



## A MAGYAR TUDOMÁNY ÜNNEPE

A Magyar Tudományos Akadémia programsorozata

◆ *Tudomány: út a világ megismeréséhez* ◆



### **DIGITÁLIS AGRÁRIUM: PRECÍZIÓS TECHNOLÓGIA ÉS TUDÁS A JÖVŐÉRT**

Szerkesztette:

HOLLÓ GABRIELLA – PEKÁR ANITA

# **DIGITÁLIS AGRÁRIUM: PRECÍZIÓS TECHNOLÓGIA ÉS TUDÁS A JÖVŐÉRT**

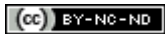
**Ez a konferenciakiadvány az MTA Magyar Tudomány  
Ünnepe alkalmából a Pécsi Területi Bizottsága  
Agrártudományok Szakbizottsága 2022. november 24. -  
Digitális agrárium: precíziós technológia és tudás a  
jövőért - c. konferencia előadásainak anyagát  
tartalmazza.**

## **Írta:**

*Árvai László*  
*Barócsi Zoltán*  
*Bodor-Pesti Péter*  
*Gaál Krisztián*  
*Holló Gabriella*  
*Kusper Gábor*  
*Kusper Krisztián*  
*Labant Attila*

*Riczu Péter*  
*Simon Márton*  
*Szabó Balázs*  
*Szemethy László*  
*Taranyi Dóra*  
*Terjék Lajos*  
*Varga Zsuzsanna*  
*Vida László*

©Szerzők, 2022, ©Szerkesztők, 2022



A műre a Creative Commons 4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik: CC-BY-NC-ND-4.0.

**ISBN 978-963-7068-15-7 (pdf)**

**Borító:** *Holló Gabriella terve szerint Szecsox Nyomda*

**Nyomás és kötészet:** *Szecsox Nyomda*

**Felelős vezető:** *Csonti Zoltán*

**Kiadja az MTA Pécsi Területi Bizottsága**

*Felelős kiadó:*

*Lénárd László, PAB elnök*

*MTA Pécsi Területi Bizottsága,*

*7624 Pécs, Jurisics M. u. 44.*

# **DIGITÁLIS AGRÁRIUM: PRECÍZIÓS TECHNOLÓGIA ÉS TUDÁS A JÖVŐÉRT**

**szerkesztette**

**HOLLÓ GABRIELLA - PEKÁR ANITA**

**MTA Pécsi Területi Bizottsága Pécs**

**2022**

## TARTALOMJEGYZÉK

### BEVEZETÉS A MEZŐGAZDASÁG 4.0 VILÁGÁBA: A PRECÍZIÓS, AZ OKOS ÉS A DIGITÁLIS MEZŐGAZDASÁG

HOLLÓ GABRIELLA..... 5

### TÁVÉRZÉKELÉSI MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA A SZŐLŐTERMESZTÉSBEN

BODOR-PESTI PÉTER, TARANYI DÓRA, VARGA ZSUZSANNA.....17

### PRECÍZIÓS METSZŐROBOT ÉS INTELLIGENS MEZŐGAZDASÁGI PLATFORM FEJLESZTÉSÉNEK TÁMOGATÁSA SZŐLÉSZETI KUTATÁSI EREDMÉNYEINK FELHASZNÁLÁSÁVAL

GAÁL KRISZTIÁN, BARÓCSI ZOLTÁN, SZABÓ BALÁZS, TERJÉK LAJOS, KUSPER KRISZTIÁN, ÁRVAI LÁSZLÓ, VIDA LÁSZLÓ, KUSPER GÁBOR, SZEMETHY LÁSZLÓ .....22

### A KITE ZRT PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁSI RENDSZERE

RICZU PÉTER.....29

### A DRÓNOK ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI A NÖVÉNYVÉDELEMBEN

LABANT ATTILA .....35

### A TÁVÉRZÉKELÉS GYAKORLATI ALKALMAZÁSA AZ ERDŐGAZDÁLKODÁSBAN

SIMON MÁRTON .....42

# BEVEZETÉS A MEZŐGAZDASÁG 4.0 VILÁGÁBA: A PRECÍZIÓS, AZ OKOS ÉS A DIGITÁLIS MEZŐGAZDASÁG

HOLLÓ GABRIELLA

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Állattenyésztési Tudományok Intézet,  
Precíziós Állattenyésztési és Állattenyésztési Biotechnika Tanszék,  
[hollo.gabriella@uni-mate.hu](mailto:hollo.gabriella@uni-mate.hu)

## Összefoglalás

A mezőgazdaság, mint a Föld egyik legősibb tevékenysége, jelenleg technológiai válaszúthoz érkezett, miközben számos kihívással küzd, addig egyre nagyobb mennyiségű élelmiszer alapanyagot kell előállítania. A „Mezőgazdaság 4.0”, kifejezés három részterülethez kapcsolódik, amelyek magukba foglalják a precíziós és intelligens mezőgazdálkodást, valamint a digitális mezőgazdaságot. Napjainkban számos technológiai fejlődés figyelhető meg a távérzékelés, a mesterséges intelligencia és a robotrendszerek terén. Ezen technológiák gyökeresen átalakítják a mezőgazdasági tevékenységeket, és lehetővé teszik a gazdálkodók számára, hogy országos és regionális szinten is a teljes termékpályán nyomon követhető, minden részletre kiterjedő, átlátható, megbízható növényi és állati termékeket állítsanak elő. Mindezt oly módon, hogy a környezeti káros kibocsátást csökkentve magasabb hozamot és minőséget érjenek el. A mezőgazdaság széles körű digitális átalakulásakor, ezen technológiák felhasználásakor számos kihívással – például a hozzáférhetőség, az adattárolás, az elfogadottság – szembesülhetünk. A mezőgazdaság sikeres digitális átállásához a kutatók, a befektetők, a fogyasztók, a gazdálkodók és a politikai szereplők szoros együttműködése kulcsfontosságú.

*Agriculture, one of the oldest industries on Earth, has currently reached a technological crossroads, while it is struggling with many challenges, until then it must produce more and more food. "Agriculture 4.0" as a term is related to three subfields, such as precision and smart farming, as well as digital agriculture. Nowadays, many technological developments can be observed in the field of remote sensing, artificial intelligence, and robotic systems. Its application radically transforms agricultural activities and enables farmers to produce comprehensive, accurate and transparent plant and animal breeding along the entire product chain at the national and regional level, as well as to achieve higher yields and quality, while minimizing environmental emissions. In the broad digital transformation of agriculture, we can face many challenges with the use of these technologies, including accessibility, data storage, and acceptance. For the successful digital transition of agriculture, close cooperation between researchers, investors, consumers, farmers, and political actors is crucial.*

## **Bevezetés**

Egy több mint egy évszázaddal ezelőtt megjelent közlemény (Gilman, 1917) az agrártermelés és élelmiszer-ellátás területére vonatkozóan három fontos megoldandó problémát vetett fel: az első megoldandó feladatként azt, hogyan állíthatunk elő több mezőgazdasági terméket, kevesebb idő-, munkaerő- és pénz- ráfordítással; a második, hogyan lehet mindezt gyorsan, hatékonyan és gazdaságosan elosztani a világban; harmadszor pedig a fogyasztó miként tud ezekből az alapanyagokból saját maga számára gyorsan és könnyen egészséges ételeket készíteni.

Az 1960-80-as években, az úgynevezett zöld forradalom időszakában, a mezőgazdasági termelésben elért tudományos fejlődés oda vezetett, hogy lényegesen megnövelte az agrártermelés kapacitását (Pingali, 2012). Mára pedig a globális élelmiszer-ellátási rendszer olyan sikeres lett, hogy háromszor több elhízott ember van a világon, mint amennyi alultáplált (Basso és Antle, 2020). Ugyanakkor a termelés növelésére és a kapcsolódó költségek egyidejű csökkentésére irányuló első feladat ma is aktuális.

## **Az agrártermelés jelenkori kihívásai és azok megoldási lehetősége**

Az előrejelzések azt mutatják, hogy a jelenlegi agrártermelés messze elmarad a növekvő szükségletektől, és a FAO (2017) becslése szerint a mezőgazdaságban 70%-os termelésnövelés szükséges az igények kielégítéséhez. Ezen túlmenően az agráriumnak napjainkban, számtalan, világszerte jelentkező problémával kell szembenéznie, mint pl. a globális felmelegedés, a klímaváltozás, a városiasodás, a mezőgazdasági dolgozók számának fokozatos csökkenése, a generációváltás nehézsége, a mezőgazdasági termőterületek csökkenése. Továbbá, a mezőgazdasági termelés üvegházhatású gáz kibocsátása, a vízfelhasználása és a biológiai diverzitás csökkenése azt mutatja, hogy a ma működő mezőgazdasági rendszerek nagyrésze fenntarthatatlan. A mezőgazdasági termelékenység növelése tehát csak fenntartható mezőgazdasági fejlődéssel, folyamatos innovációval, korszerű információs technológiák alkalmazásával érhető el (Araújo és mtsai, 2021).

Az említett problémáknak a mérséklésére szolgálhat a negyedik ipari forradalom részterületeként az ipar 4.0 által életre hívott digitális technológiák, módszerek alkalmazása a mezőgazdaságban, amit negyedik mezőgazdasági forradalomnak vagy „digitális mezőgazdasági forradalomnak”, vagy egyszerűen „Mezőgazdaság 4.0”-nak neveznek (Barrett és Rose, 2020; Liu és mtsai, 2020; Araújo és mtsai, 2021).

A mezőgazdaság digitalizációja segítségével ugyanis hatékonyabb mezőgazdasági termelés realizálható, a termelés és a termesztési technológiák összehangolása, valamint az agrárágazat árutermelési és piaci igazgatása révén. A „Mezőgazdaság 4.0” tehát, olyan feltörekvő technológiák és innovatív szolgáltatások bevezetését jelenti a mezőgazdaságban, amelyek pontos felhasználásukkal és adott pillanatban nyújtott információikkal, segítik a stratégiai döntések meghozatalát a mezőgazdasági termelési lánc valamennyi szereplőjénél, az alkalmazásuk célja pedig a termelékenység és hatékonyság növelése a fenntartható mezőgazdaság érdekében (da Silveira és mtsai, 2021). A mezőgazdasági termelési láncon az összes folyamatot értik az elsődleges inputoktól a végtermékké váló átalakulásig, vagyis az magába foglalja az összes lépést, amelyen az input keresztülmegy, amíg termékké nem válik.

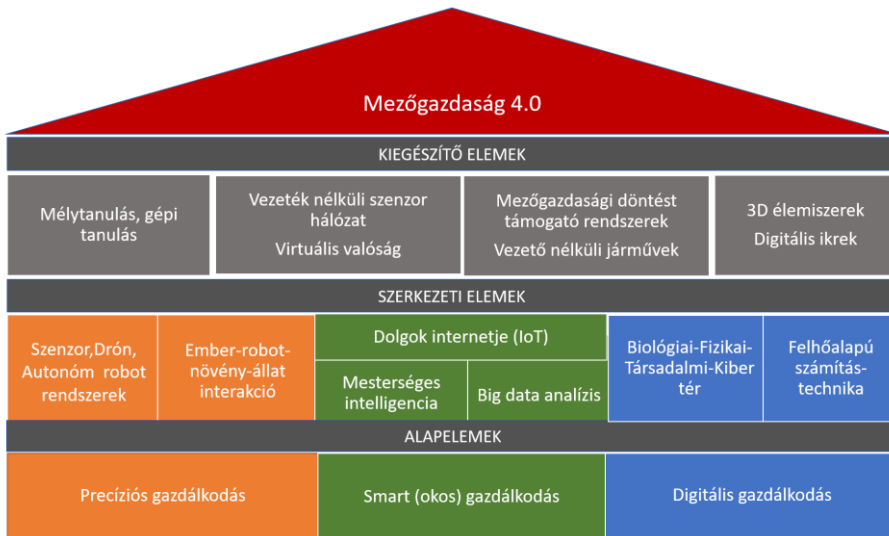
### **Mezőgazdaság 4.0 alkotóelemei**

A „Mezőgazdaság 4.0” (1. ábra) a fenntartható mezőgazdaság koncepcióján alapszik és alapelemeként magába foglalja a *precíziós gazdálkodást*, az *un. smart, azaz okos vagy intelligens gazdálkodást* és a *digitális mezőgazdaságot* is (Araújo és mtsai, 2021; da Silveira és mtsai, 2021; Mühl és Oliviera, 2022; Aceto és mtsai, 2022).

A *precíziós mezőgazdaság* egy olyan modern mezőgazdasági menedzsment koncepció, ami digitális technikákat (szenzor, drón, robotrendszerek) használ a mezőgazdasági termelési folyamatok megfigyeléséhez és optimalizáláshoz. A precíziós mezőgazdaságot az 1980-as évek végén kezdték el alkalmazni, a jövedelmezőség növelése és a környezetterhelés csökkentése érdekében, a termés térbeli változékonysága szerinti inputok alkalmazásával (Zhang, 2002). A precíziós mezőgazdaság alkalmazása eltér a világban, egyes régiókban igen elterjedt, a legnagyobb arányú pl. - az USA-ban, Ausztráliában és Dél-Amerikában (Lowenberg-DeBoer és Erickson, 2019). Európában az említett földrészekhez képest kisebb arányban kerül alkalmazásra, és a leginkább elterjedt Németországban, Franciaországban, Hollandiában és az Egyesült Királyságban (Maloku és mtsai, 2020). A mezőgazdaságot jellemző munkaerőhiányt a precíziós gazdálkodás automata rendszerei, illetve a robotika mérsékelheti.

Precíziós növénytermesztésről tehát akkor beszélhetünk, ha helyspecifikus információkkal dolgozunk és az egyes anyagok kijuttatását is helyspecifikusan végezzük. Ma már számtalan lehetőség van a termőterületek nagy pontosságú feltérképezésére, ilyen pl. - a hozamtérkép, a GPS támogatással végzett talajvizsgálatok, a nitrogénszenzorokkal készített NDVI térképek vagy a drónos légifelvételek (Gyódi, 2021).





1. ábra A „Mezőgazdaság 4.0” főbb alkotóelemei

A technikák közül a GNSS (Global Navigation Satellite System) hálózati műholdas helymeghatározás a leginkább elterjedt az Egyesült Királyságban (Pickthall és mtsai, 2017), a GPS (Global Positioning System) alapú talaj és hozamtérképezés Németországban (Reichardt és Jürgens, 2009), a változó dózisú műtrágyakijuttatás alkalmazása pedig Hollandiában népszerű (Lowenberg-DeBoer és Erickson, 2019). Magyarországon is elérhetőek az ún. Talking Fields térképek, melyek az elmúlt években készült 300-500 műholdas biomasszafelvételek statisztikai kiértékelésével születnek (Gyódi, 2021).

A precíziós állattenyésztés során folyamatosan, valós időben, és automata módon kerül monitorozásra az állatok egészségi állapota, termékenysége, termelése és a környezete. Az európai állattenyésztésben jelenleg a digitális technológia bevezetése áll a középpontban a telepírányítási információs rendszerekben, ami az istállóban elhelyezett kamerákkal és az érzékelőkkel az állatok egyedi viselkedésének ellenőrzése révén valósítható meg. A precíziós monitoring során az alábbi jellemzőket értékelik: az állati jóllét (stressz faktorok és metabolikus betegségek), a mozgáson alapuló viselkedésváltozások (ivarzás és sántaság detektálása), a hőmérséklet és pH mérése (az egészségi állapot jellemzésére, ivarzás, ellés előrejelzésére és bendő funkciók meghatározására), a testsúly, és a kondíció alakulása, a tejösszetétel meghatározása (Húth és mtsai, 2019).

Ezek a technológiák, már most is fontos és egyre jelentősebb szerepet töltenek be számos európai országban. A robotika az állattenyésztésbe is bekerült, az automatikus takarmányozási, fejési és tisztítási technológiák az 1990-es

évektől terjedtek el. Az automata fejőrendszerrel (AMS) rendelkező gazdaságok száma világszerte jelentősen megnövekedett az elmúlt két évtizedben; Hollandia, Franciaország és a skandináv országok vezetésével. Izlandon már 30%-os az AMS alkalmazási aránya és Svédországban, a Benelux-országokban pedig több mint 20%-os. Az AMS népszerűsége a megnövekedett munkaidő-rugalmasságnak és - a folyamatos monitoring következtében - az állati jóllét javulásának köszönhető (Vik és mtsai, 2019).

A hazai gazdaságokban még az egyszerűbb digitális technológiák sem teljesen elterjedtek, a gazdaságok csupán 38%-a használ valamilyen digitális eszközt. A digitális eszközök használatának aránya ugyan nő a mezőgazdasági képzettség szintjével, de az a felsőfokú mezőgazdasági képzettségűek esetében is csak 75%-os. A gazdaság méretével párhuzamosan nő a digitális eszközt használó gazdaságok aránya. Gazdaságtípusonként a digitalizációs eszközök használata a tömegtakarmány-fogyasztó állattartóknál, illetve a szántóföldi növénytermesztéssel foglalkozó gazdaságok esetében a legelterjedtebb (KSH, 2020). Magyarországon a precíziós eszközök elterjedtsége alacsonyabb szintet mutat, mint a digitális eszközöké. A gazdaságoknak csak 12%-a használ valamilyen precíziós eszközt. A növényállapot-felmérésnek a legnagyobb az elterjedtsége, ezt az összes gazdaság 5,6%-a alkalmazza. A gazdaságtípusok közül a szántóföldi növénytermesztők körében a leggyakoribb ezen eszközök használata. A precíziós takarmányozás elterjedtsége pár százalékos az állattartó gazdaságtípusokban, de a nagyobb állattartó telepeken is csak 16%.

A „Mezőgazdaság 4.0” másik eleme az *'okos' mezőgazdaság* (smart farming), aminek fókuszában nem a precíz mérés, a termőterületek és az állatok közötti egyedi különbségek meghatározása áll, mint a precíziós mezőgazdaságnál. A középpontban inkább az adatokhoz való hozzáférés és ezen adatok alkalmazása áll, vagyis az összegyűjtött információk okos felhasználására irányul. Ezek az adatok beépítésre kerülnek a termelési és a döntési folyamatokba, a fenntartható, gazdaságos termelés érdekében. Az adatok gyűjtése és tárolása technikai kérdés, az adatok védelme és különösen azok kiértékelése komoly szaktudást feltételez. Az okos mezőgazdálkodás nagy mértékben felértékeli a tudást, az „ahogy szoktuk” mentalitás ezzel összeegyeztethetetlen.

Az okos mezőgazdaság szerkezeti eleme az un. *dolgok internetjének* (IoT - internet of things) megjelenése, és *a mesterséges intelligencia* alkalmazása a termelésben. A *dolgok internetje* számos eszköz (pl. drónok, szenzorok vagy műholdak) számára lehetővé teszi, hogy kapcsolódjanak és kommunikáljanak egymással hasznos adatok, információk cseréje érdekében. A mesterséges intelligencia alatt pedig azt a technológiát értjük, amely arra utasítja a gépeket, hogy konkrét helyzeteket értékeljenek és valós időben döntsenek. A gépi

tanulás fő inputja a nagy mennyiségű adat felhalmozódása, és azok feldolgozásának és értelmezésének képessége. Két fő alkalmazási területe van: a robotika, ami bizonyos feladatokat automatizáltan elvégez, illetve a kezelőszoftver, amely az ember helyett elvégzi az automatikus és ismétlődő feladatokat (Quy és mtsai, 2022).

Az okos mezőgazdálkodás egyik sajátossága a nagymennyiségű adat koncentrált gyűjtése, kezelése és feldolgozása (Big Data). A Big Data fogalma (Wolfert és mtsai, 2017) a különféle technológiák által generált összes információra és adatra vonatkozik, amely segíti a hatékonyabb döntések meghozatalát a termesztés/tenyésztés során. Ezek az adatok, mivel különböző forrásokból származnak, eltérőek és a mesterséges intelligenciának kell feldolgoznia, hogy gyakorlati válaszokat adjon bizonyos problémákra (Quy és mtsai, 2022).

A *digitális mezőgazdaság* mint új fogalom az elmúlt évtizedben, a 2010-es években jelent meg (Bellon-Maurel és mtsai, 2022). Bár a mezőgazdaság digitalizálására irányuló erőfeszítések nem újak, ugyanis egyes digitális eszközöket, (GPS) már 2000-es évek előtt is használtak. Ma a digitális mezőgazdaság kifejezés az integráció folyamatára utal a fejlett digitális technológiák, mint például felhőalapú számítástechnika használatára. Ez utóbbi a hálózaton elérhető szolgáltatások és megosztott információk összességét jelenti, és hasznos eszköze annak, hogy bizonyos technológiákhoz és adatokhoz való hozzáférést biztosít nagyobb számú közösség számára. Ez segítséget jelenthet a gazdaságilag hátrányos helyzetű, kisebb gazdaságok számára. Az adatok és információk kezelése nagyon fontos ebben az esetben (Bellon-Maurel és mtsai, 2022). A digitális mezőgazdaság lényege tehát az adatok érték teremtésében rejlik, az az adatok pusztán jelenlétén és elérhetőségén túllépve, gyakorlati intelligenciát hoz létre, azaz értéket ad az adatoknak.

### **A mezőgazdasági digitalizáció előnyei és hátrányai**

A digitalizáció fejlesztésére a világon a kormányok, az EU és egyéb szervezetek (FAO, Világbank, OECD) is nagyobb összegeket fordítanak. A KAP 2021-2027-es program tervében is prioritást élvez a mezőgazdaság digitalizációja. Az EU-ban a digitális gazdaság és társadalom fejlettségét mérő mutató szerint Magyarország a 22. helyen áll a rangsorban (URL<sup>1</sup>). Bár 2021-ben előrelépés történt a vállalkozások digitalizációjában, a magyar vállalkozások többsége nem használja ki a digitális technológiák kínálta lehetőségeket. Hasonló a helyzet a fejlett technológiák esetében: a mesterséges intelligencia, a felhőszolgáltatások és a nagy adathalmazok tekintetében Magyarország szintén jóval az uniós átlag alatt teljesít. E szolgáltatások igénybevétele 3% és 21%

között mozgott, szemben a digitális évtized 2030-ra kitűzött 75%-os célkitűzésével. A kis és középvállalatok kiemelt szakpolitikai figyelmet igényelnek, mivel csupán 34%-uk rendelkezik legalább alapszintű digitális intenzitással (uniós átlag: 55%), szemben a digitális évtized legalább 90%-os célkitűzésével (URL<sup>1</sup>).

Az előrejelzések szerint a digitális gazdálkodásnak számos pozitív hatása várható. A hozamok javulása potenciálisan 70%-os növekedést eredményezhet, aminek a gazdasági hatása 2050-re elérheti a 240 milliárd dollárt. A digitalizáció hatására Brazíliában 2030-ig várhatóan a gabonatermés 26,9%-kal növekszik (Bolfe és mtsai, 2020). Hasonlóképpen a hústermelésnek ebben az időszakban 23,8%-os növekedése várható. Emellett a digitalizáció a vegyszerhasználatra, annak mérséklésére is hatással van, ami a mezőgazdasági termeléssel összefüggő veszélyes hulladékkezelést is befolyásolja, ezáltal csökkenti a mezőgazdaság környezeti lábnyomát.

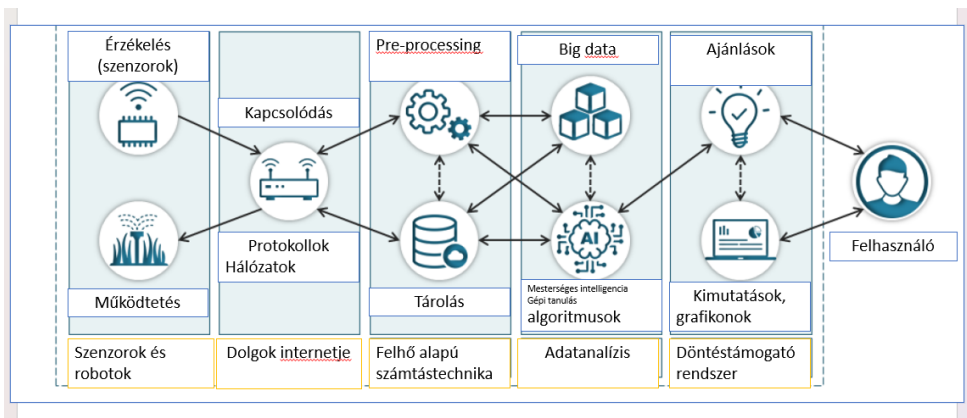
Másik oldalról tekintve, a digitális átállás számos kockázattal és negatív hatással is járhat (Mühl és Oliveira, 2022). Az első a társadalmi és etikai kockázat, ami azt jelenti, hogy erőfölénybe kerülnek a digitális technológiát birtokló és irányító tulajdonosok a technológiát „csak” alkalmazó gazdákkal szemben, hiszen a gazdaság saját adatai nem a tulajdonost illetik, hanem a technológiát birtokló szereplőt. A mezőgazdaság digitalizációja tovább mélyíti a különbségeket az elit nagycégek (képesek befolyásolni a digitalizált mezőgazdasági termék-előállítást) és a kis és közepes gazdaságok (nem rendelkeznek kontrollal a technológia felett) között.

A mezőgazdaság digitalizációja eltérően hat a fejlett és a fejlődő országokban, pl. a digitális eszközök elérhetősége eltérő a világban: a 4G hálózat csaknem 100%-os lefedettségű Európában, Afrikában ez az érték kisebb, mint 50%, és hasonló különbségek jelentkezhetnek országokon belül is a régiók között, ahol a gazdák hozzáférése bizonyos helyeken korlátozott a digitális technológiákhoz (URL<sup>2</sup>).

A digitális átállás sikeressége a gazdaság méretétől is függ, egyes vélemények szerint a kisméretű gazdaságok kevésbé tudják az átállást megtenni és azokban az országokban, ahol a kisüzemi gazdálkodás az elterjedt ez az átállás nehezebben valósítható meg (Lioutas és Charatsari, 2020).

## A „Mezőgazdaság 4.0” alkalmazása: az okos farm

A „Mezőgazdaság 4.0” alkalmazott technológiáit és a folyamatok irányát szemlélteti az 1. ábra, amely szerint az adatgyűjtést követően, a nagymennyiségű, koncentrált adat elemzésére kerül sor, illetve annak felhasználási területeire ad ajánlásokat, döntéstámogató rendszereket alkalmazva. A „Mezőgazdaság 4.0” alapja az okos farm, ahol nincs szükség humán erőforrásra, mint input tényezőre, ugyanis az okosfarmok esetében pl. a szenzorok, kamerák és meteorológiai állomás adatai alapján a központi számítógép automatikusan kiadja az utasítást a drónoknak és a különböző eszközöknek pl. öntözőberendezésnek, mikor, hol, milyen feladatot végezzenek el (Araújo és mtsai, 2021). A mért értékeket az interneten keresztül folyamatosan küldik egy szerverre, de akár egymás között is kommunikálhatnak és bizonyos feladatokat önállóan is megoldanak. Ezek az adatok továbbíthatóak a gazdálkodó számára elérhető szolgáltatási platformokhoz. A gazda (felhasználó) feladata a rendelkezésre álló jelentések figyelemmel kísérése és szükség esetén beavatkozás a működésbe. A mezőgazdasági termék- előállítás folyamatos ellenőrzése és fejlesztése is kiemelten fontos, hogy a termelés és feldolgozás különböző fázisaiban keletkező információk összekapcsolhatók legyenek. A „Mezőgazdaság 4.0” során mindig az aktuális, pillanatnyi információ kerül összegyűjtésre, tárolásra és elemzésre.



2. ábra A Mezőgazdaság 4.0 működési folyamata (Araújo és mtsai, 2021, nyomán)

A mért adatok kategorizálása többféleképpen lehetséges, az 1. táblázatban hat kategóriába sorolva szerepelnek a különböző adatgyűjtési területek (De Alwis és mtsai, 2022).

1. táblázat Az okos/intelligens mezőgazdasághoz kapcsolódó adatgyűjtési területek

Külső adatok	<i>Makroklíma</i>	hőmérséklet, relatív páratartalom, napsugárzás intenzitása, felhőborítottság, eső, szélsébség, szélirány
	<i>Egyéb külső adatok</i>	szatellit képek, betakarítás utáni, piachoz kapcsolódó információk
Mikroklíma	<i>Istálló/teremklíma, fény, páratartalom, Co<sub>2</sub></i>	
Nevelőközeg	<i>Talaj</i>	talajtípus, nedvesség, kötöttség, talajsavanyodás
	<i>Hidroklímúra</i>	pH, tápelemek
Biológiai biztonság	<i>Gyomnövény</i>	gyomnövény fajok
	<i>Kórokozó</i>	elterjedés mértéke, specifikus tulajdonságok
	<i>Kártevő</i>	kártevő fajok, életciklus
Növény/állat mérések	<i>Morfológiai</i>	magasság, súly, lombkorona borítás
	<i>Fenológiai</i>	életciklus
	<i>Élettani</i>	pihenés, kérődzés, evés, mozgás
Egyéb adatok	<i>Gazdaság Menedzsment</i>	költségek, víz-, energiafelhasználás
	<i>Távérzékelés</i>	GPS adatok
	<i>Genomikus Információk</i>	géntérképezés, szekvenálás
	<i>Képanalízis</i>	szín, állomány, íz

### A Mezőgazdaság 4.0 kiegészítő, újszerű elemei

A „Mezőgazdaság 4.0” kiegészítő technológiai elemei lehetnek a vezető nélküli földi járművek, 3 D nyomtatással készült ételek (3D foods) és a digitális ikrek.

A vezető nélküli földi járművek, az önjáró gépek és robotok a növénytermesztés számos területén a vetéstől a betakarításig alkalmazhatóak. A beépített helymeghatározók, érzékelők és kamerák segítségével a gép szoftvere automatikusan értékeli és analizálja az érzékelők adatait (Fountas és mtsai, 2020).

Újabban az adatok rendszerezése un. *digital twins* azaz digitális ikrek kategorizálás mentén történik, aszerint, hogy az adatok egy része hol keletkezik; a fizikai világban (gépek és növények/állatok mérése során) vagy ezen mérések összegzése révén létrejövő szintetizált adatként a virtuális világban. A digitális ikrek tehát a valós világban élő növény vagy állat virtuális másolatai, amelyeket fizikai párjának viselkedésének tesztelésére, előrejelzésére és megértésére hoztak létre (Purcell és Neubauer, 2022).

A 3D nyomtatást az alkatrészgyártásra, prototípusok készítésére már az 1980-as években használták a mezőgazdasági gépészmérnökök. A *3D food*, azaz a 3D nyomatókkal előállított élelmiszergyártás során pl., az ipari hústermelést kívánják megoldani olyan 3D-nyomatókkal, amelyek képesek húst előállítani anélkül, hogy állatokra lenne szükség. A nyomtató zsírt, vizet és három különböző növényi fehérjeforrást vesz fel, és ezekkel az összetevőkkel nyomtat egy húsröstmátrixot zsírral és vízzel, utánozva a valódi hús állagát és ízét (URL<sup>3</sup>).

Egy újabb kezdeményezés a szingapúri Anrich3D célja, még ambiciózusabb, 3D-nyomtatással az egyénre szabottan, az orvosi ajánláshoz nyomtat ételeket, felhasználva az okoseszközök egészségügyi adatait is. A cég azt tervezi, hogy minden összetevőt pontosan adagolnak a táplálkozási szempontból egyénre optimalizált ételekhez (URL<sup>4</sup>).

### **Következtetések**

A negyedik ipari forradalom hatására az elmúlt néhány évtizedekben végbement technológiai fejlődés és annak mezőgazdasági alkalmazásai megváltoztatták az emberiség életmódját és munkakörülményeit is. Mindez a változás magába foglalja a fizikai, a digitális és a biológiai világ összeolvadását, a nagy sebességű kommunikációs hálózatok, a mesterséges intelligencia és a gépi tanulás jelenlétét, mindezeket számtalan szenzoros elérhetőséggel kombinálva. A „Mezőgazdaság 4.0” alkalmazásai a kulcsfontosságú gazdálkodási folyamatok valós idejű automatizálása révén a termelékenységet és hatékonyságot megnövelik, miközben az agrár termelés előállításának költségét csökkentik. A jövő mezőgazdaságának meghatározó jellemzője a fenntarthatóság és a mezőgazdaság környezeti terhelésének csökkentése, amit a teljes élelmiszerlánc során a digitális mezőgazdaság alkalmazása révén biztosítani lehet. A mezőgazdasági termelés lánc minden szakaszának állandó és precíz monitorozása révén jobb minőségű és biztonságos termék állítható elő, ami a fogyasztók szempontjából is kedvező. A digitalizáció új lehetőséget kínál a fejlesztésekre és várhatóan a fiatalabb generáció számára is vonzóbbá teheti a mezőgazdálkodást. Másik oldalról tekintve, a digitális átállás számos kockázattal és negatív hatással is járhat, amelyeknek etikai, jogi és társadalmi következményei is lehetnek. A magyar mezőgazdaság számára is meghatározó az, hogy a digitalizáció nyújtotta lehetőséget hogyan tudja befogadni és használni a jövőben.

## Irodalom

Aceto, G., Persico, V., Pescapé, A. (2019). A survey on information and communication technologies for industry 4.0: State-of-the-art, taxonomies, perspectives, and challenges. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21, 3467-3501.

Araújo, S.O., Peres, R. S., Barata, J., Lidon, F., Ramalho, J. C. (2021). Characterising the agriculture 4.0 landscape—Emerging trends, challenges and opportunities. *Agronomy*, 11, 667.

Barrett, H., Rose, D.C. (2020). Perceptions of the fourth agricultural revolution: What's In, What's Out, and What Consequences are Anticipated? *Sociologia Ruralis*, 62, 162–189. <https://doi:10.1111/soru.12324>

Basso, B., Antle, J. (2020). Digital agriculture to design sustainable agricultural systems. *Nature Sustainability* 3, 254–256. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0510-0>

Bellon-Maurel, V., Brossard, L., Garcia, F., Mitton, N., Termier A. (2022). Agriculture and Digital Technology: Getting the most out of digital technology to contribute to the transition to sustainable agriculture and food systems.1-185. <https://DOI.10.17180/wmkb-ty56-en>

Bolfe, É. L., Jorge, L. A. D. C., Sanches, I. D. A., Luchiari Júnior, A., da Costa, C. C., Victoria, D. D. C., Ramirez, A. R. (2020). Precision and digital agriculture: Adoption of technologies and perception of Brazilian farmers. *Agriculture*, 10, 653.

da Silveira, F., Lermen, F. H., Amaral, F. G. (2021). An overview of agriculture 4.0 development: Systematic review of descriptions, technologies, barriers, advantages, and disadvantages. *Computers and Electronics in Agriculture*, 189, 106405.

De Alwis, S., Hou, Z., Zhang, Y., Na, M. H., Ofoghi, B., Sajjanhar, A. (2022). A survey on smart farming data, applications and techniques. *Computers in Industry*, 138, 103624.

FAO (2017). The state of food and agriculture. Leveraging food systems for inclusive rural transformation. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. <http://www.fao.org/3/a-I7658e.pdf>

Fountas S., Mylonas N., Malounas I., Rodias E., Hellmann Santos C., Pekkeriet E. (2020). Agricultural Robotics for Field Operations. *Sensors* (Basel), 20,2672. <https://DOI.10.3390/s20092672>.

Gilman, C. P. (1917). The Housekeeper and the Food Problem. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 74(1), 123–130. <https://doi.org/10.1177/000271621707400118>

Gyódi P. (2021): Három megoldás a tápanyag utánpótlás költségeinek csökkentésére. [www.smart-farming.hu](http://www.smart-farming.hu). letöltve 2022. november 17.

Húth B., Zubor T., Tóth T., Holló G. (2019). A tejelő szarvasmarha tenyésztésének és tartásának új kihívásai az automatizált technológiai rendszerek tükrében. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 68, 237-252.

KSH, 2020. [https://www.ksh.hu/agrarcenzusok/agrarium\\_2020](https://www.ksh.hu/agrarcenzusok/agrarium_2020) letöltve 2022. november 17.

Lioutas, E.D. Charatsari, C. (2020). Smart farming and short food supply chains: are they compatible? *Land Use Policy*, 94, 104541 <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104541>.

Liu, Y., Ma, X., Shu, L., Hancke, G.P., Abu-Mahfouz, A.M. (2020). From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: current status, enabling technologies, and research challenges, *IEEE Transactions on Industrial Informatics*,17, 4322 – 4334.



Lowenberg-De Boer, J., Erickson, B. (2019). Setting there cord straight on precision agriculture adoption. *Agronomy Journal*, 111, 1552–1569. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.12.0779>

Maloku, D. (2020). Adopion of precision farming technologies: USA and EU situation. *SEA - Practical Application of Science*, 8, 7–14.

Mühl, D. D., de Oliveira, L. (2022). A bibliometric and thematic approach to agriculture 4.0. *Heliyon*, 8, e09369.

Pickthall, T., Trivett, E. (2017). An investigation into the barriers that prevent the adoption of precision farming technologies in combinable cropping in the UK. *Aspects of Applied Biology*, 135, 29-37.

Pingali, P.L. (2012). Green revolution: impacts, limits, and the path ahead. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0912953109](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0912953109)

Purcell, W., Neubauer, T. (2022). Digital Twins in Agriculture: A State-of-the-art review. *Smart Agricultural Technology*, 100094.

Quy, V. K., Hau, N. V., Anh, D. V., Quy, N. M., Ban, N. T., Lanza, S., Randazzo, G. Muzirafuti, A. (2022). IoT-Enabled Smart Agriculture: Architecture, Applications, and Challenges. *Applied Sciences*, 12, 3396.

Reichardt, M., Jürgens, C. (2008). Adoption and future perspective of precision farming in Germany: Results of several surveys among different agricultural target groups. *Precision Agriculture*, 10, 73–94. <https://doi.org/10.1007/S11119-008-9101-1>.

URL<sup>1</sup>: A digitális gazdaság és társadalom fejlettségét mérő mutató (DESI), 2022 Magyarország. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/countries-digitisation-performance>. Letöltve 2022. 11. 17.

URL<sup>2</sup>: International Telecommunication Union, Measuring Digital Development: Facts and Figures, 2022. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/facts/default.aspx>. Letöltve: 2022. november 17.

URL<sup>3</sup>. [www.redefinemeat.com](http://www.redefinemeat.com)

URL<sup>4</sup>. [www.anrich3d.com](http://www.anrich3d.com)

Vik, J., Stræte, E.P., Hansen, B. G., Nærland, T. (2019). The political robot–The structural consequences of automated milking systems (AMS) in Norway. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 90, 100305.

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming—a review. *Agricultural systems*, 153, 69-80.

Zhang, N., Wang, M., Wang, N. (2002). Precision agriculture—a worldwide overview. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36, 113-132.

# TÁVÉRZÉKELÉSI MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA A SZŐLŐTERMESZTÉSBEN

**BODOR-PESTI PÉTER, TARANYI DÓRA, VARGA ZSUZSANNA**

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szőlészeti és Borászati Intézet, Szőlészeti  
Tanszék,

[bodor-pesti.peter@uni-mate.hu](mailto:bodor-pesti.peter@uni-mate.hu)

## Összefoglaló

A digitális képalkotás és a szenzorok fejlődésével egyre több információ áll rendelkezésünkre a mezőgazdasági és kertészeti kultúrák környezettudatos és költséghatékony műveléséhez. A precíziós mezőgazdaságban alkalmazott távérzékelési módszerek jelentős része a kertészeti kultúrák esetén is hatékony megoldást biztosít az állományok felmérésére és a helyspecifikus beavatkozásokra. A szőlőtermesztésben a távérzékelés révén hasznos adatokat kaphatunk az állomány tőkehiányairól, az ültetvény vagy akár az egyedi tőkék növényélettani állapotáról, az állományklímáról valamint a morfológiai jellemzőkről, melyek fontos termesztési értékmérő tulajdonságokba nyújtanak betekintést.

*With the development of digital imaging and field sensors, more and more information is available for the environmental responsible and cost-effective cultivation of agricultural and horticultural crops. A significant part of the remote sensing methods used in precision agriculture also provide an effective solution for evaluation of plantations and site-specific cultivation in the case of horticultural crops. In viticulture, through remote sensing, we can obtain useful data about the missing plants in the vineyard, the plant physiology of the plantation or even individual vines, the canopy microclimate, and the morphological characteristics, which provide insight into important properties of the cultivars.*

## A mezőgazdaság történeti fejlődése

A mezőgazdasági fejlődés történetét gyakran az ipari fejlődés analógiájára 4, illetve 5 fontosabb időszakra bontják (Varga, 2021; Szőke és Kovács 2020; Zhai és mtsai, 2020; Saiz-Rubio és Rovira-Más, 2020). Ezek közül az első időszak munkaerőigényes és arányaiban alacsony termelékenységű volt. Ez a XIX. században ért véget és vette kezdetét a második időszak a gépesítés és műtrágyahasználat megjelenésével, melyek jelentősen megnövelték mind a termelékenységet, mind a környezeti terhelést. A harmadik periódusban a munkagépek, a számítástechnika és az adatfeldolgozás révén tovább nőtt a termelékenység, mindamelllett a fenntarthatóság is megvalósítható céllá vált. Az ezt követő Mezőgazdaság 4.0 vagy, ahogy gyakran nevezik *digital farming* vagy *smart farming* már a szenzorok által gyűjtött és közvetített adatokon alapuló

döntéstámogatási rendszerek időszak, amit a robotika és a mesterséges intelligencia-alapú technológiák egészítenek ki.

### **A szőlőtermesztés történeti fejlődése**

A szőlőtermesztés történetében megtaláljuk az azonos időszakokat, jóllehet nem azonos időpontokban. Az egyik legnagyobb innovációként – még ha az nem is teljeskörű gépesítést jelent – a metszőolló bevezetését tekinthetjük. A fás részek visszavágására is alkalmas ollót Antoine Francois Bertrand de Molleville francia arisztokrata mutatta be *Le Bon Jardinier*-ben 1819-ben. Hazánkba az 1820-as években került be, de jelentős terjedése csak 19. század végén történt meg, és az újítás jelentős gazdasági és munkaszervezési fejlődést jelentett. A gépesítés terén további előrelépést az agrotechnikai műveletek korszerűsítése – mint például a gőzhajtású rigoleke megjelenése – később a szüretelőkombájnok, valamint a fitotechnikai műveletekben elengedhetetlen előmetsző, csonkázó és lelevelező gépek jelentettek, melyek napjainkban már a robotikai fejlesztések célterületei. A szőlőfajok és -fajták fenotipizálása ugyancsak az 1900-as évek elején vett nagyobb fordulatot, amikor megjelentek a morfometriai elemzések (Ravaz, 1902), melyek a mai napig fontos alapját adják a digitális képelemzésnek és az ehhez kötődő bizonyos precíziós módszereknek. Az állományklíma vizsgálatok ugyancsak nagy múltra tekintenek vissza a szőlőtermesztésben, aminek oka egyrészt a kártevők és kórokozók terjedésének megértéséhez vezethető vissza, másrészt arra, hogy a termés beltartalmi értékeire, ezen keresztül a borok jellegére jelentős hatást gyakorolnak az évjárat klimatikus viszonyai, így a makro-, mezo-, és mikroklíma jellemzése döntő jelentőségű szőlő-bor ágazatban (Kozma, 1999; Hajdu és Borbásné Saskói, 2009). Ennek megfelelően a szenzoros megfigyelések fejlődése a szőlőültetvények állományklímavizsgálatában is ugrásszerű fejlődést eredményezett.

### **Precíziós és távérzékelési módszerek a szőlészetben**

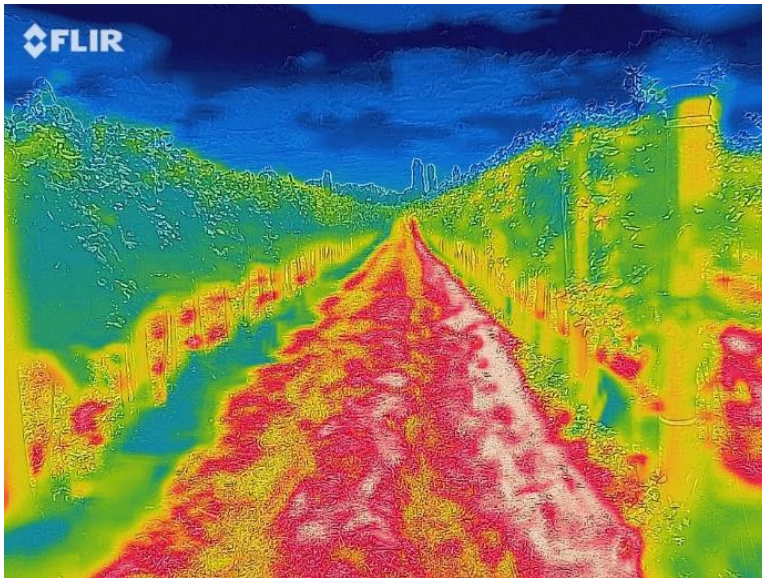
Napjainkban a precíziós szőlőtermesztés legfontosabb irányai a talajtani megfigyelések, az állomány vegetatív teljesítménynek jellemzése, a tápanyagellátottság meghatározása és a hiánytünetek azonosítása, lombszerkezet jellemzése, kártevők és kórokozók detektálása és előrejelzése, a termésbecslés, a növényi vízállapot meghatározása, a termés mennyiségi és minőségi jellemzőinek leírása, differenciált tápanyag-, és növényvédőszer kijuttatás valamint differenciált szüret (Ozdemir és mtsai, 2017; Tardaguila és mtsai, 2021).

A fentiekben belül a precíziós szőlőtermesztésben nagy valószínűséggel az állományklíma vizsgálata, és ezen keresztül az előrejelzésen alapuló

növényvédelem a leginkább alkalmazott módszer, azonban, ahogy az agrár- és egyéb kertészeti kultúrákban, úgy a szőlészetben is nagy jelentősége van a távérzékelési módszereknek mind a termesztés, mind a szolgáltatás, mind a kutatás terén. A távérzékelési módok közül a hagyományos RGB alapú képelemzés a legegyszerűbben megvalósítható, melyet mind a földközeli, mind a légi, például drónos megfigyelések esetén alkalmaznak. A hagyományos felvételek lehetőséget biztosítanak az ültetvények állapotának, ezen belül például a tőkehiányok felmérésére (Di Gennaro és Matese, 2020). Emellett a tápanyaghiánytünetek, valamint a kedvezőtlen talajtani adottságok, mint az arra érzékeny alanyok esetén a mézsklorózis, továbbá a kórokozók és kártevők olyan fenotípusos elváltozásokat okozhatnak a lombzaton, ami már a hagyományos felvételeken is eltérést mutat a tünetmentes növényekhez képest. A termésbecslés, valamint a termés fenotipizálása ugyancsak az RGB-alapú technológiák egyik fejlesztési iránya (Kicherer és mtsai, 2015). A felvételekből számolható RGB-alapú indexek pedig további lehetőséget nyitnak az élettani vizsgálatok távérzékelésen alapuló megvalósításához.

Amint a látható tartományon kívüli hullámhosszban vizsgáljuk az ültetvényeket, további adatok birtokába juthatunk. A közeli infravörös tartományból nyert adatok az RGB adatokkal kiegészített multispektrális felvételek révén már az ültetvény fiziológiai és növényegészségügyi állapotáról is információt adhatnak az NDVI és egyéb indexeken keresztül (Di Gennaro és mtsai, 2016). Az infravörös tartományban végzett hőmérsékleti megfigyelések az alkalmazott műszer függvényében egyrészt pontszerű, másrészt vizuálisan is megjeleníthető információt hordozhatnak (1. ábra). Ezáltal egyrészt az ültetvény állományklímája, másrészt például a termőhelyek vízellátottsága és stresszállapota is elemezhető.

A jövőben a fenti – elsősorban passzív távérzékelési módszerek – mellett, az aktív eljárások is minden bizonnyal fontos szerepet kaphatnak a szőlőtermesztés technológiájában (2. ábra). Llorens és mtsai (2011) LiDAR és ultrahang segítségével elemezték vegetációs időben a szőlő lombzatát. A kapott adatok alapján az alkalmazott távérzékelési módszerekkel elemezhető a levélfelületi index (LAI), valamint a lombfelület



1. ábra A hőkamerával végzett vizsgálatokkal nem csupán a sorközök és a sor mikroklímája, de a növények vízellátottsága is értékelhető

. Moreno és mtsai (2020) LiDAR technológia segítségével vizsgálták a szőlőültetvények vegetatív fejlődését az éves vesszők alapján. Eredményeik a jövőben különösen a robotika és a döntéstámogatási rendszerek terén lehetnek előremutatóak, hiszen a nagyfelbontású módszerrel a kisebb és vékonyabb növényi részek detektálására is lehetőség van.



2. ábra A hagyományos RGB-, valamint LiDAR felvételek lehetőséget nyújtanak a lombzat folytonosságának és a porozitások mértékének részletes elemzésére

A szőlőültetvények távérzékelésen alapuló megfigyelése folyamatos fejlesztések tárgya, ami nagyban támaszkodik az agrár és kertészeti kultúrákban már elérhető módszerekre, de a sajátos igények miatt önálló megoldásokkal is találkozhatunk. A precíziós gazdálkodásban megfogalmazott

általános célok mellett – mint a környezetterhelés csökkentése, a költséghatékony gazdálkodás – jelentősek a kutatási tevékenységet kiszolgáló eljárások is.

## Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket fejezzük ki Jurij Rakunnak és Peter Lepejnek, a Maribori Egyetem munkatársainak, hogy közreműködésükkel segítették a kutatásainkat.

## Irodalom

- Di Gennaro, S.F., et al. (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.
- Di Gennaro, S.F., Matese, A. (2020). Evaluation of novel precision viticulture tool for canopy biomass estimation and missing plant detection based on 2.5D and 3D approaches using RGB images acquired by UAV platform. *Plant Methods*. 16:91.
- Hajdu, E., Borbásné Saskói, É. (2009). Abiotikus stresszhatások a szőlő életterében. Agroinform Kiadó. Budapest. 227.
- Kicherer et al., (2015). An Automated Field Phenotyping Pipeline for Application in Grapevine Research. *Sensors*. 15, 4823-4836
- Kozma, P. (1991). A szőlő és termesztése 1. Akadémiai Kiadó. Budapest. 319.
- Llorens, J. et al. (2011). Ultrasonic and LIDAR Sensors for Electronic Canopy Characterization in Vineyards: Advances to Improve Pesticide Application Methods. *Sensors*. 11, 2177-2194. <https://doi.org/10.3390/s110202177>
- Moreno, H., et al. (2020). On-Ground Vineyard Reconstruction Using a LiDAR-Based Automated System. *Sensors*. 20, 1102. <https://doi.org/10.3390/s20041102>
- Ozdemir, Y. et al., (2017). Precision viticulture tools to production of high quality grapes. Scientific Papers. Series B, Horticulture. 61. 2285-5653.
- Ravaz, L. (1902). Les Vignes Americaines: Porte-Greffes et Producteurs Directs (Caracteres Aptitudes). Coulet et Fils (Montpellier). 376.
- Saiz-Rubio, V., Rovira-Más, F. (2020). From Smart Farming towards Agriculture 5.0: A review on crop data management. *Agronomy*. 10. 207.
- Szőke, V., Kovács, L., (2020). Mezőgazdaság 4.0 – relevancia, lehetőségek, kihívások. *Gazdálkodás*. 64. 4. 289–304.
- Tardaguila, J. et al. (2021). Smart applications and digital technologies in viticulture: A review. *Smart Agriculture Technology*. 1. 100005.
- Varga, P. (2021). Magyarország Digitális Agrár Stratégiája. 23.
- Zhai, Z. et al., (2020). Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*. 170. 105256.

# PRECÍZIÓS METSZŐROBOT ÉS INTELLIGENS MEZŐGAZDASÁGI PLATFORM FEJLESZTÉSÉNEK TÁMOGATÁSA SZŐLÉSZETI KUTATÁSI EREDMÉNYEINK FELHASZNÁLÁSÁVAL

GAÁL KRISZTIÁN<sup>1</sup>, BARÓCSI ZOLTÁN<sup>1</sup>, SZABÓ BALÁZS<sup>1</sup>,

TERJÉK LAJOS<sup>2</sup>, KUSPER KRISZTIÁN<sup>3</sup>, ÁRVAI LÁSZLÓ<sup>4</sup>, VIDA LÁSZLÓ<sup>5</sup>,

KUSPER GÁBOR<sup>3</sup>, SZEMETHY LÁSZLÓ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pécsi Tudományegyetem Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet, Pécs

<sup>2</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATE, Gödöllő

<sup>3</sup>Innovitech Kft., Budapest

<sup>4</sup>Bay Zoltán alkalmazott kutatási közhasznú nonprofit Kft., Miskolc

<sup>5</sup>SBS Kft., Erdőtelek

[gaal.krisztian@pte.hu](mailto:gaal.krisztian@pte.hu)

## Összefoglalás

Az egyre gyorsabban változó környezeti tényezők, valamint a gazdasági és társadalmi folyamatok következtében a szőlőtermesztés rentabilitásának fenntartása miatt is sürgőssé vált a termesztés technológiák magasabb szintű fejlesztése. A munkafolyamatok gépesítését követően az automatizálás, a robotika, a szenzorika, az intelligens adatfeldolgozás és döntéshozatali módszerek fejlesztése és alkalmazása eredményezheti a fenntarthatóbb növénytermesztés jövőjét.

Az intelligens metszőrobot fejlesztésére vállalkozó konzorcium célja, hogy a szőlőtermesztés egyik legnagyobb élők munkaezredt és szaktudást igénylő munkafolyamatát, a szőlőmetszést segítse elő egy autonóm robot, öntanuló szoftver és az adatokat kezelő platform segítségével.

Az új rendszer fejlesztése során felhasználjuk a jelenleg rendelkezésre álló automatizálási, gépészeti, informatikai és a szőlészeti tudományokban jelenleg alkalmazott és fejlesztés alatt lévő módszereket. A célunk, hogy a 4 éves program végén a szőlősgazda használatba vegyen egy olyan metszőrobotot, amely képes szakszerűen, biztonsággal és gazdaságosan munkát végezni a szőlőültetvényben. Távlati célként megjelöltük, hogy az eszköz a metszési időszakon kívül egyéb szenzorokkal, vagy munkaeszközökkel felszerelve adatelemzéssel, vagy munkavégzéssel támogassa a szőlész, borász szakemberek, termelők munkáját. A szoftvercsomag alkalmas legyen szakemberek képzésének támogatásához.

*As a result of rapidly changing environmental factors, as well as the economic and social processes, maintaining the profitability of grape growing, has made it urgent to develop technologies at a higher level. After the mechanization of work processes, like the development and application of automation, robotics, sensorics, intelligent data processing and decision-making methods can result in a more sustainable future of crop production.*

*The goal of the consortium aspiring the development of the intelligent pruning robot is to promote vine pruning, one of the most labor-intensive and highly skilled work processes in viticulture, with the help of an autonomous robot that includes self-learning software and a data management platform, because this vine pruning is the one of the most labor-intensive process in viticulture.*

*During the development, we use the currently available automation, mechanical engineering, IT and viticulture methods that are currently being used and under development. Our goal at the end of the 4-year program is, that vineyard owners will be able to use a pruning robot that can work professionally, safely and economically in the vineyard. Our long-term goal is, that the device would support the work of winegrowers by data analysis by equipping it with other sensors or work tools, apart from the pruning period.*

## **Bevezetés**

A kertészeti kultúrák közül a szőlőtermesztés egyedülállóan szoros kapcsolatban van a termékfeldolgozási iparággal, a borászattal. A minőségi borkészítés a szőlőtermesztéssel kezdődik, a cél a piacon haszonnal értékesíthető magas élvezeti értékkel bíró termék előállítás. A folyamatot befolyásoló tényezők közül, a termőhely és a szőlőfajta kiválasztásához, a termesztéstechnológia és a borászati technológia megválasztásához a szakemberek ismeretei és a fejlődő technológiák egyre bővülő eszköztárat biztosítanak, azonban a változó klíma hatásaira és a társadalmi változásokra kevesebb befolyással bírnak.

Az utóbbi években előforduló szélsőséges időjárási viszonyok, az egyre növekvő hőségnapok, a vízhiányos időszakok, az extrém zivatarok, jégesők, késő tavaszi fagyok, de az enyhe csapadékmentes telek is nagyban befolyásolták a szőlőtermesztés biztonságát, jövedelmezőségét (Teszlák, 2021; Teszlák és mtsai, 2014). Technológiai eszközökkel nagy költséggel és csak mérsékelt eredménnyel tudunk ellenük védekezni. A tápláló öntözés, a klímaháló, a jégeső elhárítás, a fagyvédelmi szélgépjel kiépítése igen költséges beruházás és nem minden esetben eredményes, de idővel egyre fontosabb szerepet töltenek be a termésbiztonság fokozása érdekében a változó gazdasági környezet hatására.

## **A téma aktualitása**

Napjainkban a mezőgazdaságban egyre nagyobb problémát jelent az élő munkaerő hiánya. Az alacsony bérszint és a szabadban végzett munka nehézségei nem teszik vonzóvá a fiatalok körében sem a szőlész életpályát. Különösen a munkacsúcsok eloszlása miatt, amelyek gyakran a legzordabb időszakokra esnek. A felsorolt nehézségek és a technológiai fejlődési



lehetőségek a szántóföldi kultúrákban már évekkel ezelőtt elindították az automatizálás, a robotizálás, a digitalizáció, a precíziós gazdálkodás forradalmát. Az ültetvényes kultúrákban a fejlődés lassabb, speciálisabb megoldásokat követel, de bizonyos elemek már adaptálva lettek gyümölcs- és szőlőültetvényekre is. Az ültetvényekre inkább az egyszerűbb munkafolyamatok gépesítése azok automatizálása a jellemző. Az előmetszés, a gépi befűzés, a csonkázás nem kifejezetten precíziós munkafolyamat, a gépi szüret komplexebb célgépei, a gépi szőlőtelepítés gépei, növényvédelmi előrejelző és meteorológiai állomások, valamint a modernebb erőgépek azonban már szenzorokkal, műholdas navigációval rendelkeznek, vezérlő programjaik algoritmusokat használnak. A távérzékelésből és a szenzorok alkalmazásával nyert adatok feldolgozása, a mesterséges intelligencia alkalmazása a kulcsa a további fejlesztési irányoknak.

Napjainkban a felsorolt tényezők közül a szőlőtelepítés tervezésekor meg kell határozni a 35-40 évig élő ültetvény terméséből készülő termékpalettát, annak érdekében, hogy a megfelelő termesztéstechnológiát lehessen alkalmazni az adott szőlőfajtán.

A termőhely adottságai, a fajta (nemes, alany), a technológia megválasztása, a lombfelület nagysága és megvilágítottsága determinálja a szőlőtermés mennyiségét és minőségét és lehetőséget ad a környezeti tényezőkre való reakciókra (Diófási, 1985).

A szőlőtőkék metszésére alapvetően az ültetvényrendszerben való termesztés miatt van szükség, mivel a szőlőnek, mint liánnövénynek így biztosíthatók a legkedvezőbb feltételek a megfelelő termés előállítására céljából. A metszés során, a szőlő nyugalmi állapotában az alkalmazott művelésmód szerint, meghatározzuk a tőke rügyterhelését és a támaszrendszer adottságaihoz igazodva egyenletesen elosztva a terhelést, eltávolítjuk a felesleges vesszőzetet. Az így kialakított, visszametszett tőke éves hajtásait a vegetáció során könnyen befűzhetjük a támaszrendszer lombtartó huzalai közé, ezzel biztosíthatjuk a művelési munkákat végző gépek szabad mozgását, eredményes kémiai növényvédelmet folytathatunk és optimális körülményeket teremthetünk a termés beéréséhez, a minőségi szőlőtermés előállításának érdekében.

A kézi szőlőmetszés gyorsítása és könnyítése érdekében a hagyományos metszőollók kiváltására pneumatikus, később elektromos metszőollókat használtak. Elterjedt az arra alkalmas művelésmódú és támaszrendszerű ültetvényekben az erőgépekre szerelhető tárcsás előmetsző gép. Az említett megoldások gyorsítják és könnyítik a metszési munkafolyamatot, de az továbbra is nagy szakértelemmel rendelkező élők munkáját igényel. A legújabb

nemzetközi törekvések, amelyek autonóm metszőrobot fejlesztésre irányulnak, még továbbra is vagy erőgépet igényelnek, vagy munkasebességük nem éri el a kézi metszés sebességét, többnyire csak ideális terepviszonyok között képesek működni egyszerűbb művelésmódok esetén.

### **Az intelligens metszőrobot fejlesztési folyamata**

A konzorcium által fejlesztés alatt lévő metszőrobot (1. kép) feladata, a GPS navigáció segítségével a szőlőterület megközelítése, azt követően a metszetlen tőkék optikai felismerése.



*1. kép A fejlesztés alatt álló metszőrobot*

A szoftveres tőkerekonstrukció, a termőalapokon lévő élő rügek száma és eloszlása alapján, képes az előzetes kísérleti adatok és öntanuló szoftver által kidolgozott metszési terv segítségével, valamint a művelésmód és a beállított paraméterek figyelembevételével meghatározni a terhelést és megfelelő eloszlásban lemetszeni a szükségtelen vesszőzetet. A fent említett folyamat előkészítése érdekében három szőlőterületen, Egerben, Mádon és Pécsett állítottunk be kísérletet. A szőlőültetvényekben vizsgáltuk a Cabernet franc, Hárslevelű, Kékfrankos, Zenit és Sauvignon blanc fajtákat. Az ültetvényekben a Moser féle középmagas kordon és a Guyot művelésmódokat vizsgáltunk, de a későbbiekben tervezzük az ernyőművelésű ültetvények bevonását is. Az általános fenológiai megfigyeléseken túl, felvételezéseket készítettünk a tőkék kézi metszésének minőségéről és a tőkék „rügy, hajtás, fürtszámairól”, amelyek az általános állapotukról, a várható hozamról, a tőkék terheléséről adnak

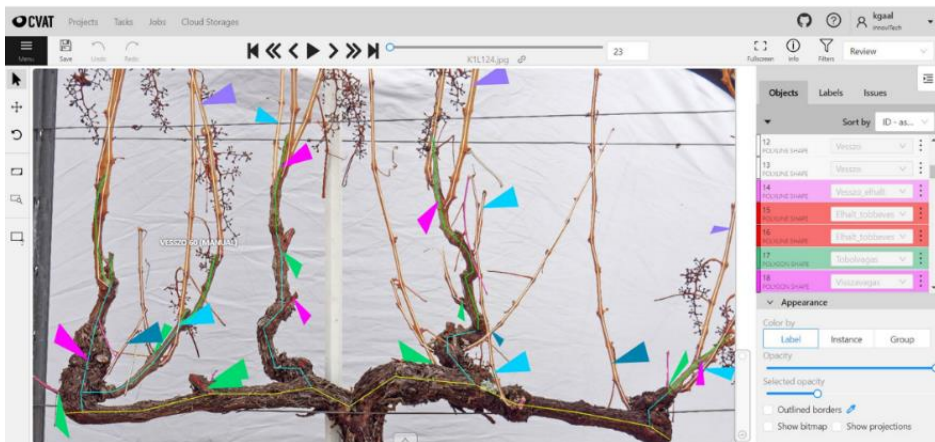
tájékoztatót. Kiemelt figyelmet fordítunk a kialakuló lombfelület nagyságára és megvilágítottságára (Teszlák, 2008). Az adatfelvételezések a második évben már a közösen fejlesztett platform segítségével történtek. Az alkalmazás a felvételezett adatokon kívül a tőkék RTK pontos GPS koordinátáját is automatikusan rögzítette és az adatbázisban egymáshoz rendelte. Ezek az adatok az érésdinamikai és a szüreti eredményekkel kiegészülve a következő szakaszban már a kézi és a gépi metszés közötti különbségek elemzésére is alkalmasak lesznek. A fejlesztési időszak első szakaszában párhuzamosan folynak az adatfelvételezések és a kiértékelési munkák, valamint a műszaki, informatikai fejlesztések. Műszaki fronton a járműtechnikai platform fejlesztése zajlik. Az eszköz méreténél és hajtásmódjának köszönhetően lehetővé teszi a jellemző szőlőültvények automatikus bejárását. A hajtási rendszer, az energiaellátás, a futómű kialakítás alkalmassá teszi a közlekedést és a jellemző terepviszonyok közötti tartós működést. A „rover” az idei szezonban már a képalkotó rendszerrel felszerelve lesz tesztelve a három termőhely eltérő terepviszonyai közt. A későbbiekben az optikai rendszert és a szenzorokat kiegészítve felszerelésre kerül a 4 szabadságfokú robotkar az elektromos metszőollóval. Idén a járműre felszerelt optikai adatfelvételező rendszerrel tervezzük a tőkék önálló felismertetését, az elkészített képanyagok elemzése alapján a terveink szerint a mesterséges intelligencia alapú szoftver képes lesz meghatározni az éves vesszőzeten a metszési pontok helyét. Az öntanuló elemző szoftver felkészítése során a három termőhelyen több ezer fotót készítettünk a tőkék metszés előtti és az azt követő állapotában. A 3D képalkotás és adatfeldolgozás hiányosságai miatt 2D kamerákkal felvételeztük az ültetvények tőkéit. A kétdimenziós fotók rendkívül jó felbontásúak, amelyek lehetővé teszik a képanyag többcélú elemzését (1. ábra).



1. ábra A kamerás felvételezés menete

Hátrányuk mellett az, hogy a vesszőzet, előtérben és háttérben lévő elemeinek azonosítása nehézkes. Ezek a fotók szolgáltak alapul az ún. annotálási munkáknak, amely az öntanuló szoftver programozásának kulcsa. Célunk volt, hogy a lehető legnagyobb adatmennyiséget szolgáltassunk a programnak, hiszen a betáplált minták számával egyenes arányban nő a metszésre adott javaslatok pontossága. Az annotálási munkák során a szőlőtőke felvételeken a szőlész szakemberek beazonosították a tőkerészeket és meghatározták a metszési pontokat (2. ábra).

Az annotáló program segítségével digitális jelölőkkel láttuk el a képfájlokat. Törekedtünk arra, hogy a szőlészek az általános metszési szabályok mellett egy előre kidolgozott, ültetvényállapotra jellemző, egységes metszési „stílusnak” megfelelően végezzék az annotálási munkákat. Távlati célok közt szerepel, hogy a gazdaprogram beállításai közt lehetőség legyen az adott metszésmódban a szőlőfajta tulajdonságaihoz igazodva különböző szintű metszést választani. Így igazodni lehet az ültetvény korához, kondíciójához, valamint korrigálni lehet egy-egy évjáratban bekövetkezett esemény pl. aszályos év, fagy, jégverés vagy korábbi metszési hibák hatásainak mérséklését.



2. ábra A metszési pontok tanítása

## Következtetések

A jelenleg félidejénél tartó, futó program eddigi tapasztalatai alapján elmondható, hogy az előkísérletek és az ezidáig elvégzett tervezői, szimulációs, gép építési és programozási munkák eredményei sikerre vezetnek. A siker kulcsa, amit az egyik legnagyobb eredményként könyvelhetjük el, hogy a különböző tudományágban dolgozó munkatársak immár értik egymás

szakterületét, átlátják a mechanika, informatika és a szőlőtermesztés törvényszerűségeit, így garantált a sikeres együttműködés.

### **Köszönetnyilvánítás**

A projektet (2020-00097) az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alap támogatja, az NKFI Alap 2020-1.1.2-PIACI-KFI pályázati program finanszírozásában valósul meg.

### **Irodalom**

Diófási L. (1985). A minőségi borszőlőtermesztés tudományos alapjai, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, (ISBN 963 231 991 5)

Tesztlák, P. (2008). A szőlő levélfelületének szabadföldi mérési módszerei elméletben és gyakorlatban. *Kertgazdaság* 40: 50-57.

Tesztlák, P., Hartman, B., Gaál, K. Kulcsár, B., Jakab, G., Csikász-Krizsics, A. (2014). Physiological and yield performance of cv. Chardonnay on different rootstocks cultivated on a steep slope. *International Terroir Congress, Tokaj-Eger, 2014. július 7-10.* In: Bálo, B., Majer, P., Váradi, Gy. (szerk.) X. proceedings 198-203.

Tesztlák, P. (2021). Borszőlőfajták alkalmazkodása a klímaváltozás hatásaihoz. Éghajlatváltozás az agráriumban, Kihívások és Megoldások. MTA Pécsi Területi Bizottsága, MATE Kaposvári Campus, 2021 (ISBN 978-615901-0856-8)

# A KITE ZRT PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁSI RENDSZERE

RICZU PÉTER

KITE Zrt., Nádudvar  
[riczupeter@kite.hu](mailto:riczupeter@kite.hu)

## Összefoglalás

A digitális forradalom jelen van a mindennapjainkban, így a mezőgazdaság is egy paradigmaváltást él meg az utóbbi évtizedben. Olyan változások tanúi lehetünk nap mint nap, amelyek a 70-80-as évek agrotechnológiai fejlesztéseinek horderejét idézik fel. A felhasználók rengeteg információval találkoznak, szembesülhetnek ezek előnyével és jövőbe mutató szerepével. Arról azonban sokkal kevesebbet lehet hallani, hogyan építhetők be ezek a megoldások napjaink agrotechnológiájába. Milyen szinten és mennyire kompatibilisek az egyes rendszerek egymással, milyen további fejlesztési lehetőséget adnak a felhasználóknak és mi az az informatikai háttér, amellyel rendszerezni lehet a felhalmozódó adatokat és maximalizálni a következő technológiai lépésekhez kapcsolódó döntések pontosságát. A versenyképes, egyben hatékony gazdálkodás alapja a jelenkor technológiai vívmányainak követése.

*Digital revolution presents in our everyday life, thus agriculture is also experiencing a paradigm shift in the last decade. We can witness such everyday changes, which recall the significance of the agro-technological developments of the 70s and 80s. Users encounter a lot of information, they can be faced with its advantages and future-oriented role. However, much less is heard about how these solutions can be integrated into today's agrotechnology. At what level and how compatible are the individual systems with each other, what further development opportunities are given to users, what is the IT background and what technology needed to organize the large amount data and maximize the accuracy of decisions related to the next technological steps. The basis of competitive and efficient farm management is to follow the today's technological achievements.*

## A PGR (precíziós gazdálkodási rendszer) kifejlesztésének előzményei

A precíziós mezőgazdaság alapját a pontos helymeghatározás jelenti. Az automata kormányzás, a differenciált és szakaszolt inputanyag-kijuttatás néhány centiméteres pontosságot igényel. Megfelelő GPS vevők segítségével, valamint valós idejű korrekciós jelek (RTK) használatával a szántóföldön  $\pm 2,5$  cm-es pontosság biztosítható. A mezőgazdasági digitalizáció elterjedésével megfigyelhető az a tendencia, miszerint egyre többen használnak gazdálkodásuk során precíziós, illetve helyspecifikus elemeket, ezzel együtt a kisebb területtel rendelkező gazdálkodók is használnak precíziós technológiákat. Ennek érdekében első lépésként, 2010-ben a KITE Zrt. egy országos RTK rendszer – mint a precíziós technológia feltételrendszerének – kiépítését kezdte meg, melynek segítségével a felhasználóknak nem kell beruházni saját bázisállomásra. A hálózat (2022. októberi állapot szerint) 142

bázisállomásból és 364 ismétlő állomásból épül fel. A KITE Zrt. Európában egyedülálló RTK rendszerrel rendelkezik, ami a mezőgazdasági művelésbe bevont területek közel 100%-át lefedi és a gazdálkodók számára biztosít RTK korrekciós jelet. A  $\pm 2,5$  cm pontosságú korrekciós jel vételével időben bármikor megismételhetők az alkalmazni kívánt nyomvonalak a szükséges munkaműveletekhez. Kiépített, biztosan üzemelő RTK rendszer nélkül tehát a precíziós gazdálkodás nem kivitelezhető.

A precíziós technológia feltételrendszerének (RTK hálózat) létrehozását követően magát a precíziós gazdálkodás technológiáját építettük ki. A precíziós technológia a növényt helyezi központba. Ezt úgy érjük el, hogy épp annyi inputanyagot (tápanyag, növényvédőszer, víz) juttatunk ki a növényeink számára, ami feltétlenül szükséges és mindezt térben ott tesszük, ahol az adott feltételek ezt biztosítják. Ezzel növeljük az inputanyagok kijuttatásának hatékonyságát, miközben csökken a környezet terhelése (könnyen mobilizálható tápanyagformák lemosódásának megelőzése, felesleges vegyszer-kijuttatás csökkentése, alul- és túllöntözés megakadályozása, stb.), így csökkentve az mezőgazdaság ökológiai lábnyomát, ezzel fenntarthatóbbá tehető a gazdálkodás, miközben hosszabb-rövidebb távon profitnövekedés érhető el.

A felgyülemlett technológiai tudást minél hatékonyabb módon szükséges átadni a gazdálkodók számára. Ennek érdekében alakítottuk ki a precíziós szaktanácsadási rendszert, melyben jelenleg több, mint 110 fő precíziós gazdálkodási szaktanácsadó, precíziós gazdálkodási asszisztens, illetve precíziós gépüzemeltetési technikus biztosítja országszerte az információáramlást a technológiáról a gazdálkodók felé.

A megnövekedett gazdálkodói precíziós igényeknek és a minél szélesebb körű és hatékonyabb kiszolgálásnak eleget téve 2016-ban a KITE Zrt. benyújtott és elnyert egy pályázatot „*Üzemmérettől független komplex precíziós szaktanácsadási rendszer kialakítása*” címmel, amely keretében olyan precíziós gazdálkodási szisztémát alakított ki, amely nagy területre kiterjeszhető, a gyakorlat számára könnyen értelmezhető, végrehajtható, gazdaságosan üzemeltethető és egyben jövedelemtöbbletet eredményez a termelők számára. A projektben – a konzorciumi partnerek és a KITE Zrt. saját kutatás-fejlesztési tevékenysége révén – a precíziós gazdálkodási rendszer komplex fejlesztése valósult meg, amely során az egyes rendszerelemek szoros (adatbázisszintű) kapcsolata miatt a felhasználók egyetlen platformon menedzselhetik a gazdaságukat.

### **A PGR rendszer működése**

A Precíziós Gazdálkodási Rendszer ([PGR](#)) keretbe foglalja a modern mezőgazdasági üzemek működtetéséhez szükséges feltételrendszereket, a mezőgazdaság innovatív műszaki, agrotechnológiai és informatikai fejlesztéseit



integrálja és adaptálja a helyi termelési viszonyokra. E három feltételrendszer közös platformon megjelenő integrációjaként, a PGR az agrármenedzsment új generációját jelenti.

A PGR jelentőségét abban a több éve futó – tudományos alapokon nyugvó, a gyakorlat igényeit figyelembe vevő – fejlesztési folyamatban kell keresni, mely az automatizált folyamatok révén lehetőséget biztosít a gazdálkodóknak a munkafolyamatok alatt megképződött adatok gyors és hatékony feldolgozására, melyre a kisebb méretű gazdaságoknak nem minden esetben van megfelelő informatikai háttere és szakembergárdája. A rendszer alapvetően háromlábon nyugszik (1. ábra). A precíziós gazdálkodás innovatív technológiáin, a PreciZone megoldásain, valamint a Partner Profit Program szolgáltatásain keresztül biztosítja, hogy a gazdálkodó átgondoltan, lépésről lépésre, a KITE Zrt.-vel közösen növelje a gazdasága fenntartható hatékonyságát.



1. ábra A Precíziós Gazdálkodási Rendszer (PGR) felépítése

### Precíziós technológiák

A precíziós technológiák olyan műszaki, informatikai, információs- és természetstechnológiai alkalmazások kombinációi, melyek hatékonyabbá teszik a szántóföldi növénytermesztést, a gépüzemeltetést és az üzemszervezést. Egzaktnan mért információk felhasználásával történő agrotechnikai beavatkozások összessége, mely sok esetben automatikus módon történik úgy, hogy a környezetvédelmi és fenntarthatósági elvárásokat is támogatja.

A gazdaságokban különbözőek az adottságok (talaj, éghajlat, természetű növények köre, rendelkezésre álló géprendszerek, informatikai ellátottság,



közgazdasági környezet, stb.), ezért a precíziós gazdálkodás során alkalmazott technológiákat (agronómiai-, műszaki és informatikai egyaránt) egyedi módon, lépésről-lépésre szükséges bevezetni, használatukat elsajátítani, az általuk biztosított többleteredményt maximálisan kihasználni. A szántóföldi növénytermesztésben az agrotechnológiát a kor kívánalmainak megfelelően, a helyspecifikusság szem előtt tartásával kell megújítani. Ehhez a modern géprendszer (navigációs rendszerek, RTK hálózat, kapcsolt menetek végrehajtására alkalmas munkagépek, stb.) rendelkezésre áll, és korszerű inputanyagok (pl. vetőmagvak, műtrágyák, növényvédőszer) is alkalmazhatók, azonban ezeket az elemeket rendszerbe kellett foglalni.

### ***PrecZone***

A precíziós gazdálkodás során rengeteg szenzor- és nyers adat kerül rögzítésre, hiszen a szenzorok a korszerű gépekben már alaptartozékok. Az adatokat információvá kell alakítanunk, hogy kiaknázzuk a bennük rejlő lehetőségeket. A PrecZone egy olyan digitális platform, amely megoldást nyújt a mezőgazdaságban keletkező adatok gyors és egyszerű döntéstámogató információvá történő átalakítására. A precíziós gazdálkodás során részben külső adatforrásból származó, részben a mezőgazdasági termelés valamennyi művelete során történő mérésekből nagy mennyiségű adat keletkezik. Ennek a felhalmozódó adatmennyiségnek az összegyűjtése, rendszerezése, kiemlése és ez alapján történő döntéshozatal a különböző munkafolyamatokban a precíziós gazdálkodás megvalósulásának legmagasabb szintjét jelenti.

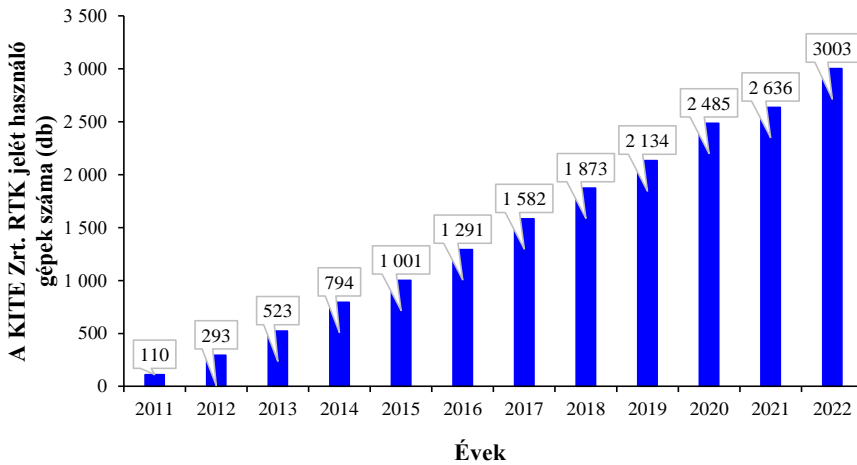
### ***Partner Profit Program***

A program egy – több éves szakmai tapasztalatok alapján lefektetett, a gyakorlatban bizonyított agronómiai, műszaki és informatikai – tanácsadási rendszer, melynek célja a termelők részére a termelésben lévő többletjövödelem realizálása. A KITE Zrt. gyökereihez visszanyúlva, szaktanácsadással segít a gazdálkodóknak eligazodni a 21. század kihívásai közepette. Eljuttatja hozzájuk a legújabb nemzetközi innovációkat, melyeknek a mindennapi gyakorlatba való beépítésével és rendszerszintű alkalmazásával segíti elő a partnerek jövedelmezőségének és fenntartható gazdálkodásának javítását. Így elmondható, hogy a Partner Profit Program egy olyan személyes támogatást biztosít a gazdálkodók számára, amely segíti a precíziós gazdálkodási technológia elterjesztését. Mindezt teszi úgy, hogy felméri a gazdálkodás fokát, majd ennek megfelelően a csomagajánlatokat nyújt partnerek részére.

Olyan gazdaságok, amelyek korábban már elindultak a precíziós gazdálkodás irányába és csak egy-egy technológiai elem hiányzik, ott önálló agronómiai, technológiai és speciális szolgáltatásokat (videokontroll, vetőgép-diagnosztika, üzemszervezési technológiai tervezés, a műszaki eszközrendszer megtérülési vizsgálatait) nyújt a Partner Profit Program.

## A PGR rendszer eredményei

A KITE Zrt. 2010-ben üzembehelyezett saját bázisú RTK hálózatának kiépítése a precíziós technológia kialakításának feltételrendszere volt. Első évben 110 erőgép csatlakozott a hálózatra, 2015-re elérte az ezres nagyságrendet, 2020-ban pedig már közel 2500 gép használta a precíziós jeleket, jelenleg 3000 fölötti ez a szám (2. ábra). Ez a 3000 gép, megközelítőleg 1,5 millió hektáron használja a – széles körben értelmezett – navigációra alapozott precíziós technológiai alapelemeket (automata kormányzás, ráfedés és kihagyásmentes automatikus szakaszolás).



2. ábra A KITE Zrt. RTK jelét használó gépek számának alakulása

A RTK jelet használó gépekkel együtt nőtt a KITE Zrt. által szaktanácsolt partnerek száma (2022 szeptember végén 1025 partner), valamint a szaktanácsolt területek mérete is (2022 szeptember végén 613200 ha). 2021-ben és 2022-ben a szaktanácsolt partnerek száma és a szaktanácsolt terület mérete egyaránt jelentősen növekedett, ami egyrészt a PGR rendszer hatékony használhatósága, valamint a VP2-4.1.8-21 pályázat (Mezőgazdaság digitális átállásához kapcsolódó precíziós fejlesztések támogatása) meghirdetése miatt történhetett. A pályázat a mezőgazdaság digitális átállást és a precíziós fejlesztéseket támogatja; a gazdálkodók pedig a KITE Zrt. PGR rendszere segítségével teljesíthetik a digitális átállás feltételeit. Emellett a növekedés annak is köszönhető, hogy a szaktanácsadási rendszer révén, a gazdálkodóknak átadott precíziós technológiai tudás sikeresebb és optimalizált termesztési rendszer üzemeltetését teszi lehetővé. Alapelveiben a növény igényeit helyezi fókuszba, ami azt jelenti, hogy a precíziós és helyspecifikus technológia alkalmazása során – a klimatikus és edafikus tényezők figyelembevételével – a kultúrnövény igényeinek kielégítése mellett, a homogén növényállomány

kialakítása és fenntartása a cél. A technológia alapelve, hogy a növény fenológiájához igazítottak és pozícionáltak a beavatkozások, elkülönítésre kerül a sor és sorköz, az agrotechnológiai beavatkozások megfelelő időben kerülnek elvégzése és érdemi menetszám-csökkentés történik.

## **Következtetések**

A precíziós technológiák kialakítását és ezek megismertetését támogató, 2016-ban a KITE Zrt. által benyújtott és elnyert „*Üzemmérettől független komplex precíziós szaktanácsadási rendszer kialakítása*” című pályázat a precíziós gazdálkodás széleskörű elterjesztésének következő lépcsőfokát jelentette. 2017-ben több alkalmazás fejlesztése indult el, 2020 januárjában került bemutatásra maga a rendszer, majd márciusban 14 alkalmazásnak a tesztelése kezdődött meg 600 partnerük bevonásával. A 2020 augusztus végi éles indítását követően, jelenleg már a 14 digitális megoldást is meghaladó azon alkalmazások száma, amelyek bevezetésre kerültek a mezőgazdasági szolgáltatási piacra. A projekt, valamint a saját kutatás-fejlesztési tevékenységek hatására, a gazdálkodók igényeit szem előtt tartva folyamatosan fejlesztjük tovább azokat a folyamatokat, amik egyszerűsítik a mezőgazdasági technológiákat, valamint a hozzákapcsolódó adatkezelést, így a [PrecZone](#) alkalmazások köre és funkciója is dinamikusan bővül. Egyre több szolgáltatás kifejlesztése történik meg, miközben a meglévő szolgáltatások hatékonyabbá tételét is szem előtt tartjuk. Ezek a fejlesztések a szolgáltatásokat igénybe vevő kkv-knél fog hasznosulni/illetve több esetben is már hasznosult is. A termelési hatékonyság növekedése érdekében a KITE Zrt. által kialakított Precíziós Gazdálkodási Rendszer (PGR), illetve azok pillérei (Precíziós technológiák, PrecZone alkalmazások és Partner Profit Program szolgáltatásai) hozzájárulnak a megfelelő termesztéstechnológia megvalósításához, mellyel jövedelemtöbblet realizálható; mindemellett pedig fenntartható, környezetkímélő termelést tesz lehetővé.

A KITE Zrt. jövőbeli célja, hogy kiterjeszti a PGR-t első lépésként a Kárpát-medence országaira, mivel hasonló klimatikus és talajtani viszonyok jellemzik a környező országokat, majd a további országok irányába bővítjük a rendszert, beleépítve rendszerünkbe az ott jellemző gazdálkodási sajátosságokat. A PGR továbbfejlesztése a JohnDeere vállalattal közösen elindult, amely a rendszer további funkcióbővülését teszi lehetővé, illetve az adatbázisok egymás közötti átjárhatóságát biztosítja.

## **Irodalom**

KITE Zrt. (2020). Precíziós Gazdálkodási Rendszer. KITE Zrt. Nádudvar. 67.

# A DRÓNOK ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI A NÖVÉNYVÉDELEMBEN

LABANT ATTILA

Magyar Növényvédő Mérnöki és Növényorvosi Kamara, Budapest

labanta@magyarnovenyorvos.hu

## Összefoglalás

*A növekvő népesség, valamint a jövőben várható élelmiszer-ellátási problémák egyre inkább ráirányítják a figyelmet az egyre intenzívebbé váló élelmiszer előállítás jelentős környezeti terhelésére. Az elmúlt évtizedekben a mezőgazdasági termelés és élelmiszer előállítás kapcsán egyre gyakrabban találkozunk a fenntarthatóság fogalmával. A növényvédelemben – mint a mezőgazdasági termelés egyik legnagyobb környezeti kockázatot magában hordozó elemében – különösen aktuális a fenntarthatóság szemléletének szem előtt tartása. Az Európai Unióban évek óta szigorodnak a növényvédőszer-felhasználás szabályai. Az integrált növényvédelem technológiai megoldásai közül a legintenzívebb technológiai fejlődés a precíziós gazdálkodás terén várható. A drónok megjelenésük óta a precíziós gazdálkodás jelképei, és a precíziós gazdálkodás egyik legintenzívebben fejlődő ága. Míg a monitoring drónok alkalmazása mára már a technológia szerves részét képezi és alkalmazásuk feltételei jogilag is többé-kevésbé tisztázottak, ezzel szemben a permetező drónok alkalmazása körül továbbra is sok a kérdőjel annak ellenére, hogy az idei évben jelentős lépések történtek annak érdekében, hogy lehetőség legyen legális formában drónos növényvédelmi kezeléseket végrehajtani Magyarországon. A 2022-es évben a permetező drónok alkalmazásának jogi keretei tisztázódtak, azonban továbbra sem áll rendelkezésre drónnal kijuttatható növényvédő szer. Amennyiben 2023-ban megkezdődhet a permetező drónok legális alkalmazása, pár év alatt összegyűlik annyi tapasztalat, ami alapján a drónok elfoglalják helyüket a növényvédelmi technológiában.*

The growing population, as well as the expected food supply problems in the future, are increasingly drawing attention to the significant environmental burden of increasingly intensive food production. In recent decades, we have increasingly encountered the concept of sustainability in connection with agricultural production and food production. In plant protection - as one of the elements of agricultural production that carries the biggest environmental risk - it is particularly relevant to keep the perspective of sustainability in mind. In the European Union, the rules for the use of plant protection products have been getting stricter for years. Among the technological solutions of integrated plant protection, the most intensive technological development is expected in the field of precision farming. Drones have been symbols of precision farming since their appearance and are one of the most intensively developing branches of precision farming. The use of monitoring drones is now an integral part of technology, and the conditions for their use are more or less legally clear. On the other hand, there are still many question marks surrounding the use of spraying drones,

despite the fact that significant steps were taken this year in order to make it possible to legally carry out drone plant protection treatments in Hungary. In 2022, the legal framework for the use of spraying drones was clarified, but there is still no pesticide that can be applied by drone. If the legal use of spraying drones can begin in 2023, enough experience will be gathered in a few years, based on which drones will take their place in crop protection technology.

## **Bevezetés**

Földünk lakossága az ezredfordulóra túllépte a nemrég még oly távolinak tűnő hatmilliárdos létszámot, és a legfrissebb hírek szerint nemrégiben elértük a nyolcmilliárd főt. A Föld véges erőforrásait a növekvő életszínvonal és a növekvő lélekszám egyaránt megterheli, az előrejelzések szerint a világ szükséglete élelmiszerből, takarmányból és rostanyagból 2050-re 70%-kal nő. A növekvő élelmiszer kereslet hazánknak komoly lehetőséget jelent, vízkészletünk és termőföldjeink rövidtávon is jelentősen felértékelődnek. A Föld szilárd részének mindössze 11%-a termőföld, az EU-ban ez az érték közel 30%, de hazánkban több mint 60%!

A növekvő népesség, valamint a jövőben várható élelmiszer-ellátási problémák egyre inkább ráirányítják a figyelmet az egyre intenzívebbé váló élelmiszer előállítás jelentős környezeti terhelésére. Az elmúlt évtizedekben a mezőgazdasági termelés és élelmiszer előállítás kapcsán egyre gyakrabban találkozunk a fenntarthatóság fogalmával. A növényvédelemben – mint a mezőgazdasági termelés egyik legnagyobb környezeti kockázatot magában hordozó elemében – különösen aktuális a fenntarthatóság szemléletének szem előtt tartása.

Az Európai Unióban évek óta szigorodnak a növényvédőszer-felhasználás szabályai. Amióta a növényvédőszer-hatóanyagok felülvizsgálata során a kockázat alapú szabályozást a veszély alapú szabályozás váltotta fel, egyre csökken a növényvédelemben alkalmazható hatóanyagok köre. A hatóanyagok egyre intenzívebb kivonása több növénykultúra esetében már erősen érezteti hatását, és ebbe az állóvíznek korántsem nevezhető helyzetbe lépett be új elemként az európai zöld megállapodás. A nyáron vitára bocsátott EU rendelet tervezet egyértelművé tette az elérendő célokat, valamint azokat a módszereket, melyekkel ezen célok elérendők. Természetesen a gazdálkodókat és növényvédelmi szakembereket a hatóanyag kivonások, illetve hatóanyag csökkentések érintik a legérzékenyebben. Látni kell azonban, hogy nagyon sok egyéb módszer van, amivel elérhetővé válnak a kitűzött célok. A rendelet tervezet is kiemelten hangsúlyozza, hogy az integrált növényvédelem alkalmazása a legcélravezetőbb út a célok elérése érdekében, azonban ehhez nagyon gyorsan jelentős technológiai váltást kell végrehajtani. Az integrált növényvédelem technológiai megoldásai közül a legintenzívebb

technológiai fejlődés a precíziós gazdálkodás terén várható. Az elmúlt évben a precíziós technológia elterjesztése céljából meghirdetett pályázat révén nagy mennyiségű precíziós technológiát kiszolgáló gép került a gazdálkodók kezébe. A gazdálkodók számára világossá vált, vagy nagyon rövid időn belül világossá válik, hogy ezen eszközök révén nagy mennyiségű adatuk keletkezik, és ezen adatok révén az erőforrásaikat sokkal gazdaságosabban tudják megosztani, sőt a gépesítettségük lehetővé is teszi, hogy ezen erőforrásokat helyspecifikusan osszák el. Természetesen itt a lehetőségek nagyon széles skálájával állunk szemben, hiszen a precíziós technológiára való átállás szinte korlátlan anyagi erőforrásokat tud lekötni, azonban már viszonylag kis beruházással is jelentősen precízebbé tehetem a növényvédőszer-kijuttatást, ezáltal jelentős mennyiségű növényvédőszer megtakarítást érve el.

A drónok, megjelenésük óta a precíziós gazdálkodás jelképei, és a precíziós gazdálkodás egyik legintenzívebben fejlődő ága. A monitoring drónok alkalmazása mára már a technológia szerves részét képezi és alkalmazásuk feltételei jogilag is többé-kevésbé tisztázottak. Ezzel szemben a permetező drónok alkalmazása körül továbbra is sok a kérdőjel annak ellenére, hogy az idei évben jelentős lépések történtek annak érdekében, hogy lehetőség legyen legális formában drónos növényvédelmi kezeléseket végrehajtani Magyarországon.

Előadásomban szeretném általános jelleggel áttekinteni a dróntechnológia növényvédelemben történő alkalmazásának lehetőségeit, mind a monitoring drónok, mind a permetező drónok szemszögéből.

## **A monitoring drónok**

A mezőgazdasági területekről nyert távérzékelési adatokra évtizedek óta óriási igény mutatkozik. Kezdetben a földfelszín pásztázó vagy fényképező műholdakkal kapcsolatban kezdték használni a távérzékelés (remote sensing) szót, majd később a fogalmat a rokon adatfelvételezési technikákra is kiterjesztették. A modern távérzékelés kezdetének az első katonai célú alkalmazásokat, továbbá az első erőforrás-megfigyelő műholdak pályára állításának időpontját jelölik. A korábban kizárólag katonai feladatokat ellátó műholdak polgári célú alkalmazása, valamint a nagy felbontású multi- és hiperspektrális felvételek készítésének engedélyezése jelentős mértékben gyorsította a távérzékelési technológiák fejlődését, valamint a felvételek mezőgazdaságban történő minél szélesebb körű alkalmazását.

A távérzékelési eljárások fejlődésével a párhuzamosan – bár attól némileg lemaradva – történt a távérzékelési eszközöket hordozó platformok fejlődése is. A csak kevesek számára hozzáférhető műholdakon túl a távérzékelési

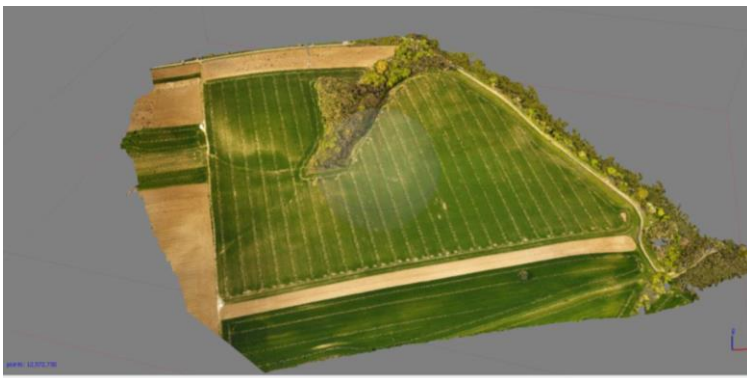
célokra alkalmazható platformként a merev és forgószárnyú repülőgépek, illetve darusautók, továbbá a magaslati pontok szolgálhattak.

A dróntechnológia megjelenése után a drónok viszonylag rövid időn belül képesek voltak egyre nagyobb tömegű eszközök hordozására. Azzal, hogy a drónok megjelenésük után röviddel alkalmassá váltak kamera rendszerek hordozására, egy jelentős piaci igényt elégítettek ki, hiszen a drónokkal a kutatók és szolgáltatók kezébe olyan eszköz került, amely viszonylag olcsó, könnyen hozzáférhető, könnyen kezelhető, a rájuk szerelhető távérzékelési eszközök adatai pedig megfelelő szoftveres háttér birtokában könnyen elemezhetőek, a drónok ezáltal gyors reagálást tesznek lehetővé. A drónok napjainkra összetettebb kamera rendszerrel is felszerelhetőek, az elterjedten használt RGB kamerák mellett multispektrális, valamint hiperspektrális felvételek készítésére is alkalmassá tehetőek, amely jelentősen tágítja alkalmazásuk kereteit.

A távérzékelési adatok óriási segítséget nyújtanak nem csak a kutatóknak, és a gyakorlati szakembereknek, hanem a hatóság részére is. Távérzékelte adatok segítségével a hatósági ellenőrzések hatékonysága jelentős mértékben megnő, miközben az ellenőrzés humánerőforrás-igénye csökken, valamint az adatok reprodukálhatósága is biztosított lesz. A távérzékelte adatok jó lehetőséget biztosítanak akár nagyobb területek komplex értékeléséhez is, a felszíni tereptárgyak takarásától mentes nézőpont pedig sok, nehezen megközelíthető helyről szolgáltat információt. A multi, valamint hiperspektrális felvételek a növényzetben, talajtulajdonságokban az emberi szem által nem érzékelhető eltéréseket is képesek detektálni, így a távérzékeléses eljárásokkal gyűjtött információk számos módon hasznosíthatók a növényvédelemben, növénytermesztésben, talajtérképezésben. A távérzékelte adatok közvetlen, illetve közvetett információt szolgáltatnak a termőterületen belüli heterogenitásról, amely talajfelszín megfigyelés esetén eltérő talajtulajdonságokból, növényzet megfigyelés esetén a felmért területen belül foltszerűen stresszelt növényzetből adódhat. A távérzékelés által szolgáltatott adatok megfelelő támogatást nyújtanak talajtérképezés esetén a pontszerűnek tekinthető talajtani mérések térbeli kiterjesztéséhez, illetve a növényvédelmi felhasználás esetén a stresszelt növényzet termőhelyen belüli térbeli lehatárolásához. A drónok által rögzített adatokból további elemzésre is van lehetőség. Ezen eszközök napjainkra képesek az általuk készített fényképek esetén több információt is rögzíteni: az eszköz földrajzi koordinátáit a fénykép készítésének időpontjában, a kamera térbeli pozícióját (dőlésszög, fényképezés iránya) Ezen adatokból pedig nagyon fontos információt nyerhetünk ki a vizsgált terület domborzati viszonyairól, tereptárgyak magasságáról stb.

A közeli infravörös (NIR) tartományban kezdetben katonai célból hajtottak végre távérzékelést, hiszen ebben a tartományban jól elkülöníthetőek az élő és élettelen zöld felületek. Később a NIR tartományban környezetvédelmi és

mezőgazdasági célú távérzékelési feladatokat hajtottak végre, úgy mint belvíz és árvíz térképezés, továbbá természeti anomáliák, valamint beteg növények kiszűrése. A különböző színek tartományokban végzett felmérések alapján lehetséges egy adott területet objektív mérőszámmal jellemezni, a vegetációs indexek alkalmazásával. A vegetációs indexek az adott felszínről különböző spektrális tartományokban készült felvételekkel végzett matematikai műveletek során jönnek létre. Ennek azért van jelentősége, mert az adott felületről különböző spektrális tartományokban készült felvételek nem csak önmagukban tartalmaznak információt, hanem egymással összevetve többlet információt szolgáltatnak, többek között általuk jól elkülöníthető a valamely stresszel érintett növényzet. Természetesen ezek a felvételezések semmiképpen nem helyettesítik a szakképzett növényvédelmi szakembereket, hiszen maga a felvételezés során képződött adat mindösszesen a növényállományon belüli területi heterogenitást mutatja meg. Azt már a növényvédelmi szakemberek feladata eldönteni, hogy ez a heterogenitás milyen okokra vezethető vissza., hiszen a növényi stresszt egyaránt okozhatja kártevő, kórokozó, de eredhet a terület domborzati viszonyaiból, a terület talajának heterogenitásából, eltérő vízgazdálkodási tulajdonságokból, és még sok további tényezőtől. Miután viszont a növényvédelmi szakember megállapította, hogy a növényi stressz mely okokra vezethető vissza, a távérzékelési adatok alapján egyszerűen le lehet határolni az érintett területet. Az így született adatok alapján a növényvédelmi szakemberek képesek célzott foltkezelést végrehajtani, amely révén jelentős növényvédőszer megtakarítás érhető el. A drónokkal végrehajtott távérzékelés napjainkra a növényvédelmi, növénytermesztési technológia szerves részét képezi (1. ábra), és míg 2019 előtt nehezen voltak teljesíthetőek a felvételezés jogszerű végrehajtására vonatkozó szabályok, addig 2020-tól a jogszabályok lehetővé teszik a felmerülő növényvédelmi problémák gyors és hatékony feltárását.



1. ábra Drónos monitoring felvétel egy mezőgazdasági tábláról



## A permetező drónok

A drónokban alkalmazott akkumulátorok és motorok folyamatos fejlődése lehetővé tette, hogy a drónok már jelentősebb hasznos terhet is képesek magukkal vinni, így pár éve megjelentek a permetező drónok a mezőgazdaságban (2. ábra). A gazdálkodók részéről óriási érdeklődés övezi a permetező drónok megjelenését, melyet a talán kissé túlzó elvárások még tovább fokoznak. Amíg azonban a monitoring célú drónhasználat szabályai tisztázottak, addig a drónos permetezés jelenleg legálisan nem végezhető tevékenység.



2. ábra Egy hazai piacon is elérhető permeteződrón

A 2022-es évben jelentős előrelépés történt a permetező drónok legális használatának bevezetésében is (URL1). A jogalkotó megteremtette a drónos permetezés jogszabályi hátterét mind a 43/2010 FVM rendelet (URL2) módosításával, mind a 44/2005 FVM-GKM-KVVM rendelet (URL3) hatályon kívül helyezésével. A fenti rendeletek módosítása lehetővé tette, hogy kidolgozásra kerülhettek a drónok típusminősítési követelményei, megkezdődhetett a típusminősítési eljárás, és napjainkra több drón is nyilvántartásba vételre került megfelelő minőségű növényvédő gépként. A 44/2005 rendelet módosítása értelmében már besorolhatóak a drónok a mezőgazdasági légi járművek közé (korábban csak a zárt kabinú légi járművek minősülhettek annak), továbbá a rendelet szabályozza a képzés rendszerét is. Ennek nyomán az idei évben kiválasztásra kerültek az akkreditált képző intézmények, elindultak a képzések, melyeket már több hallgató sikeresen be is fejezett. Ezekkel a módosításokkal jelentős akadályok hárultak el a drónos permetezés elől, azonban még korántsem az összes. Ahhoz, hogy a végzett drónpilóták nyilvántartásba vételre kerülhessenek egy további vizsgát kell letenniük. Jelenleg még fennálló legnagyobb akadály azonban a drónos kijuttatásban alkalmazható növényvédő szerek hiánya. A 44/2005 rendelet szerint drónnal kizárólag drónos kijuttatásra engedélyezett termék juttatható ki. A légi kijuttatásra engedélyezett termékek drónnal csak abban az esetben juttathatók ki, ha engedélyokiratuk pilóta nélküli légi járművel való kijuttatásra

is kiterjed. A növényvédőszer drónnal történő kijuttatásához szükséges engedélyezési eljárások folyamatban vannak, az engedélyezési eljárások alapját képző kísérletek is zajlanak, azonban ezen vizsgálatokról publikus információ nem áll rendelkezésre. A kutatóintézetek, valamint szabadföldi kísérleteket végző vizsgálóhelyek, továbbá a gazdálkodók által illegálisan végrehajtott repülések tapasztalatai alapján a drónok alkalmazása több kérdést is felvet. A tapasztalatok alapján a rendkívül alacsony lémenyiség ellenére (a szántóföldön alkalmazott 250 l/ha lémenyiséggel szemben 10-20 l/ha) a kezelések zömében hatékonyak bizonyultak. A megfigyelések alapján ugyanakkor a drónokkal történő kijuttatás esetén nagyságrendileg nagyobb a növényvédőszer elsodródásának veszélye, mint szántóföldi géppel történő kijuttatáskor. Az elsodródás komoly környezeti és élelmiszer-biztonsági kockázatot, de gyomirtó és deszikkáló szerek esetén közvetlen gazdasági kárt is jelent. További problémaként jelenik meg, hogy a drón szórás-egyenletessége nagyban elmarad a szántóföldi gépekétől. A fentieket figyelembe véve kijelenthetjük, hogy a drónos permetező nem lesznek képesek kiváltani a szántóföldi, illetve ültetvényi permetező gépeket, nem minden típusú növényvédelmi kezelés ellátására lesznek alkalmasak, azonban a foltkezelésekben történő gyors és pontos beavatkozásukkal jelentősen csökkenthető az adott területen kijuttatott növényvédő szerek mennyisége.

## Irodalom

URL<sup>1</sup>: 22/2022. (VII. 29.) AM rendelet növényvédelmi tevékenységről szóló 43/2010. (IV. 23.) FVM rendelet módosításáról <https://njt.hu/jogszabaly/2022-22-20-7R> letöltve: 2022. november 17.

URL<sup>2</sup>: 43/2010 FVM (IV.23) rendelet a növényvédelmi tevékenységről <https://njt.hu/jogszabaly/2010-43-20-82> letöltve: 2022. november 17.

URL<sup>3</sup>: 44/2005. (V. 6.) FVM–GKM–KvVM együttes rendelet a mező- és erdőgazdasági légi munkavégzésről <https://njt.hu/jogszabaly/2005-44-20-82> letöltve: 2022. november 17.

# A TÁVÉRZÉKELÉS GYAKORLATI ALKALMAZÁSA AZ ERDŐGAZDÁLKODÁSBAN

SIMON MÁRTON

Mecsekerdő Zrt

[simon.marton@mecsekerdo.hu](mailto:simon.marton@mecsekerdo.hu)

*A modern erdőgazdálkodás része, többek között a térinformatikai rendszerek alkalmazása, a távérzékelés során gyűjtött információk felhasználása és integrálása a döntéshozatali folyamatokba. A multispektrális műholdfelvételek segítségével, nagy területen vizsgálhatjuk az erdők egészségügyi állapotát és annak változását. A drónok (UAV) által készített felvételek alkalmazásával lehetőségünk van lokális, kisebb területű erdőállomány vizsgálatára, az előállított, akár 2 cm felbontású ortofotó elemzésével. Ezen eszközök együttes alkalmazási lehetőségét vizsgáltuk ebben a tanulmányban.*

Modern forest management involves, the use of geographic information systems, remote sensing data analysis and the integration of this information into decision-making processes. Multispectral satellite imagery can be used to study forest health and its changes over large areas. Using drones (UAVs), we can study localised, small-scale forest stands by analysing the orthophotos produced, with a resolution of up to 2 cm. The combined use of these tools was investigated in this study.

## Bevezetés

A mezőgazdaságban régebb óta használt precíziós gazdálkodás, információ központú döntéstámogató rendszereken alapul, melyek célja a fenntartható természeti erőforrások megőrzése a termelékenység növelése mellett. A precíziós erdőgazdálkodás a modern eszközök és technológiák segítségével a lehető legtöbb információt szolgáltatja és integrálja a döntéshozatali folyamatokba, az erdőgazdálkodás aktuális céljainak biztosításával. Ennek során számos módszer alkalmazható a munkafolyamatok optimalizálására a terepi adatgyűjtéstől, a légi és műholdas távérzékelésen át a térinformatikai rendszerekig (GIS), és logisztikai láncokig (Becker, 2001).

Az információ gyűjtés során legfontosabb a modern technológiák alkalmazása. Ezen technológiákat öt fő részre oszthatjuk (Kovácsová és mtsai, 2010):

- Terepi felmérési módszerek
- Távérzékelés
- Valós idejű adatfeldolgozók

- Térinformatikai rendszerek
- Döntéstámogató rendszerek

Az említett öt csoportból jelen tanulmányban az optikai távérzékeléssel gyűjtött adatok – drón és műholdfelvételek - gyakorlati alkalmazásának lehetőségeit ismertetem a bükk-szaradás és a tölgy csipkésposloska kártételének vizsgálatán keresztül.

### **Légi és űrtávérzékelés**

A légi és űrtávérzékelés során a Föld felszínéről gyűjtünk adatokat, a műholdakon, repülőn, drónon elhelyezett érzékelők segítségével. Ez az adatgyűjtés történhet aktív, illetve passzív módon. Aktív távérzékelés esetén a hordozó eszközre helyezett jeladó bocsátja ki a sugárzást, majd érzékeli a Föld felszínéről visszaérkező jeleket. Ilyen a RADAR vagy a lézeres (LIDAR) távérzékelés. A passzív távérzékelés során az érzékelő valamilyen természetes forrásból származó jeleket fog fel. Ezek lehetnek a Föld felszínéről visszaverődött – a Napból érkező – fény, vagy a földfelszín és a rajta lévő élőlények, tárgyak által kibocsátott hősugarak. Ezen belül az optikai távérzékelés az, ami a földről visszaverődő elektromágneses sugárzás látható közeli-, és rövidhullámú infravörös tartományát alkalmazza.

### **Sentinel-2 műholdak**

Az Európai Űrügynökség (European Space Agency, ESA) és az Európai Bizottság (European Commission, EC) által létrehozott Copernicus program keretein belül került sor a Sentinel műholdcsalád kialakítására. A Sentinel-2 műholdak a földfelszín változásának monitorozására készültek, nagyfelbontású, multispektrális érzékelő rendszert (MSI) hordozva, ami a látható (VIS), közeli infravörös (NIR) és rövidhullámú infravörös (SWIR) tartományokban érzékel. A készített felvételek ingyenesen hozzáférhetők, biztosítva ezzel a széleskörű felhasználási lehetőséget. Többek között a településtervezés, katasztrófa-elhárítás, környezetvédelem, a mezőgazdaság, és az erdészet területén (URL<sup>1</sup>).

A multispektrális műholdfelvételek alkalmazása a föld felszínborításának elemzésében lassan fél évszázados múltra tekint vissza. Rengeteg tanulmány és cikk megjelent azóta az általuk rögzített adatok erdészeti felhasználásáról. A Sentinel-2 műholdak paraméterei és ingyenes hozzáférhetősége új lehetőségeket biztosítanak a műholdfelvételek kutatási és gyakorlati hasznosításához.

A látható és közeli infravörös tartományban lévő sávokból számított vegetációs indexek, lehetőséget adnak, a vegetációt érintő biotikus és abiotikus károsítások, bolygatások meghatározására (Segarra és mtsai, 2020).

Az NDVI az egyik leggyakrabban használt vegetációs index a növényzet vizsgálatakor (Belgiu és mtsai, 2018). A növényzetben található klorofill kis mértékben veri vissza a látható tartomány sugarait, míg a közeli infravörös tartományban a visszaverődés mértéke erősebb.

$$NDVI=(NIR-RED)/(NIR+RED)$$

*NIR - közeli infravörös RED - látható vörös tartomány*

Minél magasabb az NDVI érték, annál nagyobb a vegetációs aktivitás mértéke. Alkalmazásának előnye, hogy csökkenti a domborzat, megvilágítás, illetve felhő árnyékolásból adódó spektrális zajokat.

## **Drónok**

Napjainkban gyakorta alkalmazott a drónok használata, többek között a vegetáció állapotának üzemi szintű felmérésében, a precíziós mezőgazdaságban és az erdészeti ágazatban. Egyik nagy előnyük a gyors és célzott információ gyűjtés, amely során valós színes (RGB) és multispektrális (MS) ortofotó, illetve pontfelhő is előállítható. Az időjárástól függően lehetőséget adnak napi szintű adatgyűjtésre, amely alkalmas lehet faállomány dinamikai változások elemzésére is a felvételekből készített 3D-modellek segítségével (Zhang és mtsai, 2022). Az egyik leggyakrabban használt RGB sávokból számított vegetációs index a VARI (Costa és mtsai, 2020).

$$VARI=(GREEN-RED)/(GREEN+RED-BLUE)$$

*green: zöld, red: vörös, blue: kék*

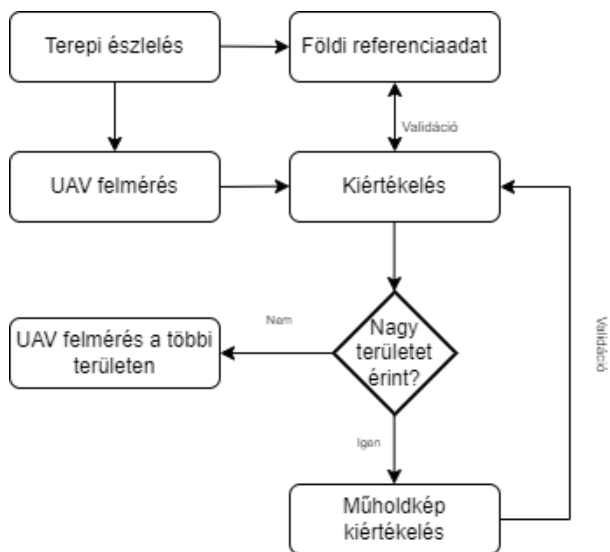
## **Anyag és módszer**

### ***Drón és Sentinel-2 felvételek elemzése***

A változó klimatikus viszonyok által okozott stressz és a hazánkban megjelenő új biotikus károsítók miatt egyre fontosabbá válik az erdeink állapotának folyamatos nyomon követése.

A tölgy csipkésposloska megjelenésének hatása, és a 2022-es nyári aszály okozta bükk száradás példáin keresztül szeretném bemutatni az drónos RGB és műholdas MS felvételek alkalmazását.

Mindkét esetben, az erdészeti szakszemélyzet által történt terepi észlelések után kezdtük a vizsgálatokat. Mivel ezek a lombkorona és levélfelület vizsgálatával észlelhető változások, ezért első körben drónnal készített RGB ortofotókat használtunk. Ezeket a felvételeket összevetettük a Sentinel-2 által közel azonos időpontban készült felvétellel, továbbá az észlelés és azt megelőző év vegetációs időszakában elérhető felhőmentes képek idősoros elemzését is elvégeztük (1. ábra).

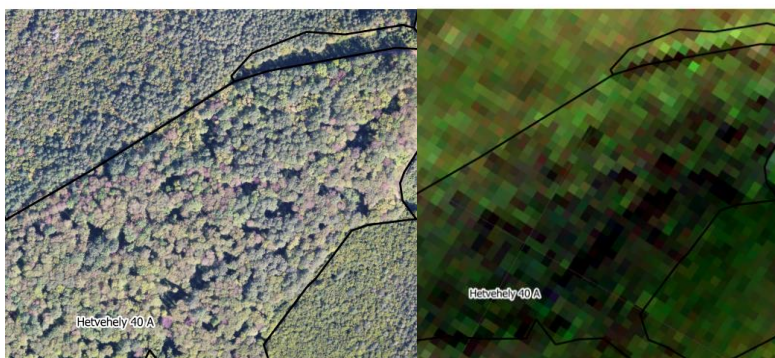


1. ábra Erdőkár felmérése drón (UAV) és műholdfelvételek együttes alkalmazásával

A valós színes felvételekből készített ortofotót, vegetációs index értékeket vizuális interpretációval elemeztük és földi referencia adatokkal validáltuk (2. ábra). A műholdfelvételből számított NDVI és a VARI index hasonlóságot mutatott. Ezért a nagyobb területet lefedő vizsgálatokhoz műholdfelvételeket is használtunk. Fontos azonban megjegyezni, hogy amíg az akár 2 cm-es felbontású ortofotóból faegyed szintjén is megállapítható a vegetációs aktivitás, vagy a károsítás erélyének mértéke, addig a 10 és 20 méter felbontású űrfelvételekből ez inkább facsoportok, állományrészek tekintetében értékelhető.

Drónfelvétel: 10 cm / px

Sentinel 2 : 10 m / px

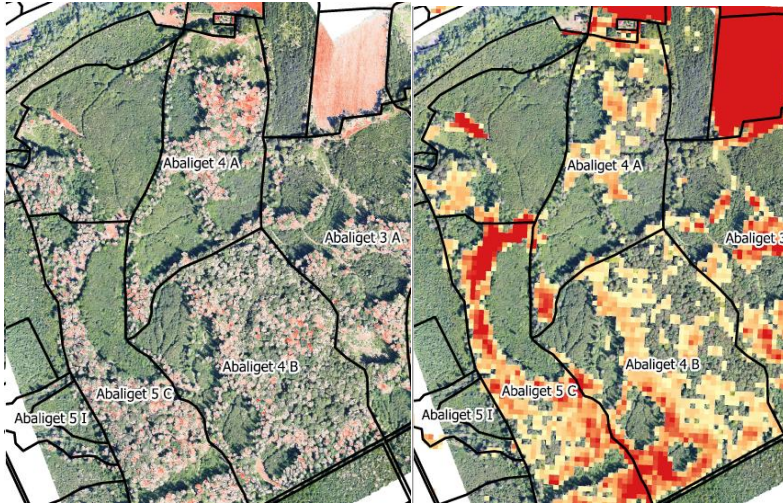


2. ábra A drónfelvétel és S2 műholdfelvétel felbontásának összehasonlítása

## Eredmények

### **Bükk-száradás**

A 2022-évi nyári aszály hatására a Mecsekerdő Zrt. által kezelt erdőterületeken mintegy 3000 hektáron 30%-os eréllyel jelentkezett bükk száradás, ami a lombvesztéstől a lombkorona részleges elhalásán át teljes faegyedek kiszáradásáig is vezetett (3.-4. ábra).

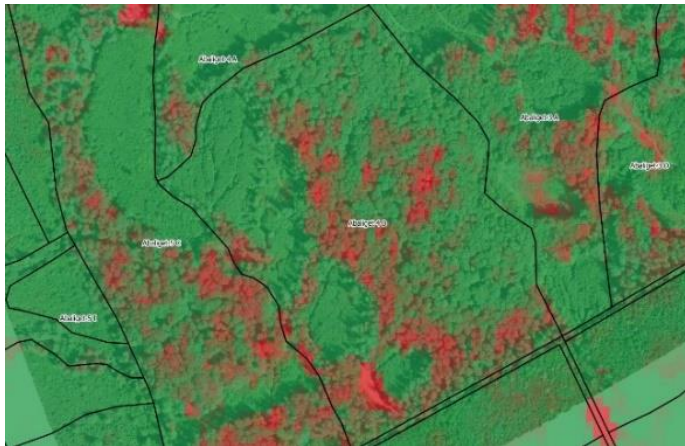


*3. ábra A drón felvételtől és S2 felvételtől számított vegetációs indexek összehasonlítása – 2022.08.05 (a pirosabb szín jelöli a kisebb vegetációs index értéket)*

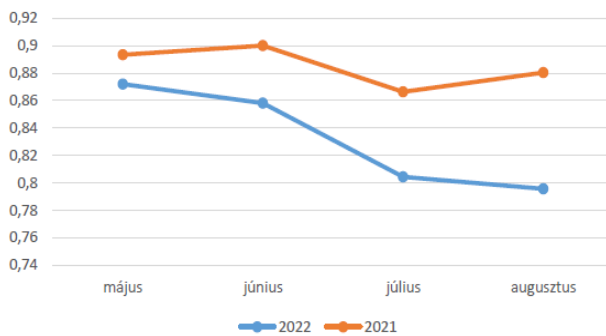
A vizsgálatot nehezítette, hogy nem csak a bükkös állományrészekben csökkent a vegetációs aktivitás. Az NDVI térkép, az országos erdőállomány adattár és a terepi ismeretek segítségével a károk felméréséhez szükséges terepi munka időráfordítását jelentősen csökkenti.

A vizsgálatot a következő évben a vegetációs időszak kezdetével érdemes folytatni, hiszen a kritikus állományrészről naprakész információkkal rendelkezhetünk. Mivel nagy területet kell monitorozni, ezért a terepi észlelés előtt lehatárolhatjuk a további koronaelhalással érintett állományrészeket.





Bükk mintaterületek ndvi index változása



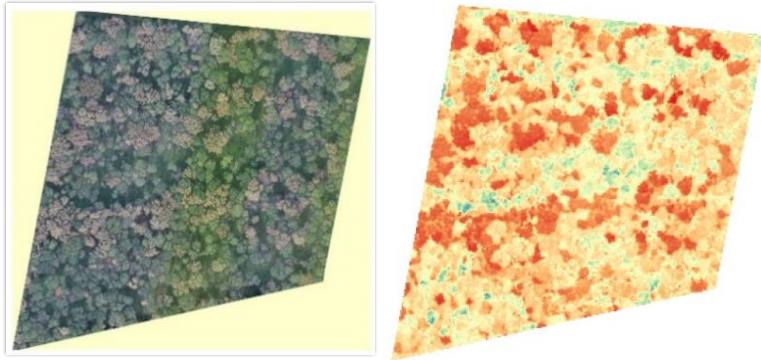
4. ábra A 2022-es vegetációs időszakban jelentkezett NDVI csökkenés (piros szín) és a bükkös mintaterületek NDVI index változása 2021 és 2022-ben

### ***A tölgy csipkésposloska kártételének felmérése***

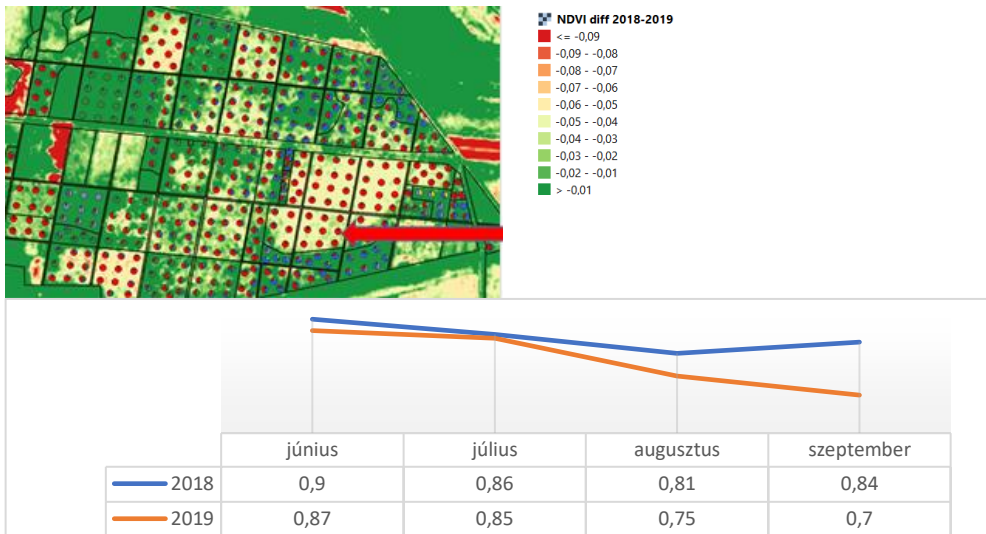
A tölgy csipkésposloska első publikált észlelése 2013-as, de 2019 őszére országosan már közel 115 ezer hektár fertőzött tölgyesből 82 ezer hektár erősen fertőzött volt (Paulin és mtsai, 2019).

A Sellyei erdőzet nyugat-ormánsági területein végeztünk vizsgálatokat 2019 nyarán. A tölgy csipkésposloska jelenléte megállapítható volt az összes vizsgált kocsányos tölgyes állományban, korosztálytól függetlenül (5.-6. ábra).





5. ábra Tölgy csipkésposloska károsítása – drónfelvétel és kiértékelés



6. ábra A 2019 és 2018 évek vegetációs időszakra eső átlagos NDVI értékek különbsége - S2 műholdfelvétel

(kördiagramon piros: kocsányos tölgy, kék: magyar kőris; zöld: gyertyán elegyaránya)

Az elmúlt évek műholdas adatainak vizsgálatát még nem végeztük el, de terepi tapasztalatok alapján feltételezzük, hogy a kárkép időbeni megjelenése és a vegetációs aktivitás változásának lefutása hasonló a 2019-évhez.

## Következtetések

A légi és műholdas felvételek alkalmasak az erdőállományainkat érő abiotikus változások és károsítások - idősoros és aktuális - hatásainak elemzésére. Ezek mértékének, kiterjedésének és térbeli helyzetének pontos ismerete lehetőséget ad a terepi kárfelmérés időráfordításának csökkentésére. A vizsgálatokat érdemes kiegészíteni további vegetációs indexek bevonásával, gépi tanuláson alapuló osztályozók alkalmazásával is.

## Irodalom

- Becker G. (2001). Precision Forestry in central Europe – new perspectives for a classical management concept. In: Proceedings of the First International Precision Forestry Symposium. University of Washington, Seattle, WA., 17-20.
- Segarra J, Buchailot ML, Araus JL, Kefauver SC. (2020). Remote Sensing for Precision Agriculture: Sentinel-2 Improved Features and Applications. *Agronomy*. 10, 641. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050641>
- Kovácsóvá P., Antalová M. (2010). Precision Forestry - definition and technologies, Sumarski List, 11-12: 603-611.
- Costa, L., Nunes, L. Ampatzidis, Y. (2020). A new visible band index (vNDVI) for estimating NDVI values on RGB images utilizing genetic algorithms. *Computers and Electronics in Agriculture*, 172, 105334.
- Belgiu, M., Csillik, O. (2018). Sentinel-2 cropland mapping using pixel-based and object-based time-weighted dynamic time warping analysis. *Remote sensing of environment*, 204, 509-523.
- Paulin M., Hirka A., Mikó Á., Tenorio-Baigorria I., Eötvös Cs., Gáspár Cs., Csóka Gy. (2020). A tölgy-csipkésposloska Magyarországon – helyzetkép 2019 őszén, *Növényvédelem*, 81, 6.
- Zhang, W., Gao, F., Jiang, N., Zhang, C., Zhang, Y. (2022). High-Temporal-Resolution Forest Growth Monitoring Based on Segmented 3D Canopy Surface from UAV Aerial Photogrammetry. *Drones*, 6, 158.
- URL<sup>1</sup>: [www.copernicus.eu/hu](http://www.copernicus.eu/hu) letöltve: 2022. november 17.