművek alapja Douglas Archibald nevéhez fűződik, mivel ő volt az első, aki fotókamerákat szerelt sárkány kitékre és kis magasságból fényképeket készített a levegőben. A fényképeket 1883-ban, még abban az évben, közzé is tette széles körben. Az amerikai hadsereg érdeklődését felkeltette ez az ötlet, 1883-ban már alkalmaztak is ilyen felhasználású szerkezetet felderítésre és információszerezésre a spanyol-amerikai háború alatt.

Az első igazi áttörés a hadászati felhasználású célrepülőgépek történetében Elmer Sperry nevéhez fűződik az 1900-as évek elején. Fiával és Peter Hewitt-tel megalkották az első olyan pilóta nélküli légi járművet, melyben giroszkópot alkalmaztak rádió vezérelt repülő eszköz fedélzetén. A célgépet giroszkóppal, anaerob barométerrel és szervomotorral szerelték. A giroszkóp a stabilizálást tette lehetővé, az anaerob barométer felelt a magasságtartásáért, a szervomotorok a kormánylapok és csűrűlapok működtetését szolgálták. Földfelszínről és vízről egyaránt vezérelhető volt. 1917-ben volt az első tesztrepülés, amely során még pilóta is tartózkodott a fedélzeten a fel- és leszállás végrehajtása miatt, de továbbiakban a robotpilóta irányította a repülőgépet. (2. ábra) A repülés sikeres volt, 48 km-t tett meg a gép, valamint a homokzsákokat, amiket a bomba imitálásaként alkalmaztak, a cél 3 km-es körzetébe dobott le.



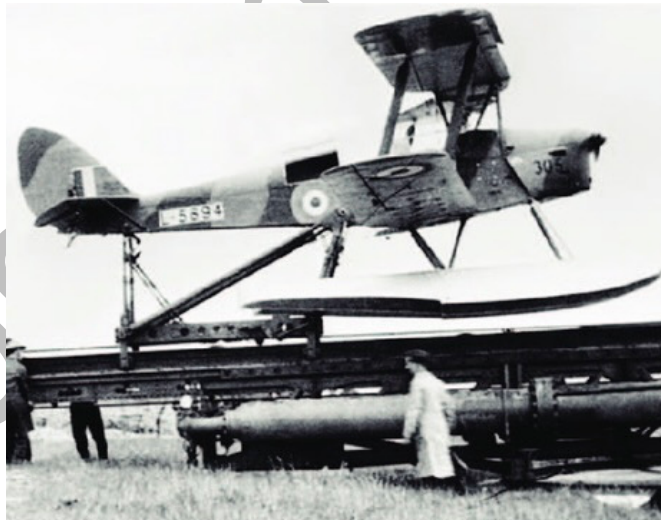
2. ábra: Hewitt-Sperry automata repülőgép (Forrás: [URL](#))

Ezen kor másik áttörése Charles Kettering nevéhez fűződik, aki szintén az amerikai hadsereg megbízásából tervezte légi torpedót az I. világháború idején. A hadsereg részéről elvárt követelmény, hogy akár 80 km megtételére is képes legyen a pilóta nélküli torpedó. 1917-ben mutatta be a Kettering Bug névre keresztelt célgépet, melyben pneumatikus és elektromos rendszer is volt. (3. ábra) Barometrikus magasságmérőt, valamint giroszkópot is szereltek bele és egy mechanikus óraszerkezetet, amelybe be volt programozva a cél eléréséhez szükséges idő. Felszállás előtt a technikusok megmérték a szél sebességét és az irányát és lemérték milyen távolságra van a megadott célpont. Ezen adatok segítségével számították ki a szükséges időtartamot a cél eléréséhez. Az célba éréshez beállított repülési idő leteltével a motor leállt, a szárnyak leváltak és a test a célpontra zuhant, ezzel detonációt okozva a szállított 80 kg robbanóanyag segítségével.



3. ábra: Kettering Bug (Forrás: [URL](#))

A brit légierő a 30-as években kifejlesztette és megalkotta a Queen Bee nevű drónt, ami az utókor számára igazán fontos szempontokkal bírt és akkoriban igen nagy újdonságnak számított. (4. ábra) A Queen Bee a feladata elvégzése után vissza tudott térni a kiindulási állásra, abban az esetben, ha nem kapott végzetes találatot. Érdekessége még az volt, hogy egy De Havilland DH 82 Tiger Moth típusú kétfedeles repülőgép szolgált a célgép alapjául, valamint akár több mint 180 km/h-val volt képes repülni, akár 5200 méter magasan. Több, mint 400 darab vett részt szolgálatban 1935 és 1947 között.



4. ábra: DH 82 Queen Bee indítása (1941) (Forrás: [URL](#))

A 40-es években az Amerikai Egyesült Államok Légierője is fejlesztésekbe kezdett, így jött létre a PQ-14 nevezetű pilóta nélküli légi jármű. (5. ábra) A különlegessége az volt, hogy 6 hengeres nagy teljesítményű Franklin motorral szerelték, valamint a távvezérlés nem csak földről volt végezhető, hanem anyarepülőgépről is, ami akár 10 km távolsággal is le lehetett maradva. Irányítását pilóták végezték távvezérléssel, akiket kifejezetten erre képezték ki. Az

előnye, hogy nagyon olcsó, mivel szerkezete egyszerű, továbbá fából és furnérlemezből készült, emiatt sok esetben sérülés esetén javítható is volt. (Dr. Békési et al., 2013)



5. ábra: PQ-14 pilóta nélküli légi jármű (Forrás: [URL](#))

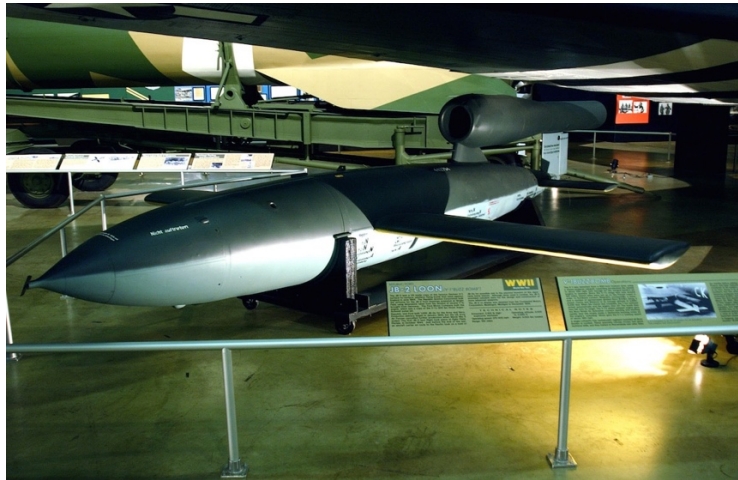
3.1.2. Modernizáció és fejlesztések a pilóta nélküli légi járművek alkalmazásában

A II. világháború idején, az 1930-as évek végén, Németországban zajlott a V1 robotrepülő fejlesztése. (6. ábra) Ez volt az első olyan pilóta nélküli légi jármű, amit pulzáló rakétahajtóművel építettek, 3550 N tolóerőt volt képes kifejteni, ennek köszönhetően 320 km távolságot is meg tudott tenni a levegőben. A meghajtáson kívül az irányító rendszerben nem történt változás, ebben a típusban is robotpilótát alkalmaztak, giroszkóp, nyomásmérő és távolságmérő alapján.



6. ábra: V1 robotrepülőgép (Forrás: [URL](#))

Az Amerikai Egyesült Államok területén bevetés közben lezuhant V1 robotrepülőgép alapján pár hónap alatt fejlesztették ki a JB-2 Doodle Bug robotrepülőgépet. (7. ábra) Sose alkalmazták, de nagyon fontos alappillére a későbbi fejlesztéseknek.



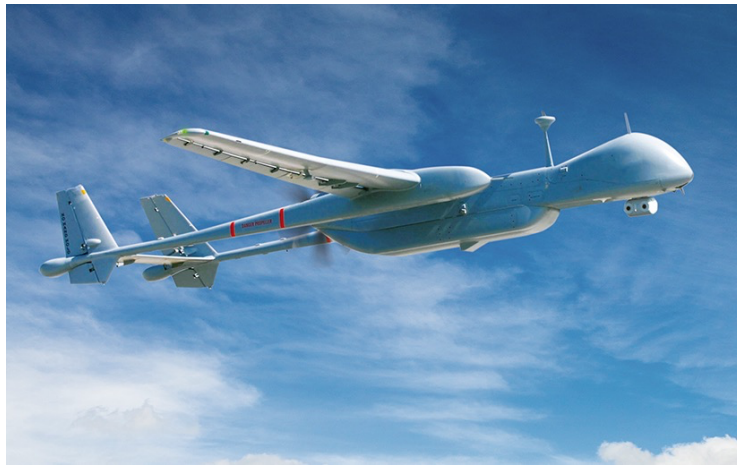
7. ábra: JB-2 célrepülőgép (Forrás: [URL](#))

A hidegháború során a légi robotizálás volt a fő prioritás. A fejlesztések fő célja, hogy a pilóták által vezérelt gépeket felváltsák az automatizált célgépek. Továbbá, a katonaság fontosnak tartotta a sugárhajtású célgépek fejlesztését, mivel az 50-es években már voltak hangsebesség feletti repülésre képes repülőgépek és rakéták. Ebben az időben Kína próbált lépést tartani a nagyhatalmakkal. Számukra a fő fejlesztési terület az információszerzés korszerűsítése volt, aminek eredményeképpen kiszerelek minden olyan nélkülözhető dolgot, ami csökkenti a felszálló terhet, így növelve a hasznos terhet. Kamerákat és radarokat szereltek fel hasznos teherként, így a felderítés és az információ szerzés pontossága és mennyisége igencsak növelhető volt. A kor felderítőgépeinek hátrányossága, hogy kevés időt tudtak a levegőben tölteni.

A mai értelemben vett drónok első megjelenése az 1960-as években, a Vietnámi háború idején történt. A fejlesztéseknek köszönhetően akár 2 óra is lehetett a repülési időtartam, nagy sebességű behatolás az ellenfél területére, valamint radarbesugárzást jelző rendszerek álltak már rendelkezésre. A besugárzásjelző rendszernek köszönhetően riasztáskor a drón kitérő manővert tett a rádió vezérelt légvédelmi rakéták előtt. A robotpilóta képes volt lekövetni az előre programozott útvonalat, miközben légi felvételeket, fényképsorozatokat készített. A kor hiányossága, hogy csak visszatérést követően kezdődhetett meg a begyűjtött felvételek kiértékelése.

A XX. század igazi áttörését a Heron nevű drón jelentette, amit Izrael fejlesztett ki a 1990-es évek elején. (8. ábra) Ez a típus akár 50 órát is képes volt a levegőben tölteni, közepes vagy nagy magasságon repült információszerzés közben. A meghajtásról egy turbófeltöltéses, 4 hengeres, lég- és vízhűtéssel ellátott 115 lóerős motor gondoskodott, aminek végsebessége 200 km/h volt. A drón képes volt önálló fel- és leszállásra, valamint adatkapcsolat elvesztés

esetén automatikusan visszarepül a kiindulási pontra. Pioneer rendszerrel szerelt gép képes volt a valós idejű adatátvitelre, aminek hatótávolsága 185 km volt. Emellett képes volt előre meghatározott útvonalon repülni, de manuálisan is irányítható volt szükség esetén. 250 kg hasznos teher szállítható, ebbe beletartozik az infravörös felderítő- és elektronikai zavaró eszközök és a radarberendezések. A felderítésen kívül célmegjelölés, célkutatás és tüzérségi tűz hajtható végre a Heron-nal. (Dr. Békési et al., 2013)



8. ábra: Heron felderítő drón (Forrás: [URL](#))

3.2. Drónokra és légtérhasználatra vonatkozó rendeletek és jogszabályok

3.2.1. Drónokra vonatkozó rendeletek az Európai Unióban

Jelenleg az Európai Unió területén a 2019/945/EU és a 2019/947/EU rendeletek szabályozzák a drónhasználatot általánosságban. Céljuk minden esetben az, hogy egységes szabályrendszer legyen kialakítva az egész EU területén, valamint a biztonságos drónhasználat biztosítása.

A 2019/945/EU¹ rendelet kimondja, hogy a pilóta nélküli légitársaság-rendszerek műszaki paramétereik alapján különböző kategóriákba és osztályokba kell sorolni (1. táblázat). Továbbá minden drónt, ami az Unió területén kerül forgalomba CE-jelöléssel kell ellátni, ez igazolja, hogy a műszaki és biztonsági előírásoknak a drón megfelel. Mindezek mellett a gyártónak, az importőrnek és a forgalmazónak is megfelelőségi nyilatkozatot kell tennie, hogy a jogszabályban előírtaknak megfelel a pilóta nélküli légi jármű. Harmadik országbeli üzemeltetőkre szintén kitér a rendelet, olyan esetek végett, amikor nem EU tagállamból származó üzemeltető az Unió területén kíván műveletet végezni. Ebben az esetben ugyan azok a szabályok vonatkoznak az üzemeltetőre, mint a tagállamokból származó üzemeltetőkre,

¹ Forrás: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/ALL/?uri=CELEX%3A32019R0945>

valamint regisztrációs kötelezettsége van a mindezek előtt a harmadik országból származó üzemeltetőnek az Unión belül erre illetékes hatóságnál.

1 táblázat: Drónok kategóriái osztályozottság alapján²

Kategóriák	Maximális felszállási teher	Maximális sebesség	Maximális repülési magasság
C0	250g	19 m/s	120 m
C1	900g	19 m/s	120 m
C2	4 kg		120 m
C3	25 kg		120 m
C4	25 kg		120 m

A 2019/947/EU³ rendelet a pilóta nélküli légi jármű-rendszerekkel végezhető műveleteket három kategóriába sorolja, „nyílt”, „speciális” és „engedélyköteles”.

„Nyílt” kategória esetében fontos, hogy a meghatározott osztályok egyikébe be legyen sorolva a drón vagy saját építésű drón esetén megfelel a jogszabályban előírtaknak. Maximális felszállótömege nem haladhatja meg a 25 kg-t és nem repülhet magasabbra 120 méternél. Ezen kategóriához tartozó műveletek során látótávolságon belüli üzemben (VLOS) kell tartani a pilóta nélküli légi járművet. Az elvégezhető műveletek nem engedélyhez kötöttek.

„Speciális” kategóriában műveleti engedélyt kell kérni a drón nyilvántartásba vétele szerinti ország illetékes hatóságától, valamint ezzel együtt kockázatkezelést és kockázatfelmérést is be kell nyújtani az illetékes hatóságnak. Az engedélyben meg kell adni a műveletek számát, az időt és a helyszínt.

„Engedélyköteles” kategóriába minden olyan művelet beletartozik, amikor a drón embertömeg felett repül át vagy személyek szállítása történik vagy minden olyan eset amikor veszélyes áru szállítása zajlik. Mindezek mellett, ha az illetékes hatóság úgy ítéli meg a műveleti engedéllyel leadott kockázatkezelés alapján, hogy a „speciális” kategóriát felülmúlja a végezni kívánt művelet, akkor az „engedélyköteles” kategóriába sorolandó a művelet.

² Forrás: Saját munka

³ Forrás: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:32019R0947>

3.3. Drónok alkalmazási területei

A technológia fejlődésének köszönhetően mára már nem csak katonai és hadászati célokra lehet alkalmazni a pilóta nélküli légi jármű-rendszereket. A drónok alkalmazása a civil szférában széleskörben elterjedtek, felhasználási területeik igen különbözőek, mivel nagyon jól integrálhatóak az iparágakba.

3.3.1. Környezetvédelem

Az UAV-k szerepe a környezetvédelemben a megfigyelés, információgyűjtés a legtöbb esetben, mivel nehezen megközelíthető vagy nehezen átlátható helyekről is nagyon pontos adatokat és információkat tud begyűjteni. Képes a vadon élő állatok populációját feltérképezni, követni az útvonaluk és felmérni az élőhelyük és életkörülményeiket, valamint a szaporulatot is számon tudja tartani. Kifejezetten hasznos technológia vizes élőhelyek megfigyelésére, mivel nyomon követhető az algavirágzás, az üledékterhelés tavakban és folyókban, valamint a tengeri olajfoltok és azok terjedése. Ezen felül műholdak távérzékelésével a jégtakaró olvadás, a gleccserek visszahúzódása és a tengerszint emelkedése is monitorozható. (Dr. Békési et. al., 2013)

A pilóta nélküli légi járművek segítségével az élőhelyek állapota is felmérhető, lehetővé teszi a biodiverzitás nyomon követését, valamint az invazív fajok terjedése is felmérhetővé válik. Ennek kulcsfontosságú szerepe van a fenntarthatóság kidolgozásában és elérésében. (elo.hu)

3.3.2. Bünnmegelőzés, rendvédelem

A valós idejű információközvetítésnek köszönhetően a rendvédelmi szervezeteknek is hasznosnak bizonyosul a dróntechnológia szabadalma. Széleskörű alkalmazása lehetővé teszi az események rögzítését, ortofotók készítését, ami megkönnyíti a tervezést és az ellenőrzést is. Büncselekmények során szintén alkalmazható, mivel olyan bizonyítékok gyűjthetők be, amik alkalmasak a bíróságon, döntő jellegűek. Mindezek mellett nem csak az igazságszolgáltatásban, de a határvédelemben is fontos szerepe van a légi őrjáratnak és a hőkamerás felvételeknek. Mindezek mellett a drónok által gyűjtött valós idejű adatok taktikai szinten segítenek a felderítésben és a műveletek kivitelezésében. (Dr. Békési et. al., 2013)

3.3.3. Katasztrófavédelem és kockázatkezelés

A természeti katasztrófák, legyen az árvíz, földrengés, erdőtűz, vulkánkitörés vagy akár nukleáris katasztrófa, mindegyik esetben alkalmazni lehet és általában alkalmaznak is drónokat. Több célt is szolgál a felhasználásuk, mivel segítségül szolgál katasztrófák előrejelzésében, valamint végezhető valós idejű megfigyelés, kárbecslés vagy kárfelmérés, valamint a

helyreállítási tevékenységekbe is segítségül szolgál. Időben észlelve a problémát, prevenciósi tevékenységek is végrehajthatóak drónok segítségével. (Dr. Békési et. al., 2013)

Az árvizek esetében valós idejű adatok gyűjthetők be a víz borította területekről, ami nagy segítség mentés és kárfelmérés esetén. A vulkáni aktivitások monitorozása során is fontos szerepe van, mivel a hőmérsékletváltozás és deformáció vagy a földrengések utáni károk gyorsan felmérhetőek drónok segítségével. (elo.hu)

3.3.4. Kereskedelmi szektor

A kereskedelemben a drónok felhasználása sokoldalú, mivel a legtöbb iparágba beilleszthető a technológia. Emiatt alkalmazhatóak a filmiparban, az energiaszektorban, településtervezéskor, valamint geológiai és archeológiai munkák során. A mezőgazdaságba is nagyon jól beilleszkedett a drónok adta lehetőségek kihasználása, ami sok előnnyel jár a gazdák számára. (Dr. Békési et. al., 2013)

3.3.5. Erdészet és erdőgazdálkodás

A drónok alkalmazása lehetővé teszi, az erdőterületek és azok változásainak nyomon követését, mivel a kiterjedést, az állomány sűrűségét, valamint egészségügyi állapotot nyomon lehet követni. Meghatározható a fák magassága, a koronaszervezet és az erdő biomassza mennyisége, melyek fontos adatok az erdőleltár és a szénelnyelés becsléséhez.

Azonosíthatóak azon területek, ahol erdőirtás vagy tüzeset történt. valamint olyan területek, ahol betegségek által okozott károsodás történt. (elo.hu)

4. Drónok mezőgazdasági szerepe

4.1. Precíziós mezőgazdaság

A precíziós mezőgazdaság (precision agriculture, PA) olyan termesztés során alkalmazott stratégia, amely alkalmazása során időbeli, térbeli és egyedi adatok gyűjtésével foglalkozik, majd azokat feldolgozva és kielemezve egyéb információkkal egészíti ki az adatokat. Ezen adatok ismeretében a gazdák számára döntéstámogatási rendszer valósítható meg, ami lehetővé teszi a táblán belüli változások csökkentését, valamint az erőforrások felhasználásának optimalizálását. Az alkalmazás célja növelni a produktivitást és a minőséget, jövedelmezőséget, termelés során a fenntarthatóságot lehetővé teszi, valamint növeli. A precíziós eszközök, azaz agrárinformatikai rendszerek, a digitális adatgyűjtés és adatelemzés lehetőséget ad az alkalmazás során jobb eredmények elérésére, valamint jobb jövedelmezőségre. (Vértesy L., 2023.)

Precíziós gazdálkodás megjelenése a múlt századra tehető, mivel az 1990-ben Japánban már alkalmaztak távirányítású robbanómotoros helikoptereket (Yamaha R-50 és RMAX) a rizsföldek permetezésére, melyek akár 20 kg hasznos teherrel is képesek voltak felszállni. Ezen modellek ipari alkalmazása megelőzte a multirotoros drónokat. (Kartal et. al., 2025.)

A 2000-es évek elején kezdődtek meg az első kutatások és demonstrációs projektek, melyekben UAV platformokat alkalmaztak növényállomány megfigyelésre. (Hunt et. al., 2013)

2010-2015 között megjelentek a multirotoros drónok, melyek kis méretű RGB vagy multispektrális kamerával voltak megvásárolhatóak. Ebben az időszakban kezdődött a szélesebb körű gyakorlati elterjedése a precíziós gazdálkodásnak és a drónok alkalmazása a mezőgazdaságban. (Tsouros et. al., 2019)

2015 után rohamosan fejlődött a precíziós gazdálkodás és a drónok alkalmazása a mezőgazdaságban. Lehetőség nyílt növényegészség-monitorozásra, NDVI/GNDVI alapú tápanyag- és vízkezelésre, hozam előrejelzésre, gyomfeltérképezésre, kártevők és kórokozók detektálására, valamint célzott és differenciált tápanyag és növényvédőszer kijuttatásra. (Tsouros et. al., 2019)

Minden esetben fontos, hogy tekintettel legyünk arra, hogy az elterjedés mértéke jelentősen regionális. Japánban az igen korai ipari alkalmazás volt a jellemző, de ezzel szemben más régiókban, mint az EU vagy az USA területén a jogi szabályozások és az adatkezelési korlátok lassították a technológia terjedését. (Kartal et. al., 2025)

4.2. Drónok szerepe a mezőgazdaságban

Az elmúlt évtizedben a drónok beintegrálódtak a mezőgazdaságba, ezzel továbbfejlesztve a precíziós gazdálkodás nyújtotta lehetőségeket.

Alkalmazás során lehetőség nyílik a növényállomány, a talaj és a környezeti feltételek gyors, részletes és költséghatékony nyomon követésére. Hagyományos, földi módszerek alkalmazásával ez rendkívül idő- és költségigényes folyamat. (Zhang et. al., 2012.)

A drónok által nyújtott lehetőségek közül a legfontosabb, hogy nagy elbontású térbeli és időbeli adatokat képesek gyűjteni, aminek segítségével különböző vegetációs indexek számíthatók ki. A hagyományos műholdas érzékeléssel szemben a drónok előnye, hogy rugalmas adatgyűjtést biztosítanak az adott magasságból, a terület igényeihez igazítva. (Tsouros et. al., 2019)

A technológia alkalmazása több fő területre osztható alkalmazás szerint. A növényállomány felülete és stresszpontok detektálása RGB, multi- vagy hiperspektrális kamerák segítségével, amely során azonosítható a tápanyaghiány, a vízhiány vagy a beteg növényzónák. (Hunt et. al., 2008) Hozambecslés és a növekedéselemzés monitorozását is lehetővé teszi, így a felvételek alapján nagyon pontosan megbecsülhető a növényzet biomassza mennyisége, a lombtömeg és a hozampotenciál. Hőkamerás felvételezés során vizsgálható a terület talajnedvessége, vízgazdálkodása. Digitális térképelemzés során a drónok által készített ortofotókból készíthetők domborzati modellek, amelyek kiválóan alkalmazhatóak térinformatikai alapú gazdálkodáshoz, valamint pontos topográfiai elemzések is végezhetőek az adatokkal. Célzott növényvédelem kivitelezése is lehetséges, mivel a drónok alkalmazása során lehetőség nyílik precíziós permetezésre. Precíziós permetezés alkalmazása során csökkenthető a vegyszerfelhasználás és a környezeti terhelés. (Yallappa et. al., 2017)

4.3. Precíziós szőlőtermesztés

A precíziós szőlőtermesztés időbeli, térbeli és egyedi adatok gyűjtésén és feldolgozásán alapszik, valamint azokat egyéb információkkal egészíti ki az állománnyal kapcsolatban. Adatok gyűjtése az ültetvényen belüli változásokról és változatosságokról precíziós eszközökkel. Felhasználása igen sok lehetőséget kínál fel a gazdák számára, mivel nagyon nagy mennyiségű és pontos adatot lehet begyűjteni az ültetvény bejárása nélkül. A legalkalmasabb, ha a rendelkezésünkre álló precíziós műszereket és informatikai rendszereket együttesen alkalmazzuk. (Vértesy L., 2023)

A precíziós termesztés alapját talajtani megfigyelések és az állomány vegetatív vizsgálata adja, mivel ezekkel a módszerekkel meghatározható a tápanyagellátottság, azonosíthatóak a hiánytünetek. A lombszerkezet vizsgálatával felmérhető a biomassza

mennyisége, valamint betegségek és kártevők jelenlétének nyomait is megfigyelhetőek. További paraméterek meghatározása és becslése is lehetséges precíziós távérzékelési módszerek alkalmazásával, mint például a termésbecslés, meghatározható a vízállapot, a mennyiség és minőség előrejelzése is lehetséges. Zónatérképek létrehozása során lehetőség van differenciált tápanyag- és növényvédőszer kijuttatására is. (Dr. Bodor-Pesti et. al., 2022)

Elsődleges célja a gazdálkodás az erőforrások felhasználásának optimalizálása, mivel a területen belüli minőségi és mennyiségi változások megfigyelését és mérését alapul véve elemzi és értékeli ki az adatokat. Az adatok alapján az agrotechnikai munkák kivitelezése nem csak minőségjavulást eredményez, hanem terméshozam növekedést is. (Ammoniaci et. al. 2021)

A műholdakkal, UAV-kel és közeli érzékelőkkel begyűjtött adatok alapján az informatikai rendszerek részletes adatokat szolgáltatnak az ültetvény állapotáról, döntéstámogató rendszert kialakítva. Felméri az egészségügyi állapotot, képes a stressz azonosítására, kimutatja a táblán belüli változékonyságot, ami a szőlő esetében eléggé gyakori, optimalizálható a kijuttatandó műtrágya és növényvédőszer mennyisége és eloszlása. Ezen adatok ismeretében csökkenthető a műveletek száma és időtartama, mivel helyspecifikusan, igények szerint oszlatja el a kijuttatni kívánt permetlét. (Sassau et al. 2021)

A „Big Data” alkalmazása lehetővé teszi, hogy időben és térben gyorsan változó nagy tömegű adatokat elemezni tudjon az alkalmazott szoftver, valamint azokat tárolni és továbbítani is tudja.

Gyakorlati megvalósításban különböző technológiák állnak rendelkezésünkre, ezek kombinálásával alakítható ki a valóban a precíziós szőlőtermesztés, a termesztés minden egyes fázisát nyomon lehet követni valós időben. A gazdák alkalmazhatnak termény- és hozamszenzorokat, valamint közeli- és távérzékelőket. GNSS és GIS rendszerek alapján végezhető el a pontos földrajzi helymeghatározás a szőlőültetvényen belül, így a VRT gépek és a VRA berendezések pontosan bekalibrálva kijuttatják a kellő mennyiségű növényvédőszer és műtrágyát, valamint a gyomszabályozás is kivitelezhetőbbé válik.

Precíziós termesztés esetén az állományklíma adataihoz mérten végezhető a növényvédelem, ebben az esetben kihelyezett meteorológiai állomás gyűjti az adatokat. Ezen adatok ismeretében lehetőség nyílik a növényvédelmi tevékenységek előrejelzésére, mivel ki lehet számítani a kórokozó és kártevők megjelenésének idejét az ültetvényben.

Mindezek mellett a hőkamerák és szenzorok alkalmazása is elterjedt a gazdák körében, mivel az állományklíma ismerete nem csak a föld feletti részeket tekintve fontos. Javasolt talajhőmérők és talajnedvesség szenzorok kihelyezése, mivel ezzel pontos és átfogó adat

gyűjthető a lombozat hőmérsékletéről, jobban időzíthető a zöldmunka, valamint nyomon lehet követni az állomány vízállapotát a szenzorok segítségével. (Dr. Bodor-Pesti et al., 2022)

4.3.1. Növényvédelem a szőlőben

A várható termésmennyiség, valamint annak ingadozása nem csak a klimatikus tényezőktől függ, mivel a kórokozók és kártevők szintén befolyásolják a termés mennyiségét, valamint annak minőségét. A klímaváltozás miatt visszaszorulnak a hidegkedvelő fajok, előtérbe kerülnek a melegkedvelők. Új károsítók megjelenésének a lehetősége is fennáll, mivel az éghajlatváltozás, valamint a szaporítóanyag kereskedelem elősegíti a terjedésüket.

Minden esetben szükséges a károsítók és a kórokozók ellen védekezni az adott fenológiai fázisnak megfelelő módon, a megfelelő készítményekkel, akár megelőzés vagy védekezés céljából.

A tavaszi nyugalmi időszakban (február-március) a könnyezés megindulása előtt el kell végezni a metszést a fás részek kórokozói miatt. Ezt követően olajos, rezes lemosópermet kijuttatása szükséges, mivel a sebeket lezárja, valamint a pajzstetvek és atkák telelő alakjait gyéríti.

Rügyfakadás idején (április) magas dózisu kén hatóanyagú permetszer kijuttatása szükséges. Mindemellett, célszerű az ültetvényt bejárni vagy digitális szoftverek segítségével felmérni, hogy szükség esetén megtörténjen a rovarölőszeres kezelés az ültetvényben.

Kisleveles stádiumban (április vége-május eleje) a hegyvidékeken célszerű pszeudopezikulás orbánc ellen védekezni. Valamint a levél- és gubacsatkák ellen minden esetben védekezni kell, továbbá szexferomoncsapdákat kihelyezni az ültetvényben a szőlőmolyok ellen. Ebben az állapotban lehetőség van felmérések alapján a lisztharmat, a peronoszpóra és a feketerothadás előrejelzésére. Fertőzésveszély esetén kontakt hatóanyagú szert kell kijuttatni az állományra.

Hajtásnövekedéstől, azaz a 3-6 leveles állapotban (május közepéig) az első lisztharmat telepek megjelenésekor kontakt hatóanyagú készítmény kijuttatása szükséges, továbbá speciális akariciddal védekezhünk az atkafajok ellen. Ebben a stádiumban kezdődhet meg a szőlőmolyok lárvakelése. Valamint a lisztharmat, a peronoszpóra és a feketerothadás előrejelzése is lehetséges még ebben az időszakban.

Fürtmegnyúlástól virágzásig (május vége-június eleje) meg kell történnie a lisztharmat és peronoszpóra elleni növényvédelem, amit felszívódó vagy mélyhatású és kontaktszerrel végezhető el. Abban az esetben, ha az ültetvényben jelen vannak a feketerothadás vagy pszeudopezikulás orbánc tünetei, olyan készítményt kell alkalmazni, amely ezek elleni is hatásos. Mindezek mellett, a szőlőmoly elleni védekezés nem maradhat el. Az amerikai

szőlőkabóca kelése május közepén kezdődik, javasolt a célzott kezelés elvégzése még virágzás előtt, mivel a szőlő aranyszínű sárgaságát okozó fitoplazma vektora, így kifejezetten fontos az ellenük irányuló védekezés. Kártételével 30-50%-os termés kiesést is okozhat vagy akár az ültetvény megsemmisülését.

Virágzás végén, kötődéskor (június közepe) előrejelzés alapján szükséges lisztharmat és peronoszpóra ellen védekezni. Kifejezetten kritikus fenológiai stádium a betegségek szempontjából, ezért szükséges felszívódó és kontakt hatóanyagú szerek kijuttatása is. Hajlamosító időjárás esetén, amennyiben szükség van rá, szürkerothadás elleni is védekezést is el kell végezni.

A bogyó növekedési stádiumában (június vége-július eleje) el kell végezni a szürkerothadás elleni védekezést, mivel a fűrt belseje ekkor még elérhető és hosszú hatástartamú szer még kiadható az állományra. Lisztharmat és peronoszpóra elleni védelem során kontaktszere át lehet térni, mivel a fűrt fogékonysága csökken. Ebben az időben az ültetvényben felszaporodhatnak a levélatkák, a gubacsatkák és a takácsatkák. Amerikai szőlőkabóca ellen sárga ragacslapok kihelyezése, illetve az imágók ellen vegyszeres védelem elvégzése szükséges.

Fűrtzáródás után, zsendüléskor (július vége-augusztus) hajlamosító időjárás esetén szürkerothadás elleni védekezés elvégzése célszerű, figyelembe kell venni ilyenkor már az ételmezés-egészségügyi várakozási időt, mivel minden esetben be kell tartani azt. Ha júliusban elmaradt az atkák elleni védekezés, akkor ebben az időszakban még pótolható. Az amerikai szőlőkabóca rajzásának megfigyelése nagyon fontos és meghatározó ebben a stádiumban.

Éréskor tartósan csapadékos időjárás esetén szürkerothadás ellen védekezni kell, de minden esetben be kell tartani az ételmezés-egészségügyi várakozási időt, de a szüret gyors elvégzése a legcélszerűbb ebben az esetben.

Szüret után (október vége-november) lombhullás előtt lemosásszerű permet kijuttatása szükséges a lisztharmat áttelelő képletei ellen, valamint a lehullott lombot minden esetben meg kell semmisíteni, így redukálható a peronoszpóra, a fekete rothadás és a pszeudopezikulás orbánc megjelenése a következő évben. (Dr. Petróczy, 2025)

4.3.2. Drónok a növényvédelemben

Magyarországon a drónos permetezés esetében kevés olyan növényvédőszer van, melynek engedélyokiratában szerepel a légi kijuttatás lehetősége. Jelenleg Magyarországon a Mospilan 20 SC rovarölőszer és az Amistar Sun 325 SC gombaölő szer, valamint a Coragen 20 SC rovarölőszer engedélyokiratában szerepel, hogy pilóta nélküli légi jármű alkalmazásával juttatható ki. (Nébih)

A Mospilan 20 SC drónnal történő kijuttatása cseresznye, meggy és dió kultúrában alkalmazható drónnal történő permetezés során, cseresznyelégység és nyugati dióburok-fúrólégység elleni védekezés céljával. Permetezés során a drón maximum 2 méteres magasságban repülhet az állomány felett, maximum 15 km/h sebességgel. A permetlé kijuttatása során a cseppek 50%-os térfogat szerinti átmérője legalább 200 µm kell legyen. A kezelendő területre 20 méter védőtávolságot kell tartani, valamint a permetezés megkezdése előtt a védősáv szélén kötelező figyelmeztető táblákat kihelyezni. (Nébih)

Az Amistar Sun 325 SC szintén kijuttatható pilóta nélküli légi járművel, de kötelező Arrest permetszer segédanyagot alkalmazni. Szántóföldi felhasználása kukorica kultúrában engedélyezett alternáriás levél- és szárfoltosság megelőzésére. A permetezés során 3 méter magasra repülhet fel maximum a permetező drón, valamint 15 km/h a maximális megengedett sebesség. A permetlé cseppek 50%-os térfogat szerinti átmérője ebben az esetben is legalább 200 µm nagyságú kell legyen, valamint a megengedett maximális szélesség a permetezés idején 2 m/s. A kötelezően tartandó védőtávolság ebben az esetben 50 méter. (Nébih)

A Coragen 20 SC légi kijuttatása csak DropMax elsodródást csökkentő adalékanyag egyidejű használata mellett történhet. A rovarölőszer kukorica (vetőmag-, szemes-, silókukorica) csemegekukorica és pattogtatni való kukorica kultúrában alkalmazható kukoricamoly és gyapottok-bagolylepke ellen. Ebben az esetben is maximum 3 méter magasra emelkedhet az állomány fölé a drón, valamint 15 km/h a megengedett repülési sebesség és a cseppek térfogat szerinti átmérője legalább 200 µm nagyságú kell legyen, valamint a megengedett maximális szélesség 4 m/s. (Nemzeti Agrárgazdasági Kamara)

4.3.3. Gyomszabályozás

Telepítés előtt minden esetben szükséges a talajt mentesíteni az évelő gyomoktól, legalkalmasabba glifozát hatóanyag. Nehezen irtható kétszikű gyomok esetében, ha nincs a közelben érzékeny kultúra és esetleg cserjék is vannak a területen, ebben az esetben alkalmazhatóak hormon hatású készítmények. Mindkét esetben augusztus közepétől szeptember közepéig végezhető el leghatékonyabban a művelet. Abban az esetben, ha telepítés előtt istállótrágya kijuttatása történik, az növeli a talaj gyommagkészetét, amivel a későbbiekben befolyásolhatja a gyomirtást.

A sekélyen gyökerező fajok nem jelentenek konkurenciát a szőlő számára, nem szükséges ellenük tavasszal védekezni. Az évelő, mélyen gyökerező, erős növekedésű fajok jelentenek konkurenciát a tőke számára, valamint a nehezen irtható gyomok, mint például az apró szulák.

Ha az ültetvény életkora meghaladja az egy évet, akkor S-metolaklór hatóanyagú készítmény alkalmazható, ami meggátolja a magról kelő egyszikű gyomnövények csírázását. Minden esetben bemosó csapadék szükséges a kijuttatás után, valamint az nagyon fontos, hogy termő ültetvényben nem alkalmazható. Amennyiben az ültetvény két évnél idősebb, flazaszulfuron alkalmazható a magról kelő egy- és kétszikű gyomok ellen, 2-4 leveles állapotban.

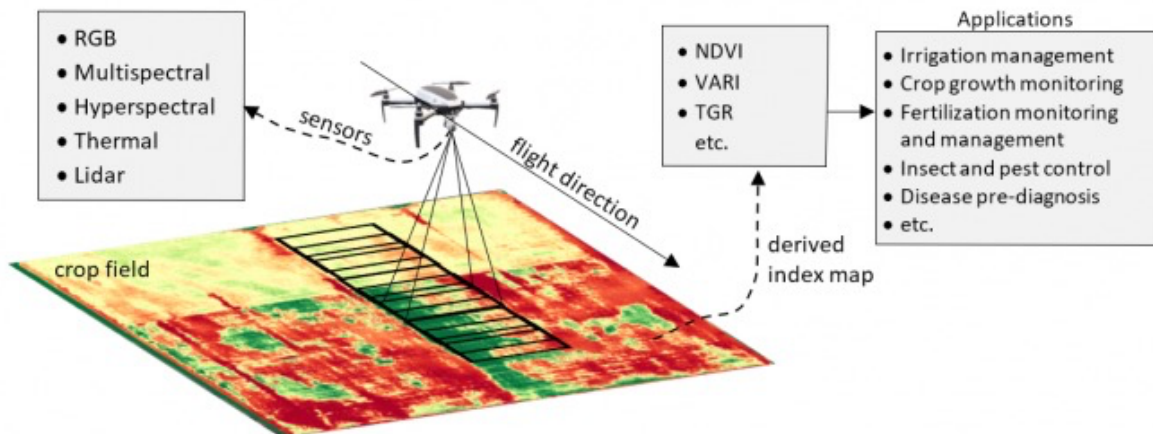
Idősebb állomány gyomirtása során különféle módszerek alkalmazhatóak. A mechanikai sorközművelés a legelterjedtebb hazánkban, a kaszálást is sok helyen végeznek a sorközökben, valamint a sorközök füvesítése vagy takarónövény vetése, zöldtrágyanövény alkalmazása is elterjedt módszer. Soralj mechanikai gyomirtás oldalzó soraljművelővel történik, ami sekélyen művel, ezzel nem okozva kárt az ültetvényben. Kaszálás során a kultúrnövényre vigyázni kell, valamint az évelő gyomokfeszaporodását elősegíti, ezért nem ajánlott soraljművelésre. Szintén ebben az esetben is végezhető vegyszeres gyomirtás.

Minden esetben szükséges a terület gyomviszonyának ismerete. Átlagosan 250-300 l/ha permetlé szükséges a sorokra gyomirtás során. Flumioxazin hatóanyagú készítmények alkalmasak a magról kelő kétszikűek ellen, de ebben az esetben is bemosó csapadéokra van szükség. A glifozát hatóanyagú gyomirtószer totális hatásúak, de a magról kelő gyomnövényeket nem akadályozza, mivel talajon keresztüli tartamhatása nincs. Alkalmazása során figyelembe kell venni, hogy a szőlőt is károsítja, mivel a zöld részeken keresztül felszívódik, emiatt terelőlemez alkalmazása javasolt kijuttatás során. A glufozinát-ammónium hatóanyagú szerek perzselő hatású totális gyomirtószer. Az MCPA hormon hatású, egyéves és évelő kétszikűek gyomirtására alkalmazható. A fitotoxicitás veszélye miatt nagyon körültekintően kell alkalmazni, apró szulák, mezei acat vagy sövényeszulák jelenléte esetén indokolt javasolni az ültetvényben.

A tősarjak és oldalhajtások eltávolítása nagyon kézimunka igényes folyamat, a nyári zöldmunkával egybekötve ajánlott elvégezni. Kontakt, perzselő hatású készítmények alkalmazhatóak, amik hatóanyaga diquatdibromid, flumioxazin vagy glufozinát-ammónium. Piraflufen-etil alkalmazása esetén a leszárítani kívánt hajtást 10-15 centiméteren szükséges lepermetezni. A hatóanyag kontakt, perzselő hatású készítmény. Kijuttatás során a sodródást meg kell akadályozni, alacsony nyomáson, nagy cseppmérettel, szélcsendben lehet elvégezni a kijuttatást. Minden esetben csakis négyévesnél idősebb állományban, magasművelésű ültetvény esetén lehet kijuttatni. (Dr. Petróczy, 2025)

5. Távérzékelés

A távérzékelés működéséhez fontos az elektromágneses spektrum (EMS) és annak interakciója a tárgyakkal. Az EMS a skálája a rádióhullámoktól a gamma-sugárzásig terjedő skála. Mindegyik különböző hullámhosszúsággal és különböző frekvenciával rendelkezik. A távérzékelés során a szenzorok ezen spektrumok bizonyos részeire érzékeny szenzorokat alkalmaznak. (9.ábra)



9. ábra: Drónok alkalmazásának lehetőségei precíziós gazdálkodásban (Forrás: [URL](#))

A Föld felszínét elérő sugarak egy része az objektumokon áthatol, másik része áthalad rajtuk, azaz transzmisszió megy végbe, és a másik része visszaverődik. A szenzorok a visszavert vagy a kibocsátott energiát mérik és rögzítik.

A leggyakrabban alkalmazott spektrális tartományok a látható fény, a közeli infravörös (NIR), közepes infravörös (SWIR) és a termikus infravörös (TIR). A látható fény tartományban a színek alapján azonosíthatóak az objektumok, a NIR tartományban a növényzet egészségügyi állapotát kifejezetten részletesen lehet felmérni, mivel a klorofill erősen visszaveri a sugárzást, valamint TIR tartományban a hőmérséklet mérhető fel nagyon pontosan.

A szenzorok esetében beszélhetünk aktív és passzív szenzorokról. A Passzív szenzorok esetében a Naptól vagy Földről természetesen kibocsátott energiát mérik, nem bocsátanak ki saját sugárzást. A legtöbb optikai műholdas rendszerben passzív szenzor található. A hagyományos kamerák, a multispektrális és hiperspektrális képalkotó szenzorok is passzív szenzorok. Az aktív szenzorok saját energiát bocsátanak ki a felméréndő terület felé, akár radarhullámokat vagy lézer sugarakat, a visszavert sugarak mértékét rögzítik a szenzorok. Az aktív szenzorok előnye, hogy felhős időben vagy akár éjszaka is lehet alkalmazni, mivel nem szükséges külső fényforrás a felméréshez és az adatrögzítéshez. Ilyen szenzorok például a SAR radar vagy a LiDAR szonár.

A műholdak a leggyakrabban alkalmazott távérzékelők, melyek különböző pályán keringenek a Föld körül, rendszeresen gyűjtenek adatokat. Két típusa van a műholdaknak, geostacionárius és poláris pályán keringő műholdak. A geostacionárius műholdak magasan a Földdel együtt mozognak, mindig ugyan azt a területet mérik fel. Ilyen műholdak az időjárási műholdak. A poláris pályán keringő műholdak alacsonyabban keringenek, globális lefedettséget biztosítanak. Ilyen típusú műhold a Landsat vagy a Sentinel.

A repülőgépek alacsonyabb magasságból gyűjtenek adatokat, emiatt nagyobb felbontásban képesek adatokat rögzíteni. Speciális felmérésekhez alkalmazzák, LIDAR adatok gyűjtésére alkalmazzák általában.

A drónok nagyon alacsony magasságból képesek rendkívül magas felbontású adatokat rögzíteni. A domborzati viszonyok és a terület nagysága nem nehezíti meg az adatgyűjtést, akár speciális feladatok ellátására is képes. Fontos eleme a precíziós gazdálkodásnak.

A földfelszínen alkalmazott platformok alkalmazása ritka, mivel adott pontról mérnek, mint például a meteorológiai állomások vagy a speciális spektrométerek.

A gyűjtött adatok és térképek geoinformatikai rendszerbe (GIS) történő integrálása elkerülhetetlen az adatok hatalmas mennyisége miatt. A GIS rendszerek alkalmazásával lehetőség nyílik a tárolásra, az adatok kezelésére, elemzésére és megjelenítésére. Ennek köszönhetően a rögzített adatok más térbeli adatokkal együtt is alkalmazhatóak, komplex térbeli elemzés végezhető. (elo.hu)

5.1. Szenzorok

5.1.1. RGB szenzorok

Az RGB képalkotás a vörös (R), a zöld (G) és a kék (B) sávokban visszavert fény mérésén alapul. Egyszerű és nagyon széles körben alkalmazható. Az RGB kamerák Bayer-szűrővel vannak ellátva a legtöbb esetben, ami egy érzékelő mátrix. Ennek köszönhetően közvetlenül képesek mérni vagy a szomszédos pixel adataiból importálják az információt. Az alkalmazás előnye, hogy nem igényelnek prizmat vagy diffrakciós-rácsot, úgy, mint a hiperspektrális képalkotó rendszerek.

Az RGB képalkotás a növények színes képeinek elemzésén alapul, mivel a növények és a fény kölcsönhatása miatt megváltozik a visszavert fény. A látható színt a fotoszintetikus pigmentek nyelik el. Különböző élettani folyamatok különböző szűk spektrális sávokba sorolhatóak be, mivel minden egyes esetben a pigmentek eltérnek és saját hullámhossz tartományban nyelik el vagy bocsájtják ki a fényt, a visszaverődési görbe minden esetben eltérő. Az alkalmazás sok esetben korlátokba ütközik, mivel a növények reflektancia értékei vörös,

zöld és kék tartományban kis eltérést mutatnak. A látható NIR tartományban egyaránt mérő módszerek pontosabban mérik fel az állományt. (Kior et. al., 2024)

A növények fizikális állapota nagyon precízen mérhető fel, pontos élettani analízis készíthető a felvételek kiértékelésével, mivel a növények és a területen lévő objektumok különböző csatornákon verik vissza a fényt. A csatornák felvételezésével és elemzésével nagyon pontos index térképek alkothatóak, kijuttatási térkép készíthető, valamint statisztikai elemzésekre is alkalmas a szükséges. (agrontech.hu)

A piacon jelenleg forgalmazott drónok közül a DJI Phantom 3, DJI phantom 4, DJI Phantom 4 pro/advanced és a Mavic Pro vagy Mavic 2 a leggyakrabban alkalmazott típusok. Ezek minden esetben hagyományos RGB színösszetételű kamerával rendelkeznek, így a hagyományos, látható tartományból történik az adatok begyűjtése. (10. ábra) Az optikai és távérzékelő rendszerek drónra szerelve gyors és pontos adatgyűjtést tesznek lehetővé nagy területről, rövid idő alatt, akár naponta több alkalommal is. Az RGB a legelterjedtebb és a legköltséghatékonyabb szenzortípus a precíziós gazdálkodásban. Egyszerűen kezelhető, és gyorsan feldolgozható adatokat szolgáltat, emiatt vált alapvető adatforrássá a precíziós gazdálkodás során. (Turner et. al., 2012)



10.ábra: DJI Phantom 4 drón által készített felvétel (Forrás: [URL](#))

Módosított lencsével a leggyakrabban alkalmazott típusok a DJI Phantom 4 agro (ndvi), MAPIR Survey sorozat és a Sentera Single NDVI. A mezőgazdasági drónok általában 3 csatornával és módosított lencsével vásárolhatóak meg, így rendelkeznek már NIR-csatornával is, így valódi NDVI mérésre is alkalmasak. A NIR-csatorna általában a vörös vagy a kék lencse helyére kerül, mivel a kéket csatornát a vegetációs indexek nem alkalmazzák a legtöbb esetben.

Az RGB alapú drónfelvételek térinformatikai rendszerekbe, például QGIS, Pix4Dfields, integrálható, ahol zónatérképek készíthetők különböző paraméterek alapján. A felvételek kombinálhatóak más távérzékelési adatokkal, mint a multispektrális, hőkamerás vagy LiDAR mérések, ezeket az adatokat kombinálva komplex döntéstámogató rendszerek alapja hozható létre. (Matese et. al., 2015)

A hagyományos RGB szenzorokkal felmérhető a vadkár, a növényállomány és annak fejlettsége, a sorközök gyomosodása. Az állomány felmérése során lehetőséget ad tőszámlálásra, valamint vizuális állapotfelmérésre. Ezzel szemben módosított lencse alkalmazása során végezhető vegetáció diagnosztika, állomány felmérés, valamint az állomány fejlettsége is felmérhető.

A kijuttatási tervek is eltérnek a lencsetípustól függően, mivel hagyományos RGB kamerákkal történő felmérés során nyert információból differenciált vetési terv, differenciált gyomirtási terv és fejtrágya kijuttatási terv készíthető. Módosított kameralencse alkalmazása során differenciált tápanyag kijuttatási terv is készíthető a begyűjtött információk alapján, nem csak vetési, gyomirtási és fejtrágyázási terv. (agrontech.hu)

5.1.2. Multispektrális szenzorok

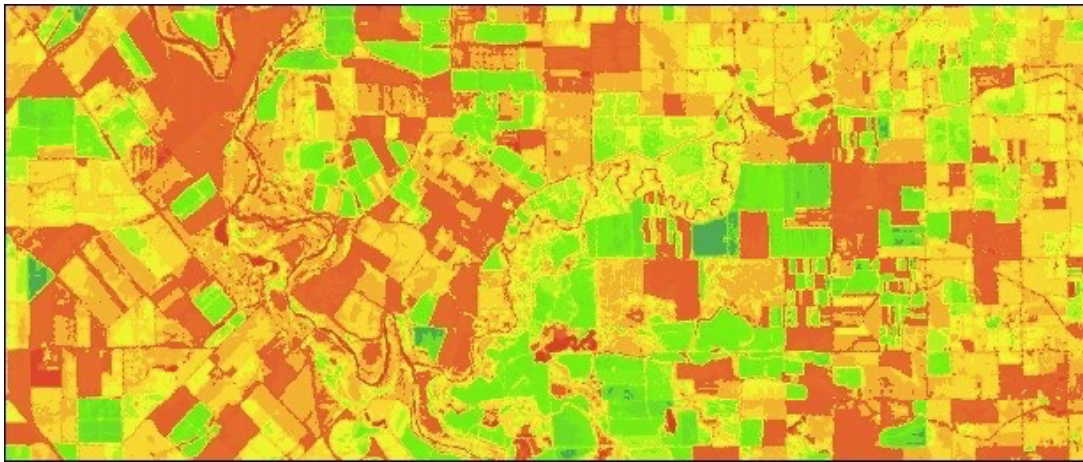
A multispektrális képalkotás során néhány, általában 3-10, spektrális sávban történik az adatgyűjtés. A látható vörös (VIS), a közeli infravörös (NIR) és a rövidhullámú infravörös (SWIR) tartományt fedik le a csatornák felvételezés során. (elo.hu)

Ebben az esetben a szenzorok két típusa különböztethető meg, aktív vagy passzív szenzor. Passzív szenzor esetén a szenzor esetén a Napból vagy Földről természetesen kibocsátott energiát méri fel a szenzor, mivel nem bocsát ki sugárzást. Ilyen elven működnek a hagyományos kamerák és a multi- és hiperspektrális képalkotók. Amennyiben a szenzor képes saját energiát kibocsátani az adott területre felmérés során és ezen energiának a visszavert jeleit képes felmérni, akkor az a szenzor aktív szenzor. Előnye, hogy éjszaka is alkalmazható, valamint felhős, borult időben is képes az adatok pontos rögzítésére. A LIDAR szonár és a SAR radar jelenleg is alkalmazásban lévő aktív szenzorok. (Omia et. al., 2023)

Multispektrális képalkotásban a legismertebb műholdak a Landsat és a Sentinel, amik hosszú idő óta szolgálnak információval a víztestekről, a növényzetről, növényborítottságról és a földhasználat változásáról. Ezen műholdak által begyűjtött adatok nagyon jól alkalmazhatóak rendszeres monitoringra, valamint alkalmasak környezeti és földrajzi elemzések során. (elo.hu)

A Landsat és a Sentinel műholdak képesek 443-2190 nm tartományban felvételezni és rögzíteni a sávokat, azaz az ultrakék tartománytól egészen a rövid hullámhosszú infravörös

(SWIR) tartományig. a készített felvételeket képesek különböző felbontásban rögzíteni. (11.ábra)

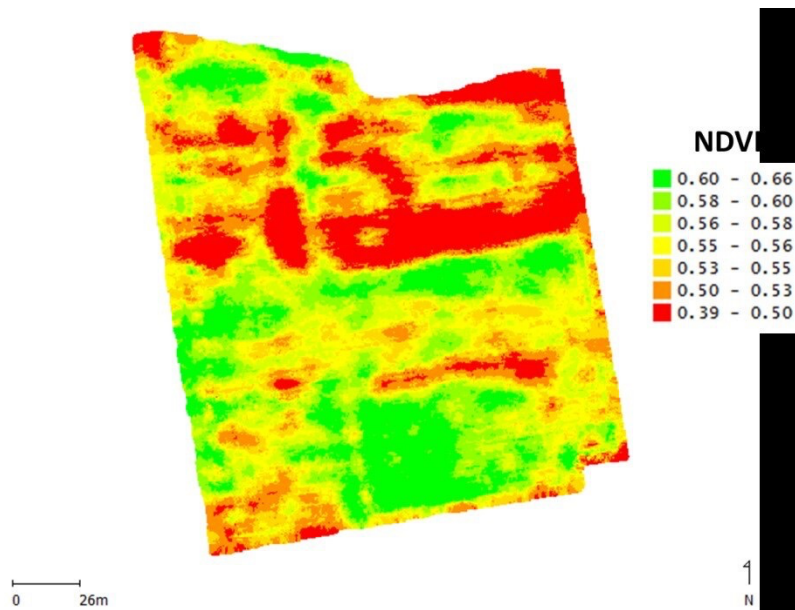


11. ábra: Műholdas NDVI felvétel (Forrás: [URL](#))

UAV platformokra rögzítve egyre gyakrabban alkalmazzák, mivel ez is egyre elterjedtebb a precíziós gazdálkodást folytató termesztők körében. Szintén rugalmas, költséghatékony és nagy felbontású adatszolgáltatás végezhető el.

A leggyakrabban alkalmazott modellek DJI Phantom 4 Multispectral, Parrot Sequoia/Sequoia+, Micasense RedEdge M/MX/Altum, Sentera 6X. Ezek kifejezetten mezőgazdasági felhasználásra kifejlesztett drónok távérzékelővel ellátva, ezért ortofotók készítése esetén minden fotóból annyi darab készül, ahány spektrális tartományt képes érzékelni, ennek köszönhetően minden csatorna sávból készíthető térkép. A fényviszonyokat figyelembe véve kalibrálja be a rendszer az adatokat, ezáltal sokkal pontosabb. (12.ábra) (agrontech.hu)

Mint minden alkalmazott módszernek, ennek is van hiányosságai és gyengeségei, mivel alacsony a diszkrét spektrális sávok száma, ami miatt nehezebbé válik a növényi indexeken túlnyúló elemzések kivitelezése. Továbbá az RGB reprezentáció az egyik gyengesége a multispektrális távérzékelésnek és képképzésnek, mivel a látható és közeli infravörös sávok részben fedik egymást. (Omia et. al., 2023.)



12. ábra: Drónnal készült NDVI térkép (Forrás: [URL](#))

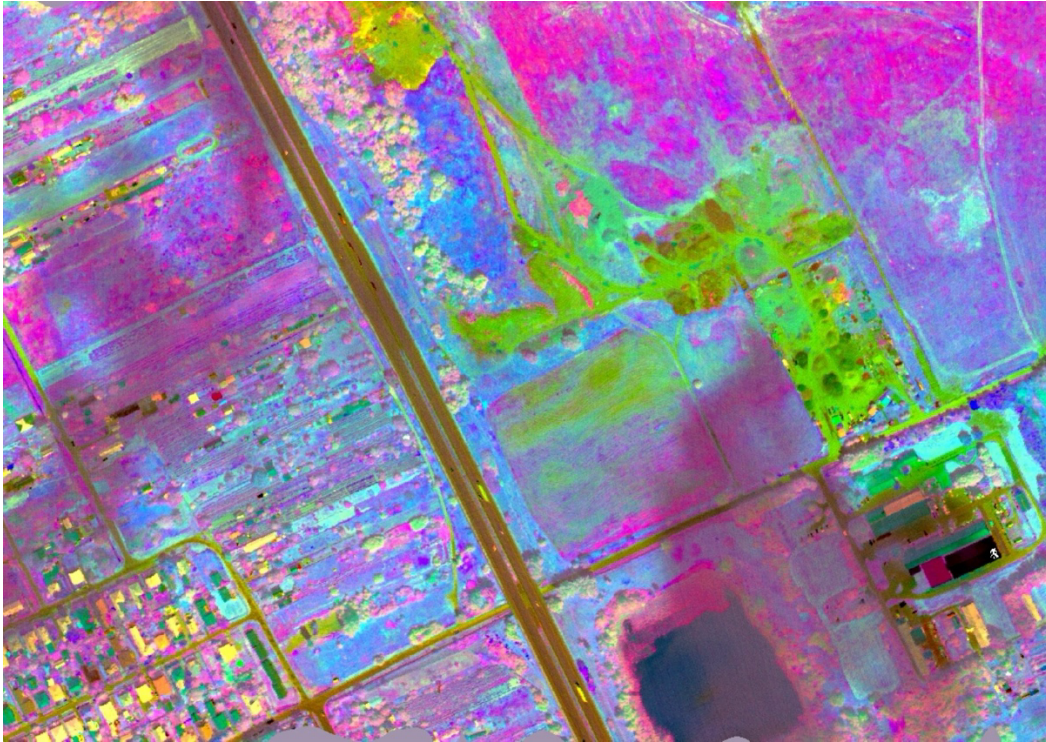
A multispektrális képalkotás legfőbb alkalmazási területei a precíziós gazdálkodás során elsősorban a növényállapot-monitoring, mivel nagyon korai stádiumban felismerhető a növényi-stressz, a tápanyag- vagy vízhiány. Továbbiakban a tápanyag- és vízgazdálkodás, nitrogéntartalom mérhető fel, ami alapján lehetőség nyílik differenciált tápanyag kijuttatásra, valamint differenciált fejtrágya kijuttatására az állományban. A visszavert energia értékéből következtetni lehet a biomassza tartalomra, a levélfelület-indexre (LAI), valamint következtetni lehet a várható terméshozamra is. Bizonyos spektrális sávok kifejezetten érzékenyek a korai stressz vagy betegség és fertőzés jeleire, ami lehetőséget ad időben beavatkozni, ezzel megelőzve az állomány jelentős károsodását. A talaj szintén más visszaverési mintázatot mutat különböző esetekben, így a visszaverés értéke függ a nedvességtartalomtól, a borítottságtól, de még a tápanyag tartalomtól is. A differenciált kijuttatás, sorközművelés és gyomirtás ebben az esetben is nagyon fontos tényező az állomány életében. (Karpiński et. al., 2025)

5.1.3. Hiperspektrális szenzorok

A hiperspektrális képalkotás során akár több száz keskeny spektrális sáv mérhető fel, emiatt a kisebb, finomabb eltérések is láthatóvá válnak az állományban. Sokkal több és részletesebb információ rögzítése lehetséges a hiperspektrális szenzorokkal, mint RGB vagy multispektrális változatokkal, 400 és 2500 nm közötti hullámhossztartományban képesek a szenzorok rögzíteni az adatokat. (Lu et. al., 2020)

A szakirodalom a felhasználás során minden olyan távérzékelőt, ami 20 csatornánál többet foglal magába a hiperspektrális érzékelők közé sorolja. 1 sáv általában 0,015 μm vagy

ennél az értéknél keskenyebb. A hiperspektrális távérzékelés legnagyobb potenciális felhasználója a mezőgazdaság, mivel pontos és részletes állapotfelmérés végezhető. (13. ábra) A földterületek felmérése, parcellák felmérés végezhető el, gyomtérkép, kórokozó és kártevők jelenléte rögzíthető, a terület biomassa tartalma felmérhető, valamint talajvizsgálatok és talajfeltérképezés végezhető el alkalmazás során. (Deli, 2020.)



13. ábra: Hiperspektrális szenzor felvétele (Forrás: [URL](#))

A pilóta nélküli légi járművekre egyre gyakrabban kerülnek hiperspektrális kamerák, mivel nagy térbeli felbontást biztosít, nagyobbat, mint az RGB, valamint szintén gyors adatgyűjtést tesz lehetővé és rugalmasan, akár naponta több alkalommal is lehet alkalmazni napszaktól függetlenül. (Bian et. al., 2018)

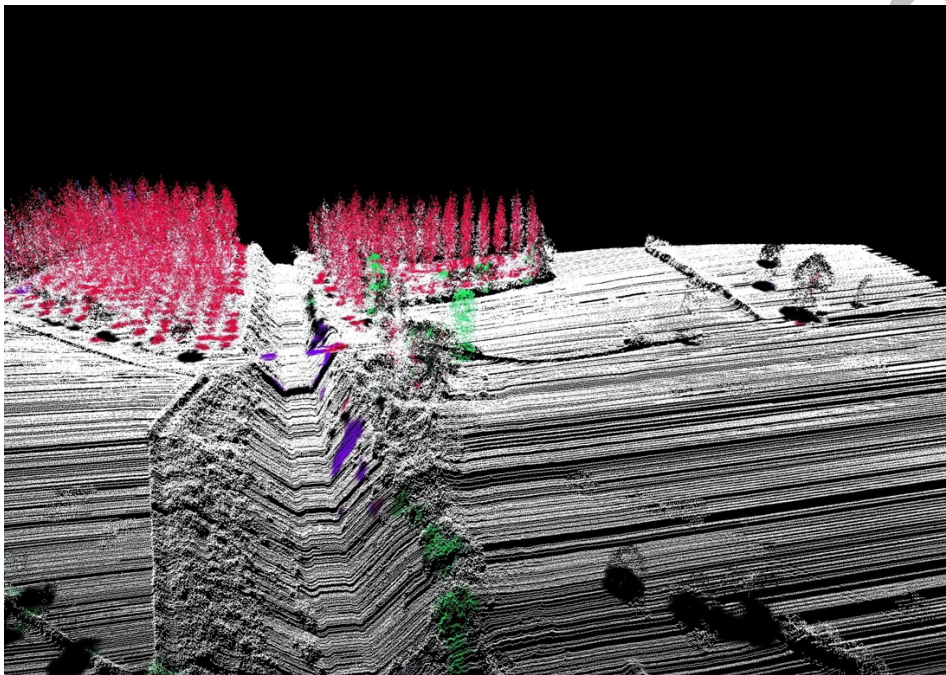
A rögzített adatok alapján a klorofill tartalom becslésre is lehetőség van, mivel a 680-750 nm közötti tartományban a legeredményesebb a mérés, valamint nitrogén és víztartalom meghatározása leginkább 970-1200 nm és 1400-1900 nm közötti tartomány a legalkalmasabb.

HSI alkalmazásával valós időben van lehetőség követni az állomány fejlődési szakaszait, valamint modellezni a biomassa mennyiséget. A spektrális jellemzők változása összefügg a termés mennyiségével és minőségével. Az UAV-HSI rendszerek 90% feletti pontossággal képesek előre megbecsülni a hozamot a tenyészidőszak közepén.

Biotikus stressz, azaz kórokozók és kártevők, valamint abiotikus hatások, víz-, tápanyag-, só-, hő-stressz, detektálására képes a képkalkotó spektrometria már a tünetek megjelenése előtt, mivel a stressz reakciók befolyásolják a spektrális visszaverődést. Emiatt

500-700nm között megfigyelhető pigmentváltozásokból, következtetni lehet a stresszreakció típusára és mértékére, valamint 900-1300 nm és 1400-1900 nm közötti tartományok a legalkalmasabbak a víztartalom mérésére a spektrális adatok alapján. A gépi tanulási modellek segítségével 80-95%-os pontossággal lehet detektálni a tüneteket, elváltozásokat.

Mindezek mellett a hiperspektrális képalkotás során a szenzorok képesek elkülöníteni a különböző növényfajokat és fajtákat a spektrális adatok alapján. A gyomok és kultúrnövények megkülönböztetésére is képes, mivel NIR és zöld tartományban a spektrális profil eltérő. (14.ábra)



14. ábra: Terepmintavételezés hiperspektrális távérzékelővel (Forrás: [URL](#))

A SWIR tartományban található sávok, 1100-2500 nm között, a legalkalmasabbak a talaj szervesanyag-, víz-, agyag-, vas- és sótartalmának meghatározására, mivel ezek a sávok felvételezés során érzékenyek a talaj ásványi összetevőire. A talajparaméterek pontos megbecslésével a kapott adatokból tápanyagtérkép készíthető, aminek segítségével helyspecifikus trágyázás végezhető, differenciált tápanyag kijuttatásra ad lehetőséget. (Lu et al, 2020)

A hiperspektrális távérzékelők által gyűjtött adatok segítségével a gazdák számára hasznos döntéstámogató rendszerek alakíthatóak ki, ennek köszönhetően lehetőség nyílik a költségek minimalizálására a termesztés során, valamint lehetőséget ad egy fenntarthatóbb termesztés kivitelezésére is. (Vértesy L., 2023.)

A HSI érzékelők legnagyobb előnye a pontosság, mivel a mérések nem destruktívak, valamint a biokémiai és morfológiai tulajdonságok monitorozhatóak. Ezzel szemben hátrányuk,

hogy nagyon nagy adatmennyiség keletkezik az alkalmazás során, aminek a feldolgozása bonyolult és időigényes. (Lu et. al., 2020)

5.2. Drónok és távérzékelés gyakorlati alkalmazása szőlészetben

A precíziós szőlészet dinamikusan fejlődő ágazata a drónalapú távérzékelés, mivel a nagy felbontású képi és spektrális adatok lehetővé teszik az állomány időbeli és térbeli vizsgálatát, valamint nyomon is követhetőek a változások. Azonosíthatóak igen korai stádiumban a stressztényezők, továbbá célzott beavatkozás is megtervezhető és kivitelezhető a begyűjtött adatok alapján. Az adatok feldolgozásának köszönhetően a szőlőültetvény kezelése optimalizálható, a költségek csökkenthetőek és a fenntarthatóság növelhető. (Di Gennario et al., 2016)

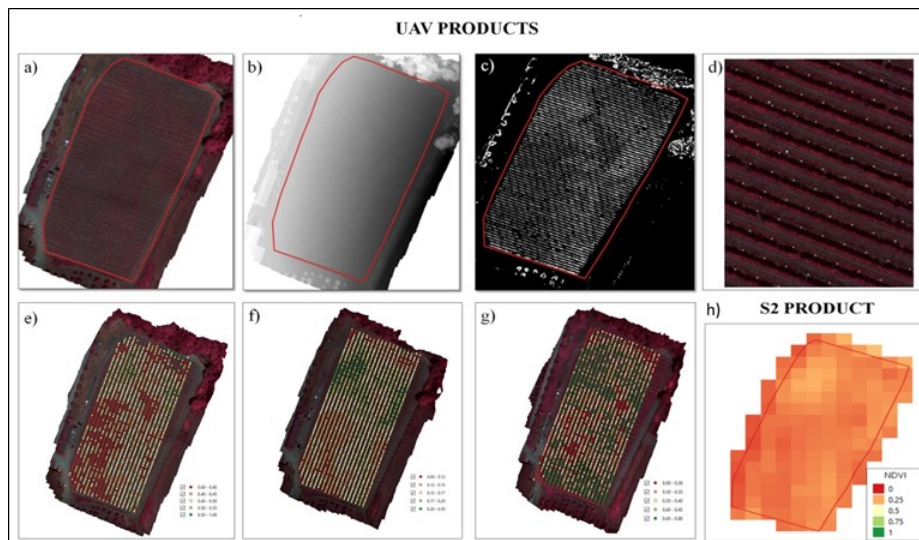
5.2.1. Térbeli variabilitás, heterogenitás

A precíziós szőlőtermesztés egyik legfontosabb tényezője termesztés során a termőhelyi különbségek és az állományon belüli térbeli variabilitás ismerete. Drónok és távérzékelési technológiák alkalmazásával részletesen és rendszeresen monitorozhatóvá válik az ültetvény.

A Pastonchi és munkatársai (2020) által végzett vizsgálat átfogóan vizsgálta és értékelte a drónos felmérések és a műholdas adatok összefüggéseit a toszkán borvidék egyik ültetvényén három vegetáción keresztül (2017-2019) elemezve a felvételeket.

A kutatásuk célja az volt, hogy megállapítsák mennyire alkalmasak a különböző távérzékelési technológiák az ültetvényen belüli térbeli és időbeli változékonyság felmérésére, továbbá, hogy az így kapott adatok mennyiben képesek a termés mennyiségének és minőségének jellemzésére. A vizsgálat során összehasonlították az UAV-alapú vegetációs indexeket a Sentinel-2 műhold NDVI értékeivel, valamint ezekkel kapcsolatos földi méréseket végeztek. (15. ábra) Földi mérések során. terméshozamot, zöldtömeget, valamint Brix-értéket mértek.

A felvételeket két megközelítésből dolgozták fel. Első feldolgozás során a tőkét és a sorközöket együttesen mérték fel második esetben pedig csak a lombkoronát tartalmazó pixeleket. A statisztikai elemzés során a szerzők klasszikus lineáris regressziót, valamint térbeli statisztikai módszereket, például a Moran-féle autokorrelációs indexet (MI) és a BILISA modellt alkalmaztak, hogy feltárják az adatok közötti térbeli összefüggéseket. (.ábra)



15.ábra: Drónos légi felvétel összehasonlítása a Sentinel-2 műhold felvételével (Forrás: [URL](#))

Az eredmények erős korrelációt mutattak a drónos és a műholdas platform NDVI értékei között, ami bizonyítja, hogy az UAV platformok alkalmasabb nagyobb léptékű műholdas megfigyelések kiegészítésére és pontosítására. A földi és UAV méréseket összevetve a terméshozam és a zöldtömeg esetében közepes erősségű korrelációt tapasztaltak a vizsgálat során. Ezzel szemben a Brix-érték esetében gyenge vagy negatív érték mutatkozott. Ebből az következtetés szűrhető le, hogy a drónos vegetációs indexek elsősorban a vegetatív növekedést és a tőkék vitalitását méri fel, míg a bogyók beltartalmi értékei nem írhatóak le pontosan spektrális mutatók alapján.

A térbeli statisztikai elemzések hozzájárultak a termőhelyi mintázatok pontos azonosításához, emiatt lehetőség nyílik klaszterek, homogén zónák és eltérő növekedési potenciállal rendelkező területek feltérképezésére. Ezen adatok ismerete kulcsfontosságú a változó dózisu kezelésekor, növényvédelem és tápanyagutánpótlás során.

Az UAV adatok kombinálása földi mérésekkel és műholdas felvételekkel jelentősen javíthatja a szőlőültetvények térbeli modellezését és a hozam előrejelzést. Nem csupán adatgyűjtés eszközei lehetnek a drónok, de a döntéstámogató rendszerek kialakításában is nagy szerepet töltenek be. (Pastonchi et. al., 2020)

A tanulmány rámutat arra, hogy a drónos távérzékelés és a hagyományos mérések és műholdas adatok együttesen nagyon pontos és hasznos képet adnak az ültetvények térbeli heterogenitásáról. Precíziós zónatérképezésre, hozam- és minőségbecslésre és változó dózisu kijuttatásra is alkalmazhatóak.

5.2.2. Zónatérképezés és változó dózisu kijuttatás

A zónatérképezés alapja a távérzékeléssel és terepi mérésekkel mért adatok kombinálása. A drónok által készített felvételek RGB távérzékelővel gyors és olcsó megoldás,

de a fiziológiai különbségek észrevételéhez ajánlott inkább multispektrális távérzékelőket alkalmazni. Térinformatikai rendszerek használatával azonosíthatóak a termőzónák.

A zónák kijelölésére általában vegetációs indexeket alkalmaznak (NDVI, NDRE, GNDVI). Klaszterezés során a vegetációs index térképeken azonosítható a fotoszintetikus aktivitás és a növényborítottság mértéke. Az index térképek kiegészíthetők más paraméterekkel is, mint például a talaj vezetőképessége (EC), mivel a nedvesség és tápanyagtartalmat nagyban befolyásolja. Kiegészíthető még domborzati adatokkal, valamint a hozamtérképek értékei is hasznosnak bizonyulnak. (Pastonchi et. al., 2020)

A változó dózisu kijuttatás a zónatérképezés gyakorlati alkalmazása, mivel ebben az esetben a műtrágya, a növényvédőszer vagy az öntözővíz differenciált adagolása történik az ültetvény zónáiban. Ebben az esetben a gépek vezérlését GPS-alapú rendszer végzi, ami a zónatérkép értékei alapján kijelölt dózisértéket juttatja ki az állományra.

Pastonchi és munkatársai (2020) tanulmányában a vegetációs adatok alapján három zóna különíthető el. Magas, közepes és alacsony NDVI értékkel rendelkező zónák. Magas NDVI esetében a növekedés erőteljes, alacsony mennyiségben szükséges kijuttatni a tápanyagot. Közepes NDVI érték esetén a kezelési dózis az átlagosnak felel meg, alacsony esetében pedig a vegetáció gyenge és fokozott víz- és tápanyagellátásra van szükség.

A VRT rendszer előnye, hogy csökkenti a vegyszer felhasználást, akár 15-25%-kal, de ezzel szemben hatékonyabb kezelést biztosít, mivel a célzott tápanyag kijuttatást lehetővé teszi.

A tanulmány eredményeit tekintve, az egységes kezeléshez képest jobb fűrtminőséget, kisebb tápanyagvesztést és kedvezőbb beltartalmi mutatókat értek el. (Toscano et. al., 2019)

A zónatérképezés és a változó dózisu kijuttatás biztosítása szintén kulcsfontosságú a precíziós szőlőtermesztés során. Drónok és távérzékelő szenzorok segítségével a zónák feltérképezése megbízható alapot nyújt a differenciált gazdálkodás kivitelezéséhez.

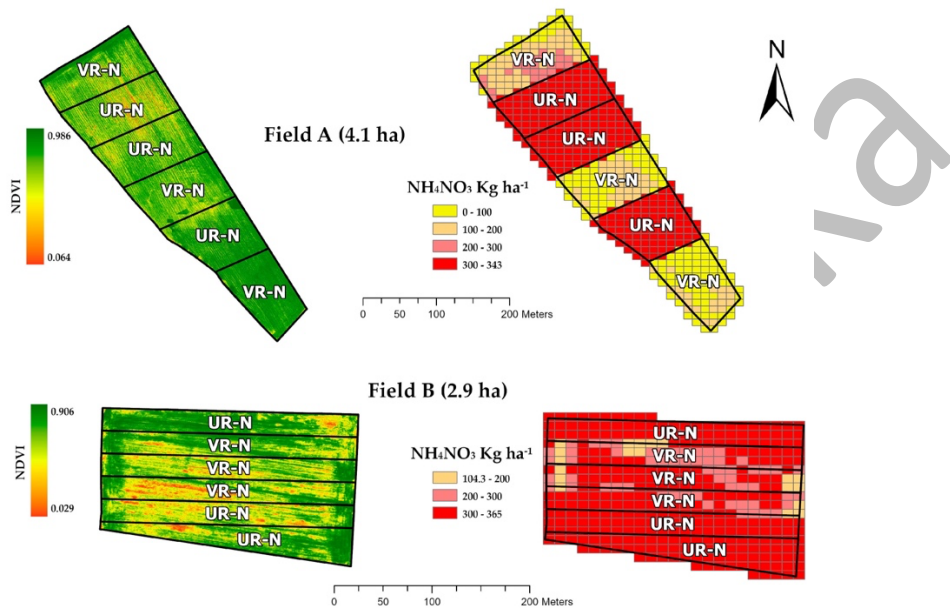
5.2.3. Állományfelmérés és növényegészségügy

Az állományfelmérés során szintén drónos és műholdas felvételek alapján lekövethető az állomány, valamint annak egészségügyi állapota. A növekedés dinamikája és a stresszfaktorok valós időben nyomon követhetők.

A drónos állományfelmérés RGB, multispektrális és hiperspektrális kamerákkal is végezhető. A légi felvételek feldolgozását követően, a vegetációs indexek kiszámításával pontos és átfogó adatok nyerhetők az egészségügyi állapotról, valamint a fotoszintetikus aktivitásról.

A drónos távérzékelésben leggyakrabban alkalmazott indexek az NDVI, az NDRE és a GNDVI. Az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) a növényborítottság és a

klorofilltartalom általános jelzőjeként funkcionál a gyakorlati alkalmazásban. Az NDRE (Normalized Difference Red Edge Index) olyan tartományokban rögzített adatokból áll össze, melyek kifejezetten érzékenyek a klorofilltartalom változására, ebben a tartományban megfigyelhető az állomány reakciója stressz hatására, valamint a zöldtömeg öregedésének mértéke. A GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index) a nitrogén ellátottságot és a vegetációs fejlődés mértékét képes pontosan meghatározni. (16. ábra)



16. ábra: NDVI térkép és nitrogénellátottság (Forrás: [URL](#))

Ezen adatok ismeretében az indexek térképes formában, azaz vigor map-ban ábrázolhatóak. A gyengén fejlett és tűkehiányos vagy stresszhatás alatt álló zónák kimutathatóak. A drónok térbeli felbontása jóval pontosabb, mint a műholdak távérzékelése, így kisebb terület esetén megbízhatóbb adatokkal szolgálnak felmérés esetén. (Pastonchi et al., 2020)

A növénybetegségek, mint például a lisztharmat vagy a peronoszpóra már korai stádiumban felismerhető a szenzortechnológiának köszönhetően. A korai felismerés nagyban elősegíti a hatékony védekezés lehetővé tételét.

Multispektrális felvételeken a fertőzött vagy stresszhatást elszenvedő növények eltérő reflektancia értéket mutatnak a látható és közeli infravörös tartományban. Termálkamerás méréssel a levelek hőmérsékeltének változásai is nyomon követhetőek, ezen változások akár vízstressz vagy xilémzáródás indikátorai is lehetnek.

Drónos NDRE felvételek alapján azonosíthatóak a vízhiányos tőkék, valamint a vizuális megfigyeléshez képest 7-10 nappal korábban már lehetséges kimutatni a stressz tüneteket távérzékelők segítségével. További vizsgálatok során igazolták, hogy a betegségek terjedése

térben modellezhető és a fertőzési gócok lokalizálhatóak, így célzott növényvédelmi kezelések végezhetőek az ültetvényben. (Di Gennario et. al., 2019)

Növényegészségügyi szempontokat és a diagnosztikát érintő technológiákat figyelembe véve a drónalapú távérzékelés fontos alappillére a precíziós szőlőtermesztésnek.

5.2.4. Terméshozam és minőségbecslés

A hozamelőrejelzés alapja a növényállomány térbeli variabilitásának ismeret a vegetációs indexek alapján. Gyakorlati megvalósítás során végezhető NDVI-alapú predikció, melyben a lombkorona intenzitásából kiszámítható a várható fűrtmennyiség és hozam. Másik esetben készíthető 3D lombkorona-modell, amely során a tőkék lombtérfogatának felmérését követően megbecsülhető a biomassza mennyisége, ezáltal a potenciális terméshozam is. Integrált modellek alkalmazása során a távérzékelés során felvételezett adatok a talaj paraméterekkel és a meteorológiai adatokkal kombinálva GIS-alapú rendszerbe kerülnek, ami a döntéstámogatást segíti.

UAV platformok adataiból készített NDVI értékek esetében a hozam előrejelzés 80-85%-os pontossággal előre jelezhető, valamint sokkal gyorsabb és hatékonyabb, mint a hagyományos kézi felvételezés. (Pastonchi et. al., 2020)

A minőségbecslés során több paramétert is figyelembe kell venni, emiatt a minőség előrejelzés precíziós termesztésben minden esetben kombinálva történik földi és légi mérésekkel. Bortermő szőlő esetében a cukortartalom, a savtartalom, a fenol- és aromakomponensek nagymértékben befolyásolják a bor minőségét.

Mérések során a magas NDVI vagy NDRE érték gyakori összefüggésben van a bogyók magas cukortartalmával, valamint jobb aromaprofilit mutatnak. Hőkamerák segítségével a vízhiányos zónák azonosíthatóak. A vízhiány és hőstressz nagy hatással van a fenolos összetételre és a savtartalomra. A virágzás, fűrtkötődés és érés időpontja fontos a minőségi paraméterek előrejelzése során, mivel így lehetőség nyílik a szüret időzítésének optimalizálására. (Toscano et. al., 2020)

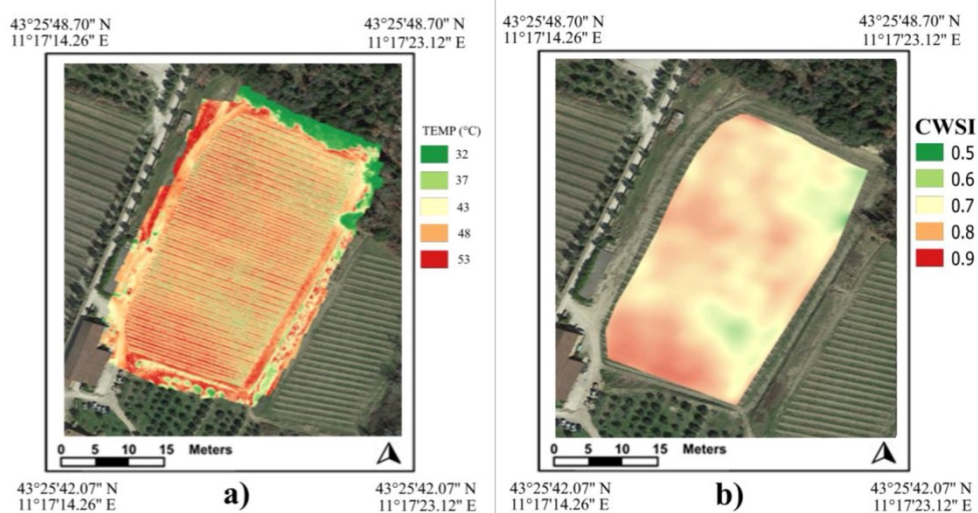
Drónos multispektrális és termális adatokkal előrejelezhető a cukortartalom és a savprofil az ültetvény különböző zónáiban, ezáltal a várható adatok sokkal pontosabban a borászati felhasználás számára. A változó dózisú kijuttatási rendszerek nagyban hozzájárulnak a beltartalmi mutatók javításához, valamint az input-anyagok csökkentéséhez.

6.5. Növényvédelem és stressz felismerés

Drónos RGB vagy multispektrális felvételeken a fertőzött tőkék eltérő reflektancia értéket mutatnak látható és közeli infravörös tartományban, mint az egészséges tőkék, így a gócpontok térbeli azonosítása lehetővé válik.

Leggyakrabban NDVI, NDRE és PRI vegetáció indexet alkalmaznak. Mivel az NDVI a tőkék általános vitalitását méri a fertőzött zónák jól kirajzolódnak rajta, mivel a fertőzött zónákban a reflektancia értéke csökken. NDRE index során nagyon korai fázisban észrevehetőek a levélzetet érintő betegségek, mivel a klorofill tartalom finom változásaira érzékeny, ezáltal a visszavert érték megváltozik, 10-15%-kal csökken. A PRI (Photochemical Reflectance Index) index jellemzi a fotoszintetikus aktivitás és a stresszválasz kapcsolatát a változó reflektancia értékek alapján. A fertőzések detektálására jóval hamarabb kerülhet sor, mivel a vizuális tünetek megjelenése előtt kimutatható a vegetációs index térképekből.

Hőkamerás megfigyelések során az abiotikus stresszt elszenvedő tőkék detektálhatóak ültetvényen belül, az állományklíma felmérhető. (17. ábra) A jól öntözött zónákhoz képest a vízhiányos vagy hőstresszt elszenvedő tőkék levelei 1,5-2 °C-kal magasabb hőmérsékletűek. (Matese et. al., 2018)



17. ábra: a) hőmérséklet b) vízstressz (Forrás: [URL](#))

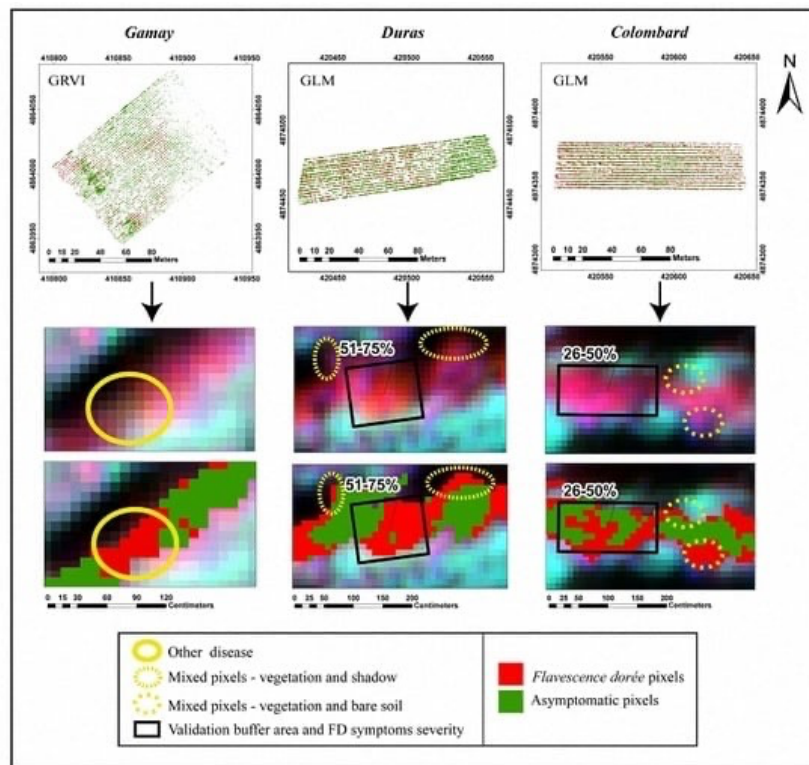
Gyakorlati alkalmazás során a stresszkezelés a precíziós stresszkezelés célja a vitalitás megőrzése és a stressz hatásának enyhítése célzott beavatkozások elvégzésével.

Hőkamerás- és multispektrális felvételezés alapján a vízellátás szabályozható az azonosított zónák alapján precíziós öntözés kivitelezésével. NDRE index alapján a klorofilltartalom meghatározását követően a zónákban jelölhetővé válik a nitrogén hiány. A zónák tápanyagellátottságának térképe alapján lehetőség van differenciált tápanyag kijuttatás elvégzésére. Hőstressz esetében a hőmérsékleti anomáliák nyomon követhetőek az ültetvényen belül, azonosíthatóak a kritikus értékeket mutató területek. Ennek köszönhetően célzottan csökkenthető a növények terhelése árnyékolással vagy akár öntözéssel. (Pádua et. al., 2018)

Dél-Franciaországban a Flavescence dorée betegség tüneteit vizsgálták vörös és fehér szőlőfajtákon multispektrális felvételek segítségével. A vizsgálat során a tüneteket mutató

tőkék helyét GPS ponttal rögzítették, valamint a tünetek alapján kategorizálták a betegség súlyosságát.

A vegetáció vége fele, amikor a tünetek már kifejezetten láthatóak voltak, öt sávban elkészített multispektrális felvételek alapján értékelték ki az adatokat. A felvételek kék, zöld, vörös, red-edge és NIR tartományban készültek, a repülési magasság 120 méter, valamint a felbontás 0,10 méter. (18. ábra)



18. ábra: Flavescence dorée és más betegségek detektálása az ültetvényben (Forrás: [URL](#))

A kutatás eredményeként megállapítást nyert, hogy a vegetációs indexek alapján jobban elkülöníthetőek azok a tőkék, melyek a Flavescence dorée tüneteit mutatják. Vörös fajták esetében az RGB és GRVI indexek nagyon pontos kategorizálásra adtak lehetőséget. Ezzel szemben fehér fajták esetében az elkülöníthetőség mértéke sokkal alacsonyabb volt. A drónok által végzett multispektrális képalkotás alkalmas a betegségek detektálására, ugyanakkor korlátokkal rendelkezik még, mivel fajtánként eltérő lehet az optimalizálás, valamint a küszöbértékek betegségfelismeréskor. A tanulmány során a szerzők javasolja további kutatások elvégzését, ismételt mintavételezést, mivel így a módszerek finomítása megbízható, fajtánként kalibrálható. (Albetis et. al., 2017)

6. Következtetések és javaslatok

A szőlészetben a drónok és precíziós műszerek alkalmazása minden téren jelen van egy ültetvény életében, minden téren alkalmazható eredményesen. A térbeli variabilitás, az állományfelmérés, a növényvédelem, stresszfelismerés, terméshozam becslés és a változó dózisú kijuttatás is kivitelezhető az alkalmazás során.

Térbeli variabilitás, valamint a zónatérképezés nagy segítséget jelent, mivel a tápanyag, víz és növekedési különbségeket feltárja az ültetvényen belül, valamint nagy felbontású ortofotók felhasználásával elkészíthetők a vegetációs index térképek. A termőhely heterogenitás objektíven mérhető fel, ezáltal a terület kezelési zónákra osztható.

Állomány analízis segítségével 3D modellek képezhetők, ezáltal a lehetőség nyílik a hiányzó tőkék detektálására, a biomassa mennyiség becslésére és a lombkorona térfogatának mérésére.

Multi- és hiperspektrális kamerák segítségével idő előtt kimutathatóak a betegségek korai stádiumban. Hatékonyabb védekezés végezhető akár Flavescence dorée, peronoszpóra vagy lisztharmat esetében, jóval azelőtt, hogy a tünetek szabadszemmel láthatóvá válnának. Elkülöníthetők a fertőzött tőkék, valamint célzott növényvédelmet lehet végezni.

Hőkamerás felmérések során stressz zónákra bontható az ültetvény, javítható a víz felhasználása, valamint szükség esetén árnyékolás is alkalmazható.

Drónos RGB felvételek és mesterséges intelligencia algoritmusokkal megbecsülhető a terméshozam, mivel fűrtszámolás és színtónus-analízis végezhető az állományban.

GPS-vezérelt permetező és műtrágyaszóró eszközökkel lehetőség van változó dózisú kijuttatásra az állományban, mivel zónatérképek alapján igényekhez igazítható a kijuttatandó dózis. Ezáltal csökkenthető a vegyszer és a tápanyag kijuttatás, mivel nem egységesen történik a kijuttatás.

A drónok használata számos előnyt kínál fel a gazdák számára, mégsem tekinthető univerzális megoldásnak a termesztés során, mivel a technológia alkalmazása során korlátokba ütközhetünk.

A repülést nagyban befolyásolja az időjárás, erős szélben vagy esős időben a drónok nem képesek felszállni, mivel a repülés nem kivitelezhető biztonságos keretek között. Továbbiakban a repülést nagyban korlátozza, hogy egy felszállással nagyobb területek felmérése nem kivitelezhető, mivel átlagosan 20-40 percet képesek repülni az akkumulátoros monitoring drónok.

A felvételezés során begyűjtött nyers adatok feldolgozása jelenleg rendkívül időigényes, valamint specifikus szoftverek és feldolgozó rendszereket igényelnek. Feldolgozás során az ortofotó-mozaikolás, a spektrális korrekció és a modellezés a legidőigényesebb műveletek.

A felméréseket nagyon sok esetben terepi validáció kell, hogy kövesse, mert a spektrális eltérések nem minden esetben egyértelműen biotikus eredetűek. Sok esetben a felvételezett tünetek nem egyértelműen azonosíthatóak, emiatt célszerű a drónos megfigyelést kiegészíteni terepi mintavételezéssel a kritikus zónákban.

Magyarországon és az Európai Unióban jelenleg a drónok felhasználása és a műveletek elvégzése engedélyköteles a jogszabályoknak és rendeleteknek megfelelően. Így a mezőgazdasági munkavégzés is a jogi keretek között kivitelezhető, megfelelő szakirányú képesítés birtokában.

Jelenleg a drónok gyors és pontos adatgyűjtést tesznek lehetővé, fokozzák a fenntarthatóságot, mivel a környezeti terhelés csökkenthető az alkalmazás során, valamint a költségek csökkentésében is nagyon nagy szerepük van, javítható a termés mennyisége és minősége.

A pilóta nélküli légi járművek alapvető eszközei a precíziós gazdálkodás folytatásának, jövőt tekintve nagy potenciál van az alkalmazásukban, de jelenleg inkább kiegészítő technológiaként funkcionálnak a termesztés során. Jelenleg nem képes teljes mértékben átvenni a terepi munkák elvégzését, de pontos döntéstámogató rendszert lehet kialakítani a kiértékelt adatokból. A jövőbeli kutatások és fejlesztések során lehetőség nyílik a felhasználás során arra, hogy egyre nagyobb mértékben helyettesítse a terepi munkákat.

7. Összefoglalás

Dolgozatom írása során a lehető legtávolabbi időpontról kiindulva próbálta átvenni a drónok kialakulásának legfontosabb szakaszai és felhasználási területei, valamint, hogy hogyan integrálódtak más területekre a hadászaton kívül, milyen más célokkal használhatóak a mindennapokban. Valamint, milyen keretek között alkalmazhatóak drónok hazánkban, milyen szabályokhoz kötött.

Az irodalmi kutatás elvégzése során legfőbb szempontom az alkalmazás területek és módszerek bemutatása volt, rávilágítva ezzel arra, hogy a pilóta nélküli légi járművek felhasználása nagyon sokrétű. Fontosnak tartottam a távérzékelő platformok bemutatását, valamint működési elvük ismertetését. A működési elv megértése nagyon fontos a gyakorlati alkalmazás során. A távérzékelés gyakorlati alkalmazásának bemutatásakor műhelytanulmányi példákkal igyekeztem bemutatni a drónok és távérzékelési rendszerek alkalmazásának megvalósítását, milyen eszközökkel és rendszerekkel végezhető el a felvételezés, valamint nyers adatok feldolgozásához milyen informatikai rendszerek szükségesek. A vegetációs és zónatérképek kialakítása során a rétegek alkalmazása is nagyon fontos a pontos eredmények eléréséért. A kapott kiértékelt adatok integrálása döntéstámogató rendszerekbe segít, hogy hogyan használhatóak fel az ültetvényt érintő munkák kivitelezése során a zónatérképek és különböző vegetációs indexek. RGB, multi- és hiperspektrális távérzékelők segítségével kiértékelést követően felmérhető az ültetvények heterogenitása, a térbeli variabilitás. A variabilitás különböző paramétereit alapján zónatérképek alakíthatóak ki tápanyag- és vízellátottság tekintetében, valamint a hiányzó tényezők felmérése is lehetséges. Az állomány felmérése során a zöldtömeg, valamint az egészségügyi és fejlettségi állapot is felmérhető. Ezen adatok ismeretében lehetőség van a változó dózisos kijuttatás elvégzésére tápanyagutánpótlás és növényvédelmi kezelések során.

Jelen álláspontom szerint a pilóta nélküli légi járművek alkalmazása pozitívan befolyásolja az ültetvény életét, valamint elősegíti az emberi tényezők csökkentését. Az alkalmazás előnyt jelenthet a gazdálkodók számára, mivel hazánkban a megfelelő szakértelemmel és képesítéssel rendelkező munkaerő száma jelentősen csökkent az elmúlt években. Drónos távérzékelők és döntéstámogató rendszerek segítségével minimalizálható a terepen elvégzendő munka mértéke.

Véleményem szerint a közeljövőben nagy léptékben fog fejlődni az alkalmazást és felhasználást érintő technológia, mivel nagy potenciállal bíró technológiáról beszélhetünk. A felvételezés során pontosabb adatok begyűjtése és pontosabb kiértékelő rendszerek lesznek

elérhetőek a gazdálkodók számára. A feldolgozó szoftverek fejlődése együttesen kivitelezhető a felvételezési módszerek fejlődésével.

Szem előtt kell tartani minden esetben a klímaválságot, valamint az ezzel járó megszorításokat. Ügyelnünk kell arra, miként cselekszünk a termesztés során, valamint milyen közbeavatkozásokat végzünk el ennek függvényében. A technológia alkalmazásával lehetőség nyílik fenntartható gazdálkodás folytatására, amivel jelentősen csökkenthető a környezeti terhelés mértéke, de a minőségi és a mennyiségi mutatók nem romlanak a termesztés során.

Bogdán Boróka

8. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani Dr. Bodor-Pesti Péternek Tanár Úrnak, mivel minden segítséget megadott a szakdolgozat írás során, még az utolsó pillanatokban is. Nagyon hálás vagyok a segítségért és a támogatásért, mert szakmai iránymutatásával és értékes tanácsaival végigkísérte a szakdolgozatom elkészítését.

Továbbiakban köszönöm a Kertészettudományi Intézet oktatóinak az inspiráló tanulmányi környezetet és támogatást, amit az elmúlt félévekben nyújtottak.

Szeretnék köszönetet mondani a családomnak és a legnagyobb szerűbb férjemnek és barátaimnak, akik végig támogattak tanulmányaim során.

Bogdán Boróka

9. Irodalomjegyzék

1. A bizottság (EU) 2019/947 végrehajtási rendelete (2019. május 24.) a pilóta nélküli légi járművekkel végzett műveletekre vonatkozó szabályokról és eljárásokról ([URL](#))
2. A bizottság (EU) 2019/945 felhatalmazáson alapuló rendelete (2019. március 12.) a pilóta nélküli légi jármű-rendszerekről és a pilóta nélküli légi jármű-rendszerek harmadik országbeli üzemeltetéséről
3. Agrontech (2025): Mire használhatóak az RGB és multispektrális kamerák?, ([URL](#), 2025.11.03.)
4. Agrontech (2025): Növénytermesztés távlatokból - Multispektrális távérzékelés ([URL](#), 2025.11.03)
5. Albetis, J., Duthoit, S., Guttler, F., Jacquin, A., Goulard, M., Poilvé, H., Féret, J.-B., & Dedieu, G. (2017). Detection of Flavescence dorée Grapevine Disease Using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Multispectral Imagery. *Remote Sensing*, 9(4), 308. <https://doi.org/10.3390/rs9040308>
6. Ammoniaci, M., Kartsiotis, S.-P., Perria, R., & Storchi, P. (2021). State of the Art of Monitoring Technologies and Data Processing for Precision Viticulture. *Agriculture*, 11(3), 201. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030201>
7. Békési B., Bottyán Zs., Dunai P., Wühl T. (2013). Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 321
8. Bodor-Pesti P., Fazekas I., Varga Zs., Deák T. (2022). Precíziós technikák a szőlőtermesztésben ([URL](#), 2025.11.03)
9. Bodor-Pesti P., Taranyi D., Varga Zs. (2022). Távérzékelési módszerek alkalmazása a szőlőtermesztésben, ([URL](#), 2025.11.03.)
10. Di Gennario, Toscano P., Berton A. (2019). A precision viticulture UAV-based approach for early yield prediction in vineyard, https://doi.org/10.3920/978-90-8686-888-9_46
11. DI GENNARO, S., BATTISTON, E., DI MARCO, S., FACINI, O., MATESE, A., NOCENTINI, M., MUGNAI, L. (2016). Unmanned Aerial Vehicle (UAV)-based remote sensing to monitor grapevine leaf stripe disease within a vineyard affected by esca complex. *Phytopathologia Mediterranea*, 55(2), 262–275. https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-18312
12. Életünk enciklopédiája (2025): Távérzékelés: a technológia működése és alkalmazási területei, ([URL](#), 2025.11.03.)
13. Ferro, M. V., & Catania, P. (2023). Technologies and Innovative Methods for Precision Viticulture: A Comprehensive Review. *Horticulturae*, 9(3), 399. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9030399>
14. Horváth Z. (2018) A távérzékelés és a digitális képfeldolgozás mezőgazdasági alkalmazhatósága, PhD értekezés, Pécs, Tudományi egyetem Földtudományok Doktori Iskola ([URL](#), 2025.11.03.)
15. Karpiński, P., & Kocira, S. (2025). Possibilities of Using a Multispectral Camera to Assess the Effects of Biostimulant Application in Soybean Cultivation. *Sensors*, 25(11), 3464. <https://doi.org/10.3390/s25113464>
16. Kartal, M. R., Ignatyev, D., & Zolotas, A. (2025). Comprehensive review of agriculture spraying UAVs challenges and advances: modelling and control. *The Aeronautical Journal*, 129(1340), 2859–2879. <https://doi.org/10.1017/aer.2025.10031>
17. Kior, A., Yudina, L., Zolin, Y., Sukhov, V., & Sukhova, E. (2024). RGB Imaging as a Tool for Remote Sensing of Characteristics of Terrestrial Plants: A Review. *Plants*, 13(9), 1262. <https://doi.org/10.3390/plants13091262>

18. Lee, L., Reynolds, A., Dorin, B., & Shemrock, A. (2025). Potential of a Remotely Piloted Aircraft System with Multispectral and Thermal Sensors to Monitor Vineyard Characteristics for Precision Viticulture. *Plants*, 14(1), 137.
<https://doi.org/10.3390/plants14010137>
19. Lee, L., Reynolds, A., Dorin, B., & Shemrock, A. (2025). Potential of a Remotely Piloted Aircraft System with Multispectral and Thermal Sensors to Monitor Vineyard Characteristics for Precision Viticulture. *Plants*, 14(1), 137.
<https://doi.org/10.3390/plants14010137>
20. Matese A., Di Gennario S. (2015) Technology in precision viticulture: A state of the art review, <https://doi.org/10.2147/IJWR.S69405>
21. Matese, A., & Di Gennaro, S. F. (2018). Practical Applications of a Multisensor UAV Platform Based on Multispectral, Thermal and RGB High Resolution Images in Precision Viticulture. *Agriculture*, 8(7), 116.
<https://doi.org/10.3390/agriculture8070116>
22. Nébih (2025): Gombaölő permetezőszer kapott engedélyt Magyarországon drónnal történő kijuttatásra, ([URL](#), 2025.11.03.)
23. Nébih (2025): Magyarországon elsőként egy rovarölő szert juttathatnak ki drónnal, ([URL](#), 2025.11.03.)
24. Nemzeti Agrárgazdasági Kamara (2025): Újabb rovarölő szer kapott engedélyt drónnal történő kijuttatásra, ([URL](#), 2025.11.03.)
25. Nemzeti Agrárgazdasági Kamara (2023): Objektíven a permetező drónokról VII.- Permetező drónos szolgáltatás igénybevétele – Mire figyeljünk? ([URL](#), 2025.11.03.)
26. Omia, E., Bae, H., Park, E., Kim, M. S., Baek, I., Kabenge, I., & Cho, B.-K. (2023). Remote Sensing in Field Crop Monitoring: A Comprehensive Review of Sensor Systems, Data Analyses and Recent Advances. *Remote Sensing*, 15(2), 354.
<https://doi.org/10.3390/rs15020354>
27. Pádua, L., Marques, P., Hruška, J., Adão, T., Peres, E., Morais, R., & Sousa, J. J. (2018). Multi-Temporal Vineyard Monitoring through UAV-Based RGB Imagery. *Remote Sensing*, 10(12), 1907. <https://doi.org/10.3390/rs10121907>
28. Pastonchi L., Di Gennario S., Toscano P., Matese A. (2020). Comparison between satellite and ground data with UAV-based information to analyse vineyard spatio-temporal variability, <https://doi.org/10.20870/oenone.2020.54.4.4028>
29. Petróczy M., (2025) A szőlő növényvédelme, Budapest, Magyar Agrár- és Élettudományi Egylet
30. Portela, F., Sousa, J. J., Araújo-Paredes, C., Peres, E., Morais, R., & Pádua, L. (2024). A Systematic Review on the Advancements in Remote Sensing and Proximity Tools for Grapevine Disease Detection. *Sensors*, 24(24), 8172.
<https://doi.org/10.3390/s24248172>
31. Sassu, A., Gambella, F., Ghiani, L., Mercenaro, L., Caria, M., & Pazzona, A. L. (2021). Advances in Unmanned Aerial System Remote Sensing for Precision Viticulture. *Sensors*, 21(3), 956. <https://doi.org/10.3390/s21030956>
32. Singh, A. P., Yerudkar, A., Mariani, V., Iannelli, L., & Glielmo, L. (2022). A Bibliometric Review of the Use of Unmanned Aerial Vehicles in Precision Agriculture and Precision Viticulture for Sensing Applications. *Remote Sensing*, 14(7), 1604.
<https://doi.org/10.3390/rs14071604>
33. Strati, V., Albéri, M., Barbagli, A., Boncompagni, S., Casoli, L., Chiarelli, E., Colla, R., Colonna, T., Elek, N. I., Galli, G., Gallorini, F., Guastaldi, E., Hasnain, G., Lopane, N., Maino, A., Mantovani, F., Mantovani, F., Mazzoli, G. L., Migliorini, F., ... Tiso, R. (2025). Advancing Grapevine Disease Detection Through Airborne

- Imaging: A Pilot Study in Emilia-Romagna (Italy). *Remote Sensing*, 17(14), 2465.
<https://doi.org/10.3390/rs17142465>
34. Szondi A. (2018). Távérzékelés az AgroFIELD programban
 35. Tsitouras, A., Noulas, C., Liakos, V., Stamatiadis, S., Tziouvalekas, M., Qin, R., & Evangelou, E. (2025). Variable-Rate Nitrogen Application in Wheat Based on UAV-Derived Fertilizer Maps and Precision Agriculture Technologies. *Agronomy*, 15(7), 1714. <https://doi.org/10.3390/agronomy15071714>
 36. Tsouros, D. C., Bibi, S., & Sarigiannidis, P. G. (2019). A Review on UAV-Based Applications for Precision Agriculture. *Information*, 10(11), 349.
<https://doi.org/10.3390/info10110349>
 37. Turner, D., Lucieer, A., & Watson, C. (2012). An Automated Technique for Generating Georectified Mosaics from Ultra-High Resolution Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery, Based on Structure from Motion (SfM) Point Clouds. *Remote Sensing*, 4(5), 1392-1410. <https://doi.org/10.3390/rs4051392>
 38. Vértesy L. (2023). Precíziós mezőgazdaság: helyzetkép és gazdasági megfontolások (URL, 2025.11.03.)
 39. Yallappa, D., Veerangouda, M., Maski, D., Palled, V., & Bheemanna, M. (2017). Development and Evaluation of Drone Mounted Sprayer for Precision Agriculture. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 19(1), 186–192.
 40. Zhang C., Kovacs J. (2012). The application of small unmanned aerial system for precision agriculture: a review, *Precision Agric* 13, 693-712.
<https://doi.org/10.1007/s11119-012-9274-5>

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat / diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről (módosítva: 2025. október 16.)

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Bogdán Boróka
A Hallgató Neptun kódja: BG60QO
A dolgozat címe: Pilóta nélküli légi járművek és távérzékelési platformok alkalmazása szőlészetben
A megjelenés éve: 2025
A konzulens intézetének neve: Szőlészeti és Borászati Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Szőlészeti Tanszék

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. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

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 mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

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

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2025 év 11 hó 03 nap



Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Bogdán Boróka
Neptun-kódja:	BG60QO
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdolgozat készítés
A munka címe:	Pilóta nélküli légi járművek és távérzékelési platformok alkalmazása szőlészetben

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrekció, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
-	-	-

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott eszköz	MI-neve,	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet

	verziója, elérhetősége		bejegyzésének sorszáma
-	-	-	-

3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

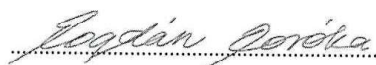
.....

.....

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: Biatorbágy, 2025.11..... hó03.... nap



Hallgató aláírása



Konzulens/Témavezető aláírása

KONZULTÁCIÓS
NYILATKOZAT

BODOR PÉTER (Neptun azonosító: BGGGQO)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi
források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*²

Kelt: Budapest, 2025 október 29.



Dr. Bodor-Pesti Péter

¹ A megfelelő aláhúzendő.

² A megfelelő aláhúzendő.