

Dr. Láng Vince – Veres Zsófia

# Precíziós gazdálkodás

E-Book

2018.

# Precíziós gazdálkodás

E-Book

Szerző: Dr. Láng Vince – Veres Zsófia

## Tartalom

|                                                                                                       |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Bevezetés a precíziós gazdálkodásba .....</b>                                                   | <b>4</b>  |
| 1.1. A precíziós gazdálkodási rendszer alapelemei.....                                                | 5         |
| 1.2. Szántóföldi kísérletek eredményei precíziós gazdálkodásban,<br>Kárpát-medencei környezetben..... | 7         |
| <b>2. Térinformatika és talajinformációs rendszerek .....</b>                                         | <b>12</b> |
| 2.1. Információk összekapcsolása különböző forrásokból .....                                          | 13        |
| 2.2. Adatmegjelenítés .....                                                                           | 13        |
| 2.3. A térinformatikai rendszer.....                                                                  | 15        |
| 2.4. A precíziós mezőgazdaságban használt legfontosabb adatok és adatbázisok.....                     | 16        |
| <b>3. Talajszkennerek és talajmintavételezés.....</b>                                                 | <b>22</b> |
| 3.1. Talajszkennerek.....                                                                             | 22        |
| 3.3. Talajminta-vételezés .....                                                                       | 24        |
| <b>4. Távérzékelés .....</b>                                                                          | <b>28</b> |
| 4.1. A távérzékelés multi-koncepciója.....                                                            | 30        |
| 4.2. A távérzékelés fő alkalmazási területei .....                                                    | 35        |
| 4.3. A távérzékelés további alkalmazási területei .....                                               | 37        |
| 4.4. Távérzékelési platformok összehasonlítása mezőgazdasági célú felhasználásra.....                 | 39        |

## 1. Bevezetés a precíziós gazdálkodásba

A mezőgazdaság történetében négy nagy technológiai forradalmat határozunk meg. Az első a gépesítéssel érkezett el, a második a génmódosítással, a precíziós gazdálkodás pedig a harmadik nagy mezőgazdasági forradalom kulcskomponense. A negyedik forradalmat jelentő technológiai újítás pedig az adatelemzés, adat alapú gazdálkodás lesz.

Az első jelentős technológiai újítások, melyek megalapozták a precíziós gazdálkodást a műholdas távérzékelés, légi távérzékelés és időjárás előrejelzés voltak, kiegészítve mindezt olyan műszaki megoldásokkal melyek lehetővé tették a differenciált dózisú inputanyag kijuttatást.

A precíziós mezőgazdaság egy hely specifikus eljárás, ami a gyakorlatban annyit jelent, hogy a megfelelő eljárást a megfelelő helyen, időben és mennyiségben alkalmazzuk. A precíziós gazdálkodás olyan műszaki, informatikai és termesztéstechnológiai alkalmazások összessége, amelyek lehetővé tesznek egy termőhelyhez alkalmazkodó termesztést, táblán belül változó művelést, ezáltal hatékonyabbá teszik a termelést. A technológia optimalizálja olyan inputanyagok felhasználását, mint műtrágya, növényvédő szerek, vetőmag, vagy üzemanyag, így a feleslegesen kijuttatott szerek csökkentésével segíti a környezetkímélő gazdálkodást.

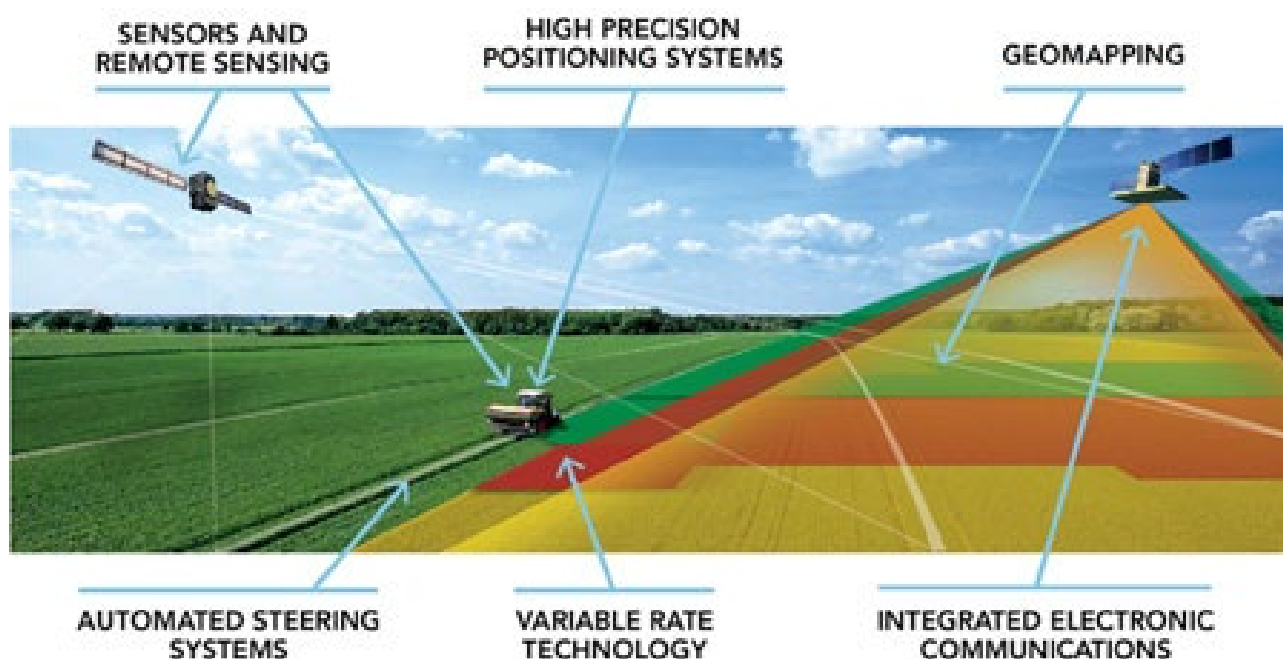
Míg a hagyományos mezőgazdaságban a táblák egységes műtrágya-, öntözés-, vagy vetés alatt állnak, addig a precíziós mezőgazdaságban ezek a táblák külön kezelendő beavatkozási zónákra különíthetők el, melyeken belül az adott zóna sajátosságai határozzák meg a megfelelő kezelést.

A precíziós mezőgazdaság egyik fő jellemzője, hogy a gazdálkodás minden szakaszában – adatgyűjtés, adatfeldolgozás, döntéshozatal, beavatkozás – kiemelt szerepet kapnak az infokommunikációs technológiák, a pontos mérések, a szabályozás és a számítógépes vezérlés. A technológia magába foglalja a távérzékelést, térinformatikát, geostatistikát, a növénytermesztés gépesítésének változását és az információs technológia vívmányainak behatolását a növénytermesztésbe.

A precíziós gazdálkodás koncepciója az 1980-as évekre eredeztethető és Az Egyesült Államokból indult. 1985-ben a Minnesota Egyetemen valósítottak meg változó dózisú talajjavítást. Ebben az időszakban kezdődött a rácsháló alapú talaj mintavétel, ahol egy hektáros rácshálókból történt a talajminták gyűjtése, majd elemzése. Az évtized vége felé pedig ezek a mintavételek lettek az alapjai az első változó dózisú inputanyag kijuttatásoknak. Később a hozamtérképezők és az azokhoz kapcsolódó GPS technológia segítettek elő a terjedést és további fejlődést. Manapság több millió hektáron folyik precíziós gazdálkodás világszerte. A technológia az USA-ban illetve Kanadában és Ausztráliában terjedt el legkorábban. Európában az Egyesült Királyságban és Franciaországban kezdték

el alkalmazni elsőként ezt a technológiát. Dél-Amerikában Argentína és Brazília a két úttörő nemzet. A leginkább elterjedt precíziós gazdálkodási technológiai elem a differenciált műtrágya kijuttatás. Az Egyesült Államokban a termelők előszeretettel alkalmazzák az inputanyag optimalizálás miatt, így műtrágyát csak olyan területre juttatnak ki, ahol arra valóban szükség van. Ezt a mennyiséget pedig sok esetben azokról a területekről spórolják meg, ahová egyébként nem szükséges a kijuttatás.

## 1.1. A precíziós gazdálkodási rendszer alapelemei



*Precíziós gazdálkodás koncepciója (Forrás: CEMA-agri.org)*

### Alapadatok, melyek a tervezést alapvetően definiálják

A precíziós gazdálkodáshoz elengedhetetlen a gazdálkodó vagy szaktanácsadó részéről az előre gondolkodás, a tervezés, hogy a megfelelő minőségű és mennyiségű adatok rendelkezésre álljanak a megfelelő időben. Ilyen adatok többek között az adott táblán termesztendő kultúra, a választott vetőmag tulajdonságai, karakterizációja, a termelő által elvárt (reális) hozam adott területen, illetve amennyiben van ilyen a termesztéstechnológia maximális költsége, mely lehetővé teszi a rentábilis termesztést.

Elengedhetetlen továbbá az alap térinformatikai állományok megléte, melyek alapján a talajmintavétel vagy a tápanyag-gazdálkodás differenciálása megvalósítható. Ez a legtöbb esetben talajmintavételi állományt és a talajminták laboratóriumi elemzésének eredményeit tartalmazza. Egyes esetekben talajmintavétel nélkül, hozamtérkép vagy biomassza térkép alapján is készülhet kezelési állomány.

### Szaktanács illetve annak traktorspecifikus változata

A térinformatikai állományok és mért talajparaméterek alapján általában szaktanácsadó, termelésvezető vagy agronómus által készített talajjavítási, műtrágyázási és vetési szaktanács, mely tartalmazza a felhasználásra kerülő anyagok típusát, összmenyiségét illetve a kezelési egységenkénti dózist. Ennek az állománynak szükséges előállítani a traktor vagy munkagép specifikus változatát is, ami a legtöbb esetben valamilyen térinformatikai alkalmazásban történik, amely lehetővé teszi a különböző fájlformátumokban történő kimentést. A legtöbb piacon lévő eszköz alkalmas shape fájlok fogadására is, azonban vannak olyan termékek, melyek csak a saját formátumukban exportált kezelési előírásokat fogadják el.



*Helyspecifikus inputanyag kijuttatásra alkalmas  
kezelőfelület munkagép vezérléshez*

### Helyspecifikus kijuttatásra alkalmas géppark

Az elkészült kijuttatási fájlok pontos felhasználásához elengedhetetlen egy a feladatra előkészített erőgép és munkagép kapcsolat. Ezek az eszközök minden esetben GPS vevővel felszereltek. A GPS megléte mellett szükséges hogy a kezelőszerv és a munkagép szakaszvezérlésre és terv szerinti változtatható dózisú kijuttatásra alkalmas legyen. Változtatható dózisú kijuttatásra lehetőségünk van többek között az alábbi eszközökkel:

- **Szilárd műtrágyaszóró** (az alap és fejtrágyák illetve a talajjavító anyagok differenciálásához)
- **Vetőgép** (Differenciált töszámú vetéshez illetve startertrágya differenciáláshoz is)
- **Vegyszerező** (Differenciált folyékony műtrágya kijuttatáshoz illetve vegyszerezéshez)



*Helyspecifikus tápanyagkijuttatásra alkalmas szilárd műtrágya szóró gép*

### Ellenőrzés és profitelemzés

A precíziós gazdálkodás nagy előnye hogy táblán belül lehetőségünk nyílik a költség és bevétel szintek elemzésére is. Ehhez elengedhetetlen egy hozamtérképező rendszerrel felszerelt arató cséplőgép. A hozamtérképeken a táblán belül változó elért betakarítási értékek láthatók, így többek között a tömeg, térfogat és nedvességtartalom. Ezek az adatok az év során felhasznált inputanyagok és üzemanyag felhasználási térképekkel egybe rendszerezve kirajzolják a profittérképet. Az idősoros több évre visszamenőleg rendelkezésre álló adatok pedig lehetőséget adnak a jól megalapozott döntéshozáshoz, mely akár egyes táblarészek termelésből való kivételét is jelenthetik.

## 1.2. Szántóföldi kísérletek eredményei precíziós gazdálkodásban, Kárpát-medencei környezetben

2016-ban különböző talaj és klimatikus viszonyok mellett 5 helyszínen került beállításra kukorica kísérlet, mely a termelők számára is elérhető szolgáltatást vette alapul a management zónák kialakításánál, a tápanyag és tőszám tervezésnél. A kísérlet célja az optimalizálás volt, így a zónáknak megfelelően állítottuk be az input anyagokat, hogy ne csupán a hozamot maximalizáljuk, hanem a profitot is.

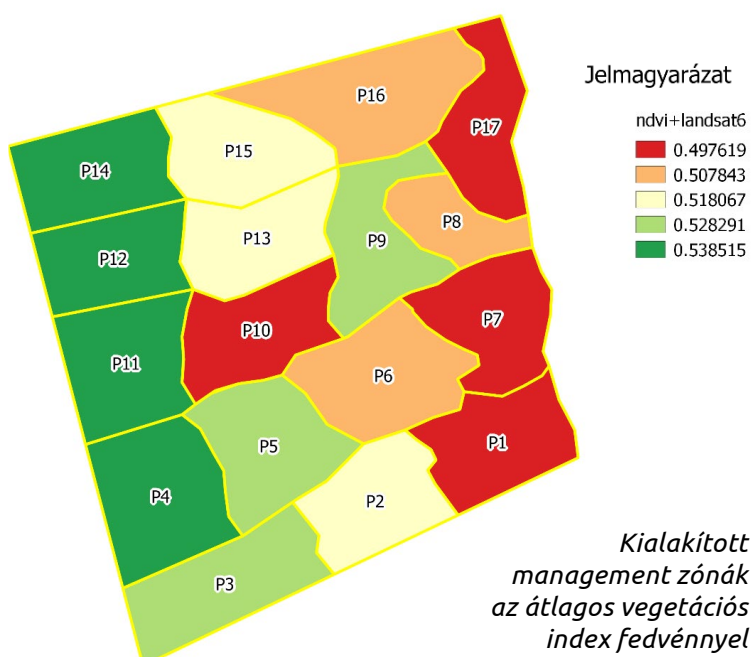
### A kísérlet tervezése

A kiválasztott helyszíneken minimum 20 hektáros táblákon kerültek beállításra a kísérletek, melyek célja a tábla szintű tápanyag-gazdálkodás összehasonlítása volt a management zóna alapú tervezéssel szemben. A kísérlet során 4 kezelési módot különítettünk el, melyek minimum 3 ismételtsben kerültek beállításra adott táblán, oly módon, hogy a lehetőségekhez mérten minden zónába minden kezelésből essen. Fontos kiemelni, hogy a tervezés során csak a nitrogénre történt differenciált kijuttatás, az őszi alaptrágyák differenciálás nélkül kerültek kijuttatásra. A kiválasztott táblák között jelentős heterogenitás és viszonylagos homogenitás is előfordult. Arany féle kötöttségi érték alapján agyagos és homokos között minden fizikai féleség előfordult a management zónák között. Kémhatást tekintve a gyengén lúgostól a savanyúig, a termőhely kategóriát tekintve 1-től 4-ig változtak a területek.

### A management zónák kialakítása

A management zónák kialakításánál archív műholdképekre és az azokból származtatott vegetációs index átlagára támaszkodtunk. Így lehetőségünk nyílt nem csupán egy-két év adatát felhasználni, hanem 4-5 év átlagával dolgozhatunk, így szinte minden kultúrát figyelembe véve, az évjárat hatást minimalizálva tudtuk kialakítani a zónákat. A zónák kialakításánál

lehetőségünk lett volna hozamtérképeket használni, azonban ez nem minden termőnél állt rendelkezésre. A talajszkennelést sem alkalmaztuk, mert ugyan nagy mennyiségű adatot gyűjt a tábláról, azonban azok nem feltétlen tükrözik többek között a mélyebb talajrétegekben, így a gyökérzónában lévő állapotokat, gondolva akár egy eketalp vagy akár egy eltérő textúrájú rétegre, melynek a vízgazdálkodás mellett több szempontból is komoly jelentősége van. A vegetációs index azonban megmutatja, hogy adott területen a növény, hogyan reagál adott talajállapokra és mindezt több év átlagában, így a talajmintavétel során azok a paraméterek kerülnek felderítésre, melyek a növény fejlődését valóban befolyásolják adott zónában.



### Talajmintavétel és input anyag tervezés

A lehatárolt management zónákból kompozit mintát gyűjtöttünk, GPS-szel felszerelt mintavevővel. A bővített laboratóriumi vizsgálatokat ugyanazon akkreditált laboratórium végezte. A mért talajparaméterek adták a tervezés alapját, az adott évi, vagy korábbi ve-

getációs indexeket direkt formában nem használtuk fel a kijuttatandó nitrogén tervezésénél, mert egy alacsonyabb vegetációs indexnek nem csupán a nitrogén lehet az oka, hanem egyéb paraméterek is. A tervezés alapját így minden esetben a talaj adta. A tápanyag tervezésénél a termelők számára is elérhető szolgáltatás gerincét adó tápanyag tervezési metodikát használtuk és a maximális hozam elérésre törekedtünk a beállított tőszám alapján. A tőszám beállítás során 27 paramétert használtunk, melyek a talaj mellett többek között magukba foglalják a hibrid karakterizációt és a környezeti változókat is.

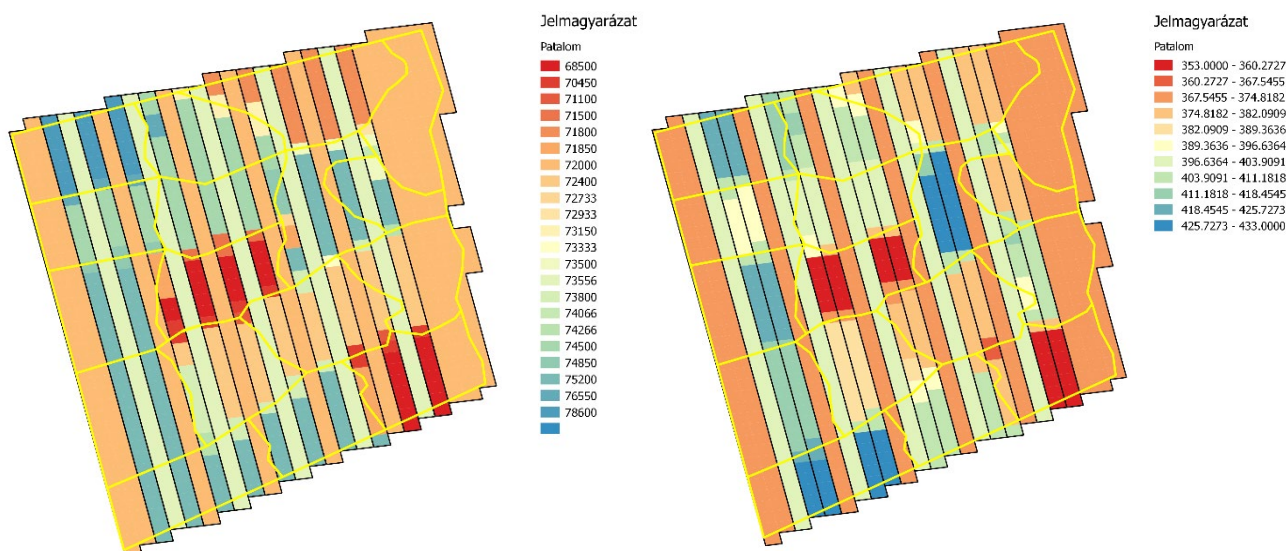
### A kísérlet beállítása

A kezelések szélességének beállításánál figyelembe vettük az adott termelőnél rendelkezésre álló és a kísérlethez elengedhetetlen munkagépek munkaszélességét (vetőgép, műtrágya szóró és/vagy permetező, kombájn) és azok legnagyobb közös nevezője adta a kezelések szélességét, így azok 24-90 méter között változtak, azonban minden táblában meg tudtuk valósítani a minimum 3 ismétlést (2. ábra). A kezelési egységekben a nitrogén és tőszám beállítás módszerét az 1. táblázat szemlélteti.

| Kezelés típus                    | Nitrogén pótlás                           | Tőszám                                                                 |
|----------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Üzemi                            | Talajminták alapján táblaátlagra vetített | Üzemi technológia szerint                                              |
| Differenciált nitrogén           | Management zónák alapján differenciált    | Maximális hozamra tervezve a talajminták alapján táblaátlagra vetített |
| Differenciált tőszám             | Talajminták alapján táblaátlagra vetített | Management zónák alapján differenciált                                 |
| Differenciált tőszám és nitrogén | Management zónák alapján differenciált    | Management zónák alapján differenciált                                 |

1. Táblázat: A kezelési egységekben a nitrogén és tőszám beállítás módszere

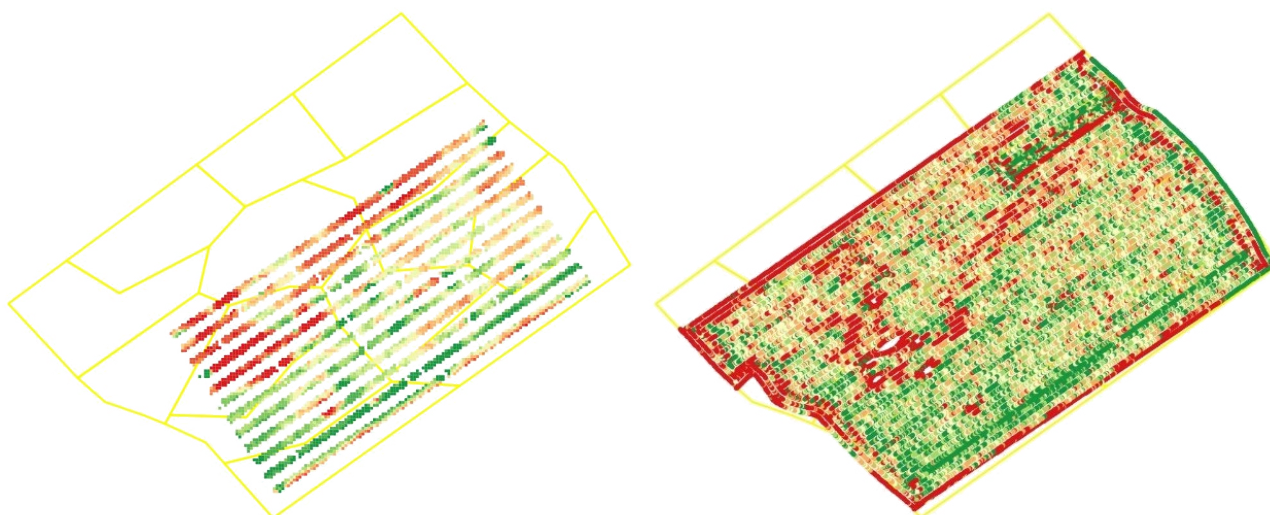
A 2. ábrán balról jobbra az alábbi kezelési egységek láthatók: 1. sor (narancssárga) üzemi technológia, 2. sor differenciált tőszám, 3. sor differenciált nitrogén, 4. sor differenciált tőszám és nitrogén, illetve ugyanebben a sorrendben mindez 5 ismétlésben, majd egy széles üzemi technológia attól a ponttól, ahonnan több ismétlés már nem megvalósítható. A kísérlet során a nitrogén dózist és a tőszám beállítást leszámítva a teljes tábla esetében az üzemi technológia került kivitelezésre, így az őszi alaptrágyázás, talajművelés, növényvédelem.



2. ábra Beállított tőszám és nitrogén dózis a kezelési egységekben, a management zónák körvonalával

## Eredmények

A betakarítás során kalibrált hozamtérképezős kombájnnal történt a hozamok mérése. A hozamtérképezési adatok felhasználásával nem csupán a tábla átlagában tudjuk vizsgálni az elért eredményt, hanem kezelésként, illetve management zónánként a különböző kezelések hatását, így megvizsgálva akár azt is, hogy mely zónában mi volt a magasabb hozam elérésének korlátja, illetve, hogy mely zónában, hogy alakulnak a gazdaságossági mutatók kezelési egységenként.



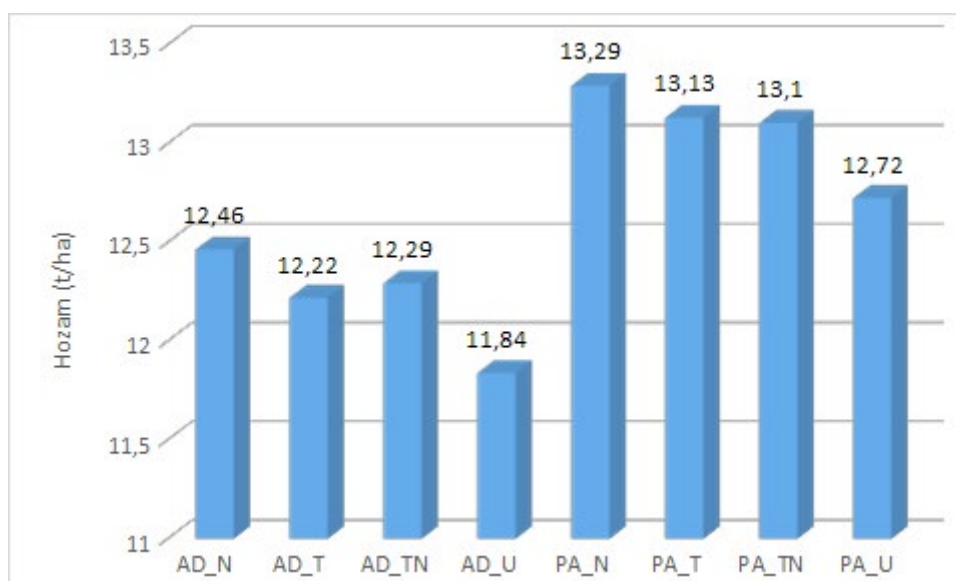
3. ábra: Nyers (bal) és szűrt (jobb), statisztikai elemzésre előkészített hozamtérkép

A hozamtérképek értékelésénél a hozamtérképeket először hibás mérési eredményekre szűrtük, majd a táblaszéleket, forgókat elhagyva vizsgáltuk az adatokat, oly módon, hogy azokat a területrészeket is elhagytuk, ahol a kombájn a 2 kezelési egység szélét egyben takarította be (3. ábra) Így lehetőségünk nyílt kizárólag azokat az adatokat vizsgálni amelyek tisztán adott kezelési egységbe estek az adott zónában.

Az eredmények értékeléséhez elengedhetetlen, hogy ismerjük az üzemi technológia és a differenciált kijuttatás input különbségeit. A vizsgált táblákon, a kijuttatott magszámot tekintve, amennyiben a teljes tábla differenciáltan került volna vetésre, összesen 20 hektáronként 40-50000 maggal több került volna elvetésre. A vizsgált táblák mindegyikében a különbség ezen az intervallumon belül mozgott, egy táblát kivéve, ahol ez a szám 2000 kivetett mag különbség volt. Nitrogén kijuttatást tekintve pétisó esetében a különbség 20 hektáros területre vetítve összesen 1500-2400 kg között változott, míg Nitrosol esetében 2500 kg volt a különbség a differenciált kijuttatás terhére. Ez átlagos árakkal számítva hektáronként 6-8000 forintos többlet költséget jelent.

A hozameredményeket tekintve, táblaátlagokban az elért hozamnövekedés 600-700 kg körül alakult. A következő ábra két helyszín hozameredményeit mutatja, jól látszik, hogy a helyszínek esetében a nitrogén differenciálásával tudtuk elérni a legmagasabb hozamot. Az üzemi technológia minden esetben a legalacsonyabb átlag hozamot eredményezte.

A tőszám beállítások során figyelembe vett változók közül 2017-ben a csapadék mennyisége nem jelentkezett limitáló tényezőként. A kísérleti területeken mind a csapadék eloszlása, mind a mennyisége a kukorica szempontjából ideálisnak mondható. A hazai kontinentális klímán alkalmazott tőszám-modell szerepe és célja kettős: termésmenővelő hatás (művelési zónánként meghatározni az ideális tőszámot, elkerülni a tövek közötti versengést, kihasználni az adott művelési zónában rejlő potenciált), valamint a termelő kockázatának csökkentése. Klimatikus és talajtani tényezőkkel szembeni kockázatcsökkentés egyértelműen az óvatosság, alacsonyabb tőszámok felé mozdítja el a kalkulációt, míg a termésmenővelés célja tőszám növelést (területegységre jutó termő tövek száma) eredményezne. A két ellentétes folyamat egyensúlyát állítja be a kalkulációnál



4. ábra Átlag hozamok a különböző kezelések és helyszínek esetében  
N: tápanyag, T: tőszám, TN: tápanyag és tőszám, U: üzemi technológia)

használt 27 tényező. Egy aszályos évben is biztonságot nyújt a kalkulált tőszám a termelőnek, míg egy nedves, csapadékosabb évben is bizonyos termésnövekedést eredményez. 2017-ben a kockázat kisebb volt, így a termés növekedését elsősorban a rendelkezésre álló tápanyag határozta meg, a meddő tövek száma minimális, mondhatni nulla volt.

A management zónákat külön vizsgálva megállapítható, hogy a hozam változás a differenciált kezelések és az üzemi technológia között igen eltérő. 1,4 tonnás növekedés volt a legmagasabb és 100 kilogrammos hozamcsökkenés volt a legalacsonyabb érték. A területek különböző tápanyagellátottságát megvizsgálva, megállapítható, hogy azokon a területeken ahol a nitrogén mellett nem volt más hozamot korlátozó makroelem, magasabb hozamnövekedés volt elérhető. Azokban a zónákban amelyekben a foszfor vagy a kálium ellátottság mint korlátozó, kisebb különbség volt mérhető a kezelések között. Ezek alapján is megállapítható, hogy csupán a nitrogén differenciálásával nem lehet maximálisan kielégíteni a különböző zónák közötti különbségeket, szükséges az őszi alaptrágyázás differenciálása is a maximális hozamnövekedés eléréséhez, és a különböző zónák tápanyag-ellátottságának kiegyenlítéséhez.

## 2. Térinformatika és talajinformációs rendszerek

A térinformatika (GIS – Geographical Information System) földrajzi adatok elemzésére kidolgozott speciális információs rendszer. A földrajzi információs rendszer egyaránt használ helyzeti és leíró adatokat, valamint lehetővé teszi műveletek térbeli elemzésének elvégzését. A GIS tehát egy olyan számítógépes rendszer, melyet földrajzi helyhez kapcsolódó adatok gyűjtésére, tárolására, kezelésére, elemzésére, a levezetett információk megjelenítésére, a földrajzi jelenségek megfigyelésére, modellezésére dolgoztak ki. A GIS egyetlen rendszerbe integrálja a térbeli és a leíró információkat – alkalmas keretet biztosít a földrajzi adatok elemzéséhez. A térinformatika vagy geoinformációs rendszer (az angol GIS – Geographical Information System) utal mind a földrajzi információs tudomány kifejezésre (GIScience), mind az ezen rendszereket tanulmányozó tudományágra, szélesebb körben a geoinformatikára. Általánosságban a GIS tekinthető a hardver, szoftver és módszerek rendszerének, amely segíti a komplex tervezési és irányítási feladatok megoldására szolgáló térbeli adatok gyűjtését, kezelését, feldolgozását, elemzését, a modellezést és a megjelenítést. A GIS alkalmazások olyan eszközök, melyek lehetővé teszik a felhasználók számára interaktív lekérdezéseket (felhasználó által létrehozott keresések), térbeli információk elemzését, a térképen szereplő adatok szerkesztését végül pedig a különböző műveletek eredményeinek bemutatását. A GIS számos különböző technológiára, folyamatra és módszerre utalhat. Jelen van mind a mérnöki, tervezési, irányítási, szállítási, logisztikai, biztosítási, távközlési és üzleti tevékenységek területein és műveleteiben is.

A GIS összekapcsolhat egymáshoz nem kapcsolódó információkat a hely, mint kulcs változó index használatával. A különböző helyek vagy kiterjedések a Föld tér-idő rendszerében rögzíthetők dátum/időpont formájában, valamint x, y, és z koordinátákkal melyek a hosszúsági, szélességi és magassági értékekre utalnak. Minden Föld alapú térbeli-időbeli helynek és kiterjedésnek kapcsolódnia kell egymáshoz, végső soron pedig egy 'valós' fizikai helyhez vagy mértékhez. A GIS ezen kulcsfontosságú jellemzője nyitott új utat a tudományos kutatásoknak.

## 2.1. Információk összekapcsolása különböző forrásokból

A GIS a térbeli-időbeli helyet használja kulcs index változóként minden más információhoz. Csakúgy, mint egy szöveges vagy számértékeket tartalmazó adatbázis, a GIS is különböző táblázatokat alkalmazhat a közös kulcs index változók használatával. A kulcs a hely és/vagy mértékben rejlik. Minden változó, ami elhelyezhető a térben, hivatkozhat valamire a GIS segítségével. A különböző helyek és kiterjedések a Föld tér-idő rendszerében rögzíthetők az előfordulás dátumának/idejének felvételével, valamint x, y, z koordinátákkal, melyek a hosszúsági, szélességi és a magassági értékeket jelentik. Ezek a GIS koordináták képviselhetnek más egyéb számszerűsített idő-térbeli rendszereket (pl: áramlásmérő állomás, autópálya mérföldjelző, földmérő referenciaérték, épület címe). Az térbeli-időbeli adatokra alkalmazott mértékegységek széles körben változnak (még akkor is, ha pontosan ugyanazt az adatot használjuk). Végsősoron, minden Föld alapú tér-időbeli helynek és kiterjedésnek kapcsolódnia kell egymáshoz és egy 'valós' fizikai helyhez. A pontos térbeli információkkal a 'valós' világ, a múltbéli vagy kivetített jövő órasi változatossága válik értelmezhetővé, elemezhetővé és reprezentatívá.

## 2.2. Adatmegjelenítés

A GIS célja a valós világ leképezése, melynek módját minden esetben meg kell határozni. A GIS adatok valós objektumokat jelenítenek meg (mint utak, földhasználat, magasság, fák, vízi utak stb.) digitális adatokkal. Ezek a valós objektumok két csoportra oszthatók: meghatározható objektumok (pl. egy ház) és folyamatosan változó mezők (mint például a csapadék mennyisége vagy a magasság). Az objektumok leírása (helyzet, méret, alak) geometriai alapelemek segítségével történik: pont, vonal, felület és rádspontok alkalmazásával. Pont adatok lehetnek például fák, szobrok, források, vonal adatok a különböző vízrajzok, úthálózatok vagy vezetékek, míg felületnek számít a területhasznosítás, a különböző talajtípusok vagy a beépítettség. Ezen pontok, vonalak és felületek helyzetét a geometriai adatok jellemzik (pl. földrajzi koordináták, utcanév és házszám), tulajdonságait, minőségét pedig az attribútum adatok (pl. fa fajtája, oszlopok anyaga, építés éve, talaj típusa) tartalmazzák.

A térinformatikai rendszerek tematikus rétegekbe (layer) rendezve tárolják az adatokat, különböző adatmodellek alapján. Az egyik adattárolási forma a vektoros a másik a raszteres.

A **vektoros** tematikus rétegek topológikusan összeszervezett objektumokból és a hozzájuk kapcsolódó tulajdonságokat leíró táblázatokból állnak. Elemtípusai a pont, a vonal és a poligon. A pont  $x, y, (z)$  koordinátával meghatározott, területtel nem rendelkező objektum. Általában akkor használjuk, ha az általa jelölt valós objektum túl kicsi lenne a térképen vonallal vagy poligonnal megjelenítve. Egy pont lehet kezdő- és végpont (node), vagy csomópont és töréspont is (vertex). A vonal tulajdonképpen koordináta párok sorozata, ami bizonyos vonalas objektumot reprezentál. Nem rendelkezik szélességgel és területtel sem, azonban van iránya. A poligon vonalakkal határolt, területtel rendelkező objektumtípus. Zárt alakzat, határvonala egységes területet zár közre, mint például egy tó, vagy egy megye. Topológikusan vonalak sorozatával írható le, a vonalak a poligonok határvonalait alkotják.

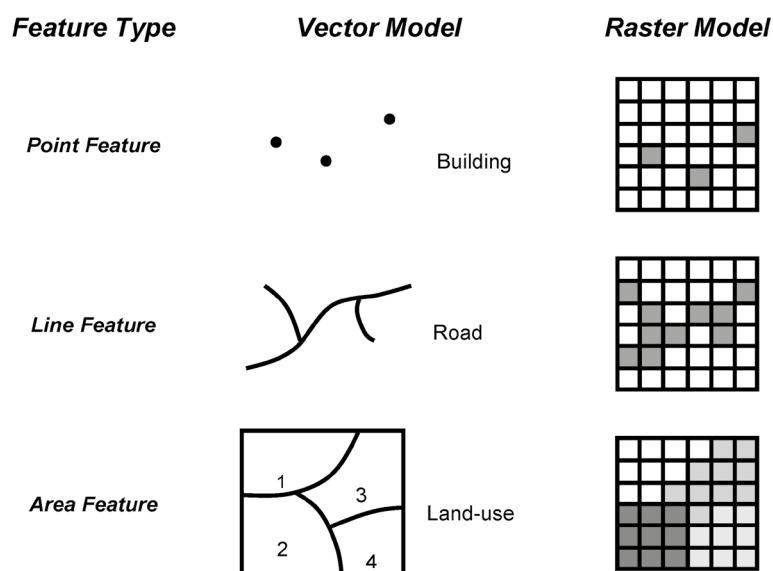
A vektoros adatmodellekben a leíró adatok tárolása táblázatban történik, melyek lehetnek shapefile-ok, adatbázisok vagy egyéb tárolási formák mint például egy excel vagy egy text file.

A GIS egyik leggyakrabban használt vektoradat formátuma az ún. shapefile (shp) formátum, melyet az ESRI fejlesztett és szabályoz. A shp formátum képes térben leírni a vektoros jellemzőket. Minden elemhez általában tartozik egy attribútum, ami leírja annak jellemzőit (pl. név, hőmérséklet). Az alakzatok (pontok, vonalak, poligonok) az attribútumokkal együtt a földrajzi adatok végtelen számú ábrázolását hozhatják létre. Egy shapefile-ben csak egyféle típust tudunk kezelni, így már munkánk elején meg kell terveznünk, milyen elemeket akarunk az adott állományban tárolni (pont vagy vonal vagy poligon).

A shapefile elnevezés meglehetősen gyakori, azonban félrevezető lehet, mivel a formátum különböző fájlok gyűjteményéből áll, amelyek ugyanabban a könyvtárban tárolódnak. Egy shapefájl három kötelező eleme a .shp, .shx és a .dbf fájlnev kiterjesztések. A tényleges shapefájl kifejezetten a .shp fájlra vonatkozik, ami a geometriai adatokat tartalmazza, azonban ez önmagában nem elengedő a többi támogató fájl nélkül. A .dbf kiterjesztés a leíró tartalmat, míg a .shx kiterjesztés a mutató (pointer) fájlt tartalmazza. További kiterjesztések még a .sbn, .sbx, melyek térbeli indexek, a .xml ami metaadat tartalommal rendelkezik vagy a .prj ami a koordináta rendszer információkat hordozza magában. Egy attribútumtábla sorokból és oszlopokból áll, melyek tartalmazhatnak alfanumerikus karaktereket, betűket, számokat, dátumokat vagy valamilyen logikai egységet.

A másik adattárolási forma a raszteres adatmodell. A raszter a síkot egy rácshálószerű rácselemekre (cellákra), képpontokra (pixelekre) bontja, így egy  $N$  sorból és  $M$  oszlopból álló képmátrixként reprezentálja. A vizsgált terület minden pontjáról ad információt, tehát teljesen kitölti a rendelkezésre álló teret. Emellett fontos még, hogy a cellák minden esetben tartalmaznak értéket (esetenként NoData). Minden raszternek legalább egy ré-

tege van, de ez lehet több is. A raszterek, vagy azok rétegei között számtalan művelet végezhető mint például vegetációs indexek számolása, talajerózió számítás. A gyorsabb megjelenítés érdekében ezek a raszter rétegek egymásra építhetők. Raszteres formátumban tároljuk a különböző űrfelvételek, légifelvételek, képek, szkennelt képek vagy tematikus raszterek adatait.



*Különböző térinformatikai adattípusok és azok összehasonlítása*

A **raszter** típusú adatok tárolása grid-eken keresztül valósul meg, ami szintén az ESRI által kifejlesztett, diszkrét és folytonos raszter adat tárolására kialakított formátum. Diszkrét adatok tárolásánál az egész számokkal tárolt értékek a raszter attribútumtáblájában tárolódnak. Folytonos raszterek esetében nem beszélhetünk ilyen attribútumtábláról.

A vektoros és raszteres adatok között lehetőség van az átjárásra. Egy vektoros adatmodell könnyen alakítható raszteres formátummá, mind manuálisan, mind automatizálva.

A vektoros információk ekkor a raszter felbontásának megfelelő méretű képelemmé konvertálódnak. Visszafelé, a raszter vektorrá alakítása már problémásabb művelet, hiszen egy összetett, nehezen automatizálható folyamatot rejt magában. A manuális módszerek gyakori hibákhoz (pl. vonalszakadás) vezethetnek, szögletességet eredményezhetnek.

## 2.3. A térinformatikai rendszer

Az adatok bevitele megvalósulhat hagyományosan, analóg módon tárolt térbeli adatok digitalizálásával, pl. térképek, alaprajzok, papír légifelvételek adattartalmának bevitelével digitális tábla, szkennelés vagy képernyőről történő digitalizálás segítségével. Megvalósulhat továbbá meglévő digitális adatok rendszerbe illesztése révén (távérzékelte felvételek és azok elemzési eredményei, ortofotók, GPS track, lézer pontfelhő, stb.)

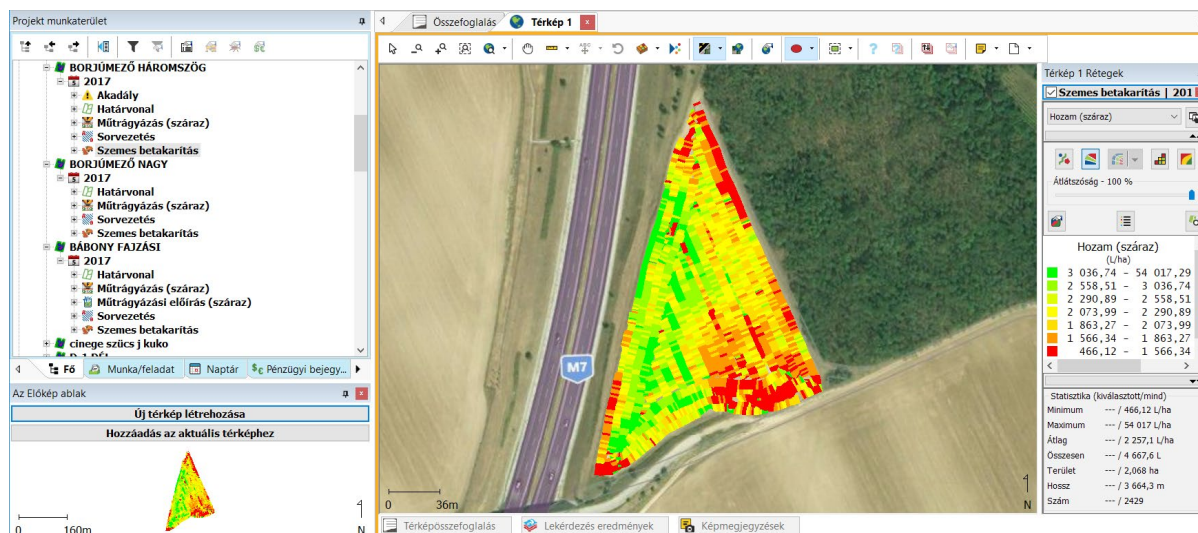
Az adatnyerés típusai elsődlegesen lehetnek hagyományos földi mérések, műholdas helymeghatározások, fotogrammetria vagy távérzékelés, vagy másodlagosan analóg-digitális konverzió, adatvásárlás vagy levezetett/származtatott adatok.

Egy GIS rendszerben fontos a bevitt adatok rendszerezett tárolása. Ez megvalósulhat rétegekbe szervezett térbeli adatok (vektor/raszter formátumok), relációs adattáblákban tárolt leíró adatok (attribútumok) vagy adatbázisban történő tárolás révén.

Egy térinformatikai rendszer alkalmas az adatok szerkesztésére, elemzések készítésére, új információk levezetésére, ilyen például: az elemek azonosítása, a különböző lekérdezési műveletek, feltétel(ek) alapján, a statisztika, a térképi algebra, a térbeli műveletek egy digitális térképi rétegen belül/rétegek között vagy egyéb konverziók, stb. Választ adhat a következő kérdésekre; mi van egy adott helyen, hol van az a valami amit keresek, hogyan juthatok el egyik helyről a másikra, változott-e valami a vizsgált időszakban, ha igen mi változott/milyen mértékben, milyen térbeli minták fedezhetők fel a vizsgált területen.

A GIS egyik legnagyobb eredménye az adatok megjeleníthetősége, a különböző térképi kimenetek készítése (layout), jelentések készítése grafikonok, táblázatok segítségével illetve a webes megjelenítések.

## 2.4. A precíziós mezőgazdaságban használt legfontosabb adatok és adatbázisok



*Precíziósan gazdálkodó termelő térinformatikai állománya a különböző adattípusokkal*

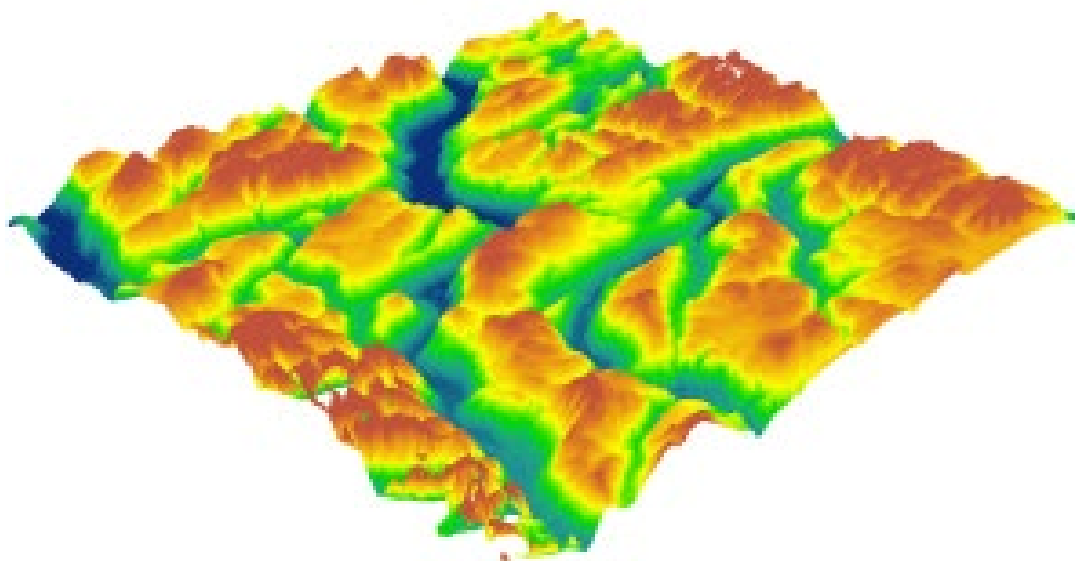
Egy precíziós gazdálkodási rendszerben különböző térinformatikai és távérzékelési adatok állnak rendelkezésre melyek mindegyike hozzájárul az optimalizált működéshez, tervezéshez és döntéshozáshoz. Ezek egy adatbázisba rendszerezhetők és az aktuális igényeknek megfelelően felhasználhatók a döntéstámogatáshoz. Minél nagyobb az adatbázis az adatok diverzitását és időbeliségét tekintve annál megalapozottabb döntéseket hozhatunk.

**Táblakörvonalak:** Minden precíziós gazdálkodási rendszer alapja, hogy a táblák helyét pontosan ismerjük. Ennek alap adata a táblák körvonalát tároló shape file, mely egy felület típusú vektor állomány. A legtöbb esetben ez a vektor állomány az erőgép általi adatrögzítéssel jön létre, amikor valamilyen munkafolyamat elején az erőgép körbejárja a tábla pontos területét. Másik lehetőség, amikor nagy precízitású terepi GPS készülékkel rögzítjük a sarokpontokat vagy a teljes körvonalat ezáltal létrehozva az állományt. Emellett lehetőség van műholdkép alapján is digitalizálni az állományt azonban ennek a pontossága nem közelíti meg a terepen felvett adatokét. Ilyen esetben egy alkalmazási térkép készítésénél érdemes a tábla körvonalát megnövelni, hogy a digitalizálásból eredő hibák miatt, ne történjen ki maradó kezelés a táblán belül. A korábban felsoroltakon túl, rendelkezésre állhat az állami földmérési intézményeknél ún. kataszteri térkép is, mely tartalmazza a földmérők által felvett sarokpontokat. Ezek szintén felhasználhatók a tábla körvonalának létrehozásához, azonban a ténylegesen művelt terület és az eredeti kataszteri terület eltérhet egymástól, így ez is hibára adhat okot.

**Akadályok, utak:** A táblakörvonalakon kívül érdemes a táblán belül előforduló állandó akadályokat és esetleges művelő utakat is rögzíteni, melyek helyzete évről évre állandó. Ezek lehetnek pont, vonal, vagy felület állományok is. Pont állományra jó példa az öntözéshez használt hidrások, vonal lehet például a táblán belüli árkok, felület pedig egy-egy facsoport vagy régi tanyahely. Ezek pontos ismerete mellett az automata kormányzással felszerelt erőgép az akadályokat automatikusan el tudja kerülni, így csökkentve a baleset lehetőségét. Ezeknek a rögzítése a táblahatárhoz, hasonlóan az előbb említettekhez, megvalósulhat terepi GPS készülékkel történő rögzítéssel, vagy műholdképről történő digitalizálással.

**AB vonalak:** Az AB vonalak azokban a precíziós gazdálkodási rendszerekben fontos adatok, ahol az erőgépek automata kormányzással is fel vannak szerelve. Az AB vonal minden esetben vonal típusú shape fájl, illetve egy kezdeti és végponti koordináta párnak felel meg. Ennek a rögzítése a legtöbb esetben az erőgéppel történik, de ugyanúgy történhet terepi GPS-szel vagy digitalizálással is. Az AB vonal azt az egyenest adja meg, melyhez az erőgép igazodik a munkavégzés során, ezáltal az AB vonal az adott évi művelési iránnyal és - az esetek nagy többségében - a tábla egyik oldalával párhuzamos.

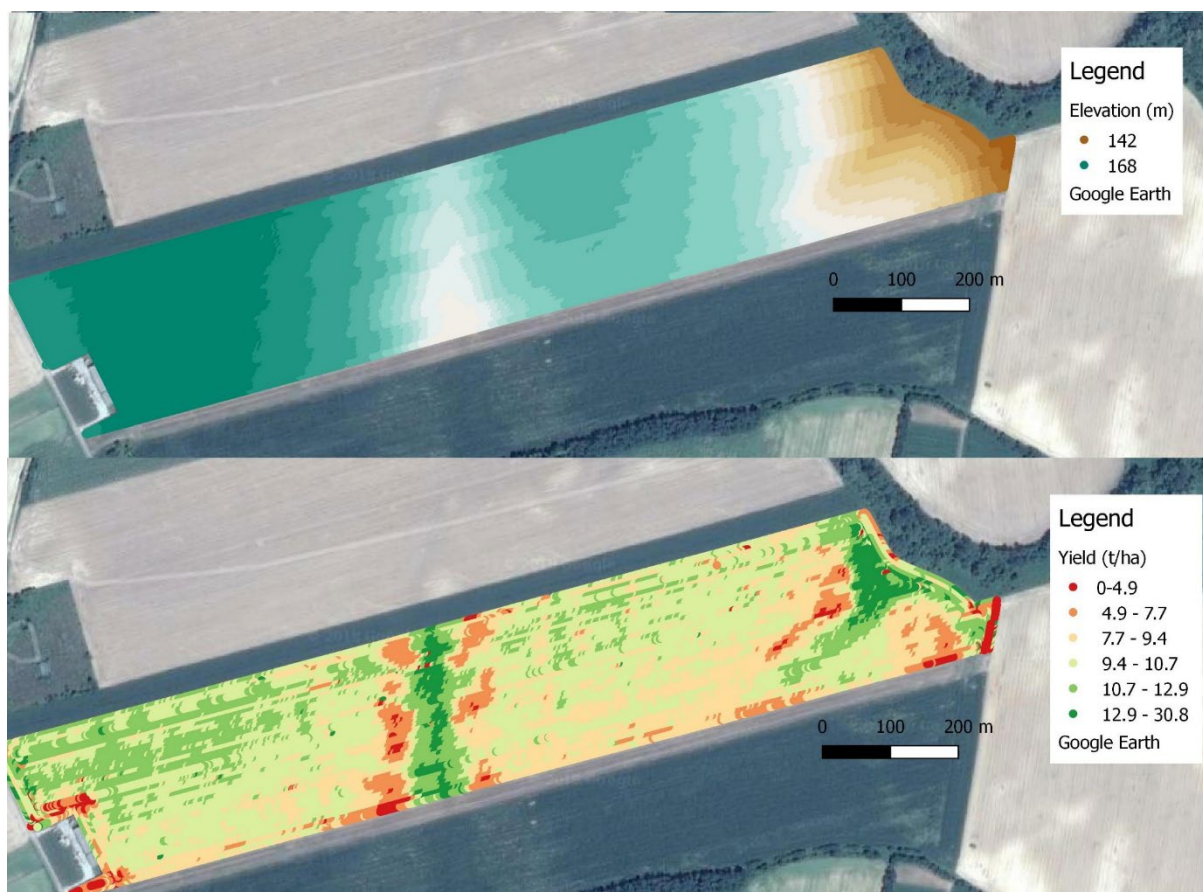
**Domborzatmodellek:** A domborzatmodell a precíziós gazdálkodás egy olyan alap térinformatikai állománya, amely több esetben is a tervezés alapja lehet. Domborzatmodell rendelkezésre állhat vektoros pont állomány formátumban (pl. erőgép által rögzített) vagy raszteres formátumban is (pl. ingyenesen hozzáférhető globális domborzatmodellek).

*Domborzatmodell 3 dimenzióban ábrázolva*

Az állomány minden egyes pontja vagy pixele a tengerszint feletti magasság adatát tartalmazza. Mind az erőgépek mind a hozamtérképezővel felszerelt arató-cséplő gépek alkalmasak domborzatmodell térinformatikai állomány rögzítésére. Ezek az adatbázisok igen nagy pontsűrűséggel bírnak, ezáltal a térbeli felbontásuk is igen jó, alkalmasak lehetnek akár a mikro domborzat vizsgálatára is. A globális domborzatmodellek ingyenesen letölthetők több forrásból is, azonban ezeknek a térbeli felbontása jóval rosszabb, mint a munkagép vagy erőgép által rögzített állomány. Az ingyenesen hozzáférhető állományok jelenleg elérhető legjobbjai is 30x30m-es térbeli felbontással bírnak.

A domborzatmodellek esetében nem feltétlen a tengerszint feletti magasság az az információ, amely igazán hasznos lehet, hanem az ebből térinformatikai szoftverben származtatható egyéb domborzati paraméterek. Ilyenek lehet például a lejtőszög, mely az adott terület lejtőmeredekségének értéke és szoros összefüggést mutat a terület talajviszonyaival, vízellátottságával, eróziós veszélyeztetettségével. Szintén domborzatmodellből számítható információ a lejtőhossz is, mely az erózió veszélyes területeken bírhat nagy jelentőséggel.

További fontos származtatható paraméter a topográfiai nedvességindex vagy az összefolyás. Ezek az értékek elsősorban a táblán belüli nedvességgazdálkodásra utalhatnak, információt szolgáltatva akár a belvíz veszélyeztetett területekről, vagy a magasabb terméspotenciálú területekről ahol a talajnedvesség jobban rendelkezésre áll a növények számára, révén hogy itt akkumulálódik a nedvesség. Ezek alapján egy aszályos évben is magasabb és jobb minőségű hozamot várhatunk el. A több éves hisztorikus adatokkal rendelkező gazdaságoknál sok esetben tapasztalható, hogy a domborzatmodell és a hozamtérkép - főleg aszályos években - igen jó korrelációt mutat. A mélyebb fekvésű területeken magasabb hozam realizálódik, míg a magasabb, gyengébb vízellátottságú területeken alacsonyabb mennyiségű vagy rosszabb minőségű a betakarított termés.



*Domborzatmodell és hozamtérkép. Jól látható a kettő közötti korreláció aszályos évben*

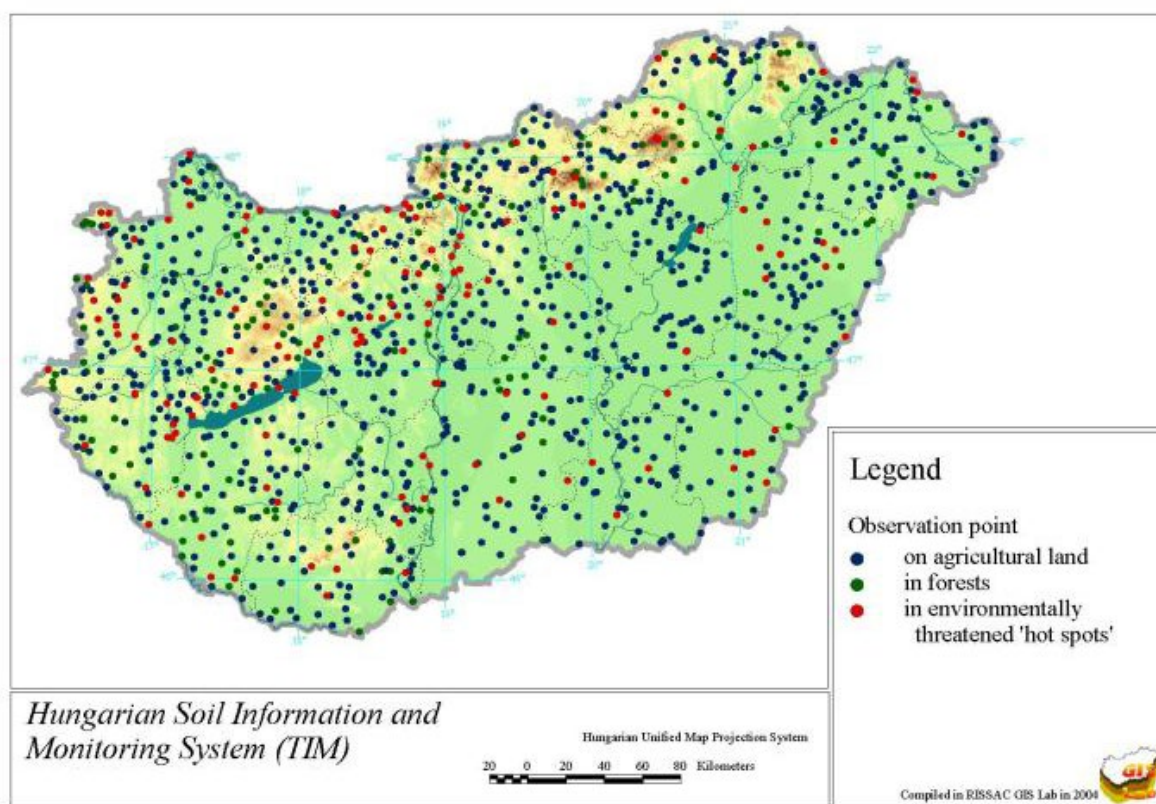
### Archív talajinformációs rendszerek

Sok országban vagy régióban már a múlt században is jelentős területen történt talajtérképezés vagy valamilyen szintű talajinformáció gyűjtés. Ezek az adatok változó minőségben és változó léptékben állnak rendelkezésre, sok esetben papír alapon, nem digitalizált, térinformatikai állományba gyorsan illeszthető módon. Alapvetően megkülönböztethetünk főleg pont adatokat tartalmazó állományokat, (pl. talajszelvények, vagy fúrt talajminták) melyek a talaj morfológiai, fizikai, és kémiai paramétereit tartalmazzák, illetve olyan térképi állományokat, melyeken a talajtípusok, vagy valamilyen fizikai, kémiai talajtulajdonságok vannak ábrázolva, azok térbeli kiterjedésével együtt. Ezeknek a térképi állományoknak a léptéke azonban a legtöbb esetben nem alkalmas arra, hogy precíziós gazdálkodási rendszerben használjuk, mivel céljuk az esetek nagy többségében nem a táblán belüli változatosság elkülönítése volt, hanem egy-egy régió talajviszonyainak megismerése és térképezése különböző tervezési vagy döntéshozói céllal.

### Talajinformációs és monitoring rendszer

Jó példa a magyarországi Talajvédelmi Információs és Monitoring rendszer (TIM) a pontvektor állományban rögzített talajadatbázisra. Az adatbázis nagyságrendileg 1200 talajszelvény adatait tartalmazza, melyek első feltárására 1992-ben került sor. Ekkor minden

egyes előre kijelölt ponton úgynevezett talajszelvény került feltárásra, mely alkalmas a talaj morfológiai, fizikai és kémiai paramétereinek vizsgálatára genetikai szintekben vagy rétegekben.

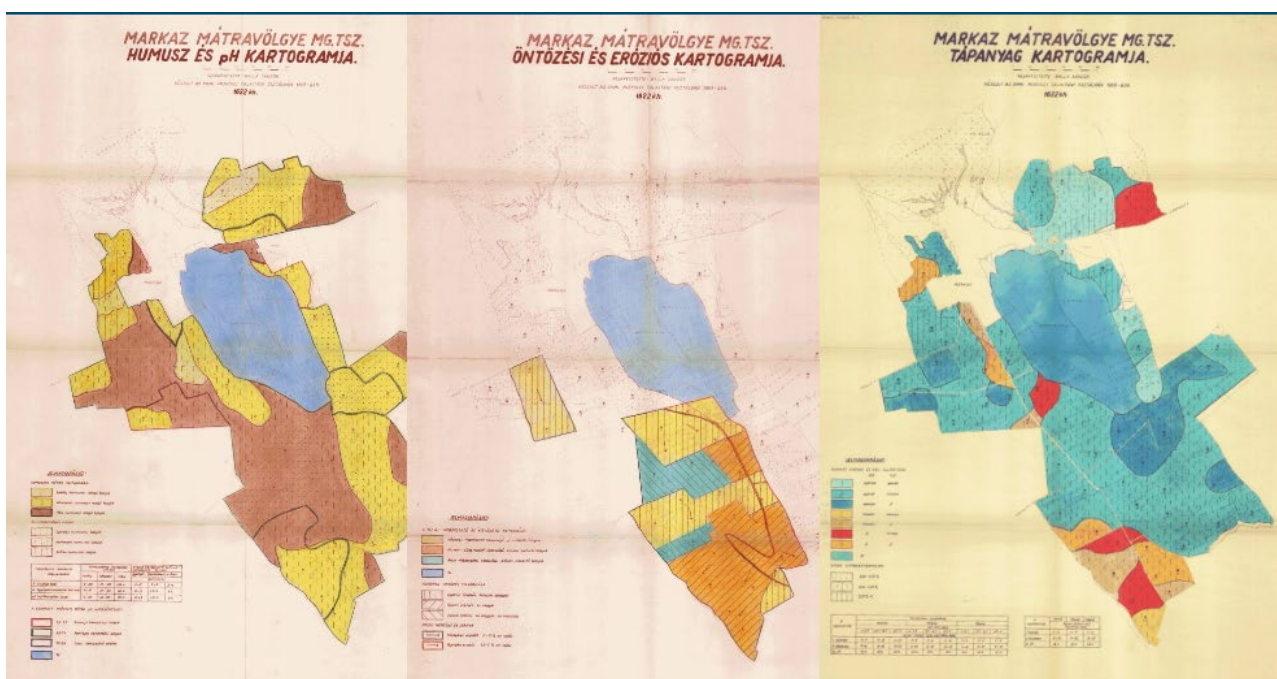


*Talajinformációs és Monitoring rendszer (TIM) mintapontjai (Forrás MTA-TAKI)*

A talajszelvény előnye a fúrt talajmintával szemben, hogy a genetikai szintek mélysége pontosan vizsgálható, illetve lehetőség van a morfológiai tulajdonságok megfigyelésére is, hiszen a mintavétel során nem történik olyan mértékű bolygatás, mint egy talajfúró esetében. A talajszelvény vizsgálata feltárhat olyan talajhibákat vagy morfológiai bélyegeket is, melyek egy tápanyag gazdálkodásra készített talaj mintavételezés során valószínűleg nem kerültek volna feltárásra. A TIM esetében a nagyságrendileg 1200 mintaponton mezőgazdálkodási, erdészeti illetve úgynevezett speciális területek kerültek kijelölésre. A morfológiai leírás után a genetikai szintekből vett mintákat fizikai és kémiai tulajdonságokra elemezték akkreditált laboratóriumokban. Ez a mintavétel rendszeres időközönként megismétlésre kerül, ezáltal lehetőséget adva arra, hogy a talajokban történő változást nyomon követhessék. Az ilyen léptékű monitoring rendszerek alkalmasak egy ország vagy régió talajban történő változásainak nyomon követésére vagy monitorozására, azonban a precíziós gazdálkodásban igazából nem használható, mert a mintavétel térbeli sűrűsége okán nem nyújtanak információt adott gazdaság táblán belüli változatosságáról. Azonban érdemes megjegyezni, hogy egy szaktanácsadó számára ez már információt adhat egy-egy terület általános talajviszonyairól.

## Archív talajtérképek

Szinte minden európai országban elérhető valamilyen léptékben archív talajtérkép, mely tartalmazhatja a talajtípusokat, illetve egyes fizikai és kémiai talajparamétereket. Magyarországon például különböző léptékben is elérhetők ilyen talajtérképek. Az AGROTOPO adatbázis 1:100000-es, a Kreybig 1:25000-es léptékben, és mindkettő digitalizált formában érhető el az ország egész területére. Ezek a léptékek csakúgy, mint a TIM esetében is mérsékelten, vagy egyáltalán nem használhatók precíziós gazdálkodásban, mert kevés információt szolgáltatnak a táblán belüli változatosságról. Az egyes magyarországi üzemekre elkészült 1:10000-es üzemi genetikus és földértékelési térképek azonban jó példát szolgáltatnak arra, hogy vannak olyan archív adatállományok is, melyek információt adhatnak egy precíziós gazdálkodási rendszerben is. Ezek az adatállományok részletes talajszelvény leírásokat, illetve laboratóriumi méréseket tartalmaznak, mindezt kiegészítve a különböző térképekkel és kartogramokkal. A felvételezés és a térképezés standard módon történik, képzett szakemberek által, ezáltal egy jó minőségű adatállományt létrehozva.



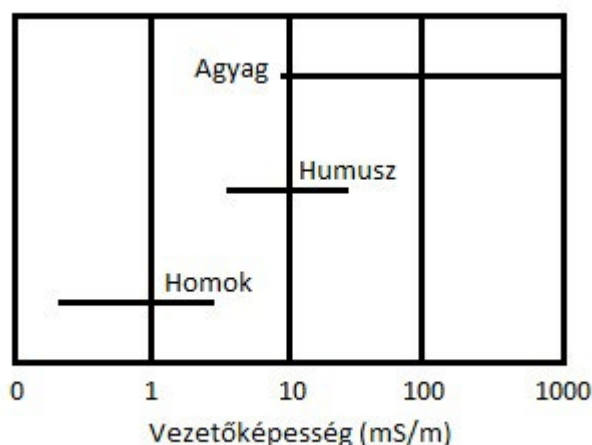
1:10000 Üzemi genetikus adatállomány kartogramjai (Forrás: Pásztor László)

Nagy hátránya, hogy a papír alapon meglévő állományok jelentős része nem került digitalizálásra és egy adatbázisba illesztésre. Amennyiben ez rendelkezésre állna, jó alapot adhatna a termelők számára a további tervezéshez. Ez főleg olyan területeken lehet jelentős ahol nem áll rendelkezése más típusú talajadat. Ezek az adatbázisok a talajtípus térképek mellett olyan hasznos kartogramokat is tartalmaznak, mint a pH és mész állapot, vízdoldható sók és kicserélhető nátrium, vízgazdálkodási tulajdonságok, és talajvíz, öntözési és eróziós viszonyok, humusz, tápanyag vagy talajhasznosítási és talajjavítási információk.

## 3. Talajszkennerek és talajmintavételezés

### 3.1. Talajszkennerek

A precíziós mezőgazdasági rendszerek egyik fő komponense a változékonyság mérése és megértése. Ennek egyik legfontosabb alapja a talajunk minél pontosabb megismerése, a megfelelő mennyiségű és minőségű információk megléte vagy gyűjtése. Egy gazdaságon belül a talajviszonyok igen változatosak lehetnek, akár egy táblán belül is különböző tulajdonságú talajfoltokat találhatunk. A foltok táblán belüli meghatározásának kiváló módja a talajszkenelés. A módszer alapja, hogy az eltérő szerkezetű és összetételű (homokos, vályogos, agyagos és ezek keverékei) talajfoltok másként vezetik az elektromosságot.

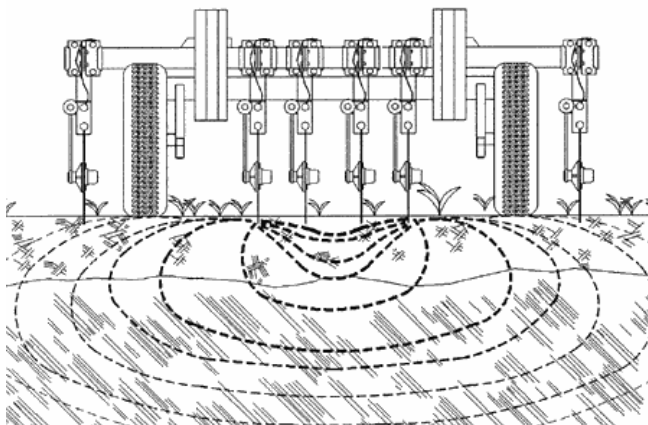


*Különböző talajalkotók vezetőképessége*

A talaj elektromos vezetőképességén (EC – Electrical Conductivity) azt a tulajdonságát értjük, hogy képes elektromos töltés továbbítására. Az EC érték mérésével információkhoz juthatunk a talaj állapotáról, úgy, mint sótartalom, nedvességtartalom valamint következtetni lehet a talaj összetételére, így a homok, a humusz és az agyag relatív mennyiségére. A nehéz agyag, a részecskék közötti magas tapadás és nagy vízmegkötő tulajdonsága miatt magas-, míg a durva homok limitált részecske tapadási viszonyai és alacsony víztartóképességével extrém szegény vezetőnek minősül.

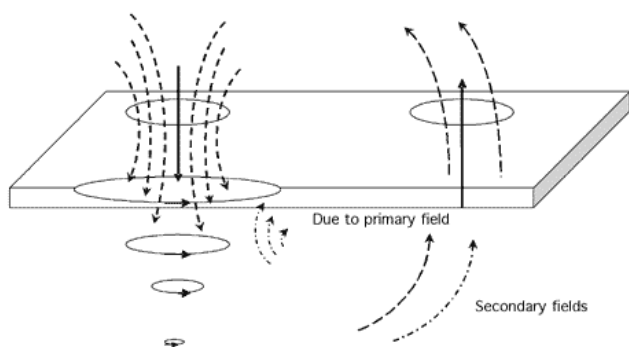
A talaj vezetőképességének meghatározására két módszert különíthetünk el, attól függően, hogy a készülék érintkezik-e közvetlenül a talaj felszínével. A kontakt technológia az úgynevezett négy-elektrodás konfiguráció, mely eredetileg Wenner nevéhez fűződik (1915). Ez a módszer csoroszlyákat használ elektródaként, mely ismert nagyságú feszültséget vezet a talajba, míg a másik csoroszlyaelektroda pár méri a feszültségesést. A két középső elektróda közötti feszültségméréssel a sekélyebb rétegek (30 cm-ig), míg a szélső elektródák közötti méréssel a mélyebb rétegek (90cm mélységig) vezetőképessé-

ge határozható meg. A talajszkenelés sűrű mintavétellel biztosít megfelelő információt a talaj paramétereiről, mely jó alapot adhat mind a talaj mintavételezés, mind pedig a ki-juttatás tervezésének folyamatához.



*Kontakt talajszkenner sematikus ábrája és fényképe*

A másik módszer nem érintkezik közvetlenül a talaj felszínével, hanem elektromágneses indukciók (EMI) segítségével méri a vezetőképességet. A műszer egy adó- és egy vevőtekerccsből áll, általában egymással ellentétes oldalon elhelyezve. Az érzékelő ezután méri az áram által indukált elektromágneses mezőt.



*Elektromágneses indukción alapuló talajszkenner sematikus ábrája és fényképe*

A kontakt technológia legismertebb berendezése a Veris 3100, míg a nem-kontakt módszer képviselője az EM38 nevű készülék. Az újabb talajszkenner (VERIS modellek) már képesek szervesanyagtartalom illetve pH mérésre is.

Geonics Limited – TSM típusú talajszkenner három féle módon alkalmazható talajérzékelésre. Alap módban adatgyűjtés (pl. tömörödés, fizikai tulajdonság, talajnedves-ség) valósul meg. Lehetőséget ad valós idejű úgynevezett 'real time' kontrollra (pl. művelési mélység változtatása). Megvalósulhat továbbá valós idejű vetés kontroll is, a valós idejű vetési paraméter változtatásával.



*Talajszkenner erőgépre és terpjáróra erősítve a különböző felhasználási terület szerint*

### 3.3. Talajminta-vételezés

A nagy gépesítések előtt a mezőgazdák kézzel dolgoztak és takarítottak be a földeken, így közvetlenül ismerték a területüket, észlelték a változó hozamokat és ez alapján alkalmaztak tápanyag utánpótlást. A mezőgazdasági gépiesítés nagy területeken belüli egységes értékelést eredményezett mind tápanyagutánpótlás szempontjából, mind pedig a hozam visszajelzésénél. Az utóbbi időben újra felismerték a szaktanácsadó cégek és termelők, hogy nem hogy nem minden tábla egyforma, de a nagy kiterjedésű tábláknak köszönhetően táblán belül is jelentős eltérések lehetnek talaj szempontjából.

A precíziós mezőgazdaság folyamatában kulcsfontosságú szerepet játszik a megfelelő talajmintavételezés. Éppen ezért ezek a talajvizsgálatok ma már elengedhetetlen segédeszközei a mezőgazdaságnak, hiszen alapvető információkat nyújtanak a talaj tápanyagállapotáról, annak változásáról. Segítségül lehetnek a talajban fennálló anomáliák felderítésében, valamint az újonnan termelésbe vont területek termékenységének vizsgálatában, a beavatkozások megalapozásában.

A táblán belüli különbségek feltérképezésének alapja a jól definiált, tervszerűen végrehajtott talajmintavételezés, mely alkalmas a táblán belüli homogén foltok térképezésére. Régióként és akár gazdaságként is jelentős eltérés tapasztalható a mintavételezés módszertanában. Jelentősebb mintavételezési stratégiák, melyeket széles körben alkalmaznak világszerte:

- Szakértői döntés
- Kompozit mintavétel
- Management zóna
- Egyszerű random
- Szisztematikus vagy Grid

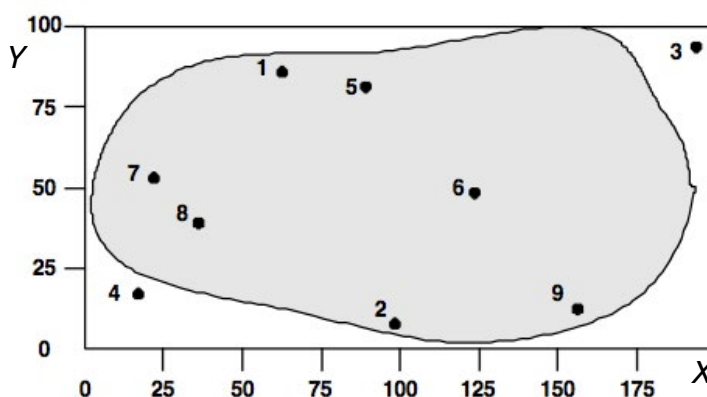
#### Szakértői döntés alapú talajmintavétel

A talajmintavételi módszerek közül a legolcsóbb és legkevésbé időigényes megoldás lehet. A mintapontok kijelölése a területet jól ismerő szaktanácsadó, gazdálkodó vagy más szakember által történik. Amennyiben a mintapontok helyesen kerülnek kijelölésre,

akkor jól reprezentálhatja a táblán belüli változatosságot, azonban ehhez elengedhetetlen hogy a szakértő alapos tudással rendelkezzen, nem csupán a gazdaságot, de a táblát illetően is. A helytelen mintapont kijelölés félrevezető laboreredményekhez, így nem a valós talaj és növény igényeket reprezentáló tápanyag-gazdálkodási, talajjavítási és vetési szaktanácshoz vezet.

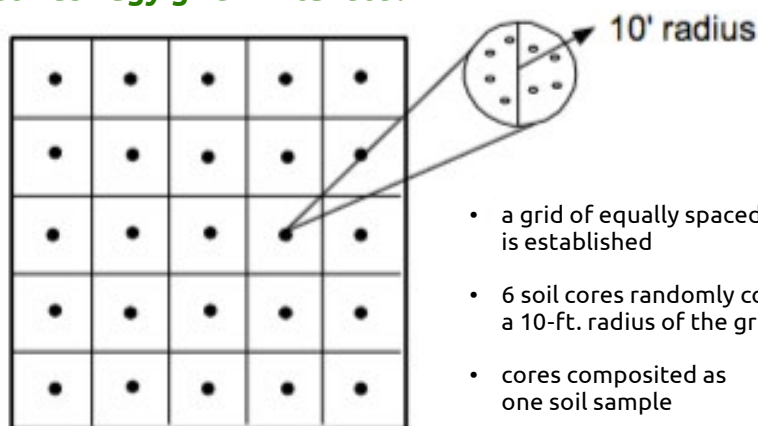
### Véletlenszerű (random) mintavétel

Véletlenszerű talajmintavétel esetén a táblán belüli mintavételi pontok a tábla előzetes ismerete és a legtöbb esetben alapadatok felhasználása nélkül kerülnek kijelölésre véletlenszerű eloszlásban, de definiált mintavételi pont szám mellett. Ilyen random mintavételi terv a legtöbb térinformatikai szoftvercsomagban könnyen előállítható. A mintavételi módszertan homogén területek esetében jól működik, azonban változatos talajviszonyok mellett jelentős hibalehetőséget nyújt, mivel egyes típusok alulreprezentáltak míg mások túlreprezentáltak lehetnek, rosszabb esetben egyes homogén foltok nem kerülnek mintavételezésre.



*Példa random mintavételezésre, jól látható a véletlenszerűen kijelölt mintavételi pontállomány, mely különböző mértékben reprezentálja a talajfoltokat*

### Szisztematikus vagy grid mintavétel

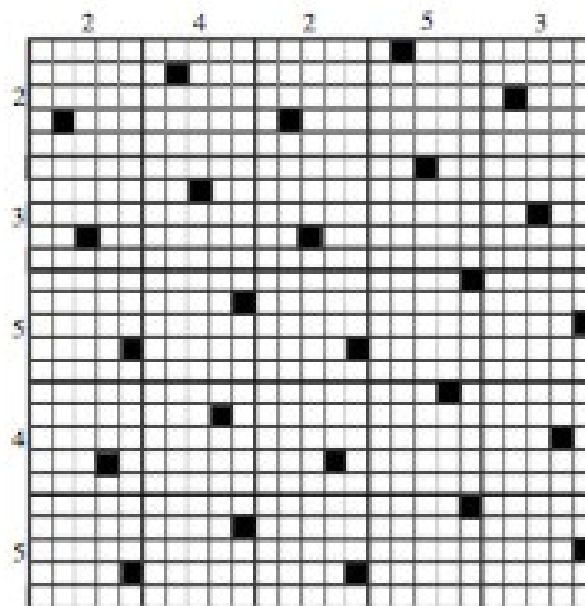


- a grid of equally spaced lines is established
- 6 soil cores randomly collected with a 10-ft. radius of the grid center.
- cores composited as one soil sample

*Szisztematikus vagy grid mintavétel sematikus ábrája*

A mintavétel tervezése során egy előre definiált méretű rácshálót vetítünk a táblára. A mintavételezés ennek a rácshálónak a középpontjaiban, vagy metszéspontjaiban történik. Így módon a mintavételi pontok száma jól tervezhető. Az egyes négyzetrácsok által lefedett terület régióként változhat, heterogén területen érdemes kisebb rácsméretben tervezni,

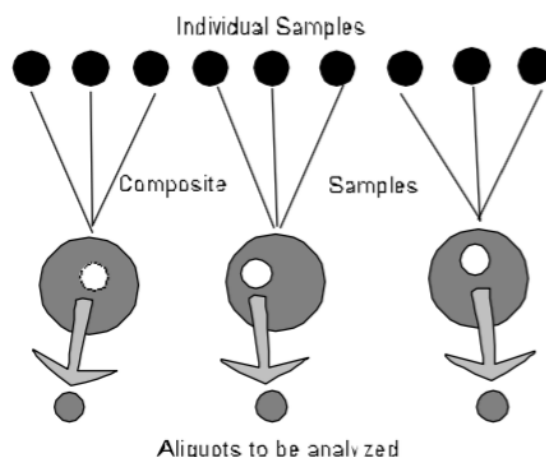
míg homogén területen nagyobb rácsméret mellett is jó minőségű adatállományt lehet létrehozni. A fenti ábra egy szisztematikus mintavételi tervet ábrázol. Jól látható, hogy azonos térközönként történik a mintavétel, mely egyes esetekben szisztematikus hibához is vezethet, amennyiben a vonalak például a művelés irányával vagy a táblán belüli vonalasan megjelenő jellegzetességgel párhuzamosak. Ennek a szisztematikus hibának a kiküszöbölésére a grid mintavétel módosítható oly módon, hogy a kijelölt rácshálókban belül a mintavételi pont valamilyen szisztéma mentén (ld. az alábbi ábra) véletlenszerűen, és nem a középpontban kerül kijelölésre, így minimalizálva a hibalehetőséget.



*Módosított grid mintavétel a szisztematikus hiba elkerülése érdekében*

### Kompozit mintavétel

Az egyik legelterjedtebb módszertan a Kárpát-medencében tápanyag gazdálkodáshoz történő mintavétel esetében. Kompozit mintavétel során egy bizonyos méretű területegységről meghatározott számú részmintát gyűjtünk, melyek a mintavétel végén összekeverésre, homogenizálásra kerülnek és ez a homogenizált minta kerül vizsgálatra. A kompozit mintavétel előnye, hogy csökkenti a helytelen mintavételből eredő hibát, amit az esetlegesen kis területet reprezentáló foltból történő mintavétel jelentene. Ugyanakkor a módszer hátránya is ez, ugyanis a helytelen mintavételi egység kijelölés során különböző típusú, esetlegesen más termőképességű területek egybe mintázása történik meg, így a laborvizsgálatok egy átlagos értéket mutatnak, mely az egyik típus esetében alul a másik típus esetében pedig túldozírozást eredményezhet.



*Kompozit mintavétel sematikus ábrája. A részminták homogenizálásából létrejövő talajminta egy része kerül laboratóriumi vizsgálatra.*

### Management zóna alapú talajmintavétel

Számos különböző változó befolyásolja egy növény megjelenését egy adott táblán belül, így megállapíthatjuk, hogy egy egységes beavatkozás egy egész területre, egyetlen limitáló faktorra talán nem a legjobb megoldás a források felhasználására és a ter-

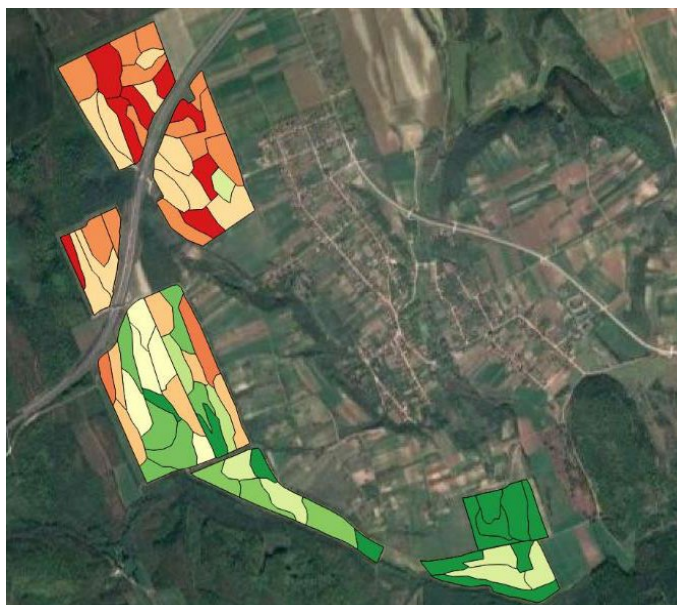
melékenység növelésére. A megoldás a művelési zóna, más néven management zónák lehatárolásában rejlik, melyek a tábla valamely változó, vagy változók alapján lehatárolt kisebb, homogénebb egységei. Ezáltal lehetővé válik az igények és az inputok összehangolása, ha a tábla egy része több műtrágyát igényel, többet kap, ha egy része hamarabb beérik, hamarabb takarítják be.

A management zóna lehatárolása adatgyűjtésből, majd ezeknek az adatoknak a vizsgálatán, elemzésén alapul. Talajmintavétel, vezetőképesség, hozam, topográfia és műholdas képek valamint a termelő tapasztalata az, ami alapján elkülöníthetők a zónák a táblán belül.

A talaj laboratóriumi vizsgálatával meghatározhatóak a talaj fizikai és kémiai paraméterei, míg a betakarítás alatt GPS adatokkal ellátott hozamtérképek a termelékenységről adnak információt. A topográfiai adatok, csakúgy mint a múltbeli tevékenységek szintén fontos szerepet játszanak a megfelelő kijuttatás meghatározásakor.

A megkülönböztetendő management zónák száma függ a terület természetes változékonyságától, a terület méretétől illetve egyéb természeti faktoroktól. A zóna minimum mérete a gazdaság erőforrásaitól és a táblák külön kezelésének képességétől függ, maximum mérete pedig a tábla körvonalával egyezik meg. GPS vezérlésű technológiával nincs szükség a zónák alakjának korlátozására azonban a valóságban érdemes figyelembe venni a mezőgazdasági berendezések esetleges korlátaikat.

A management zónákból történő mintavétel és laborvizsgálat után előállítható a tábla vagy a teljes gazdaság tápanyagellátottsági és talajtulajdonság térképe. A fenti ábrán egy magyarországi gazdaság foszfor ellátottsági térképe látható. Piros színnel a gyengén ellátott míg zöld színnel a jól ellátott területek kerültek ábrázolásra. Jól megfigyelhető a gazdaságon belüli jelentős változatosság illetve a táblán belüli jelentős eltérések is. Az állomány jól reprezentálja, hogy a differenciált foszfor alaptrágya kijuttatással jelentősen optimalizálható a termelés.



*Magyarországi gazdaság foszfor ellátottsági térképe management zónákban (zöld jó, piros gyenge ellátottság)*

## 4. Távérzékelés

A távérzékelési és térinformatikai módszerek egyre nagyobb teret nyernek a földfelszín vizsgálatában, a felszínen lezajló folyamatok elemzésében. A földmegfigyelő műholdak felvételei több évtizedre visszamenően elérhetők. Az archív felvételekben rendelkezésünkre álló adatmennyiség ma is rohamosan növekszik, és az új fejlesztéseknek köszönhetően egyre nagyobb a felvételek adattartalma.

Az in situ módszerekkel összevetve a távérzékelési eljárások jóval nagyobb területről szolgáltatnak egyidejűleg adatokat. Ezen túlmenően az archív távérzékelési adatok felhasználhatók arra, hogy elemzésünket kiterjesszük olyan időperiódusokra is, amelyekről más adat nem áll rendelkezésre (Belényesi et al., 2012).

Bár a távérzékelési eljárások csak részleges információt szolgáltatnak a földfelszín egy darabjáról, más adatokkal összevontan elemezve jelentősen hozzájárulnak tudásunk bővítéséhez, a földfelszíni folyamatok leírásához. A földrajzi információs rendszerek (FIR, vagy GIS - Geographical Information Systems) hatékony és egyre szélesebb körben használt megoldást jelentenek a különböző forrásokból származó adatok integrációjára és elemzésére (Belényesi et al., 2012).

Mindezek figyelembevételével elmondható, hogy a távérzékelési és egyéb forrásból származó adatok kombinálásával kiterjeszthetjük tudásunkat mind térben, mind időben. A távérzékelte adatok feldolgozása, egyéb adatokkal történő összevonása, az idősoros elemzések, monitoring, változásvizsgálatok elvégzése sajátos problémákat vet fel, és különleges előfeldolgozási és adatkinyerési eljárásokat igényel.

Mind hazai, mind nemzetközi viszonylatban a távérzékelési adatok egyik jelentős felhasználója az agrárszektor. A modern, korszerű, versenyképes, helyspecifikusan működő mezőgazdasági rendszernek elengedhetetlen eleme a növények kondíciójáról, fejlettségéről, terméseredményeiről információt adó adatállomány. Ennek az adatállománynak nem csupán a térbeli kiterjedése és felbontása, de aktualitása is nagyon fontos. A megfelelő mezőgazdasági beavatkozásokhoz elengedhetetlen az időben kapott információ. A távérzékelési technológiákkal leghatékonyabban a talaj, bioszféra és víz, mint természeti közeg állapotának megfigyelése valósítható meg. Ez annak köszönhető, hogy a különböző felszínen található elemek mindegyike jellemző hullámhossz tartományban sugároz vissza, egyedi spektrális ujjlenyomattal rendelkezik.

A távérzékelési technológiáknak ahogy a korábbi fejezetekben is tárgyaltuk, nagy előnye, hogy nagy területet viszonylag gyorsan tudunk felmérni, az időszerűség, a különböző platformok esetében változnak, de alapvetően elmondható, hogy mindezt friss adatok biztosítása mellett.

Mindezek a tulajdonságok teszik a távérzékelést alkalmassá a mezőgazdasági és erdészeti felhasználáshoz, hiszen nem csak a különböző felszínborítási típusokat, egyes populációkat tudjuk elkülöníteni, de a mezőgazdasági táblákon belüli heterogenitást, a kultúra egészségi állapotát, melynek segítségével nem csupán a növényre vonatkoztatva kapunk információt, de a talajra is ki tudjuk azt vetíteni. A heterogenitások térképezésével, lehetőség nyílik a helyspecifikus tápanyaggazdálkodás megvalósítására a növénykondíció függvényében, a gyomtérképezésre, károsító betegségek észlelésére, és azok terjedésének monitorozására, termésbecslésre, különböző vad- és természeti károk térképezésére.

Az alábbi információk felhasználásával a gazdálkodók nem csupán az okszerű és így sok esetben takarékos input anyag használatot tudják megvalósítani, de hozadékként a környezet védelme is előtérbe kerül a kikerülő anyagok optimalizálásával. A rendelkezésre álló információk felhasználása az okszerű gazdálkodáshoz és tervezéshez így nem csupán gazdálkodói de nemzetgazdasági érdek is.

A következő fejezetben a távérzékelés mezőgazdasági és erdőgazdasági felhasználási területeit tárjuk fel.

A **távérzékelés** azon technikák összessége, amelyek segítségével információt szerezhetünk a megfigyelés tárgyáról anélkül, hogy azzal közvetlen fizikai érintkezésbe kerülnénk. Tulajdonképpen az ember az érzékszerveivel is távérzékelést végez. A szem, a látás szerve, az elektromágneses spektrum meghatározott hullámhossz tartományába tartozó sugárzásokból alkot képet. A retinán található érzékelő sejtek (receptorok, vagy detektorok) a látóideg útján továbbítják az általuk észlelt jeleket az agyba. Az agy pedig ezeket a mérési eredményeket dolgozza fel, s végeredményként egy képet állít elő. Ez a kép tehát tulajdonképpen nem más, mint a szín- és fényesség-adatok térbeli eloszlásának együttes megjelenése, amely az észlelő számára lényeges információkat hordoz a környezetéről; ebben az esetben egy bizonyos fajta elektromágneses sugárzás, a látható fény segítségével, annak közvetítésével nyerünk információt a környezetről.

### **A távérzékelési eljárások legfőbb jellemzői az alábbiakban foglalhatók össze:**

- A megfigyelt tárgyat nem befolyásolják, nem roncsolják, annak állapotát nem változtatják meg.
- A távérzékelési eljárások alkalmazásával valós fizikai mennyiségekből indulunk ki, s ebből fakad e módszerek objektivitása. A feldolgozás során ezekből az adatokból kvantitatív és kvalitatív információkat is nyerhetünk.

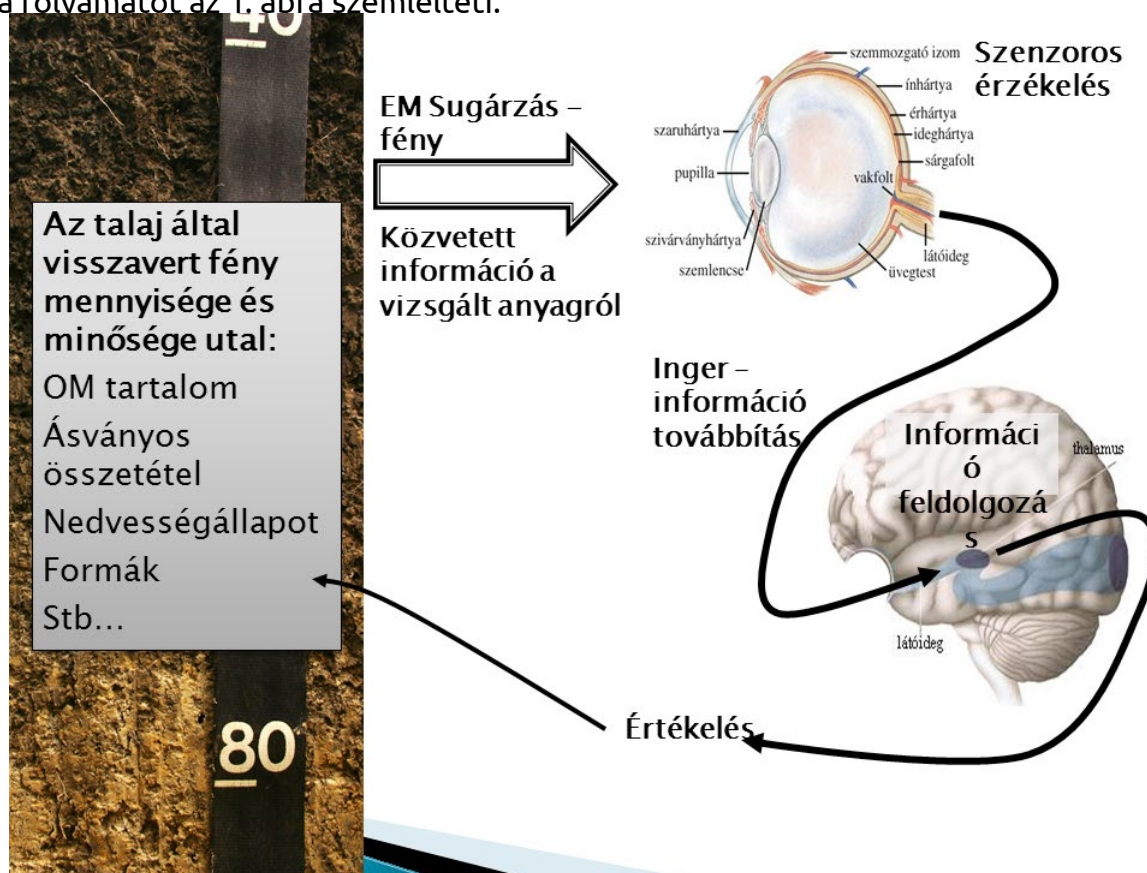
- A távérzékelési eszközök, módszerek és eljárások nagy választéka lehetővé teszi, hogy mindig az adott kutatás, kérdésfelvetés témájához válasszuk ki a megfelelő észlelési módot és adatfeldolgozási eljárást.
- A távérzékeléshez alkalmazott eszközök lehetővé teszik, hogy az elektromágneses spektrum látható tartományán kívüli hullámhosszokon végezzük a környezet megfigyelését - így a láthatatlan láthatóvá válik.
- Az összegyűjtött, eltárolt adatok bármikor feldolgozhatók, együtt elemezhetők más időpontú vagy különböző helyen készült felvételekkel, lehetővé téve ezáltal az összehasonlító elemzést, a változásvizsgálatokat, a folyamatok nyomon követését. Az emberi tudás növekedésével, a módszerek javulásával az elemzések megismételhetők, így a rögzített felvételek mindig értékes új információk forrásai lehetnek, például a változásvizsgálatokban.
- A távérzékelési technikák lehetővé teszik nagy térbeli kiterjedésű területekről rendkívül rövid idő alatt sok adat gyűjtését. Ezek az adatok a térbeli összefüggésekkel együtt kezelhetők, ami elősegíti a tematikus információk kinyerését. Ezen túlmenően, ez a jellemző biztosítja a magas fokú aktualitást a hagyományos térképezési/felmérési eljárásokhoz képest.
- A távérzékelési eljárásokkal, más módszerekkel elérhetetlen, megfigyelhetetlen területek is megfigyelhetők, legalább olyan szinten, amely megalapozza a tudásbázis későbbi kibővítését.
- Mindezen szempontok figyelembevételével elmondható, hogy a távérzékelés olyan adatokat szolgáltat, amelyek a múltban nem voltak elérhetők, s így a környezet megfigyelésében új távlatok nyílnak általa.

## 4.1. A távérzékelés multi-koncepciója

A távérzékelés azon technikák összessége, amelyek segítségével információt szerezhetünk a megfigyelés tárgyáról, anélkül, hogy azzal közvetlen fizikai érintkezése kerülnénk. Az információgyűjtés alapja az elektromágneses (EM) hullámok visszaverődésének vagy/és sugárzásának érzékelése és mérése, majd kiértékelése. Így a területen elhelyezkedő objektumoknak nemcsak fizikai természetéről, hanem kémiai összetételéről és geometriájáról is nyerhetünk információkat.

Tulajdonképpen az ember az érzékszerveivel is távérzékelést végez. A szem, a látás szerve, az elektromágneses spektrum meghatározott hullámhossztartományába tartozó sugárzásokból (látható tartomány: kék, zöld, vörös) alkot képet, az árnyalatokat e három alapszínből keveri. A retinán található érzékelősejtek (azaz detektorok) a látóideg útján továbbítják az általuk észlelt jeleket az agyba. Az agy pedig ezeket a mérési eredményeket dolgozza fel, s végeredményként egy képet állít elő. Ez a kép tehát tulajdonképpen nem más, mint a szín- és fényesség-adatok térbeli eloszlásának együttes megjelenése, amely az észlelő számára lényeges információkat hordoz a környezetéről.

Ezt a folyamatot az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra: A távérzékelési folyamat szemléltetése az emberi látás példáján keresztül

Ebben az esetben tehát egy bizonyos fajta elektromágneses sugárzás, a látható fény segítségével, annak közvetítésével nyerünk információt a környezetről.

A távérzékelési eljárások alkalmazásával a megfigyelési/ mérési/ feldolgozási lehetőségek köre kibővül. A legfőbb jellemzők az alábbiakban foglalhatók össze:

- A távérzékeléshez alkalmazott eszközök lehetővé teszik, hogy az elektromágneses spektrum látható tartományán kívüli hullámhosszokon is végezzük a környezet megfigyelését - így a láthatatlan láthatóvá válik.

- A távérzékelési eljárások alkalmazásával mérhető, fizikai adatokhoz jutunk, s ebből fakad e módszerek objektivitása. A megfigyelés során kvantitatív és kvalitatív adatokat is gyűjthetünk.
- A távérzékelés olyan mérési adatokkal szolgál, amelyek szervesen kapcsolódnak a térbeli információkhoz; segítségével térben, több dimenzióban felépített adatbázist nyerünk.
- A távérzékelési eszközök, módszerek és eljárások nagy választéka lehetővé teszi, hogy mindig az adott kutatás, kérdésfelvetés témájához válasszuk ki a megfelelő észlelési módot és adatfeldolgozási eljárást.
- Az összegyűjtött adatok bármikor reprodukálhatók, kiterjesztve így az alkalmazások körét. A tárolt adatok összehasonlíthatók, együtt elemezhetők más időpontú vagy lokalizációjú felvételekkel, lehetővé téve ezáltal az összehasonlító elemzést, a változásvizsgálatokat, a folyamatok nyomon követését.
- A távérzékelési technikák lehetővé teszik nagy kiterjedésű területekről rendkívül rövid idő alatt sok adat gyűjtését. Ezek az adatok a térbeli összefüggésekkel együtt kezelhetők, ami elősegíti a tematikus információk kinyerését. Ezen túlmenően, ez a jellemző biztosítja a magas fokú aktualitást a hagyományos térképezési/felmérési eljárásokhoz képest.
- A távérzékelési eljárásokkal más módszerekkel elérhetetlen, megfigyelhetetlen területek is megfigyelhetők, legalább olyan szinten, amely megalapozza a tudásbázis későbbi kibővítését.
- Az emberi tudás növekedésével, a módszerek javulásával az elemzések megismételhetők, így a rögzített felvételek mindig értékes új információk forrásai lehetnek, például a változásvizsgálatokban.
- A távérzékelési eljárásokkal történő adatnyerés olcsó és kevés munkaerőt igényel.
- Nagy területről kapunk homogén adatrendszert (Buiten, 1993.)

Mindezen szempontok figyelembevételével elmondható, hogy a távérzékelés olyan adatokat szolgáltat, amelyek a múltban nem voltak elérhetők, s így a környezet megfigyelésében új távlatok nyílnak általa. Ebből a rövid összefoglalóból is kiderül, hogy a távérzékelés változatos technikákat, műszereket és módszereket alkalmaz az elektromágneses hullámok érzékelésére, mérésére és feldolgozására.

A távérzékelés multi-koncepciója is ezeket a lehetőségeket, potenciálokat rendezi négy fő csoportba. A csoportok elnevezése a következő:

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| • multi-stage    | • multi-sensor   |
| • multi-temporal | • multi-spectral |

### Többféle hordozóeszköz (multi-stage)

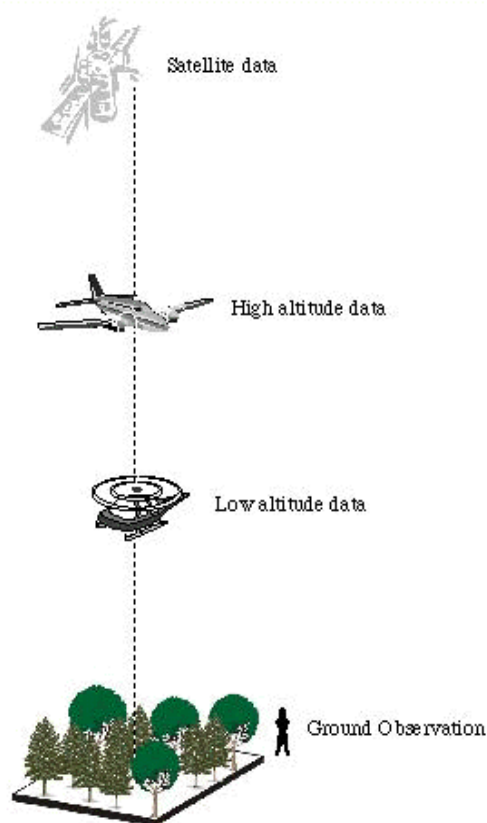
Különböző magasságokon különböző platformokra telepítik a műszereket (2. ábra))

### Különböző időpontokban készíthető felvételek (multi-temporal)

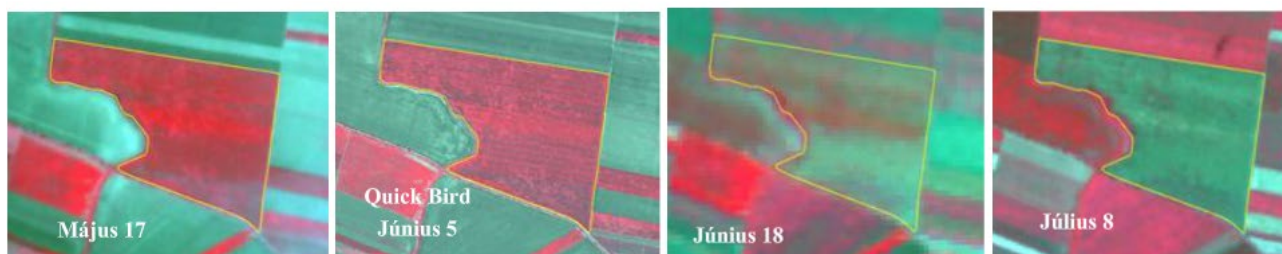
Adott területről különböző időpontokban készített felvételek az összehasonlíthatóság és monitoring tevékenység alapját képezik (3. ábra).

### Többféle érzékelőtípus együttes alkalmazásának lehetősége (multi-sensor)

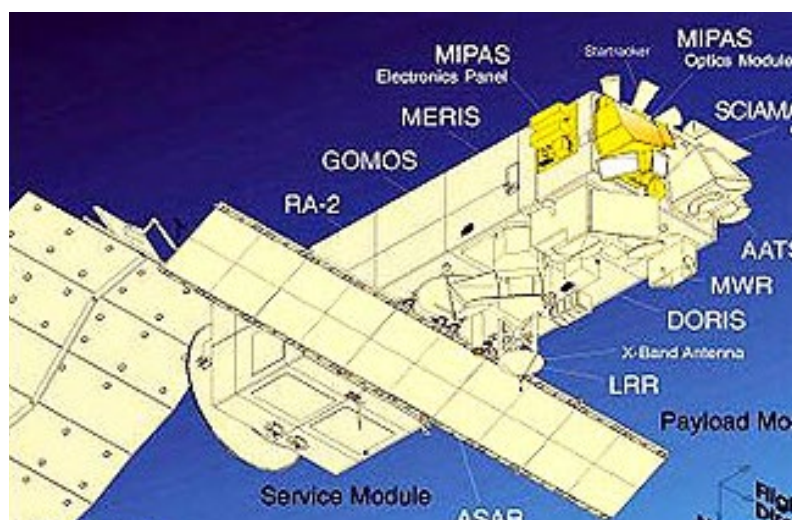
Különböző érzékelők alkalmazása a célnak megfelelően. Az alkalmazott szenzor típusa attól függ, mely hullámhossz-tartomány(ok)-ban szeretnénk megfigyeléseinket végezni (4. ábra).



2. ábra: A távérzékelési platformok csoportosítása működési magasság alapján



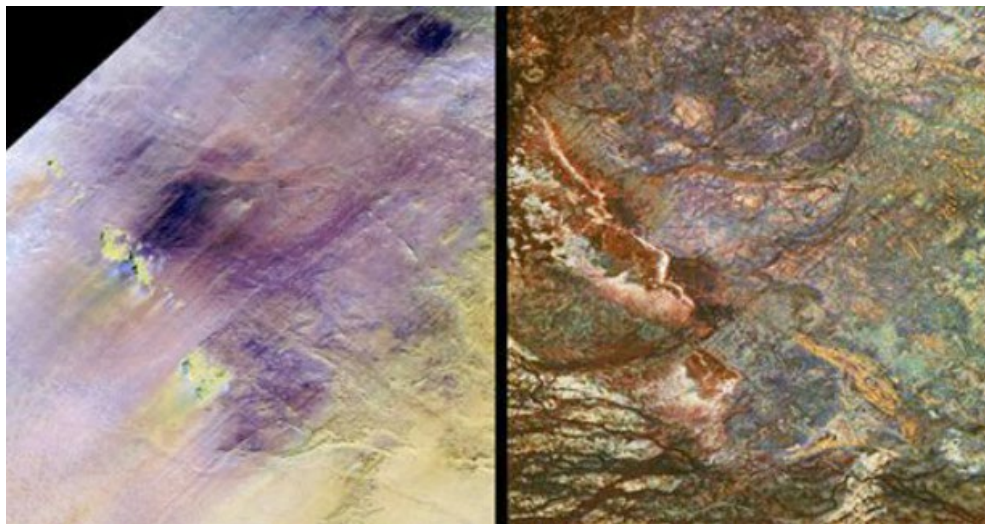
3. ábra: Fenológiai fázisok nyomon követése műholdfelvételekkel



4. Ábra: Az ENVISAT szenzorjai

### Több hullámhossztartományban történő felvételezés lehetősége (multi-spectral)

A megfigyelések - szintén a célnak megfelelően különböző hullámhossz-tartományokban történhetnek (valós színű felvételek, infrafelvételek, hőinfrafelvételek, radar, stb.) (5. ábra)



5. Ábra: a Szahara ugyanazon területe egy valószínes műhold- és RADAR-felvételen

Egy rövid lista a műholdfelvételek különböző tudományterületeken történő felhasználási lehetőségeiről:

- talajtan: földértékelés, talajtérképezés
- természetvédelem: vegetáció térképezés és állapotbecslés, monitoring erdőgazdálkodás: erdőtérképezés, erdőnyilvántartás, erdősítés/újraerdősítés tervezése, erdőtűz észlelés,
- környezeti erőforrások: térképezés, hatásvizsgálat
- környezet- és tájgazdálkodás: területhasználat tervezés, földhasználat tervezés, erózióbecslés, vízgazdálkodás
- hidrológia: agrohidrológia, vízmérleg készítés, energiamérleg készítés
- geodézia: DTM (Digital Terrain Modell - Digitális Terepmodell) készítése
- geodéziai felmérés
- katasztrófa előrejelzés és elhárítás
- térinformatika

A listát tovább bővítik a légifelvételek környezet- illetve mezőgazdálkodásban, erdőgazdálkodásban, geodéziában történő felhasználásának lehetőségei is. Légifelvételeket használhatunk a fent felsorolt alkalmazási területek mindegyikén, azonban nagy felbontásuk lehetővé teszi még részletesebb megfigyelések és vizsgálatok elvégzését is pl. a következő területeken:

- szántóföldi növények, szőlő, gyümölcsösök állapotának felmérése, művelési állapot ellenőrzése, parlagon hagyott területek lehatárolása, talajtérképek állapotának ellenőrzése, talajerózió lehatárolás, belvízkárok kimutatása, meliorációs feladatok tervezése, művelési anomáliák kimutatása,
- erdőterületek felmérése, erdőterületen belül faállomány felmérése,
- a tényleges művelési ágak és a jogi állapot összevetése (a meglévő kataszteri adatokkal való összevetés alapján),
- részletes élőhely-térképezés
- digitális ortofotó, digitális terepmodell készítése
- regionális tervezési feladatok, önkormányzati feladatok ellátása, stb.

## 4.2. A távérzékelés fő alkalmazási területei

A távérzékelésnek a következő fő alkalmazási területei különíthetők el:

### Geomorfológia

A levegőből való adatgyűjtés egészen más – és egyben nagyobb léptékű – képet szolgáltat a geomorfológus által kutatott területről. A részleteiben megismert és feltárt geomorfológiai folyamatok kölcsönhatásai könnyebben és egyértelműbben nyomon követhetők, a különböző természetes formák egyszerűbben definiálhatóak légifelvételezés segítségével és kiegészítik a terepi vizsgálatokat. Ezen információkat kiegészítve, nem csupán a recens, de a múltban lezajlott felszínmozgások és felszínfejlődési folyamatok is detektálhatóak távérzékeléses módszerrel. Így előre meghatározhatóak a tömegmozgás-veszélyes területek és monitoring hálózat kiépítésével lehetőség van nagyobb események előrejelzésére is. A geomorfológiai alkalmazási lehetőségek közé sorolhatóak az egykori bányaterületek rekultivációs-tervezési munkálatai, valamint felszínfejlődési rekonstrukciós vizsgálatok alaptérkép szerkesztési adatforrásai (Balogh, 2013)

### Hidrológia

A vízzel és annak tulajdonságaival, mozgásaival foglalkozó szakembereknek kiváló alapot biztosítanak a légifelvételek. A víz ugyanis egységes „színű” (általában sötét vagy fekete, mert nagyon kis mértékben veri vissza az elektromágneses sugárzást) minden fotón, függetlenül kiterjedésétől, természetes vagy mesterséges voltától, így megfelelő szoftver segítségével könnyedén leválogatható a többi képi elem közül (növényzet, talaj). A vízfelületek színét a biológiai aktivitás jelenléte és intenzitása befolyásolhatja (általában világosítja). A felszínen, különböző halmazállapotban jelen lévő víz mennyiségi és minőségi paramétereinek elemzésére a távérzékelés kiválóan alkalmas. A légifelvételezés legjelentősebb hidrológiai alkalmazhatósági területe a vízrajzi térképezés, vízgazdálkodási,

lefolyás-szabályozási, rehabilitációs és revitalizációs kérdések tervezése, megoldása. Ezek mellett a hidrológiai felhasználási lehetőségei közé sorolható a hévíz és gyógyvízgazdálkodás, ivó és ipari vízellátás, a csatornázás és szennyvízkezelés, valamint a mezőgazdasági vízhasználat (Balogh, 2013).

### Mezőgazdaság

A távérzékelés egyik, ha nem a legnagyobb felhasználója, nem csupán hazai, hanem nemzetközi kitekintésben is, az agrárszektor. Ez nem is meglepő, ha belegondolunk, hogy a mezőgazdaság az az ágazat, mely a leginkább hasznosítja azokat a természeti erőforrásokat (talaj, bioszféra, víz), melyek állapotváltozásainak nyomon követése távérzékeléses eljárással a leghatékonyabb, hiszen a különböző tereptárgyak jellemző hullámhossztartományban sugároznak vissza. Éppen ezért multispektrális felvételek készítésével könnyen el tudjuk különíteni a különböző felszínborítás-típusokat, vagy az egyes populációk, társulások egészségi állapotát. A légifotók mezőgazdasági alkalmazhatósági lehetőségei rendkívül széles skálán mozognak, kezdve a fákat károsító betegségek terjedésétől, vagy az előkészített talaj térképezésétől, a belvízzel sújtott földterületek felmérésén át egészen a termésbecslésig. (Balogh, 2013)

### Környezetvédelem

A mezőgazdasági és hidrológiai széles körű alkalmazási lehetőségekhez hasonlóan a légifelvételek nagy segítséget nyújtanak a természeti környezetünket érintő, elsősorban negatív hatások felderítéséhez és a környezetállapot-változásainak értelmezéséhez. Az elkészített fotókból tematikus térképek készíthetők – a vizsgálati célnak megfelelően – melyek elemzési eredményeiből pedig a környezet egyes elemeire, vagy környezeti rendszerekre vonatkozó modell születhet. A légifotózás alkalmas a védett területek meghatározott időszakonkénti monitorozására; szennyezett területek nagyságának, állapotának, a szennyező forrásnak és a szennyezés terjedésének meghatározására. A teljesség igénye nélkül felsorolva, lehetőséget nyújt a védett populációk mozgásának, növénybetegségek továbbterjedésének, özőnfajok megtelepedésének azonosítására. Mindezen lehetőségek figyelembe vételével elmondható, hogy egyre sürgetőbb az igény a környezet- és természetvédelem terén egy egységes, speciális szakembergárdát nem igénylő, tehát könnyen kezelhető térinformatikai rendszer üzembe helyezése iránt; a begyűjtött információk így egy közös, országos (esetleg nemzetközi) adatbázis részét képeznék és megkönnyítenék a különböző szervek és hatóságok közötti együttműködést és a környezetben lejátszódó folyamatok komplex értelmezését (Balogh, 2013).

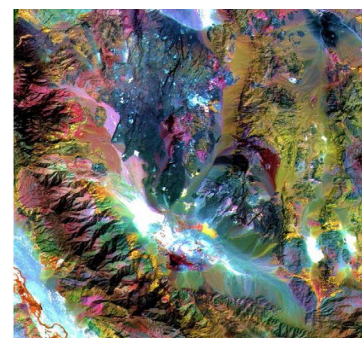
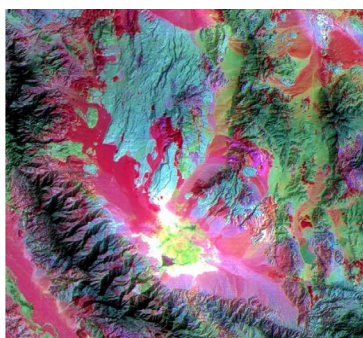
## Régészet

A légifelvételek egyik első alkalmazási területe a térképészet után a régészet volt, a feltárt lelőhelyek dokumentálásától és térképezésétől, a feltételezett lelőhelyek vizuális megerősítéséig egyaránt. A régészetre különösen igaz az a megállapítás, miszerint eltávolodva a földfelszíntől, a légifotókon sokkal szembetűnőbbek, könnyebben meghatározhatóak egykori települések, sírok, falak nyomai, körvonalai, ugyanis az eltemetett szerves anyag, antropogén eredetű talajáthalmazódások és például logikus(nak tűnő) rendszerben elhelyezett tárgyak, kövek eltérő színe, nedvességtartalma, szerkezete enged következtetni egykori, a maitól eltérő területhasználatra, utak, építmények elhelyezkedésére (Balogh, 2013).

## 4.3. A távérzékelés további alkalmazási területei

### Talajtani tulajdonságok, és a felszínalkotó kőzetek vizsgálata

A környezetállapot értékelés során a távérzékelést csak korlátozottan lehet alkalmazni az egyes talajparaméterek meghatározására, mert a talaj reflektancia értékeit számos környezeti faktor befolyásolja. A nagy felbontású multi- és hiperspektrális felvételek elemzésével készített talajtérképezésről megjelent tanulmányok azoknál a talajparamétereknél mutatnak szoros kapcsolatot a becsült paraméterek és a valós paraméterek között, amelyeket laborkörülmények között, spektroszkópiai vizsgálatokkal is igazoltak. (McBratney, 2003)



6. ábra: A távérzékelés geológiai alkalmazása

A távérzékelte adatok elemzése a szikesedési folyamatok tér és időbeli vizsgálatának lehet potenciális eszköze. A szikes talajok spektrális vizsgálata során tapasztalható, hogy az eltérő ásványi jellemzők jelentősen befolyásolják a spektrális tulajdonságokat (Mulders, 1987). A különböző szikesedési kategóriák sikeresen meghatározhatók a fedetlen talajok esetében (Csillag et al.(1992), Zilinyi, 1995) illetve native vegetációk esetében az indikátor társulások meghatározásával (Tóth, 2002; Pechmann et al., 2003). A hiperspektrális ábrázolást a geológusok alkalmazzák ásványtérképezésre.

A 6. ábra képeit a Terra műhold ASTER nevű szenzora készítette. A műhold az USA föld-megfigyelő rendszerének (EOS) jeles tagja. A szenzor három alrendszere összesen 14 csatornán tud információt szolgáltatni a földfelszíni objektumokról, változásokról.

### **Mezőgazdasági alkalmazások**

A távérzékelési módszerek alkalmazása a mezőgazdálkodásban igen széleskörű. A leggyakoribb alkalmazások:

- belvizek, gyomosodottsági viszonyok feltérképezése
- növényállapot felmérése (fenológiai fázisok kimutatása)
- termés-előrejelzés
- vízellátottság és hatásai
- növényi kártevők, növénybetegségek kimutatása

Az űrfelvételek mellett a listát tovább bővítik a légifelvételek környezet- illetve mezőgazdálkodásban, erdőgazdálkodásban, geodéziában történő felhasználásának lehetőségei. Nagy felbontásuk lehetővé teszi még részletesebb megfigyelések és vizsgálatok elvégzését is pl. a következő területeken:

- szántóföldi növények, szőlő, gyümölcsösök állapotának felmérése,
- művelési állapot ellenőrzése,
- paragon hagyott területek lehatárolása,
- talajtérképek állapotának ellenőrzése,
- talajerózió lehatárolás,
- meliorációs feladatok tervezése,
- művelés anomáliák kimutatása,
- erdőterületek felmérése, erdőterületen belül faállomány felmérése,
- a tényleges művelési ágak és a jogi állapot összevetése (a meglévő kataszteri adatokkal való összevetés alapján),
- részletes élőhely-térképezés
- digitális ortofotó, digitális terepmodell készítése
- regionális tervezési feladatok, önkormányzati feladatok ellátása, stb.

## 4.4. Távérzékelési platformok összehasonlítása mezőgazdasági célú felhasználásra

A sikeres mezőgazdasági célú felhasználás a távérzékelés felé több igényt is megfogalmaz. Ezek a megfelelő térbeli felbontás, mely a legkisebb már detektálható objektum méretére utal. Az egyidejű adatgyűjtés, mely arra utal, hogy minél nagyobb területet tudjunk bejárni, felmérni a lehető legrövidebb idő alatt, így a területek egymáshoz viszonyíthatók legyenek. Időbeli felbontás, a felvételezések között eltelt idő, illetve a megfelelő időzítés elengedhetetlen a sikeres mezőgazdasági felhasználáshoz, a távérzékelési adat alapú mezőgazdasági technológia megvalósításához. Spektrális tartományok, melyeket korábban már tárgyaltuk. A vegetáció sikeres érzékeléséhez szükséges tartományoknak rendelkezésre kell állnia. Továbbá nem elhanyagolható az ár és felhasználó-barátság (CSORBA, 2014). Ezek alapján a fő kritériumok alapján a főbb távérzékelési platformok a következők szerint jellemezhetők.



7. ábra Távérzékelési adatok térbeli felbontásának változása az érzékelő platform alapján  
(balról jobbra: műholdas, repülő, pilóta nélküli légi járműves távérzékelés)

### Műholdas távérzékelési adatok

Műholdas távérzékelési adatok már évtizedek óta rendelkezésre állnak. Több rendszer is működik különböző specifikációkkal, az egyik széles körben használt és ingyenes elérhető ilyen rendszer a LANDSAT program, mely a 70-es évek óta folyamatosan gyűjti az adatokat. Egy felvétel hatalmas területet fed le, 30 × 30 méteres terepi felbontással. Minden felvétel georeferáltan kerül forgalomba és a platformtól függően 5-7 csatorna látható és közeli infravörös illetve 1-3 hő infra tartományban rögzít felvételeket. Mezőgazdasági felhasználás alapján az előnyök, hátrányok az 8. táblázatban láthatók.

| Előnyök                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Hátrányok                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adatok jelentős része ingyenesen hozzáférhető;</li> <li>• Adatfeldolgozási módszerek jól dokumentáltak;</li> <li>• Regionális, kontinentális, globális folyamatokról nyújtanak információt;</li> <li>• Szenzorok helyesen kalibráltak, megbízható adatok;</li> <li>• Szabályos időközönként felvételeznek;</li> <li>• Látható tartományon túli spektrális régiókban mérések.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alacsony terepi felbontás</li> <li>• Ugyanazon területről, két felvétel között sok idő telik el (16 nap);</li> <li>• Időjárási viszonyok jelentős befolyása.</li> </ul> |

8. táblázat A műholdas platformokról végzett távérzékelési adatok előnyei és hátrányai mezőgazdasági célú felhasználás esetén (CSORBA, 2014)

### Légi felvételező eszközök

A hagyományos légi távérzékelés nagy előnye, a lényegesen jobb terepi felbontás, a felhőtakaró alatti repülés, illetve az a tény, hogy szinte bármely időjárási körülmény között bevethető. A repülőgépekre rendelkezésre álló szenzorok száma szinte számtalan, beleértve a hagyományos, multispektrális, hiperspektrális, lidar és egyéb technológiákat. Mezőgazdasági felhasználás alapján az előnyök, hátrányok az 9. táblázatban láthatók. A hátrányok közül kiemelendő a rendkívüli költségesség, mely a mezőgazdasági alkalmazást csak jelentős területtel (több tízezer ha) rendelkező gazdák esetében teszi lehetővé.

| Előnyök                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Hátrányok                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Szinte bármilyen körülmény között bevethetők;</li> <li>• A repülők szenzorok széles skáláját képesek hordozni;</li> <li>• Flexibilis, az adatok felvételezésének időpontját mi választjuk meg;</li> <li>• Felhőtakaró alatt repülnek;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Költségigényes (repülőgép fenntartási és üzemeltetési költségek; pilótabérlési vagy képzési költségek, repülőtéri kiadások)</li> <li>• Hosszú kifutópálya;</li> <li>• Helikopteres felvételezés nagyon drága.</li> </ul> |

9. Táblázat A hagyományos légi távérzékelési adatok előnyei és hátrányai mezőgazdasági célú felhasználás esetén (CSORBA, 2014)

### Pilóta nélküli légi járművek

A pilóta nélküli légi járművek elterjedésével, az azokról végzett távérzékeléssel új perspektíva nyílt a mezőgazdasági célú felhasználásban. Az eszközök olcsón üzemeltethetők és beszerezhetők, a gazdálkodó egyelőre, jogi szabályozás hiányában akár saját maga is üzemeltetheti azokat. Nagy előnye, a gyors bevezethetőség, az igen részletgazdag terepi felbontás. Hátrányai között meg kell azonban említeni a kevésbé időjárás biztonságot (szélre, esőre érzékenyek az eszközök), a kidolgozott adatfeldolgozási folyamatok hiányát, a sok esetben túlzott részletgazdagságot, így az adatfeldolgozási folyamat hosszadalmasságát. Mezőgazdasági felhasználás alapján az előnyök, hátrányok az 10. táblázatban láthatók.

| Előnyök                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Hátrányok                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Olcsó technológia;</li> <li>• Repülési magasságtól függő térbeli felbontás;</li> <li>• Egyszerű kezelés, nem igényel hosszas előkészületeket;</li> <li>• Nyílt forráskódú szoftverek széles tárháza (repüléstervezéstől az adatfeldolgozásig);</li> <li>• Folyamatosan bővülő internetes közösség.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kis méretű géptest (korlátozza a hordozható szenzorok méretét és mennyiségét);</li> <li>• Rövid repülési idő;</li> <li>• Bevezethetősége erősen függ az időjárási körülményektől.</li> </ul> |

10. táblázat A pilóta nélküli légijárművekről végzett távérzékelési adatok előnyei és hátrányai mezőgazdasági célú felhasználás esetén (CSORBA, 2014)

### Pilóta nélküli légijárművek a távérzékelésben

Korábban a nagy felbontású távérzékelési adatok használatát a precíziós mezőgazdaságban korlátozta a költségessége és az adatok hozzáférhetőségének hiánya (WU et al. 2007). A pilóta nélküli légi járművek (UAS) megjelenésével azonban egy könnyen elérhető olcsó eszközt kaptak a távérzékelési szakemberek, gazdálkodók (SWAIN et al, 2010). Az elmúlt években a kisméretű légijárművek széles körben elterjedtek környezeti és mezőgazdasági célú felhasználásra (Laliberte és Rango, 2011). Az első kommerciális felhasználás óta (Tomlins, 1983), mely merevszárnyú repülőgépeken alapult, ma már elérhetőek a helikopterek, multirotoros platformok és ezek különböző integrált rendszerei is (NEBIKER et al. 2008, Rango és Laliberte, 2011).

Az elmúlt évtizedben a különböző felhasználások jelentősen megszaporodtak, köszönhetően a nagyszámú elérhető platformnak és szenzornak. Az elmúlt évtized tapasztalatai alapján, - melyeket több kutatás is alátámaszt - a legalkalmasabb eszközök mezőgazdasági célú felhasználásra a merevszárnyú repülőgépek, elektromos siklók, motoros



SICK LMS-291



Mini MCA Tetracam



Sony DSC-V1



Micro-Hyperspec VNIR



Tetracam-ADC



FLIR Thermovision A40M

11. Ábra UAV-okra tervezett, vagy azokon használt hasznos terhek (Salami et al. 2014)

siklóernyők és multikopterek. A nagyszámú elérhető repülő platform mellett a szenzorok száma is folyamatosan nő. Speciális UAV felhasználásra is forgalmaznak szenzorokat, melyek között találhatóak multi és már hiperspektrális kamerák, lézer szkennerek és kis méretű LiDAR eszközök is. Ezeknek azonban a beszerzési árak sok esetben meghaladják a repülő platform árát. A sikeres UAV felhasználások a mezőgazdasági és környezet monitorozásra az elmúlt évtizedben rohamosan megsaporodtak.

A széleskörű alkalmazhatóság mellett meg kell említeni a jelenlegi legnagyobb problémákat a technológiával kapcsolatban, melyek a technikai megbízhatóság és a kis méretű hasznos tömeg szállítás lehetősége, vagy a rövid repülési idő.

Az UAV rendszerekről általánosságban elmondható, hogy a tömegüknek 20-30%-át tudják hasznos tömegként szállítani, ami limitálja a szállítható eszközöket (NEBIKER et al. 2008). Megfigyelhető azonban, hogy a mikro- és nanotechnológia fejlődésével ezek az eszközök is egyre kisebbek, így a közeljövőben várható, hogy hosszabb repülési idők is megvalósíthatók lesznek. Köszönhetően a folyamatos és gyors fejlődésnek a robotika és az akkumulátor ipar területén is.

A technológia gyors fejlődése mellett várható az árak további csökkenése, a nagyobb megbízhatóság és a hosszabb repülési idők. Ez lehetővé teszi a precíziós mezőgazdaságba illeszthetőséget. Azonban meg kell jegyezni, hogy a távérzékelési adatok feldolgozása szakmai háttérrel igényel, mely sok gazda esetében nem adott. Jelen helyzetben, főleg a szaktanácsadók tudnák a technológiát sikeresen alkalmazni. Amennyiben kidolgozásra kerülnek adatfeldolgozási folyamatok, melyek felhasználóbarát környezetbe vannak építve, vagy akár integrálva a precíziós mezőgazdasághoz használt szoftverekbe (pl. AgLeader), akkor várható a technológia hirtelen elterjedése. Ennek hiányában a gazdák által leginkább az élőképet földre sugárzó, így a terepi bejárást leegyszerűsítő rendszerek terjednek, melyek messzemenőig nem használják ki a technológiában rejlő lehetőségeket.