

SZAKDOLGOZAT

Oláh Ákos

2024



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Budai Campus
Szőlészeti és Borászati Intézet**

Kertészmérnök alapképzési szak

DIGITÁLIS MEGOLDÁSOK A SZŐLŐTERMESZTÉSBEN

Belső konzulens: Taranyi Dóra Ágnes
Egyetemi tanársegéd
**Belső konzulens
intézete/tanszéke:** Szőlészeti és Borászati Intézet
Szőlészeti Tanszék

Készítette: Oláh Ákos

Budapest

2024

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés és célkitűzés.....	3
2.	Szakirodalmi áttekintés.....	5
2.1.	A szőlőtermesztés modernizációja	5
2.2.	Rendszerértelmezés és célkitűzések.....	5
2.3.	A precíziós szőlőtermesztés eszközei és alkalmazásuk.....	7
2.3.1.	Műholdas rendszerek	7
2.3.2.	Pilóta nélküli légijárművek	11
2.3.3.	Talajállapotot vizsgáló eszközök	12
2.3.4.	Meteorológiai állomások.....	14
2.3.5.	Változó mennyiségű szerkijuttatás	16
2.3.6.	Termésbetakarításhoz kapcsolódó megoldások.....	18
2.3.7.	Autonóm működésű eszközök.....	19
2.3.8.	Adattovábbítás, struktúra.....	20
3.	A precíziós szőlőtermesztés globális helyzete	21
3.1.	A technológia alkalmazásának motiváló tényezői	21
3.2.	A digitális megoldások fő irányvonalai	22
3.3.	A precíziós technológia globális piaci vonatkozásai	22
4.	A fókuszban Európa és Hazánk.....	27
4.1.	Az Európai Unió projektjei, támogatási rendszere	27
4.1.1.	Interreg – Transfarm 4.0.....	27
4.1.2.	BACCHUS Project.....	28
4.1.3.	VitiGEOSS Project	29
4.1.4.	Az Európai Unió mezőgazdasági támogatási programja.....	30
4.2.	Magyarország a szőlőtermesztés digitalizációjának kapujában.....	31
4.2.1.	Precíziós gazdálkodás megjelenése a felsőoktatásban.....	31
4.2.2.	Magánvállalatok szolgáltatásai	32
4.2.3.	A Magyar Kormány agrártámogatási politikája	33
4.2.4.	Magyarország Digitális Agrárstratégiája	33
5.	Magyarországi szőlészetekben végzett felmérés a digitális megoldások alkalmazásáról.....	35
5.1.	Anyag és módszer.....	35
5.2.	Eredmények és értékelésük.....	36
6.	Következtetések és javaslatok	41

7.	Összefoglalás	43
8.	Irodalomjegyzék	44
9.	Ábrajegyzék	48

1. Bevezetés és célkitűzés

Digitális világban élünk. Szinte minden életfolyamatunk, cselekedetünk és már-már gondolatunk is leírható egyesek és nullák logikus egymásutánosságával. Az adat lett a legértékesebb termék a bolygón, így hát nem csoda, hogy az élet minden területén szeretnénk sokféle, strukturált, kereshető és nagy mennyiségű adatot számontartani. Az adatokból kimutatást készítünk, a kimutatásból pedig következtetéseket vonunk le. A tanulási folyamat egy extra lépéssel egészült ki az utóbbi évszázadban, a digitális adatelemzéssel.

Ez alól az agrárium sem kivétel. A klímaváltozás, a megnövekedő mennyiségi és minőségi igények és még számos tényező vezetett ahhoz, hogy az agráriumban is fontos tényezővé váljon az adat és a belőlük származó kimutatás. A kimutatások segítségével képet kaphatunk jelenlegi helyzetünkről, azt ismerve pedig megtervezhetjük jövőbeli lépéseinket annak érdekében, hogy termékünk, termelésünk, gazdaságunk megfeleljen jelenlegi elképzeléseinknek. Mindehhez természetesen hozzájárul a piacgazdaság által támasztott kényszer, miszerint tevékenységünket és termékeinket megfelelő minőségben, mennyiségben és fenntarthatóan végezzük, illetve készítsük. A hatékonyság növelése érdekében fel kell mérnünk jelenlegi működésünket, meg kell határozni célkitűzéseinket, melyhez az adatok esszenciálisak és elengedhetetlenek.

A szőlőtermesztés az egyik legrégebben művelt tevékenységünk, gépesítése és digitalizációja azonban sok időt váratott magára. A XX. század technikai fejlődése sok lehetőséget nyitott a gazdák számára, amellyel megkönnyíthették a termesztés folyamatait, gyorsíthatták a telepítés, gondozás és betakarítás műveleteit, és megsokszorozhatták a leszüretelt fürtök mennyiségét. A minőségi javuláshoz azonban mindez nem volt elegendő. Annak eléréséhez személyes közreműködés, szaktudás, elemzői képességek kellenek, amelyeket csak az ember volt képes ellátni. Az ember közreműködése volt szükséges ahhoz, hogy a szőlőnövény egészséges legyen, a termés megfelelő időben kerüljön betakarításra, és a belőle készült bor megfelelő minőségi jellemzőkkel bírjon.

A XXI. század technikai fejlődése azonban lehetővé tette olyan berendezések létrehozását, amelyekkel bizonyos feladatokat levehetünk az emberek válláról, sőt egyes esetekben ki is válthatjuk az emberi közreműködést. A részletgazdag, egyszerre több tényezőt is azonosítani

képes „okos” eszközök és önállóan cselekedni képes automatikus rendszerek új időszakot hoztak el a mezőgazdasági és kertészeti kultúrákban.

Dolgozatomban szeretném bemutatni a precíziós kertészeti technológiák azon megoldásait és irányvonalait, amelyek hozzájárulnak a szőlőtermesztés modernizációjához. Áttekintő ismeretanyagot kívánok mutatni a digitalizált és precíziós szőlőtermesztési eljárásokról a nagyvilágban és hazánkban, valamint konkrét példákat is mutatni ezek alkalmazásáról. Mindemellett célom, hogy az alapvető, szélesebb körben elérhető, ma is használatban lévő eszközökről tisztább képet kaphassunk: megismerhessük működési logikájukat, valamint azt a potenciált, ami miatt alkalmazásuk indokolt a szőlőtermesztésben, de akár más kertészeti, mezőgazdasági kultúrákban is.

Az általános ismertetésen túl célom, hogy a Magyarországon gazdálkodó termelők álláspontját is megismerjem a technológia alkalmazása kapcsán. Interjúim segítségével szeretném felmérni, hogyan viszonyulnak a magyar gazdák a szőlőtermesztésben rendelkezésre álló digitális megoldásokhoz, milyen elemeit használják az elérhető eszközkészletnek és milyen jövőképet látnak a hazai alkalmazás területén.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. A szőlőtermesztés modernizációja

A nemzetközi piac és a növekvő verseny kikényszerítette az agráriumban, csakúgy a mezőgazdaság, mint a kertészeti ágazatok esetében a hatékony, minőségi, és fenntartható árutermelést. A világ robbanásszerű fejlődése nem kerülhette el az élelmiszer alapanyag-termeléssel foglalkozó szektorokat sem, mely fejlődés elsősorban az alkalmazott technológiában és a környezetterhelés csökkentésében mutatkozik meg. A hatékony és fenntartható szőlőtermesztés megköveteli az inputanyagok mennyiségének korlátozását, amely a termesztés során felhasznált energiát épp úgy érinti, mint a kijuttatott növényvédőszeres és tápanyagok mennyiségét. A ráfordítások pénzügyi racionalizálása mellett szeretnénk megőrizni környezetünk egészségét, miközben garantálni kívánjuk az elérhető legjobb termékminőséget is.

A látszólag megoldhatatlannak tűnő vállalkozásra a számítástechnika, pontosabban az általa kínált automatizált adatfeldolgozás és információs hálózat adhat választ, de legalábbis egy lépéssel közelebb kerülhetünk az ideálisnak vélt működéshez. A precíziós szőlőtermesztés alkalmazott módszerivel a fenti célokat kívánjuk elérni, azaz a lehető legjobb minőségű termést előállítani, miközben erőforrásainkat optimalisan használjuk fel, és a környezetünkre is odafigyelünk (Bodor-Pesti et al. 2022).

2.2. Rendszerértelmezés és célkitűzések

A precíziós gazdálkodás, vagy általánosan a precíziós technológia olyan komplex rendszer, amelynek lényege, hogy digitális eszközökkel és a támogató informatikai megoldások bevonásával segítsük a munkafolyamatainkat, vagy akár ki is váltsunk bizonyos feladatokat. A technológia elektronikus eszközök és szoftveres applikációk kombinált segítségével teszi lehetővé, hogy munkafolyamatainkhoz kapcsolódó adatokat gyűjtsünk, feladatokat automatizáljunk, de nem utolsó sorban optimalizáljuk meglévő folyamatainkat és erőforrásainkat (Hagymássy 2020; Ammoniaci 2021).

A precíziós mezőgazdaság fogalmának megszületését az 1970-es évek elejére tehetjük, (Oláh 2018) amikor az első mezőgazdasági földterületek megfigyelésére alkalmas műholdat pályára

állították. Az Egyesült Államok mezőgazdasággal foglalkozó minisztériuma már az 1980-as években a műholdak segítségével készített előrejelzéseket a várható termésmennyiségről, amely Oláh (2018) szerint már akkoriban egy rendkívül kiterjedt műholdas távérzékelési rendszer volt. Oláh (2018) hozzáteszi, hogy precíziós mezőgazdaság alatt olyan megoldásokat érthetünk elsősorban, amelyekhez mindenképpen kapcsolódik valamilyen műholdas helymeghatározó berendezés. Tágabb értelemben azonban minden olyan megoldást precíziósnak tekintünk, amely során nagy pontossággal, a növény egyedi fejlődésére célzottan alkalmazható művelési módot alkalmazunk. Ilyen alkalmazásnak tekinthető az a kezdeményezés is, amelyet szintén az Egyesült Államokban indítottak a '80-as években talajvizsgálatok területén, és amelynek célja a változó mennyiségű műtrágyakijuttatás volt a meglévő tápanyagkoncentráció függvényében (Franzen, Mulla 2015).

A precíziós vagy digitális szőlőtermesztési megoldások célja tehát, hogy az ültetvényről minél több információt gyűjthessünk a növény fejlődésének számos eltérő fenológiai fázisaiban. Azaz akár rügyfakadástól lombullásig végig tudjuk követni a szőlőnövény és az azt körülvevő környezet változásait. Ehhez azonban már nem csak műholdképekre van szükség, hanem sokkal közelebbi felvételezésekre. A szőlőültetvény köré és közé elhelyezett számos típusú mérő, felvételező és jeladó készülék segítségével képesek lehetünk a legrészletesebb megfigyelésekre, amelyeket akár valós időben is továbbíthatunk számítógépünkre, vagy mobiltelefonunkra. Az ily módon összegyűjtött információ alkalmas lehet arra, hogy a növényzet mikroklimáját vizsgáljuk, amely támogathatja a növényvédelem és az öntözés időzítésében. Gyűjthetünk adatokat a talaj állapotáról, amely segítheti talajművelési és tápanyagutánpótlási tevékenységeinket. Közvetlenül vizsgálhatjuk a növény állapotát, a levelek színezettségét, a fürtök számát, azok érettségi állapotát, esetleg betegségek vagy kártevők megjelenését. Tehát igen sokrétű mennyiségi és minőségi mérőszámokat is képesek lehetünk gyűjteni és feldolgozni.

A kapott adatokat természetesen logikus struktúrába kell rendeznünk, értelmeznünk szükséges, és levonni a megfelelő következtetéseket mindazokból. Ehhez járulnak hozzá a szoftverek, vagyis támogató alkalmazások, amelyek a fenti feladatokat elvégzik, és a gazdának javaslatokat fogalmaznak meg a következő lehetséges lépésekkel kapcsolatban. A feldolgozott adatokból térképeket rajzolhatunk, előrejelzést készíthetünk, kiszámíthatjuk a szükséges

anyagmennyiségeket, termés hozamot becsülhetünk és mindezek költségvonzatát is megtervezhetjük (Ammoniaci 2021 nyomán).

A következőkben ezen alkalmazási területeket fogom részletesen bemutatni és konkrét példákon keresztül szemléltetni.

2.3.A precíziós szőlőtermesztés eszközei és alkalmazásuk

A precíziós szőlőtermesztésben alkalmazott eszközöket és applikációkat több kategóriába sorolhatjuk felhasználási területük alapján. Így megkülönböztethetünk talajvizsgálóra, időjárásra, vízháztartásra alkalmas eszközöket, a növény fenológiai fejlődését nyomonkövető eszközöket, a fürt fejlettségét és beltartalmát vizsgáló eszközöket, betegségeket és kártevőket vizsgáló megoldásokat, valamint a területet és ültetvényszerkezetet megfigyelő rendszereket is. Ezeken felül léteznek komplex, rendszerben alkalmazható úgynevezett multifunkcionális eszközök is, és az ezeket kiszolgáló felügyeleti applikációk, riasztók, értesítő egységek is.

Jurišić (2021) alapján kategorizálhatjuk az eszközöket kézívezérlésű vagy automatikus, esetleg autonóm, vagyis önállóan működni és beavatkozni képes csoportokba is. Az eszközöket felépítésük, érzékelési és mérési módjuk, de mérési tartományuk szerint is csoportosíthatjuk, valamint megkülönböztetünk aktív és passzív működésű eszközöket. A vizsgálati eszközök érzékelési módja szerint léteznek képalkotással működő, elektromágneses jelkibocsátású és számláló logikával ellátott berendezések is. Az eszközök túlnyomó többsége digitális működésű, de természetesen léteznek analóg jelkibocsátású eszközök is.

2.3.1. Műholdas rendszerek

Ahogy a bevezetőben említettem a precíziós mezőgazdasági megoldások nagyrészt a műholdas felvételezésben mutatkoztak meg. Egy, a Statista.com (2024) által közzétett jelentés szerint 2023-ban mintegy 9115 aktív műhold keringett a Föld körül, amely közel 35%-os növekedést jelent a 2022-es évhez képest. Ezek között természetesen nem csak képfelvételezésre alkalmas készülékek vannak, de számos eszköz alkalmas a földi területek térképezésére, valamint behatárolására.

Légi és űrfelvételeket készítő eszközök, műholdak segítségével ma már jó minőségű képeket készíthetünk növényállományunkról. Különböző felbontású és mélységű képalkotó

berendezésekkel feltérképezhetjük ültetvényünket, és információt szerezhethünk azok állapotáról, kondíciójáról is. Az úgynevezett térinformatikai rendszerek segítségével több rétegű (multispektrális) felvételeket vagyunk képesek készíteni, majd azokból több célú elemzéseket megjeleníteni.

Global Positioning Systems (GPS)

A mindannyiunk által jól ismert és a mindennapokban is használt „Globális Helymeghatározó Rendszer” egy 24 műholdból álló rendszer, amely körülbelül 20 000 km magasságban kering a Föld körül (GPS.gov 2024). Segítségével beazonosíthatjuk helyzetünket, útvonalat tervezhetünk. A növényállomány felmérése során az egyes ültetvényelemek pontos helyét határozhatjuk meg segítségével. Alkalmazható továbbá a telepítési munkálatokkor, a sorok, irányok és tőkék pontos helyzetének meghatározásához. A telepítéstől a szüretig tartó minden munkafázisban segítséget nyújthat a gazdálkodónak, hiszen térképezésre is használható. A modern, GSP-szel ellátott mezőgazdasági járművek, traktorok esetében precíz útvonalvezetést tesz lehetővé, amely alapjául szolgál az autonóm módon működő járművek tájékozódásának is. A GPS ezen felül támogatja a meglévő ültetvény pontos behatárolásának lehetőségét, a földmérések alkalmával az új terület és utak kijelölését.

Tulajdonképpen a GSP alapfunktionalitást jelent a precíziós gazdálkodás területén, hiszen minden elemhez, tereptárgyhoz kapcsolhatunk pozíciót, háromdimenziós mérőszámai hosszúság, szélesség és magasság adatokat tartalmaznak. Ennek köszönhetően alkalmas területnagyság számítására, akár nem sík terepkörülmények esetében is.

Térinformatikai megoldások

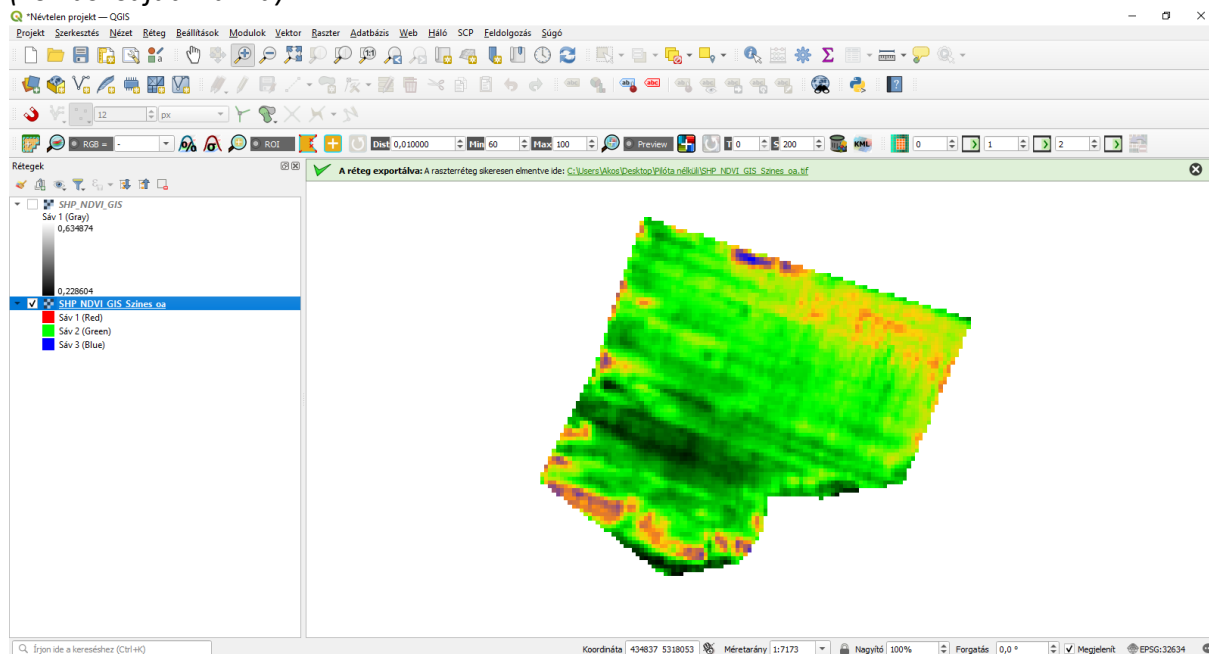
A térinformatika, vagy másnéven a földrajzi információs rendszer (Geographical Information System - GIS) egy olyan számítógépes rendszer, amely földrajzi, helyhez kötött adatok gyűjtésére, tárolására, feldolgozására, megjelenítésére és elemzésére képes (Katona 2013). A légi és űrfelvételek elemzésére használatos eszközkészlet alkalmas a növényállomány kondíciójának megfigyelésére, fejlődésének nyomonkövetésére. A nagy távolságokról, jellemzően magaslégkörből készített felvételekkel, információt kaphatunk a növényzet felületére, belsejébe beeső fényről, azok hullámhosszáról, illetve azok visszaverődéséről (Oláh 2018). A műholdról készült képeket az interneten található adatbázisokból tölthetjük le, illetve

távírányítású, vagy önállóan repülni képes, vezető nélküli légi járműről készíthetjük el azokat. Ezeket a felvételeket használhatjuk a növények életfolyamatainak nyomonkövetésére.

A Normalizált Differenciális Vegetációs Index (NDVI) a növényzet vegetációs mértékét méri, elemzi, hogy a fotoszintézis hasznosítására alkalmas hullámhosszból mennyit nyel el a növény, illetve mennyit ver vissza. Ez egy dimenzió nélküli mérőszám, amely a közeli infravörös és a látható vörös tartományokban visszavert sugárzások különbségének és összegének hányadosából állapítunk meg (Bodor-Pesti et al. 2022; Bellvert et al. 2020). A visszaverődési arányokból képet kaphatunk a növény bizonyos tulajdonságairól, többek között a szőlő növény kondíciójáról (Costa Ferreira et al. 2007). Az NDVI segítségével tehát a légi felvételeket, de bármilyen nagyfelbontású RGB fényképeket is alkalmassá tehetünk különböző földrajzi magasságú területek megkülönböztetésére, de akár a beltartalmi tulajdonságok, fiziológiai állapotok szemléltetésére is (Hungaromet 2024). Ehhez speciális szoftverre van szükség, amellyel a szemléltetéshez szükséges színezést elvégezhetjük. Ilyen szoftver a QGIS, mellyel korábban magam is dolgoztam egy tantárgy keretein belül.

1. ábra NDVI színezés QGIS szoftverrel

(Forrás: saját munka)



Az NDVI más változatait is használhatjuk a szőlő növény állományfelmérésére, és pontosabb elemzést is lehetővé tesznek. Ilyen például a módosított talajhoz igazított vegetációs index (Modified Soil Adjusted Vegetation Index - MSAVI), amely csökkenti a talaj egyenetlenségeinek

hatását és pontosabb képalkotást eredményez (Ferro et al. 2023). Ezen felül még számos más változata alkalmazható az eljárásnak.

Képfelvételek jellemzői

A magasból készített felvételeket többféleképpen csoportosíthatjuk, alapvetően három jellemző alapján: időbeli, térbeli és spektrális tulajdonságaik alapján. Az időbeli tulajdonság azt jelenti, hogy egy műhold a keringési ideje által meghatározott pillanatokban készít felvételt ugyanazon területről. Ezt visszatérési időnek hívjuk, és a megfigyelt területen játszódó folyamatok követésére, de növényterképezésre is alkalmas. Általában aszály, árvíz vagy erdősített területek megfigyelésére alkalmazzák, de használható vegetációs fejlettség nyomkövetésére is. (László et al. 2014).

A térbeli tulajdonság mutatja meg, hogy a kép felbontása, mekkora területet fed le az ábrázolt területen, vagyis a valóságban mekkora területet jelent egy pixel. A műholdakról készített képek felbontása függ a felvételt készítő eszköz minőségétől. Megkülönböztetünk nagyfelbontású (10m X 10m) és szuperfelbontású képeket (1m X 1m). A képek felbontása folyamatosan növekszik, elképzelhető, hogy a közeljövőben sokkal részletgazdagabb műholdképekkel dolgozhatunk. Természetesen nem csak a műholdképek, de bármilyen, nagyfelbontású RGB felvétel alkalmas lehet NDVI színezésre, megjelenítésre.

A harmadik, és egyik legfontosabb jellemző a spektrális tulajdonság. Ez mutatja meg a pixelértékek és a területről visszaverődő, különböző hullámhosszúságú sugárzási értékek közötti kapcsolatot. Ez leegyszerűsítve a hullámsávok számát adja meg, amely multispektrális felvételek esetében 7 vagy 8 bit mélységű, azaz 128 vagy 256 réteget jeleníthet meg. Ennél persze vannak kisebb és nagyobb felbontású képalkotó rendszerek is. Szintén László és munkatársai (2014) alapján a látható és láthatatlan hullámhosszú fények tartománya szerint elkülönítünk multispektrális és hiperspektrális felvételeket. A multispektrális felvételek a levelek elszíneződésének mértékéről, a talaj ásványianyag -és nedvességtartalmáról, esetleg annak szerkezetéről adhatnak információt, míg a hiperspektrális felvételek már a növények részletes biokémiai, beltartalmi jellemzését tehetik lehetővé. Vagyis ezesetben nem csupán egy kétdimenziós képet kapunk eredményül, hanem egy háromdimenziós „adatkockát”.

2.3.2. Pilóta nélküli légi járművek

A pilóta nélküli légi járművek (Unmanned Aerial Vehicles – UAV) alkalmazása igen sokrétű. Elsősorban légifelvétel készítésére alkalmasak a hozzájuk csatlakoztatott RGB, multispektrális vagy hiperspektrális kamerák segítségével. A műholdról, vagy légifelvételekről készült képekkel összehasonlítva a drónokkal készített képekkel sokkal részletgazdagabb, és pontosabb információt kapunk az ültetvény állapotáról, hiszen azok felbontása nem méteres nagyságrendű, hanem centiméterben mérhető. A pilóta nélküli légi járművel, vagy ahogyan hétköznapi nyelven hívjuk, a drónok az ültetvény közé képesek repülni, egészen közel a szőlősorokhoz, így részletgazdag elemzést tesznek lehetővé. Állományfelvételezésre kiemelkedően hatékony és hasznos, mivel az drón fedélzetén lévő érzékelők mérik a vegetatív növekedést, közvetlenül észlelik a változást az ültetvényben. Az UAV-ból nyert képek segítségével kiszámíthatók a vegetációs indexek (VI) és összehasonlíthatók a szőlőültetvény más jellemzőivel, (Ferro et al. 2023) például a növekedés nyomonkövetése céljából.

Az UAV által készített képfelvétel alkalmasak lehetnek a növény egészségügyi állapotának felmérésére, úgymint levélszíneződés és levélkárosítók monitorozására. Ezen felül alkalmas lehet a termésbecslés támogatására, fürtszám, fürtök érettségének jelzésére. Az UAV-on elhelyezett szenzorok sokféleségének köszönhetően igen széles feladatkört képesek ellátni.

Mindemellett előnyük, hogy repülésük automatizálható, időzíthető, így rugalmasságot biztosítanak a szőlészeknek feladataik ütemezésében. Adott napszakban, adott megvilágítottság mellett pontosabb képet kaphatunk a levelek és fürtök színezettségéről. Nem mellesleg a felvételezések gyakoriságát is meghatározhatjuk, így a kártevők megjelenésének vizsgálatára is alkalmassá válhat.

Drónokra szerelhető kiegészítők és szenzorok tekintetében megkülönböztetünk fedélzeti RGB, multispektrális, hiperspektrális és hőkamerákat. Ezen felül léteznek LiDAR, azaz lézeres letapogató kamerák, mely segítségével nagyobb pontossággal készíthető domborzati és felületmodell az adott ültetvényről 3D-ben (Taranyi et al. 2024 nyomán).

Az egyik leggyakrabban alkalmazott pilóta nélküli légi járművek közé tartoznak a permetező drónok, melyet növényvédelmi feladatokat hivatottak ellátni. A hétköznapi, úgynevezett nyílt kategóriába sorolt eszközöknél jóval nagyobbak, használatukhoz jogosítvány és repülési

engedély szükséges. Példaként a *DJI Agras T50* permetező drónt mutatnám meg, amelynek átmérője propellerekkel együtt több, mint három méter, súlya akkumulátorral 52 kg. Akár 75 liter oldott permetszer szállítására és kijuttatására is képes, és akár 10 perc alatt fel tud térképezni 5 ha gyümölcsültetvényt beépített kamerái segítségével (DJI Agriculture 2024).

2. ábra: DJI Agras T50 permetező drón
(Forrás: *dronagro.hu*)



2.3.3. Talajállapotot vizsgáló eszközök

A szőlőültetvény telepítése előtt feltétlenül szükséges tisztában lennünk a terület fizikai, kémiai tulajdonságaival. A legfontosabb talaj fizikai vizsgálatok közé tartozik a pH, sótartalom, szénsavas mésztartalom, kötöttségi szám, humusz tartalom mérése. A kémiai jellemzők vizsgálatakor rendszerint a makro-és mikroelem tartalmat (N, P, K, Ca, MG, Na, Zn, Cu, Fe, Mn, S) vesszük figyelembe (Pető et al. 2017). A már telepített ültetvényben érdemes nyomon követni a talajnedvesség, a talajsűrűség értékeit, valamint a tápanyagok jelenlétét.

Talajnedvességmérők

A talaj különböző rétegeiben, 10cm-től 120cm-es mélységig mérhetjük a talaj víztartalmát. Az egyszerű kezelésű, leszúrható szondákat hálózatba kapcsolhatjuk, vezetékes, vagy vezeték nélküli (pl. Bluetooth) adattovábbítással. A víztelítettség jelzésére alkalmas készülékeket (mint amilyen például a *PI-Profil Probe*, vagy a *Sentek Drill & Drop* szonda) megadott távolságokban kell elhelyezni az ültetvényen, majd egy adattovábbító, összesítő

hálózathoz (úgynevezett interfészhez) kell csatlakoztatni. Ezek az eszközök nem csak a talaj nedvességtartalmát, de hőmérsékletét és sótartalmát is képesek monitorozni. Mérésük alapelve lehet az elektromos vezetőképesség (EC) változása, vagy a talaj tenziójának (szívóerejének) meghatározása (metos.global 2024).

A talajnedvesség értékeinek megismerése által szabályozhatjuk öntözőberendezéseink működését, így hatékonyan gazdálkodhatunk a rendelkezésre álló vízkészlettel. Ez elengedhetetlen egy fenntartható gazdaság működtetéséhez (Bellvert et al. 2020).

Tápanyagtartalom monitorozó készülékek

A talajstruktúra és talajszerkezet nagyban befolyásolja a tápanyagok felhasználhatóságát, vagy épp azok kimosódásának veszélyét. A talaj tápanyagtartalom hatással van a szőlő beltartalmi értékeire, ezért a szőlőtermesztőknek érdemes tisztában lenniük területük állapotával, és felkészülni a szükséges, hatékony tápanyagutánpótlásra.

Mezőgazdasági vontatóra csatlakoztatható eszközök széles tárháza áll rendelkezésre az úgynevezett talajszkenneléshez, a talaj szervesanyag-tartalmának meghatározásához. Példaként a *VERIS MSP3* berendezésen keresztül mutatom be a felmérés folyamatát. A berendezés egy NIR (Near InfraRed – Közeli InfraVörös) optikai szenzoron keresztül méri a talaj humusztartalmát (Hajdu 2017). A gép 3-10 cm mély barázdákat húz a talajban, és egy LED-es, infravörös fényt bocsát ki. Annak visszaverődéseiből állapítja meg a szervesanyag-tartalom mértékét. Minél több fény nyelődik el, annál magasabb a szervesanyag-tartalom. Az adatokat GPS koordinátákhoz rendeli, majd szervesanyag ellátottsági térképet készít. Ez alapján ütemezhető és szabályozható a későbbiekben a tápanyagutánpótlás az ültetvényben.

A készülék többfunkciós. A berendezés, szintén Hajdu (2017) nyomán alkalmas emellett a talaj elektromos vezetőképességének (Electrical Conductivity - EC) mérésére, valamint a talajkémhatás (pH) meghatározására is. Az EC esetében 10-12 cm mély barázdákat készít, és 6 darab tárcsája közül két szélsőbe elektromos áramot vezet. A körülbelül 60-90 cm mély barázdákban kialakult feszültségesést a többi tárcsa méri, így kapható meg a talaj ellenállása. Ez utal a talaj kötöttségére, víz -és levegőgazdálkodására, a talajban lévő ionok mennyiségére, és a növény által fel nem használt tápanyagok mennyiségére is. Ezen adatokból szintén térképet készít a berendezés, mely segítheti a hatékony tápanyaggazdálkodás megvalósítását

az ültetvényben. A talaj pH-értékeinek feltérképezéséhez a készülék folyamatosan kisebb adag talajmintákat vételez és méri azok kémhatását a beépített mérőfej segítségével, majd az eredményeket - szintén GPS koordinátákkal ellátva - térképen rögzíti.

3. ábra: A Veris MP3 munkagép működés közben

(Forrás: Mezőgazdasági Technika, 2017 március)



2.3.4. Meteorológiai állomások

Az agrometeorológiai állomások az egyik legfontosabb, és legelterjedtebb¹ alkotóelemei a precíziós gazdálkodásnak. Alkalmazásukkal világos képet kaphatunk az időjárási körülményekről és azok változásairól. Alkalmasak a hőmérséklet, páratartalom, szélesebesség, légnyomás és a csapadékmennyiség dokumentálására. Az időjárás változás követését és előrejelzését is segítő berendezések, komplett rendszerek, hatékonyabbá teszik a mezőgazdasági és kertészeti kultúrákban történő növénytermesztést. A teljesség igényével a következő mérésekre alkalmas meteorológiai állomásokat alkalmazhatunk:

¹ Saját felmérés alapján Magyarországon (lásd: 37. oldal)

Mérések:

- | | |
|-----------------------|------------------------------------|
| - Csapadék | - Légnymomás |
| - Szélsebesség | - Besugárzás |
| - Szélirány | - Levélnedvesség |
| - Levegő-hőmérséklet | - Talajhőmérséklet több mélységben |
| - Levegő-páratartalom | - Talajnedvesség több mélységben |

Használatukkal dokumentált, visszakereshető adatbázist építhetünk fel saját ültetvényünk klimatikus viszonyairól, más berendezések és tevékenységek által közölt adatokat (úgy mint metszési időpontok, zöldmunkák ideje, termésátlag, szüret időpontja stb.) kapcsolhatunk időjárással kapcsolatos információkhoz. Ezáltal további következtetéseket vonhatunk le a szőlőben történő feladatok időzítése kapcsán.

A meteorológiai állomások legfontosabb alkalmazási területe a növényvédelmi munkákkal kapcsolatos előrejelzések használata. A mért levegő -és levélnedvesség tartalom, hőmérséklet, vagy csapadékmennyiség függvényében felkészülhetünk bizonyos kórokozók (és akár kártevők) megjelenésére, így időben védekezhetünk is ellenük. Számos gombabetegség, valamint időszakosan megjelenő rovar meghatározott időjárási körülmények között jelenik meg az ültetvényben, ezek részleges előrejelzésére is alkalmasak lehetnek az ültetvénybe telepített állomások. (Ezen jelzőrendszerek természetesen kiegészítendőek más növényvédelmi megfigyelési módszerekkel, mint pl. feromoncsapdákkal.) Fagyveszélyre figyelmeztető rendszereknek hála felkészülhetünk a védelemre, csapadékos időszakok előtt pedig az ültetvényben végzendő sürgős feladatokra.

Az általában oszlopos kialakítású állomáson a föld alatt és a föld felett elhelyezkedő szenzorok végzik a méréseket. Energiaellátásáról általában napelem gondoskodik, amely akkumulátoros működésre is alkalmas, így folyamatos üzemeltetést biztosít. Egyes modellek beépített távközlési modult is tartalmaznak SIM kártya elhelyezési lehetőséggel, így az adatokat folyamatosan tudják küldeni a vevőeszközök számára (agraragazat.hu 2024 nyomán).

2.3.5. Változó mennyiségű szerkijuttatás

A precíziós megoldások másik fontos területe a vezérelhető, vagy másnéven szabályozott növényvédelmi és növényápolási feladatok. Ahogyan dolgozatomban bevezetőjében említettem a precíziós gazdálkodás egyik fő célkitűzése, hogy az ültetvény állapotának minél alaposabb ismerete mellett, a lehető leghatékonyabban és minél gazdaságosabban lássuk el a szükséges termesztéstechnológiai feladatokat.

A következő fejezetben azokat a megoldásokat szeretném bemutatni, amelyek az ültetvény állapotának felmérésétől függetlenül is alkalmazhatók, vagy pedig a meglévő adatok birtokában, az adott növényállomány igényeinek megfelelően használhatók.

Differenciált műtrágya-kijuttatás

A változó, vagy differenciált műtrágya-kijuttatás a precíziós növénytermesztés egyik kiemelt területe. A korábban bemutatott talajösszetétel vizsgálatokra alapozva térképen ábrázolhatjuk a termőterület tápanyag összetételét és annak területi eloszlását. A fizikai vizsgálaton kívül emellett alkalmazhatunk vizuális vizsgálati lehetőségeket is, mint az NDVI. A Normalizált Vörös-él Vegetációs Index (NDRE) 720 és 790 nanométeres hullámhosszúságú, közeli infravörös jeleket használ, amely az NDVI segítségével képes a levélklorofil tartalom vizsgálatára (Schmidt 2014). Ennek birtokában képet kaphatunk az állomány nitrogéntartalmáról. A talajtulajdonságok ismeretével alkalmazhatóvá válik a változó mennyiségű műtrágya, vagy szervesanyag kijuttatás az ültetvényre. Ehhez speciális vezérlésű műtrágyaszóró munkagépre van szükség.

A talaj tápanyagellátottsági térképe alapján a vezérelt szóróberendezés az előre beállított, szükséges mértéknek megfelelő műtrágyát juttatja ki a területre, annak függvényében, hogy az adott területrészen milyen mértékű rendelkezésre állást mutat a térkép. Az általában mezőgazdasági vontatóhoz vagy erőgépekhez csatlakoztatható eszközök azonosan működnek, mint a hagyományos szóróberendezések, a különbség csupán a kijuttatás területrész szerint változtatható mennyiségében érhető tetten. Vagyis a szórófejek kijuttatási mennyisége a fülkében elhelyezett vezérlőmodul beállításai szerint változik. A kapcsolat megteremtése történhet ISOBUS vagy más, speciális szabvánnyal is, amelyet a későbbiekben részletezek (Hagymássy et al. 2020).

Változó mennyiségű növényvédőszer-kijuttatás

A precíziós növényvédelem egyik alapvető indítéka a kijuttatott növényvédőszer mennyiségének minél hatékonyabb szabályozása. Ez azt jelenti, hogy csak annyi növényvédőszert használunk fel, amennyi pontosan szükséges a telepített állomány kártevőktől és kórokozóktól való védelméhez. Ez nem csupán anyagi megfontolás miatt szükséges, hanem a környezet minél kisebb mértékű terhelése miatt is.

Precíziós növényvédőszer-kijuttatás alkalmazásakor a szőlőültetvény lombozatához igazítjuk a szórófejek kapacitását. Vagyis, az ültetvénysorok csak azon területeire fújunk ki növényvédőszert, ahol van lombozat. Könnyű belátni, hogy egy bakművelésű ültetvényben a folyamatos növényvédőszer gépi kijuttatása nagy mértékű pazarlással jár, hiszen a tőkeközökben fölöslegesen használunk el nagy mennyiségű, költséges permetlevet. Magas tőkeművelésű termesztés esetében is előfordulhatnak tőkehiányos foltok az ültetvényben, ahová fölösleges lenne növényvédőszert kijuttatni. A vontatógép elejébe helyezett pásztázó, felmérő készülék, illetve kamera segítségével képet kaphatunk a növényállomány fedettségéről, amely információt a vontatmányban elhelyezett szóróberendezés felé kell továbbítani. A vezérlésnek köszönhetően a permetezőgép csak azokon a helyeket kapcsolja be fúvókáit, ahol takart lombozatot érzékel. A fejlett technikának és érzékelőknek köszönhetően akár a növénybetegségeket is érzékelhetjük az állományban és csak azokra a helyekre juttathatunk ki permetszert, amelyet fertőzöttek (Hussain et al. 2020).

A permetezőberendezés természetesen akkor igazán hatékony, ha oldalanként nem csak egy, hanem több, kisebb kapacitású fúvókával rendelkezik, a fúvókákat egyénileg képes kontrollálni, így szintenként és oldalanként eltérő mennyiséget képes kijuttatni.

Gépi látáson alapuló gyomirtószer-kijuttatás

A mesterséges intelligencia és gépi látás alkalmazásával elérhetővé vált a gyomnövények gépi felismerése. Azaz az ültetvényben képesek lehetünk automatizált gyomirtásra is, oly módon, hogy a permetezőgép beépített érzékelői, kamerái segítségével felismeri a gyomnövények helyzetét, és célzottan, csak a kívánt helyre permetez gyomirtószert. Ezt úgynevezett „zöld a barnán” esetnek hívják. Abban az esetben, ha haszonnövények között elhelyezkedő gyomnövényeket szeretnénk irtani („zöld a zöldön”) a rendszer a másodperc tizedrésze alatt és

akár 96 %-os pontossággal azonosítja a gyomnövényeket, (Vijayakumar et al. 2023) valamint azok helyzetét és csak oda juttat ki herbicidet, ahol az szükséges. Az ilyen okos megoldásokkal kiemelkedően nagy mértékben csökkenthetjük a gyomirtószeresek használatát.

2.3.6. Termésbetakarításhoz kapcsolódó megoldások

A precíziós szőlőtermesztés a termésbetakarítás, vagyis a szüret alkalmával is számos hasznos megoldást kínál, amely feladatot vesz le a gazdák válláról, hatékonyabbá teszi a folyamatokat és természetesen költségcsökkentő vonzattal is jár.

Termésminőség vizsgálat

Általában a szüretet megelőzően felmérést készítünk a szőlő minőségi, beltartalmi értékeiről. A hagyományos módszer szerint mintákat gyűjtünk a területről, majd laboratóriumi vizsgálati módszerek szerint vizsgáljuk a bogyók cukortartalmát, savtartalmát, antocianinok szintjét, lényszeredéket és más, az előállítani kívánt végtermék szempontjából fontos értékeket.

A precíziós technológia megoldást kínál olyan vizsgálati módszerekre, amelyeket a helyszínen, a bogyók roncsolása, érintése nélkül vagyunk képesek elvégezni. A Pellenc SA, francia gyártó *Spectron* elnevezésű eszköze egy kézi spektrofotométer, beépített GPS-szel, mely a szőlő érettségének vizsgálatára szolgál, roncsolásmentes módon. A helyszínen, azonnal képet kaphatunk a bogyó cukor, sav, különböző színanyagok, és víztartalmáról, ráadásul mindezt GPS koordinátákkal ellátva. A technika alkalmazásával döntést hozhatunk a szüret időpontjáról, valamint térképet készíthetünk a különböző bogyó-beltartalmi adottságú területekről (Ammoniaci et al. 2021; Matese, Di Gennaro 2015) nyomán.

Gépesített szüret eszközei

A szüret idején állandó feladatok közé tartozik a fürtök begyűjtése, a végleges termésmennyiség és termésátlagok meghatározása. A KITE mezőgazdasági gépgyártó információi alapján automatikus megoldások kínálóznak a szüret hatékonyabbá tételéhez is. A gépi betakarításon túl, amely mára már bevált megoldásnak tekinthető, rendelkezésre áll a fedélzeti súlymérés. A leszüretelt szőlő mennyiségét folyamatosan nyomonkövethetjük a gép tartályában, ezáltal hatékonyabban tervezhetjük a szállítási feladatokat és a feldolgozás helyszínén az áru fogadását. A területre eső termésmennyiséget (t/ha) szintén

dokumentálhatjuk, a GPS adatokhoz kötött információt pedig a későbbiekben felhasználhatjuk ültetvényünk fejlesztéséhez (kite.hu 2023).

2.3.7. Autonóm működésű eszközök

A munkaerőhiány jelentős kihívást okoz az agráriumban, ezen belül a szőlőtermesztési ágazatban is. A Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ felmérése szerint a gazdák többségének problémát jelent szőlőmunkást, traktorost találni. Autonóm működésű, azaz robotizált folyamatokkal azonban csökkenthető az emberi közreműködés mértéke. (ProWein 2024; Queen Mary Egyetem 2024).

A szőlőültetvény állandó fenntartási feladatai közé tartozik a sorközök kaszálása. A kaszálásra alkalmas robotok már több éve elérhetővé váltak a piacon, amelynek egyik legismertebb típusa a *Vitirover*. A francia gyártású 75x40x30 cm méretű készülék négykerékmeghajtású, napelemek segítségével látja el energiaszükségleteit, és akár 900m/h sebességre is képes. (Vitirover 2024). A *Naio Technologies* TED elnevezésű robotja már többféle feladatra is képes a gyommentesítésen kívül, például talajlazításra és sorajaművelésre is használható (Naio Technologies 2024). A *Vitirover*nél nagyobb, de még utánfutóval szállítható méretű robot szintén teljesen elektromos, és akár napi 5 ha terület bejárására képes. Hasonlóan sokrétű alkalmazású az *OXIN* elnevezésű traktor (Oxin Smart Machines 2024).

A talajápoláson kívül a fitotechnikai műveletek igényelnek még kiemelkedően nagy mennyiségű humán erőforrást. A tőkék előmetszése, a csonkázás és más zöldmunkák elvégzésére már korábban is rendelkezésre állt gépesített technológia, azonban a metszési elemek számának és hosszának beállítása többnyire kézi munkaerő igénybevételével történik. A szintén francia fejlesztésű, *WALL-YE V.I.N.* robot, valamint a londoni székhelyű *Queen Mary Egyetem* és az *Extend Robotics* robotjai lehetőséget kínálnak a gazdáknak, hogy emberi beavatkozás nélkül végezzék el a metszési munkálatokat, sőt utóbbi esetében a betakarítást is, melyet a szerkezet fűrtönként vág le a tőkéről, így nem csak borszőlő esetében, de csemegeszőlő termesztésnél is nagyon jól hasznosítható (WALL-YE V.I.N. 2024; Queen Mary Egyetem 2024).

A növényvédelem szintén nagy energia és időbefektetést kíván. A korábbiakban említett megoldásokon felül az olasz *Azienda Agricola Pantano* vezette *Rivitis 4.0* projekt célja (Pantano

Innovation 2024), hogy önállóan működő permetezőrobotot fejlesszen, ami figyelembe veszi az ültetvényről származó korábbi állapotfelmérési adatokat is. A japán *YanmarYV01* akár meredek lejtőkön is képes a munkavégzésre, kis súlyának köszönhetően nem tömöríti a talajt, azonban nem képes adaptív szerkijuttatásra (Yanmar 2024). A növényvédelemben kiemelkedő helyet foglalnak el a drónok, melyek általában távirányítással és állandó mennyiséggel történő növényvédelmi feladatok ellátására képesek. Az állomány feltérképezése, a növényegészségügyi felmérés és a változó mértékű szerkijuttatás azonban már csak idő kérdése, mikor lesz teljesen automatikus és emberi beavatkozás nélküli.

2.3.8. Adattovábbítás, struktúra

A korábban felsorolt precíziós szőlőtermesztési megoldások természetesen nem teljeskörű funkcionalitást jelentenek. Többrétű, változatos, estenként speciális megoldásokkal is találkozhatunk, valamint ezek kombinációjával. A mezőgazdasági vontató, vagy erőgép és a vezérelhető vontatmány közötti kapcsolat megteremtése minden esetben szükséges. Általános megoldást kínál az ISOBUS szabvány, amely lehetővé teszi, hogy a különböző gyártók eszközei kapcsolatot tudjanak létesíteni egymással, az információt és utasításokat megfelelő közegben és módon juttassák el az eszközök között (Ammoniaci et al. 2021).

Feladatuk közé tartozik az információgyűjtés, tárolás és a vezérlési jelek továbbítása, valamint a felhasználó által kezelt felület elérése. A gyártók gyakran saját kommunikációs interfészt alakítanak ki, amelyet többnyire csak saját gyártmányú eszközeik támogatnak. Az ily módon, közös platformra készült precíziós megoldások közös jellemzője a könnyű csatlakoztathatóság. Az úgynevezett Plug&Play módszerrel csupán egy hálózat alá kell kapcsolnunk a berendezéseket, és azok szinkronizációját a gépek maguk oldják meg.

A különböző platformon működő eszközök esetében azonban szükség van hasonló adatstruktúra és formátum (kiterjesztés) alkalmazására, annak érdekében, hogy minden eszköztől érkező információ összerendelhető és megfeleltethető legyen egymással.

3. A precíziós szőlőtermesztés globális helyzete

A precíziós technológia célja, hogy optimalizálja a szőlőtermesztéshez szükséges erőforrások kihasználását, csökkentse a vele járó környezeti terhelést és maximalizálja a minőségi terméshozamot. Alkalmazásának szerepe, hogy részletes információt szolgáltatson az ültetvény állapotáról és annak környezetéről egyaránt. A drónok (UAV), műholdas képfelvételezések, közeli hatósugarú érzékelők, változó kijuttatási technológiák (VRT), és önállóan cselekedni képes robotok fejlesztése és alkalmazása számos helyen bevált gyakorlattá vált a világban, amely új időszakot nyitott a szőlőtermesztési ágazat történelmében (Somkuwar, Sharmistha 2024).

3.1. A technológia alkalmazásának motiváló tényezői

Az éghajlatváltozás hatásainak szőlőtermesztésre vonatkozó vizsgálata és azok kezelése növekvő érdeklődést mutat a termeszők és kutatók körében egyaránt. Számos tanulmány készült (pl. Dimitri, Trambusti 2024; Garcia-Tejera et al. 2023; Sacchelli et al. 2017) és készül az új körülményekhez való alkalmazkodás megoldására. Világszerte egyre gyakoribbak a szélsőséges időjárási viszonyok, amelyek új, eddig sosem látott problémákat okoznak az ágazatban dolgozóknak. Dimitri, Trambusti (2024) szerint ezek hatása mára a világ számos országában jól látható. A digitális technológiák segítségével a gazdálkodók megismerhetik és mérsékelhetik az időjárás változás és a természeti erőforrások szűkössége okozta kihívásokat.

A másik kiváltó okot a szakképzett munkaerőhiány, idénymunkások rendelkezésre állásának hiánya jelentheti, amelyről korábban is említést tettem. Globális problémát jelent a megfelelő munkaerő biztosítása, mely a ProWein (2024) felmérése szerint akár 43%-os hiányt is jelenthet a teljes szőlészeti és borászati ágazatban. A munkaerőhiánnyal leginkább érintett szőlészetek Franciaországban találhatók, ahol a pincészetek 77%-a keresett szakképzett munkaerőt 2022-ben, ezt követi Kalifornia (67%), valamint Németország, Ausztria és Portugália. A felmérésből kiderül, hogy minden ötödik termelővállalat automatizálási és digitalizációs megoldásokat vezetett be az állandó munkaerőhiány kompenzálása érdekében.

Végül a szűkülő területi adottságokat említeném, mint a precíziós gazdálkodás elterjedésének egyik lehetséges mozgatórugóját. A szőlőtermesztő területek csökkentésének több oka ismert,

például az időjárásváltozás, amely egyes kutatások szerint, akár 50%-os zsugorodást is jelenthet, ha nem változtatunk a termesztett fajtákon (Morales-Castilla et al. 2020). A termesztésbe vonható területek számát csökkenti a világ népességének növekedése, a lakott területek és bővülő infrastruktúra térhódítása is. A WorldBank adatai alapján a világ népessége 2023-ban átlépte a 8,02 milliárd főt, míg a mezőgazdaságba vont területek nagysága – szintén a WorldBank 2023-as adatai alapján – az elmúlt 23 évben közel 870 000 négyzetkilométerrel csökkent. A kevesebb rendelkezésre álló területen értelemszerűen intenzívebb művelést és kiemelkedően hatékony növényvédelmi technológiát kell alkalmazni, amennyiben szeretnénk fenntartani, esetleg növelni előállítási kapacitásunkat. Erre – a korábbiak értelmében - a precíziós megoldások jelenthetnek megoldást.

3.2.A digitális megoldások fő irányvonalai

A Market Research Intellect (2024) jelentése szerint az alábbi 5 fő területen figyelhető meg a digitális megoldások elterjedése a szőlőtermesztési ágazat vonatkozásában világszerte:

- I. Az ültetvényekben telepített szenzorok számának növekedése és internetes hálózathoz csatlakoztatása (Internet of Things), ami lehetővé teszi az adatok valós idejű továbbítását és feldolgozását.
- II. A drónokkal és műholdakkal készült felvételek széles körű alkalmazása a növények egészségi állapotának felmérésére és kezelésére.
- III. Az adatelemzés és mesterséges intelligencia fejlődése, amely a szüret időzítését, a növényvédelem optimalizálását és a borkészítési technológia javítását támogatja.
- IV. A gépi tanulás egyre hatékonyabb felhasználása a szőlőtermesztésben, amely javítja az előrejelzéseket, növelve a termelési hatékonyságot és a profitot.
- V. A fenntartható gazdálkodás elvei mentén az optimális víz-, műtrágya- és növényvédőszer-kijuttatás, mint széles körben elterjedt precíziós megoldás.

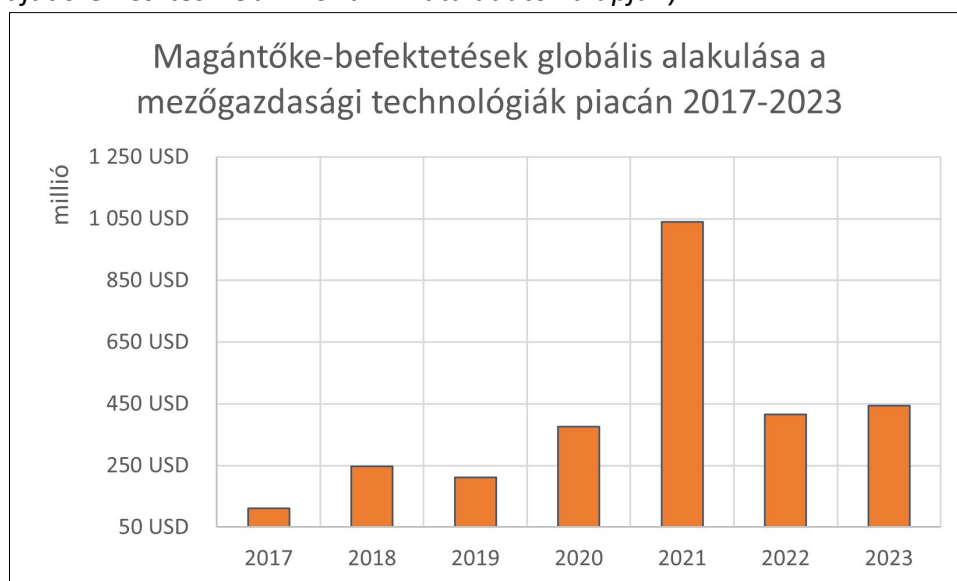
3.3. A precíziós technológia globális piaci vonatkozásai

A világban fokozott érdeklődés és növekvő figyelem kíséri a digitális technológiák megjelenését az agrárium területén. Nem csak felhasználói oldalról találunk egyre több tanulmányt az új, XXI. századi megoldások kapcsán, de a befektetői piac is érdeklődéssel követi a modern agrárium kibontakozását. A mezőgazdasági technológia fejlesztésébe egyre több magántőke

áramlik, amelyek azt remélik következtetni, hogy a technológia fejlődésének nem lesz anyagi korlátozó tényezője. A következő ábrán jól látszik, hogy az elmúlt 7 év során folyamatos növekedést láthatunk a mezőgazdasági technológiák fejlesztésére fordított magántőke beruházások kapcsán világszerte. Kiemelkedő a 2021-es év, amelyet a COVID-19 világjárvány megjelenésének tudhatunk be, és amely valószínűleg sürgető hatással lehetett a technológia támogatói számára.

4. ábra: Magántőke-befektetések globális alakulása a mezőgazdasági technológiák piacán 2017-2023 között

(Forrás: Saját szerkesztés - Our World in Data adatok alapján)



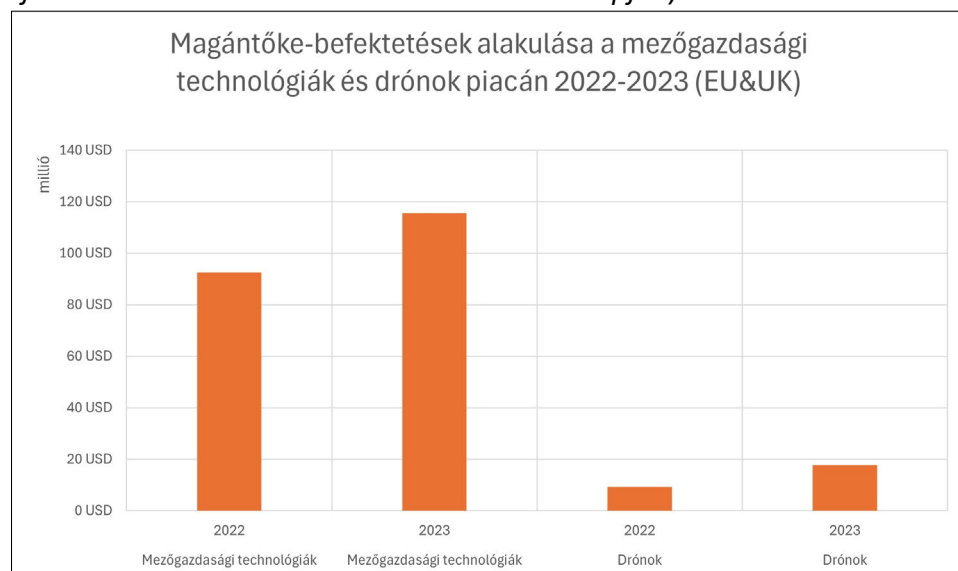
Hasonló tendenciát figyelhetünk meg a drónok fejlesztése kapcsán beáramló magántőke-befektetések területén is. A drónokat széles körben alkalmazzák napjainkban, a korábban említett mezőgazdasági és kertészeti kultúrákban is egyre gyakrabban találkozhatunk jelenlétükkel. Mindemellett bővül az iparági befektetők köre, egyre több pénz áramlik a drónok fejlesztésébe, és folyamatosan bővülnek az alkalmazási területek is. Ennek köszönhetően magánszemélyek, szolgáltatók, valamint agrárvállalkozások számára is egyre elérhetőbbé válik a technológia és az általa nyújtott szolgáltatások széles spektruma – Békési, Seres (2020) nyomán. Ezt támasztja alá az alábbi kimutatás is:

5. ábra: Magántőke-befektetések globális alakulása a drónok piacán
(Forrás: Saját szerkesztés - Our World in Data adatok alapján)



A következő ábrán az Európai Unió és Egyesült Királyságra vonatkozó együttes kimutatást láthatjuk a mezőgazdasági-technológiákra és drónok fejlesztésére vonatkozó magántőke-befektetésekről a 2022-es és 2023-as években.

6. ábra: Magántőke-befektetések alakulása a mezőgazdasági technológiák és drónok piacán 2022-2023 (EU&UK)
(Forrás: Saját szerkesztés - Our World in Data adatok alapján)



Jól látható, hogy az EU és az Egyesült Királyság együttes privát és vállalati befektetése a mezőgazdasági technológiák piacán a globális összeg mintegy ötödét teszik ki, míg a drónok piacán elenyésző mértékben vannak jelen.

A privát befektetések aránya arra enged következtetni, hogy az adott iparágban, technológiában vagy piaci szegmensben mekkora a befektetők bizalma és érdeklődése a jövőbeni növekedési potenciál iránt. Magas arányú privát befektetések általában azt jelzik, hogy a piaci szereplők hosszú távú megtérülést, innovációs lehetőségeket és versenyelőnyt várnak, míg az alacsony arány bizonytalanságot vagy kevésbé vonzó kilátásokat tükrözhet (Kovács 2013) alapján.

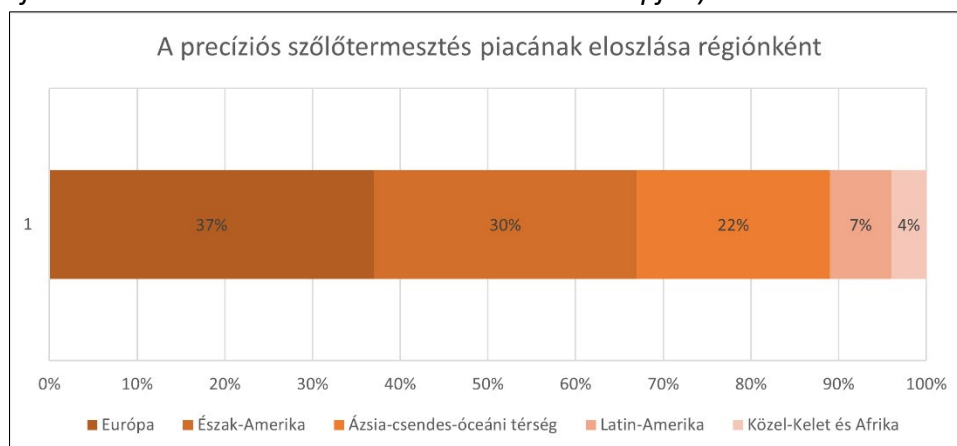
Az Our World in Data adataira támaszkodva elmondható, a mezőgazdasági technológiák fejlesztésébe irányuló magánbefektetések terén az USA vezető szerepet tölt be, mögötte az Európai Unió és az Egyesült Királyság, míg Kína a harmadik helyen áll. Ugyanakkor a drónpiacon az USA kiemelkedően dominál, a globális befektetések közel 95%-át birtokolva, ezt követi Kína, majd az EU és az Egyesült Királyság együttesen.

A Precedence Research (2024) jelentése szerint a precíziós szőlőtermesztési piac mérete 2023-ban globálisan meghaladta a 1 470 millió USD-t, és további növekedés várható a következő években. Előrejelzéseik szerint 2030-ra elérheti a 3000 millió USD-t, amely évi 11%-os növekedést prognosztizál. A kanadai és indiai székhelyű piackutató adatai szerint 2023-ban a precíziós szőlőtermesztési ágazatban Európa a piaci részesedés 37%-át adta, amely 540 millió Amerikai Dollárnak felel meg. Szintén 11%-os növekedési tendenciát követve 2033-ra 1 570 millió USD-ra nőhet a piac mérete Európában.

Ez azt jelenti, hogy Európában és a világ többi részén is folyamatos bővülést tapasztalhatunk majd a precíziós szőlőtermesztési eljárások alkalmazása terén a következő években.

Köszönhetően a hosszú múltra visszatekintő hagyományoknak és a minőségre helyezett nagy hangsúlynak, az európai szőlőtulajdonosok egyre inkább precíziós technológiákat alkalmaznak az éghajlatváltozás kihívásainak kezelése, a termelés optimalizálása és a minőségi borkészítés érdekében. A fenntartható agrárium, zöld átállás és a jól megalapozott boripar kormányzati támogatása hozzájárul a régió piaci dominanciájához. Ezen túlmenően a fejlett technológiai infrastruktúra és a precíziós szőlőtermesztés előnyeinek tudatosítása hozzájárul ahhoz, hogy Európa kiemelkedő szereplővé váljon a globális XXI. századi, modern szőlőtermesztési piacon.

7. ábra: A precíziós szőlőtermesztés piacának eloszlása régióként
(Forrás: Saját szerkesztés- Precedence Research adatok alapján)



Szintén a Precedence Research (2024) tanulmánya alapján az ázsiai – csendes-óceáni térségben várható a precíziós technológia robbanásszerű elterjedése, mivel a térségben egyre nő a fenntartható gazdálkodás iránti érdeklődés, amely a technológiával szemben nyitott, befogadó gazdálkodói környezettel párosul. Ráadásul a régióban egyre növekszik a minőségi borok iránti kereslet. A precíziós gazdálkodást, digitális átállást támogató kormányzati kezdeményezéseknek köszönhetően a térség kulcsfontosságú, feltörekvő piacává válhat a precíziós szőlőtermesztési technológiáknak.

Észak-Amerikában is jelentős növekedést tapasztalhatunk a digitális megoldások alkalmazása és a precíziós szőlőtermesztési technológiák terén. Az Egyesült Államokban és Kanadában egyébként is fejlett agráriumot további törekvésekre sarkallja a hatékonyság növelésének igénye és a kiváló minőségű szőlő és bor iránti kereslet. Az adatelemzés, az IoT technológiák és a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok kormányzati támogatásának együttes integrációja tovább gyorsítja a piaci növekedést, aminek eredményeként Észak-Amerika a precíziós szőlőtermesztési megoldások elterjedésének és fejlesztésének meghatározó központjává válik a közeljövőben.

4. A fókuszban Európa és Hazánk

4.1. Az Európai Unió projektjei, támogatási rendszere

A szőlőtermesztés évezredes hagyományokra tekint vissza Európában. Már a kr.e. IX. században Görög hódítók által eljut Európába a szőlő és vele együtt a borkészítés művelete, (Lőrincz et al. 2015) mely azóta is töretlen népszerűségnek örvend. Az OIV (International Organization of Vine and Wine 2024) adatai szerint az Európai Unió szőlőültetvényeinek területe 2023-ban mintegy 3 212 228 ha volt, amely a világ ültetvényeinek körülbelül 45%-át jelenti. Az Európai Unió a világban vezető szerepet tölt be a szőlőtermesztés és borkészítés piacán. A világ bortermelésének 64%-át az EU-ban állították elő, míg a fogyasztás 48%-át az uniós fogyasztás adta.

Az Európai Unió célja, hogy még versenyképesebbé tegye a tagállami termelőket, növelje az európai borok hírnevét és piaci részesedésüket. Egyszerűsítse és hatékonyabbá tegye a piacirányítási szabályokat, a kereslet és kínálat egyensúlyának javítása érdekében, valamint segítse a hagyományőrzést, a szőlő -és bortermelés társadalmi, környezeti szerepét. (Európai Bizottság honlapja 2024).

Az Európai Bizottság Mezőgazdasági és Vidékfejlesztési Főigazgatósága 2013-ban új innovációs intézkedési csomagot vezetett be a borászati termékek és az azokhoz kapcsolódó eljárások és technológiák kifejlesztése céljából. Az intézkedési csomag részeként támogatathatóvá váltak a szőlőültetvény szerkezetátalakítások és technológiai átállítások, valamint az új termékek, eljárások és technológiák kifejlesztéséhez kapcsolódó innovációs tevékenységek is. Mindemelett számos projekt indult a digitális megoldások fejlesztése és bevezetése céljából az Európai Regionális Fejlesztési Alap támogatásával, melyek közül dolgozatomban is kiemelnék pár érdekes példát (Európai Bizottság 2024 honlapja).

4.1.1. Interreg – Transform 4.0

A meghirdetett innovációs csomag részeként Európa a mezőgazdaság fejlesztések és megoldások új szakaszába kíván lépni, melynek előmozdításaként megalkotta a Közös Agrárpolitikai Programját. Az EU, összhangban a „Zöld Megállapodás” (Green Deal) irányvonalaival egyre inkább környezetbarát politikai cselekvést szorgalmaz, és szigorú

előírásokat követel meg a környezeti hatások, erőforrások felhasználása, a körforgásos gazdaság és a zéró (vagy mindenképp csökkentett) szennyezés tekintetében. Az Interreg Transform 4.0 (2024) hivatalos weboldala szerint ez jelentős hatással van a mezőgazdasági gépgyártásra, valamint általánosan minden érintett szereplőre, hiszen egy új keretrendszert hoz létre, amelyben a gépek, eszközök, vagy kapcsolódó szolgáltatások nem csak a hatékony munkavégzést biztosítják, hanem támogatják a gazdálkodók EU-s és nemzetközi jogszabályoknak történő megfelelését, mint amilyenek a kibocsátásokra és a környezeti hatásokra vonatkozó előírások.

A Transform 4.0 küldetésével összhangban, amely a precíziós gazdálkodási politikák fejlesztését támogatja Közép-Európában, azokra a kulcsfontosságú tényezőkre koncentrál, amelyek meghatározzák a jövő intelligens mezőgazdaságának fejlődési irányait. A mezőgazdasági tevékenységeket egyre inkább a globális élelmiszerbiztonsághoz való hozzájárulások és a környezetvédelmi előírások betartása alapján vizsgálják, valamint egyre szorosabban csatlakoznak az ellátáslánc más szegmenseihez és egyre adatintenzívebbé válnak. Az EU kiemelkedően fontosnak tartja, hogy ezeket a tényezőket figyelembe vegye a hatékony stratégiák kidolgozásakor, amelyek elősegítik az intelligens mezőgazdasági ágazat jövőbeni fejlődését.

A Transform 4.0 Interreg projekt célja a precíziós gazdálkodás terjesztése Közép-Európában. A programban a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem és az AgroIT klaszter mellett több európai egyetem és kutatóintézet vett részt. A MATE és a Linz Center of Mechatronics közösen végzett és végez szőlőültetvényekben növényélettani és klímamonitoring vizsgálatokat például Tata mellett, ahol infravörös hőmérővel, NDVI és PRI (fotokémiai visszaverődési index) szenzorokkal elemzik a tőkék állapotát, talajnedvesség-szenzorokkal pedig a gyökérzóna nedvességtartalmát. A szlovén és olasz partnerek LIDAR-alapú permetezőt fejlesztenek, amely 20-50%-os növényvédőszer-megtakarítást eredményezhet (Bodor-Pesti et al. 2022; Interreg 2024 honlapja) alapján.

4.1.2. BACCHUS Project

Az Európai Bizottság által indított HORIZON keretrendszer célja egy Európai Kutatási és Innovációs Térség létrehozása, a kutatók és a tudás szabad áramlásának biztosítása, valamint

az EU versenyképességének növelése érdekében. Emellett célkitűzései köré tartozik a képzés és mobilitás ösztönzése, az ipari potenciál jobb kihasználása, valamint az Európa 2020 stratégia támogatása az okos, fenntartható és inkluzív növekedés érdekében.

A HORIZON keretein belül valósult meg a BACCHUS Projekt is, mely egy igen speciális területet célzott meg. A BACCHUS projekt fő célja, hogy lehetővé tegye a szőlőfürtök érettségének pontos gépi felmérését, valamint a betakarítás automatizálását egy fejlett robotikai megoldás segítségével. A projekt koordinátorainak hitvallása, hogy a precíziós technológiák alkalmazása a szőlőültetvényeken hozzájárulhat a borászatok termelési hatékonyságának növeléséhez, és erősítheti ennek a kiemelkedően fontos ágazatnak a versenyképességét. Az innováció alkalmazása jelentős költségmegtakarítást jelenthet a borászoknak, csökkentheti a munkaerőszükségletet, és javíthatja a végtermékek minőségét is. A projekt során két robotot fejlesztettek ki, melyek egymással együttműködve elvégzik az érettség vizsgálatát és a betakarítás műveleteit. A robotplatformot a mesterséges intelligencia és más érzékszervi technológiák alkalmazásának segítségével különböző szőlőfajták esetében is sikeresen is tesztelték. A projekt a jövőben is folytatódik a technológia finomításával, illetve a piaci bevezetés lehetőségének felmérésével (BACCHUS Projekt 2024 honlapja alapján).

8. ábra: A BACCHUS Projekt szüretelő és felmérő robotjai
(Forrás: <https://bacchus-project.eu/cases>)



4.1.3. VitiGEOSS Project

A VitiGEOSS Projekt az Copernicus (European Open Earth Observation Services) szolgáltatásait használta fel a szőlőültetvényeken gazdálkodók gazdasági, üzleti és helyi szintű támogatására. A Projekt keretei között kifejlesztett innovatív szőlőültetvénykezelő megoldások növelik a

műholdas információk pontosságát és megbízhatóságát, amelyeket helyi érzékelők telepítésével értek el. A projekt célja, hogy választ adjon a világ szőlő- és boriparának jövőbeli kihívásaira, amelyek megkövetelik a termelés fenntartható módon történő növelését, az éghajlatváltozás hatásainak enyhítését, a negatív környezeti behatások csökkentését és a hely gazdasági növekedés előmozdítását.

A projekt lényege, hogy a VitiGEOSS a szőlőültetvények hatékonyabb irányításához és a mezőgazdasági gyakorlatok optimalizálásához hasznos mutatókat állít elő az Európai Copernicus Program és a NASA által biztosított ingyenes műholdfelvételek és földmegfigyelési termékek, valamint helyszíni adatok ötvözésével. A megoldás a szőlőtermesztők munkájának támogatására szolgál, és egyetlen hozzáférési pontként kíván működni a borászok számára is, elősegítve a körforgásos gazdaságra épülő megközelítést. A VitiGEOSS platform felhőalapú alkalmazásportálként érhető el, amelyet a projektben részt vevő fejlesztők a végfelhasználókkal közösen terveztek meg. Az infrastruktúra része egy API szolgáltatástár a szolgáltatók számára, valamint egy alkalmazásirányítópult a borászoknak (VitiGEOSS Projekt 2024 honlapja alapján).

4.1.4. Az Európai Unió mezőgazdasági támogatási programja

A Közös Agrárpolitika az EU szakpolitikai rendszere, amelynek célja, hogy támogassa a gazdákat a minőségi és megfizethető árú termékelőállításban. A politikai programrendszernek része a termelők életszínvonalának megfelelő szintű biztosítása és az, hogy a termelők megfelelhessenek a szigorú biztonsági, környezetvédelmi, állategészségügyi és állatjóléti előírásoknak is. A támogatási rendszernek két fő pillére van: a közvetlen támogatások és piaci intézkedések együttesen, valamint a vidékfejlesztési intézkedések.

A közvetlen támogatásokkal, vagyis közvetlenül a termelők számára nyújtott pénzbeli kifizetésekkel a program célja, hogy védőhálót biztosítson és elengedő anyagi forrást a tevékenységek végzésére. A támogatások közvetlen jövedelmet jelentenek a gazdáknak, a termőföldek megműveléséért és a vonatkozó szabályok betartásáért cserébe. Mindemellett célja a helyszíni körülményekhez történő alkalmazkodás támogatása is, technológiai és piaci viszonyokat figyelembe véve.

A piaci intézkedések lényege, hogy a globális körülmények alakulásának függvényében, helyzetbe hozzák a gazdákat, akik így hatékonyabban reagálhatnak például a pénzügyi és időjárás változás okozta kihívásokra. A piaci intézkedések alapvetően a jogi környezet szabályozását, a támogatási feltételek paramétereit, illetve a nemzetközi kereskedelemre alkalmazandó szabályozásokat tartalmazzák.

Végül a vidékfejlesztési pillér, amelynek elemeit képezi a mezőgazdasági üzemek korszerűsítése, új technológiák és innovatív megoldások alkalmazásának előmozdítása, a versenyképesség növelése, környezetvédelmi intézkedések és a vidéki közösségek megőrzése. Ez utóbbi pillér finanszírozása az egyes tagállamok nemzeti költségvetéséből történik, de az Európai Regionális Fejlesztési Alap (ERFA) és az Európai Szociális Alap (ESZA) támogatásai is felhasználhatók a fent megfogalmazott célok eléréséhez (Európai Tanács 2024 honlapja alapján.)

4.2. Magyarország a szőlőtermesztés digitalizációjának kapujában

Az ismertetett precíziós technológiák hazánkban is elérhetőek, alkalmazásukra számos példát találunk a magyar gazdák és szolgáltatók körében. Mindemellett a mezőgazdasági és kertészeti tudományterületekkel foglalkozó egyetemeken is egyre több speciális kurzus, tantárgy, szakdolgozat és tudományos publikáció érhető el a témával kapcsolatban. Nem csak a közintézményekben, de magánszolgáltatóknál is találkozhatunk a precíziós kertészeti és mezőgazdasági technológiákkal kapcsolatos képzésekkel. Mindemellett megjelentek olyan vállalkozások is a hazai piacon, akik a felméréstől a kivitelezésig segítik a gazdákat a technológia bevezetésében és alkalmazásában, szervízzolgáltatást, oktatást, beszerzési feladatokat, illetve más kapcsolódó szolgáltatásokat is nyújtva.

4.2.1. Precíziós gazdálkodás megjelenése a felsőoktatásban

A magyar felsőoktatásban több képzési intézményben is van lehetőség a precíziós kertészeti és mezőgazdasági technológiák elsajátítására. Jelen dolgozatomban öt kiváló intézményt említenék meg. Elsőként természetesen a Magyar Agrár -és Élettudományi Egyetemet, amely az egyik legjelentősebb magyar intézmény, ahol modern technológiák alkalmazásával oktatják a precíziós gazdálkodás különböző területeit. Az intézményben Precíziós Mezőgazdasági

Szakmérnöki és Tanácsadó szak érhető el, ahol a hallgatók megismerhetik a digitalizált növénytermesztést és állattenyésztést.

A Debreceni Egyetem Mezőgazdasági, - Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karán például a drónok, GSP-alapú rendszerek és szenzorok alkalmazását sajátíthatják el a hallgatók, többek között a Precíziós mezőgazdasági mérnök BSc szak keretein belül. Említésre méltó a Pannon Egyetem, ahol különleges figyelmet fordítanak a mezőgazdasági és kertészeti képzések esetében a modern technológiákra és a fenntarthatóságra. A Szegedi Tudományegyetem és a Nyíregyházi Egyetem agrárképzéseinek is részét képezik a digitális gazdálkodás ismeretanyagai, így az ott tanulók is megismerkedhetnek az ágazat technológia újdonságaival.

4.2.2. Magánvállalatok szolgáltatásai

Egyre több magánszolgáltató van jelen Magyarországon, akik a precíziós gazdálkodásra, a drónok és szenzorok használatára, illetve egyéb kapcsolódó területek oktatására specializálódtak. Szolgáltatásaik közé tartozik a drónhasználat és távérzékelési technológiák oktatása, amelyek segítségével a gazdák pontos adatokat gyűjthetnek a növényállományról. A drónhasználatához kapcsolódóan lehetőség van a szükséges jogosítványok megszerzésére is, azaz vizsgafelkészülésre. Elérhetők emellett GPS és szenzor alapú rendszerekkel kapcsolatos képzések is, valamint eszközismeret, melyek a talajművelés, növénytermesztés és termésfelügyelet folyamatait fedik le. Sok cég tanácsadást és speciális tréningeket is kínál, például a digitális adatok elemzése, feldolgozása és az eszközök integrálása kapcsán. Bizonyos szolgáltatók személyre szabott megoldásokat is kínálnak a fejlesztés, beüzemelés és integráció területén.

Drónokkal és azok használatára való oktatással is foglalkozik az ABZ Drone, a Drón Akadémia, az Agro Drón, a DroneONE, valamint az DroneHUB Kft. Az alkalmazott eszközök területén említésre méltó a teljesség igénye nélkül az Agromatic Kft, a Farmgép Kft, az Axiál Kft, a KITE Zrt., a John Deere és más nagy gépgyártók és forgalmazók, valamint az AgroSense Kft. Ezen cégek bizonyos része egyedi fejlesztésekkel is foglalkozik. Tanácsadással és integrációval foglalkozó cégek közé sorolhatjuk a fentiekén túlmenően a KITE Zrt-t, az IKR Agrár Kft-t, az Agrárközösség Kft-t, vagy az Agro Profi Kft-t, valamint még számos kis és közepes méretű vállalkozást hazánkban.

4.2.3. A Magyar Kormány agrártámogatási politikája

Magyarország Kormánya a Közös Agrárpolitika és a Vidékfejlesztési Program keretében támogatott beruházási projektek által segíti elő a mezőgazdaság digitális átállásához szükséges törekvéseket. A programok elősegítik az állami fenntartásban lévő középfokú szakképzési centrumok megújulását, eszközparkjainak bővítését a digitális megoldások oktatása érdekében. A Kormány támogatja többek között bemutatóüzemek létrehozását a digitális megoldások népszerűsítése érdekében, a termelési szerkezetek átalakítását, eszközbeszerzést, és minden hatékonyságnövelő intézkedést, mely összhangban áll a környezetvédelmi törekvésekkel és amely a vidék fejlődését mozdíthatja elő (Kormany.hu 2024 alapján).

4.2.4. Magyarország Digitális Agrárstratégiája

Magyarország Kormánya 2015 végén indította el a Digitális Jólét Programot (DJP) hogy támogassa a digitalizáció fejlődését az országban. Az intézkedések célja, hogy felgyorsítsák a digitalizációt, és létrejöjjenek a következő évekre vonatkozó digitális fejlesztési stratégiák, mint például a Digitális Agrár Stratégia Intézkedési terve. A Stratégia a Program 2020-as újragondolása révén a Digitális Államkormányzás keretei között valósulhat meg 2030-ig.

A Digitális Agrár Stratégia célja, hogy hozzájáruljon a mezőgazdasági termelés jövedelmezőségének növeléséhez az információs technológia, az adatfeldolgozás, a technológiai műveletek automatizálása és robotizálása révén, valamint mindezek segítségével az erőforrások hatékony felhasználásához. A Digitális Agrár Stratégia a magyar szakmai és civil szervezetek széleskörű bevonásával készül el, mely kiterjed a szántóföldi növénytermesztésre, az állattenyésztésre, a kertészeti kultúrákra, a halászatra, az erdőszetre és természetesen a szőlészetre is.

Fő célkitűzései közé tartozik az üzemszintű adatgyűjtés és feldolgozás támogatása, valamint üzemirányítási alkalmazások használatának bevezetése a döntéstámogatás elősegítése érdekében. Az ágazati adatok gyűjtésén és feldolgozásán kívül az adatokhoz való hozzáférés költségeinek csökkentése és a jogszabályi környezet átalakítása is a stratégia fő részét képezik. A technológiához történő hozzáférés költségeinek csökkentését a kormány a Digitális Agrár Rezsicsökkentés keretein belül képzei el, amely egyszerűsítene az adminisztratív feladatokat és csökkentené annak anyagi terheit.

Emberi erőforrások tekintetében a kormány számol a technológiát érteni képes és alkalmazni tudó szakemberekkel is, ezért a Stratégia megvalósításának fontos eleme a szükséges kompetenciákkal és szakismeretekkel rendelkező technikusok, gépkezelők képzése, valamint a digitális agrár szaktanácsadói szolgáltatások elérhetővé tétele. A fenti célok elérése érdekében a gazdák pályázati lehetőségeken keresztül fejleszthetik infrastruktúrájukat, valamint személyi állományukat (Digitális Jólét Program 2024 honlapja alapján).

5. Magyarországi szőlészetekben végzett felmérés a digitális megoldások alkalmazásáról

5.1. Anyag és módszer

Ahhoz, hogy a Magyarországon is alkalmazott precíziós eszközök palettájáról világosabb képet kaphassak, felmérést készítettem 36 szőlőgazda bevonásával. Céлом volt, hogy megismerjem milyen megfontolásból, milyen digitális eszközöket alkalmaznak a Magyarországon dolgozó szőlőtermesztők, borászatok. A felméréssel ezen túlmenően szándékoztam megvizsgálni, hogyan vélekednek a gazdák a precíziós technológia alkalmazásáról, azaz milyen pozitívumait látják a használatának, és milyen visszatartó tényezőket vesznek számításba, amennyiben nem kívánják alkalmazni a technológiát. Mindemellett kíváncsi voltam, milyen körülmények motiválnák az alanyokat a technológia bevezetésre.

Felmérésem egy online kitölthető Google kérdőív formájában valósult meg. A szőlészet alapinformációinak megismerésével szerettem volna képet kapni arról, mióta, mekkora területen és mely borvidéken foglalkozik szőlőtermesztéssel az adott vállalkozás. Az alap információkat kiegészítendő szerettem volna képet kapni a vállalkozás alkalmazottainak számáról és a munkaerő megfelelő rendelkezésre állásáról, hiszen annak hosszútávú hiánya, vagy nem megfelelő minősége befolyásoló tényezője lehet a technológia alkalmazásának. A bevethető eszközök felmérésén kívül világosabb képet szerettem volna kapni arról, a kitöltők ismerik-e a technológia adta lehetőségeket, szívesen alkalmaznák-e bizonyos elemeit, és milyen megfontolások alapján teszik, vagy nem teszik mindezt.

Kérdőívem 20 egyszerűen megválaszolható kérdésből épült fel, vegyesen alkalmazva alternatív (igen/nem) és szelektív (több válasz is lehetséges) kérdéstípusokat is, valamint szabadon kifejezhető, nyitott kérdéseket is alkalmaztam.

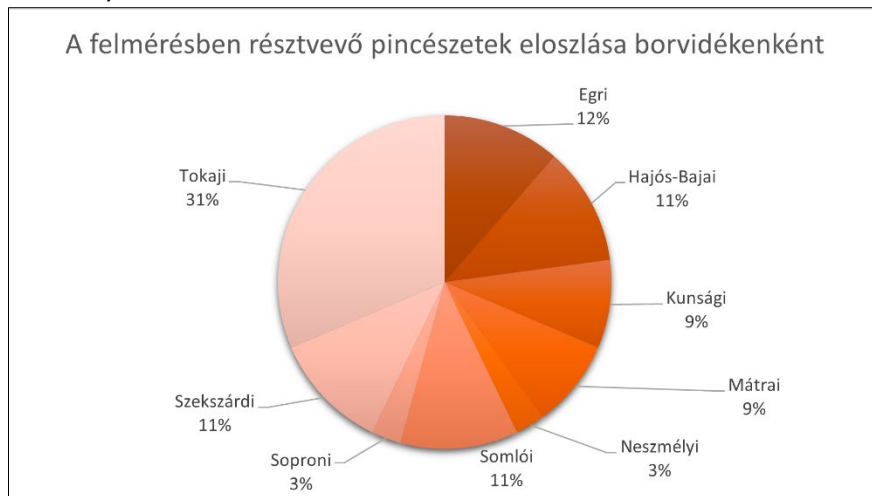
A kérdőívet 2024.06.27. és 2024.07.03. között küldtem ki 300 pincészet számára, amelyhez használt kontaktlistát saját magam építettem fel a Borvidékek Hegyközségi Tanácsának honlapja és más internetes adatbázisok segítségével. Szándékomban állt különböző méretű és elhelyezkedésű gazdaságokat vizsgálni. Válaszokat 2024.07.25-éig bezárólag kaptam.

Felmérésemet összesen 36 válaszadó töltötte ki, az ország 9 borvidékéről.

5.2.Eredmények és értékelésük

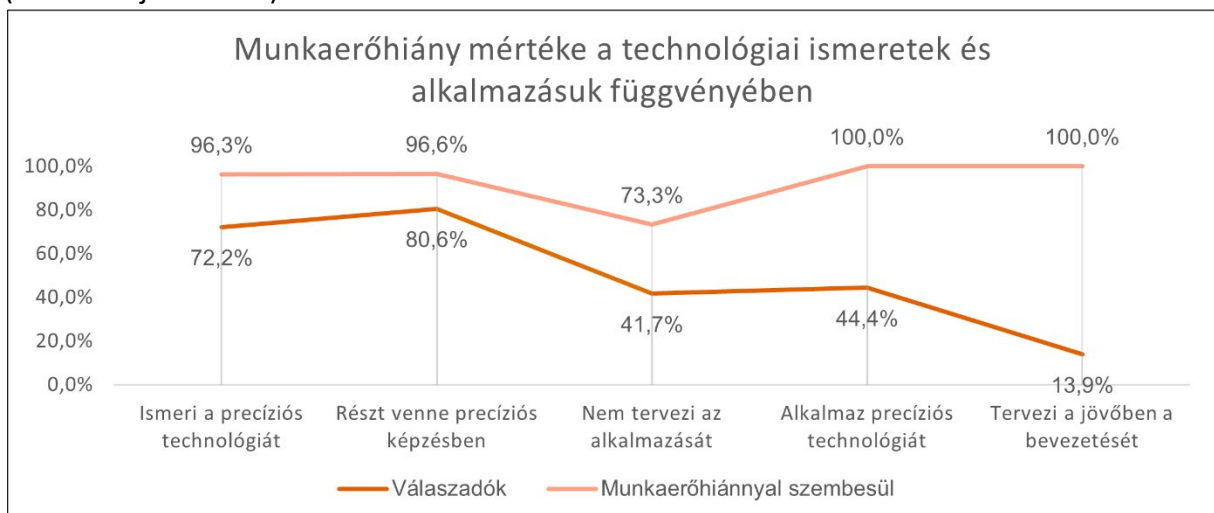
A válaszadók 42%-a 10 hektárnál kisebb területen, 50%-a 10 ha és 100 ha közötti területen, míg 8%-a 100 hektárnál nagyobb területen gazdálkodik. A kérdőívet kitöltők az Egri, a Hajós-Bajai, a Kunsági, a Mátrai, a Neszmélyi, a Somlói, a Soproni, a Szekszárdi és a Tokaji Borvidéken gazdálkodnak, 100%-ban borszőlő termesztésével foglalkoznak, többségük maga készít bort is.

9. ábra: A felmérésben résztvevő pincészetek eloszlása borvidékenként
(Forrás: Saját munka)



A kitöltők nagy része, összesen 36-ból 32 gazdaság jelezte, hogy munkaerőhiánnyal szembesül. A munkaerőhiány jellemzően az idénymunkások, szőlőművelés, gépkezelő területeken jelent problémát. A megkérdezett gazdák 72%-a ismeri a precíziós és digitális szőlőtermesztési technológiákat, és azok 61%-a alkalmaz is ültetvényében valamely eljárást vagy eszközt.

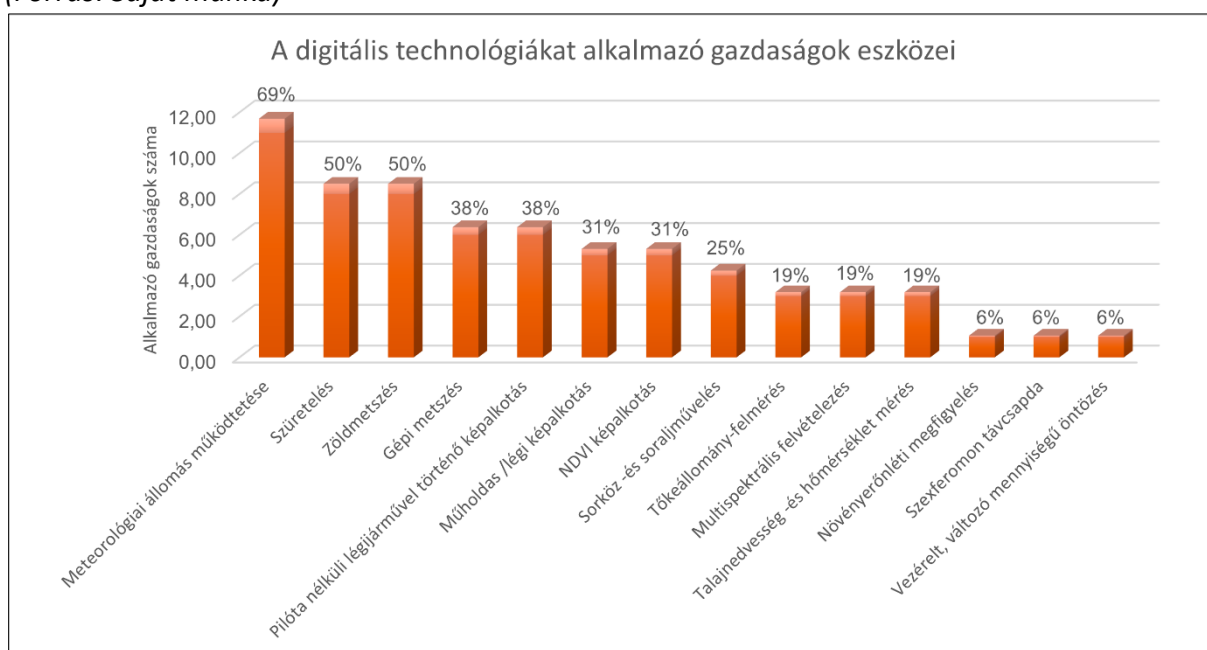
10. ábra: A munkaerőhiány mértéke a technológiai ismeretek és alkalmazásuk függvényében
(Forrás: Saját munka)



A 10. ábra véleményem szerint jól mutatja, hogy azokban a pincészetekben, ahol alkalmazzák, vagy tervezik alkalmazni a precíziós gazdálkodást, ott a munkaerőhiány kimagaslóan jelen van. Azokon a helyeken viszont, ahol nem is tervezik bevezetni a technológiát, nincs nagy arányú munkaerőhiány, így az nem döntően befolyásoló tényezője a technológiai váltásnak. Ami számomra érdekes és reménykeltő, hogy azok körében is van nyitottság a precíziós szőlőtermesztési eljárásokkal kapcsolatos képzésre, akik egyelőre elzárkóznak az alkalmazásától.

A felmérésben részt vevő gazdaságok válaszai alapján a precíziós és gépesített megoldások értelmezése kapcsán bizonyos mértékű bizonytalanságot tapasztaltam. A csupán gépesített folyamatokat is több válaszadó precíziós technológiának minősítette, ilyen például a gépi szüret, gépi metszés és zöldmunkák. A szüret kapcsán ugyan megjegyezték, hogy a pusztán gépesített eljárást nem tekintik precíziós technológiának, csak abban az esetben kezelnék annak, ha a leszüretelt termés súlyát mérni és lokalizálni lennének képesek. A kimutatásban mindenesetre feltüntettem ezen válaszokat is, hiszen az válaszadók egyaránt használtak precíziós és pusztán gépesített megoldásokat is. A szexferomon csapda esetében újra kérdőre vontam a válaszadót, így sikerült tisztázni, hogy távoli működtetésű, fényképezővel ellátott, és adatrögzítésre automatikusan képes eszközről van szó. A válaszadók összesen 14 alkalmazási területet jelöltek meg, melyeket a 11. ábrán tüntettem fel.

11. ábra: A digitális technológiákat alkalmazó gazdaságok eszközei
(Forrás: Saját munka)



Az összesítés alapján jól látszik, hogy a meteorológiai állomások alkalmazása bizonyul a legnépszerűbb területnek, (tizenegy gazdaság alkalmazza) ezt követik a gépesített megoldások. Pilóta nélküli légitjárművet hat, drónnal történő felvételezést és NDVI képalkotást is öt-öt helyszínen alkalmaznak, amely véleményem szerint bizalomgerjesztő a technológia terjedésére vonatkozóan. Pilóta nélküli légitjárműveket, műholdas és NDVI képelemzést egy kivétellel a 10 ha-nál nagyobb területen gazdálkodók használnak. A szőlőültetvények elhelyezkedése és a technológia alkalmazása közötti összefüggésről következtetést levonni nem tudtam, egyrészt ahhoz túl kevés adatot gyűjtöttem, másrészt a használat tekintetében pozitív visszajelzés is viszonylag kevés volt.

A technológiát alkalmazók többségének véleménye szerint precíziós eszközök hatékonyabbá teszik a munkavégzést és költségcsökkentő hatással vannak a termelésre. Több gazda az ültetvény állapotának és a növények kondíciójának részletesebb megismerését emelte ki, mint az alkalmazás fő indokát. Az éves időjárási adatok összehasonlításával következtetnek az adott évjárat érés potenciáljára, a szüret kezdési idejére, a növényegészségügyi előrejelzések alapján pedig felkészülnek az esetleges növényvédelmi teendőkre. A digitális technológiák – elmondásuk szerint – megkönnyítik a munkavégzést, jobb minőséget, szervezhetőséget, illetve költségcsökkentő hatást eredményeznek.

A bevezetés melletti motivációs tényezőként a válaszadók 61%-a jelölte meg az állami támogatással fejleszthető eszközpark, 31%-a az elérhető továbbképzés, tanfolyamok rendelkezésre állását a precíziós technológiák használatáról, valamint 17%-uk a speciális szaktanácsadó hálózatok igénybevételeének lehetőségét.

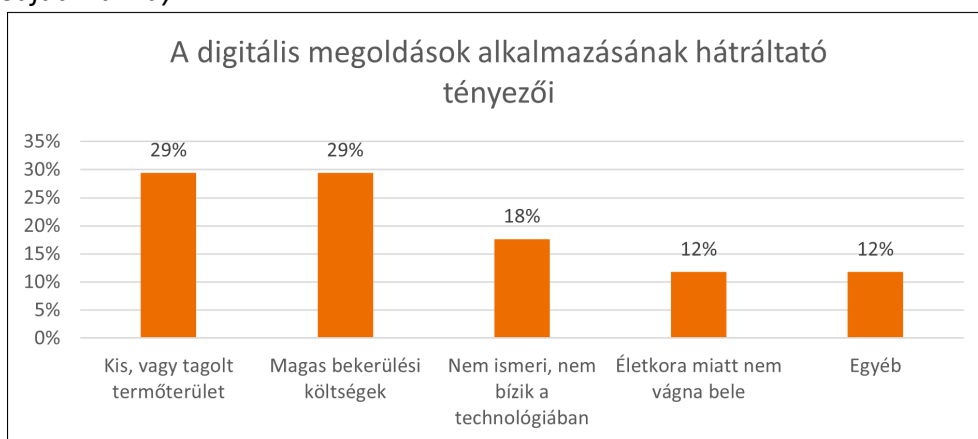
12. ábra: A precíziós technológia bevezetésének motiváló tényezői
(Forrás: Saját munka)



A 12. ábra eredményei megerősítik és összhangban vannak a válaszadók azon gondolataival, miszerint a magas beruházási költségek miatt nem próbálkoznak a technológia adaptálásával, amelyből azt a következtetést is leszűrhetjük, hogy a gazdák nagy részének nincsenek elegendő - anyagi értelemben vett - fejlesztési tartalékai, vagy nem a precíziós eszközök jelentik az elsődleges prioritást azok felhasználására.

Azok, akik nem alkalmaznak digitális megoldásokat, legfőképp a magas bekerülési költségeket, a kis méretű, vagy tagolt területet, illetve a megoldásokba vetett bizalom hiányát nevezték meg indoklasként. A válaszadók közel 14%-a viszont tervezi, hogy a jövőben bevezeti a precíziós technológiai megoldásokat a gazdaságában.

13. ábra: A digitális megoldások bevezetésének hátráltató tényezői
(Forrás: Saját munka)



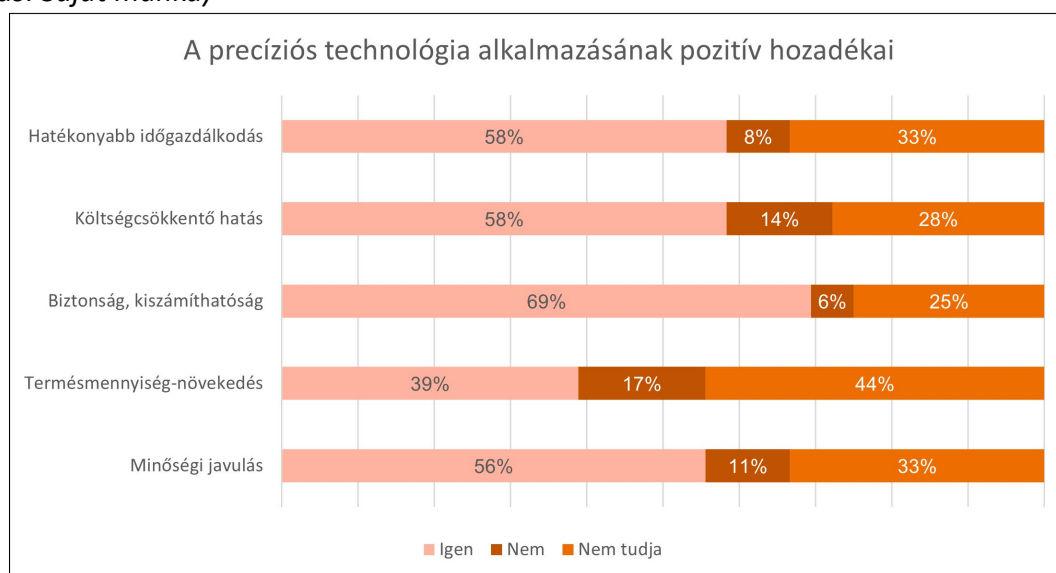
A fenti ábra eredményei az esetek közel 30%-ában mutatnak anyagi vonzatot, az esetek többségében viszont más megfontolás áll a digitális technológia mellőzése mellett. Az érintett gazdák többsége nem is tervez precíziós fejlesztést a jövőben sem, ami érthető, hiszen a felsorolt tényezők adottak tekinthetők (kis terület, idős gazdák, drága eszközpark).

A precíziós eszközök használatához, adatelemzéshez szükséges informatikai képzettség a válaszadók 64%-a esetében nem jelentettek hátráltató tényezőt, ugyanis visszajelzésük alapján könnyedén kezelik a digitális technikát. A felmérésben részt vevők 25%-a viszont nem érzi elég fejlettnek informatikai készségeit, így akadályozva érzi magát annak bevezetése kapcsán.

A felmérés záró részeként azt vizsgáltam, hogy a válaszadók milyen előnyöket, pozitív hozadékokat azonosítanak a digitális megoldások alkalmazása terén. Ehhez 5 területet azonosítottam, amelyek összefüggésbe hozhatók a precíziós technológia alkalmazásával. Ezek

a kérdések arra irányultak, hogy a válaszadók szerint a precíziós technológia alkalmazása támogatja-e a hatékonyabb időgazdálkodást, a biztonságosabb termesztési feltételeket és kiszámíthatóbb termés előállítását, a hatékonyabb időszervezést, jár-e költségcsökkentő hatással, hozzájárulhat-e a mennyiségi növekedéshez és minőségi javulást eredményezhet-e az alkalmazása. A felméréskor nem állt szándékomban, hogy a valóban, tudományos eredményekkel alátámasztható pozitív velejáróit adjam meg választási lehetőségként a technológia alkalmazásának, sokkal inkább az volt a célom, hogy felmérjem a válaszadók hozzáállását a témához. Vagyis kiderítsem, milyen képet festenek a digitális eszközök alkalmazásáról, és milyen hozadékokat párosítanak ahhoz.

14. ábra: A precíziós technológia alkalmazásának pozitív hozadékai
(Forrás: Saját munka)



A felmérés számomra megerősítette azt a preconcepciómat, miszerint sokkal inkább a minőséggel, kiszámíthatósággal, üzleti hatékonysággal kapcsolatos előnyöket írják a technológia javára, míg a mennyiségi mutatók növekedését kevésbé hozzák összefüggésbe a digitális megoldások alkalmazásával.

6. Következtetések és javaslatok

A felmérésem eredményei és a feldolgozott irodalom alapján, úgy vélem, hogy a digitális megoldások alkalmazása még gyerekcipőben jár hazánkban.

Ez egyrészt talán magyarázható azzal, hogy a digitális megoldások alkalmazásával kapcsolatos ismeretanyagok még viszonylag szűk réteg számára érhetők el. Ugyan a rendelkezésre álló szakirodalmak száma egyre bővül, és egyre több konferenciát, szakmai rendezvényt szerveznek a témában, ezek többsége mégsem ér el a kis és közepes méretű szőlészeti -borászati vállalkozásokhoz. Ezt támasztja alá, hogy a felmérésem válaszadóinak közel 28%-a nem ismeri a precíziós termesztési technológiákat.

Másrészről magyarázható a magas bekerülési költségekkel, amelyet a gazdálkodók többsége nem tud magának megengedni. Azok körében viszont, akik érdeklődnek a téma iránt, és használják bizonyos elemeit az elérhető technológiai palettának, pozitív véleménnyel vannak annak megítéléséről. Ez magával hozhatja a pozitív fordulatot a precíziós szőlőtermesztés hazai alkalmazását illetően. Mindemellett a válaszokból is kiderült, hogy célzott állami támogatással és oktatással bizonyosan növelhető lenne a technológiát alkalmazó szőlészetek aránya.

Felmérésem során számos újabb kérdés és módszertani megoldás fogalmazódott meg bennem, amelyet azt gondolom, érdemes lenne a jövőben fontolóra venni. Egyrésztől mindenképp érdemesnek tartanám tágabb körben, több gazda bevonásával elvégezni a felmérést. Erre sajnos a megkeresett pincészetek többségének passzív hozzáállása nem adott alkalmat. Másrészről érdemesnek tartanám a felmérést nem csak online, de személyes megkeresések által is elvégezni.

Azt gondolom, a felmérés során több mérőszámot, konkrét adatot is hasznos lett volna kérni. Ilyen adat lehetne a megtermelt szőlőmennyiség t/ha értéke, a telepített fajták, alkalmazott ültetvényszerkezet, illetve az ott használt gépek és egyéb eszközök pontos meghatározása. Úgy vélem, hasznos lenne vizsgálni, hogy a technológia alkalmazása hogyan befolyásolja a működési költségek változását, milyen hatása van a munkaerő-igényre, illetve milyen befolyással van a szükséges növényvédelmi és állományfenntartási munkálatokra. Ezen felül hasznosnak találnám felmérni, milyen minőségi javulást tapasztalnak a szőlőben a technológia

alkalmazása kapcsán, milyen nehézségekkel találkozhatnak és milyen jövőbeli elképzelései vannak a gazdáknak.

Véleményem szerint a téma bőven hordoz még izgalmas és érdekes vizsgálati lehetőségeket, amelyeket akár MSc, akár PhD keretein belül is érdemesnek tartanék folytatni.

A technológia elterjedésének nemzetközi vonatkozásában azt gondolom, hogy Európa, Észak-Amerika, valamint az ázsiai régió fejlett országai gyorsabb ütemben fogják bevezetni és alkalmazni a precíziós termesztéstechnikai eszközöket. A kiegyensúlyozott és tervezhető piaci környezet mindenképpen kedvez a technológia adaptációjának, mindemelett a fejlesztési központok közelsége, a nyelvismeret, és a bőkezűbb kormányzati támogatások is a nyugati és a világ fejlettebb országai javára billentik a mérleg nyelvét.

A technológia előnyei és alkalmazásának pozitív hatásai véleményem szerint egyértelműek. Az egyre szélesebb körben alkalmazható, egyre több funkcionálitással rendelkező megoldások meglátásom szerint növekvő népszerűségnek örvendhetnek majd az idő előrehaladtával. A felhasználók pozitív visszajelzései, a használatból eredő tapasztalatok széles körben történő megosztása pedig segítheti a bizalom építését a technológia iránt.

Azt gondolom, hogy a termékek fejlődésével, az elérhetőbb árú eszközök és támogató szoftverek megjelenésével, valamint a beruházások anyagi támogatásával hazánkban is pozitív fogadtatása lehet a digitális megoldásoknak a szőlőtermesztésben.

7. Összefoglalás

Dolgozatomban a digitális és precíziós szőlőtermesztési megoldásokat, azok alkalmazási területeit és eszközeit mutattam be. Szándékomban állt, hogy nemzetközi és hazai példákat is bemutassak használatáról, így átfogó képet nyújtva az olvasónak a technológia nyújtotta lehetőségekről és azok felhasználásával kapcsolatos tapasztalatokról, gyakorlatokról.

A rendszerértelmezés fejezetben definiáltam, mit értünk precíziós szőlőtermesztési eljárások alatt, vagyis melyek azok az adatgyűjtési, feldolgozási és döntéshozatali eszközök, amelyek rendszerbe kapcsolásával sokrétű információt kaphatunk a talajról, az ültetvény környezetéről és a szőlőnövény állapotáról. A technológia használatához szükséges digitális eszközöket hét nagy csoportba rendezve mutattam be, a működésük leírásával és konkrét példákkal.

Ezt a digitális megoldások nemzetközi alkalmazásának és a technológia fejlődésének bemutatása követte. Céлом, hogy az olvasó képet kaphasson arról, milyen irányelvek mentén alkalmazzák a nagyvilágban a precíziós termesztési eljárásokat, valamint azonosítani azokat a fő területeket, ahol leginkább meghatározó a digitális eszközök használata. Elemzésemmel a precíziós szőlőtermesztési piac nagyságának bizonyos mérőszámait kívántam bemutatni, melyek segíthetnek világosabb képet kapni a világban tetten érhető fejlődési irányokról, és azonosítani a technológiában (mind fejlesztés, mind alkalmazás) előjáró országokat, régiókat.

Elemzésem másik fókuszterülete az Európai Unióban és Magyarországon alkalmazott mezőgazdasági támogatási rendszerek bemutatása volt, abból a szempontból, hogy milyen támogatási formákat, illetve motiváló tényezőket nyújtanak a kormányzatok a szőlőtermesztés digitalizációja érdekében. Érdekességgéppen három támogatott projekten keresztül tekintettem át milyen fejlesztések zajlanak az Európai Unióban a téma kapcsán, valamint a Magyarországon elérhető képzési és szolgáltatási lehetőségeket vettem szemügyre.

Végül, harmadik fókuszterületként néhány Magyarországon működő pincészet példáján vizsgáltam meg, hogyan viszonyulnak a magyar gazdák a technológia nyújtotta lehetőségekhez. Vizsgálatomban nem csak a gazdák által használt digitális eszközöket térképeztem fel, hanem azt is, milyen előnyeit és hátrányait látják a technológia bevezetésének, és milyen motiváló tényezők esetén döntenének az alkalmazás mellett.

8. Irodalomjegyzék

- 1 Agraragazat.hu - <https://agraragazat.hu/hir/miert-elengedhetetlen-egy-gazdalkodo-szamara-a-meteorologiai-allomas/> Letöltés ideje 2024.10.18.
- 2 Ammoniaci, M., Kartsiotis, S.-P., Perria, R., Storch, P. (2021): State of the Art of Monitoring Technologies and Data Processing for Precision Viticulture. *Agriculture* 11(3) <https://doi.org/10.3390/agriculture11030201>
- 3 BACCHUS Projekt Weboldala: <https://bacchus-project.eu/> Letöltés dátuma 2024.10.23.
- 4 Békési B., Seres J., (2020): Drónok alkalmazásának lehetőségei, *Repüléstudományi Közlemények* 32(3) 5-19 <https://doi.org/10.32560/rk.2020.3.1>
- 5 Bellvert J., Mata M., Vallverdú X., Paris C., Marsal J. (2020): Optimizing precision irrigation of a vineyard to improve water use efficiency and profitability by using a decision-oriented vine water consumption model. *Precision Agriculture* 22(4) 319-341 <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09718-2>
- 6 Bodor-Pesti P., Fazekas I., Varga Zs., Deák T. (2022): Precíziós technikák a szőlőtermesztésben, *Kertészet és Szőlészet*, 71(2) 6-8
- 7 Costa Ferreira A.M., Germain C., Homayouni S., Da Costa JP., Grenier G., Marguerit E., Roby JP. (2007): Transformation of high resolution aerial images in vine vigour maps at intra-block scale by semi-automatic image processing. *XVth International GESCO meeting* 20-23 June 2007, Porec, Croatia. pp.1372-1381
- 8 Digitális Jólét Program – Magyarország Digitális Agrárstratégiája: <https://digitalisjoletprogram.hu/hu/tartalom/das-magyarorszag-digitalis-agrar-strategiaja> Letöltés dátuma 2024.10.23.
- 9 Dimitri G.M., Trambusti A. (2024): Precision agriculture for wine production: A machine learning approach to link weather conditions and wine quality. *Heliyon* 10(11) e31648
- 10 DJI Agriculture - <https://ag.dji.com/de/t50/specs> Letöltés dátuma 2024.10.14.
- 11 Droneagro - <https://www.droneagro.hu/dji-agras-t50-permetezo-dron-86> Letöltés dátuma 2024.10.14.
- 12 Európai Bizottság - Mezőgazdasági és Vidékfejlesztési Főigazgatósága - https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/wine_hu Letöltés dátuma: 2024.10.23.
- 14 Európai Tanács – Közös Agrárpolitika: <https://www.consilium.europa.eu/hu/policies/cap-introduction/> Letöltés dátuma: 2024.10.23

- 15 Ferro M. V., Catania P., Micciche D., Pisciotta A., Vallone M., Orlando S. (2023): Assessment of vineyard vigour and yield spatiotemporal variability based on UAV high resolution multispectral images. *Biosystems Engineering* Vol.231 36-56
- 16 Franzen D., Mulla D.J., szerk: Zhang Q. (2015): Precision Agriculture Technology for Crop Farming: *A History of Precision Agriculture*, CRC Press 1-12.
- 17 Garcia-Tejera O., Bonada M., Petrie P.R., Nieto H., Bellvert J., Sadras V.O., (2023): Viticulture adaptation to global warming: Modelling gas exchange, water status and leaf temperature to probe for practices manipulating water supply, canopy reflectance and radiation load. *Agricultural and Forest Meteorology* Vol.331 109351
<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109351>
- 18 GPS.gov <https://www.gps.gov/systems/gps/space/> Letöltés dátuma 2024.10.14.
- 19 Hagymássy A., Vántus A., Csatári N., Rátonyi T., Ragán P., Harsányi E., (2020): A precíziós műtrágya kijuttatás műszaki vetületei. *Scientific Conference on Precision Agriculture & Agro-Informatics 2020 Conference Paper*
https://www.researchgate.net/publication/349212956_A_precizios_mutranya_kijuttatas_muszaki_vetuletei
- 20 Hajdu J. (2017): Veris MSP 3 mobil talajszkenner - *Mezőgazdasági Technika*, 58(3) (17-18)
- 21 HUNGAROMET Hivatalos Weboldala -
https://www.met.hu/ismertetok/NDVI_ismerteto.pdf Letöltés dátuma 2024.10.10
- 22 Hussain N., Farooque A.A., Schumann A., McKenzie-Gopsill A., Esau T., Abbas F., Acharya B., Zaman Q. (2020): Design and Development of a Smart Variable Rate Sprayer Using Deep Learning. *Remote Sensing* 12(24) 4091 <https://doi.org/10.3390/rs12244091>
- 23 Interreg - Central Europe - Transform 4.0 - <https://programme2014-20.interreg-central.eu/Content.Node/Transform4.0/D.C5.1-Business-meeting-with-EU-institutional-player.pdf> Letöltés dátuma: 2024.10.20.
- 24 International Organization of Vine and Wine - <https://www.oiv.int/what-we-do/statistics> Letöltés dátuma 2024.10.20
- 25 Jurišić M., Plaščak I., Barač Ž., Radočaj D., Zimmer D. (2021): Sensors and Their Application in Precision Agriculture. *TEHNIČKI GLASNIK* 15(4) 529-533 <https://doi.org/10.31803/tg-20201015132216>
- 26 Katona E. (2013): Térinformatika (Egyetemi Jegyzet) Szegedi Tudományegyetem
<https://www.inf.u-szeged.hu/~katona/gis.doc>
- 27 KITE - <https://www.kite.hu/tudastar/pellenc-ujdonsagok-precizios-megoldasok-a-szolotermesztesben/342> Letöltés dátuma: 2024.10.20
- 28 Kovács T. (2013): A kockázattitőke-befektetések hatása a gazdaságra (Doktori értekezés, Nyugat-Magyarország Egyetem) (26-54) 10.13147/NYME.2014.036

- 29 László I., Csornai G., Fekete I., Giachetta R. (2014): Távérzékelte felvételek elemzése - Eötvös Loránd Tudományegyetem, Informatikai kar, Egyetemi jegyzet (22-23)
- 30 Lőrincz A., Sz. Nagy L., Zanathy G, Bényei F., Fazekas I., Lukácsy Gy., (2015): Szőlőtermesztés (Budapest, Mediaworks Hungary Zrt.)
- 31 Market Research Intellect (2024): Raising the Bar: Top 5 Trends in the Precision Viticulture Sales Market - <https://www.marketresearchintellect.com/blog/raising-the-bar-top-5-trends-in-the-precision-viticulture-sales-market/> Letöltés dátuma: 2024.10.20.
- 32 Matese A., Di Gennaro S.F. (2015): Technology in precision viticulture: A state of the art review. *International Journal of Wine Research* vol7. 69-81 DOI: 10.2147/IJWR.S69405
- 33 Metos by Pessl Instruments - <https://metos.global/hu/soil-moisture-sensors/> Letöltés dátuma: 2024.10.17.
- 34 Morales-Castilla I., Cortazar-Atauri I.G., Cook B, Lacombe T., Parker A., Leeuwen C., Nicholas K.A., Wolkovich E.M. (2020): Diversity buffers winegrowing regions from climate change losses. *PNAS* 117(6) 2864-2869
- 35 Naio Technologies - <https://www.naio-technologies.com/en/ted/> Letöltés dátuma: 2024.10.18
- 36 Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ (2019): Munkaerőfelmérés, NAIK AKI-HNT – Forrás: https://www.hnt.hu/wp-content/uploads/2019/10/AKI_HNT_gyorsjelentés_2019.pdf
- 37 Oláh A. B. (2018): Precíziós szőlőművelés. *Agrarium7 honlapja*. Letöltés dátuma: 2024.05.31. forrás: <https://agrarium7.hu/cikkek/1226-precizios-szolomuveles>
- 38 Our World in Data - <https://ourworldindata.org/grapher/private-investment-in-artificial-intelligence-by-focus-area?country=AI+infrastructure+and+governance~Drones> Letöltés dátuma 2024.10.22.
- 39 OXIN Smart Machine - <https://www.oxin.nz/> Letöltés dátuma: 2024.10.18
- 40 Pantano Innovation - <https://www.pantano.io/rovitis40.html> Letöltés dátuma: 2024.10.18
- 41 Pellenc S.A.S. - <https://www.pellenc.com/en-gb/> Letöltés dátuma: 2024.09.30.
- 42 Pető J., Hüvely A., Vojnich V. J., Cserni I. (2017): Szőlőültetvény-telepítés előtti talajfizikai vizsgálatok értékelése a Duna-Tisza közén. *Gradus* 4(2) 156-161 https://gradus.kefo.hu/archive/2017-2/2017_AGR_011_Peto.pdf
- 43 Precedence Research (2024): Precision Viticulture Market Size, Share, and Trends 2024 to 2033 <https://www.precedenceresearch.com/precision-viticulture-market> Letöltés dátuma: 2024.10.20.

- 44 ProWein Business Report (2024): The Staff Shortage in the Wine Industry – The Worldwide Challenge of the Future.
https://www.prowein.com/en/Media_News/Press/Press_Releases/The_Staff_Shortage_in_the_Wine_Industry Letöltés dátuma: 2024.10.20.
- 45 Queen Mary University of London -
<https://www.qmul.ac.uk/media/news/2024/se/bringing-robotics-into-wine-making.html> -
Letöltés dátuma: 2024.10.18
- 46 Sacchelli S., Fabbri S., Bertocci M., Marone E., Menghini S., Bernetti I. (2017): A mix-method model for adaptation to climate change in the agricultural sector: A case study for Italian wine farms. *Journal of Cleaner Production* Vol.166 (891-900)
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.095>
- 47 Schmidt R. (2014): Tápanyag-kijuttatás a precíziós gazdálkodásban.
<https://www.agronaplo.hu/agrofokusz/20140218/tapanyag-kijuttatas-a-precizios-gazdalkodasban-31684> (Letöltés dátuma 2024.10.17)
- 48 Somkuwar R.G., Sharmistha N. (2024): Precision viticulture: a review. *Current Horticulture, Society for Horticultural Research and Development* 12(1) 23–34
<https://www.currenthorticulture.com/index.php/CURHOR/article/view/96>
- 49 Statista - <https://www.statista.com/statistics/897719/number-of-active-satellites-by-year/>
Letöltés dátuma 2024.10.10
- 50 Taranyi D. Lepej P., Taranyi D. Rakun J., Nagy B., Steckl Sz. Lukácsi Gy. Mikóczy N., Nyitrai Sárdy D. Á., Bodor-Pesti P. (2024): The Effect of Irrigation on the Vineyard Canopy and Individual Leaf Morphology Evaluated with Proximal Sensing, Colorimetry, and Traditional Morphometry *Horticulturae Basel* 10(7) 716. DOI:10.3390/horticulturae10070716
- 51 Vijayakumar V., Ampatzidis Y., Schueller J.K., Burks T. (2023): Smart spraying technologies for precision weed management: A review. *Smart Agricultural Technology* Vol6. A: 100337
<https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100337>
- 52 VitiGEOSS Project - <https://vitigeoss.eu/about-vitigeoss-project/> Letöltés dátuma: 2024.10.23
- 53 Vitirover Brochure - <https://www.vitirover.fr/robot> Letöltés dátuma: 2024.10.18
- 54 Wall-YE - <https://wall-ye.com/> - Letöltés dátuma: 2024.10.18
- 55 World Bank Data - <https://data.worldbank.org/> Letöltés dátuma 2024.10.18.
- 56 Yanmar - <https://www.yanmar.com/eu/campaign/2021/10/vineyard/>
Letöltés dátuma: 2024.10.18

9. Ábrajegyzék

1. ábra	NDVI színezés QGIS szoftverrel.....	9
2. ábra:	DJI Agras T50 permetező drón	12
3. ábra:	A Veris MP3 munkagép működés közben	14
4. ábra:	Magántőke-befektetések globális alakulása a mezőgazdasági technológiák piacán 2017-2023 között.....	23
5. ábra:	Magántőke-befektetések globális alakulása a drónok piacán.....	24
6. ábra:	Magántőke-befektetések alakulása a mezőgazdasági technológiák és drónok piacán 2022-2023 (EU&UK).....	24
7. ábra:	A precíziós szőlőtermesztés piacának eloszlása régióként.....	26
8. ábra:	A BACCHUS Projekt szüretelő és felmérő robotjai	29
9. ábra:	A felmérésben résztvevő pincészetek eloszlása borvidékenként.....	36
10. ábra:	A munkaerőhiány mértéke a technológiai ismeretek és alkalmazásuk függvényében.....	36
11. ábra:	A digitális technológiákat alkalmazó gazdaságok eszközei.....	37
12. ábra:	A precíziós technológia bevezetésének motiváló tényezői	38
13. ábra:	A digitális megoldások bevezetésének hátráltató tényezői	39
14. ábra:	A precíziós technológia alkalmazásának pozitív hozadéakai	40

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Oláh Ákos
A Hallgató Neptun kódja: COC3SX
A dolgozat címe: Digitális megoldások a szőlőtermesztésben
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Magyar Agrár -és Élettudományi Egyetem
A konzulens tanszékének a neve: Szőlészeti és Borászati Intézet - Szőlészeti Tanszék

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

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

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

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

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

- nem titkosított dolgozat a védelmet követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Budapest 2024. év Október hó 30. nap


Hallgató aláírása

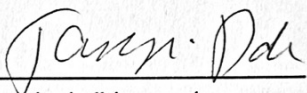
NYILATKOZAT

Taranyi Dóra Ágnes, Oláh Ákos (hallgató Neptun azonosítója: COC3SX)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre
javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: Budapest, 2024. év október hó 31. nap


belső konzulens