

SZAKDOLGOZAT

ZSÁK VIKTOR GYŐZŐ

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Környezettudományi intézet

Precíziós mezőgazdasági szakmérnök szak

**TÁVÉRZÉKELÉssel LÉTREHOZOTT MENEDZSMENT-ZÓNÁK
IGAZOLÁSA ÚJ ADATOK ELEMZÉSÉVEL**

Belső konzulens:

Dr. Menyhárt László

egyetemi docens

Készítette:

Zsák Viktor Győző

HCVDP2

GÖDÖLLŐ

2024

Tartalomjegyzék

1.	BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK.....	2
1.1	Bevezetés	2
1.2	Célok meghatározása.....	2
2.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	4
2.1	Precíziós gazdálkodás.....	4
2.2	Távérzékelés	4
2.3	NDVI, azaz Normalizált Differenciál Vegetációs Index	7
2.4	Térinformatikai ismeretek.....	8
2.5	Menedzsment zónák, zóna-lehatárolás.....	9
3.	ANYAG ÉS MÓDSZER.....	11
3.1	A vizsgált terület bemutatása	11
3.2	A rendelkezésre álló adatok és az elemzésükhöz használt módszerek.....	14
4.	EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	16
4.1	A 2023 év adatainak elemzése	16
4.2	A 2024 év adatainak elemzése	22
4.3	Az NDVI értékek matematikai elemzése zóna-lehatárolás szempontjából.....	29
4.4	A hozamtérképek elemzése zóna-lehatárolás szempontjából.....	36
4.5	Meglévő zónákból származó talaj- és levélminta eredményeinek vizsgálata.....	41
5.	KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	46
6.	ÖSSZEFOGLALÁS	48
7.	IRODALOMJEGYZÉK	51
	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	53
	NYILATKOZATOK.....	54

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

1.1 Bevezetés

A nevem Zsák Viktor Győző, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem szakmérnök-hallgatója vagyok a Gödöllői Campuson. A „VP2-4.1.8-21 Mezőgazdaság digitális átállásához kapcsolódó precíziós fejlesztések támogatása” című pályázat kapcsán kezdtem elmélyedni a precíziós gazdálkodás rejtelmeiben. A gazdaságunk valójában már néhány éve használ precíziós eszközöket (automata kormányzás, szakaszvezérlés), de nincs még rendszerbe foglalva, összekötve; az adatgyűjtés és -elemzés és az adatokon alapuló döntések kivitelezése is hiányzik. Az eszközparkunk nagy hiányossága egy hozammérővel és nedvességszenzorral ellátott arató-cséplőgép volt, melyet az imént említett pályázat segítségével beszereztünk.

Mivel képzettségem szerint agrármérnök, növényvédő szakmérnök és szaktanácsadó is vagyok és már több mint húsz éve gyakorlom is a szakmát, nem áll tőlem messze, hogy új és hasznosítható ismeretekkel bővítsem tudásomat. Erre sarkalt az a tény is, hogy egy céggel szerződünk a kötelezően igénybe veendő szolgáltatások terén, aki „szinte a semmiből”, néhány adat bekérése után létrehozta gazdaságunk tábláira a menedzsment zónákat. Tőlünk csak a táblahatárok digitális változatát és az előző néhány év táblánkénti termésátlagait kérték be, „amennyiben elérhető”. Az eredményül kapott menedzsment zónákat gazdaságunk számára is elérhetővé tették egy internetes oldalon keresztül, megnézhattuk, hogy milyen művelési egységekre darabolták a tábláinkat. Egyre több termelő térne át a precíziós gazdálkodásra, fejlesztené a gépparkját, így egyre több szolgáltató is van már jelen a piacon, többféle technikát alkalmazva a gazdálkodók területeinek zóna-lehatárolására.

1.2 Célok meghatározása

Jelen képzés tanulmányi ideje alatt megtanultuk, mennyire fontos az adatok eredete és megbízhatósága, és hogy a vizsgált tábla és környezetének ismerete is nélkülözhetetlen a jó döntések meghozatalához. Gazdaságunk esetében a Szolgáltató cég távérzékelésen alapuló adatokból készítette el a tábláink menedzsment zónáit, egy általa preferált és megbízhatónak mondott módszer alapján.

Célul tűztem ki azt, hogy távérzékelt adatok gyűjtése és feldolgozása alapján létrehozam én is egy kiválasztott tábla menedzsment zónáit és összehasonlítsam azokat a Szolgáltató által előállítottakkal. Véleményem szerint, a terület ismerete - többéves tapasztalatokkal – némileg más/jobb/használhatóbb adatokat fog eredményezni.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 Precíziós gazdálkodás

A precíziós gazdálkodás, más néven precíziós mezőgazdaság, mint oly sok minden más, az Amerikai Egyesült Államokból indult útjára. Mára már nem csak a szántóföldi növénytermesztést, de a precíziós állattenyésztést és precíziós kertészeti termesztést is magába foglalja (Gaál et al. 2017).

Stafford (2000) szerint a precíziós gazdálkodás célja a termőterület, a szaktudás, az eszközök és technológiák magas fokú kihasználása a jobb terméseredmény és -minőség, a nyereség és a fenntarthatóság érdekében.

Neményi és társai (2001) leírják, hogy a precíziós és a helyspecifikus fogalmát külön kell választani. Lehet egy termelés helyspecifikus anélkül, hogy precíz lenne, és fordítva.

A precíziós mezőgazdaság (precision agriculture, PA) egy olyan menedzsment stratégia, amely időbeli, térbeli és egyedi adatokat gyűjt, dolgoz fel és elemez, valamint azokat egyéb információkkal egészíti ki, annak érdekében, hogy támogassa a táblán belüli változatosságot kezelő döntéstámogatási folyamatokat, növelve ezzel az erőforrások felhasználásának hatékonyságát, a produktivitást, a minőséget, a jövedelmezőséget és a fenntarthatóságot a mezőgazdasági termelés során (ISPA internet 1, 2024)

2.2 Távérzékelés

Távérzékelés alatt összefoglalóan azokat az adatgyűjtési és feldolgozási eljárásokat értjük, melynek során tárgyakról, területekről és jelenségekről, különböző módszerekkel, eszközökkel és távolságból, közvetve, azok érintése nélkül gyűjtünk és rögzítünk adatokat (internet 2).

A precíziós gazdálkodás hamar magáévá tette a távérzékelést, mint adatgyűjtési formát (Seelan et al. 2003), rövid idő alatt és olcsón nagy mennyiségű adathoz juthatunk általa.

Az érzékelő elhelyezkedése alapján megkülönböztetünk:

- űr távérzékelés, amikor valamilyen űreszköz hordozza a berendezést,

- légi távérzékelés, amikor a légkörben repülő eszköz a hordozó,
- földi távérzékelés, amikor a földön vagy állványon áll az érzékelő.

A távolról érzékelt jelek közül döntő többségében az elektromágneses jeleket használjuk. Űreszköz és légi felvételezés során a passzív érzékelés a leggyakoribb, mikor a Naptól érkező és a felszín által visszavert energiát detektáljuk. A földi távérzékelésnél már könnyebb saját, ismert hullámhosszú sugárzást előállítani a célfelületre.

Polgári felhasználás céljára először a LANDSAT program műholdjai készítettek felvételeket a Föld felszínéről, az első ilyen műholdat 1972-ben lőtték fel. A felvételek segítségével a vegetáció vizsgálata hamar kiemelkedő területté vált. Hamarosan megszülettek az első vegetációs indexek publikációi (Rouse et al. 1973). Jelenleg több, mint 500 különböző vegetációs indexet tartanak számon (internet 3) és a lista még nem végleges.

A LANDSAT-8 műhold 2013-ban került fellövésre, neki és elődjének sávkiosztása az 1. ábrán látható.

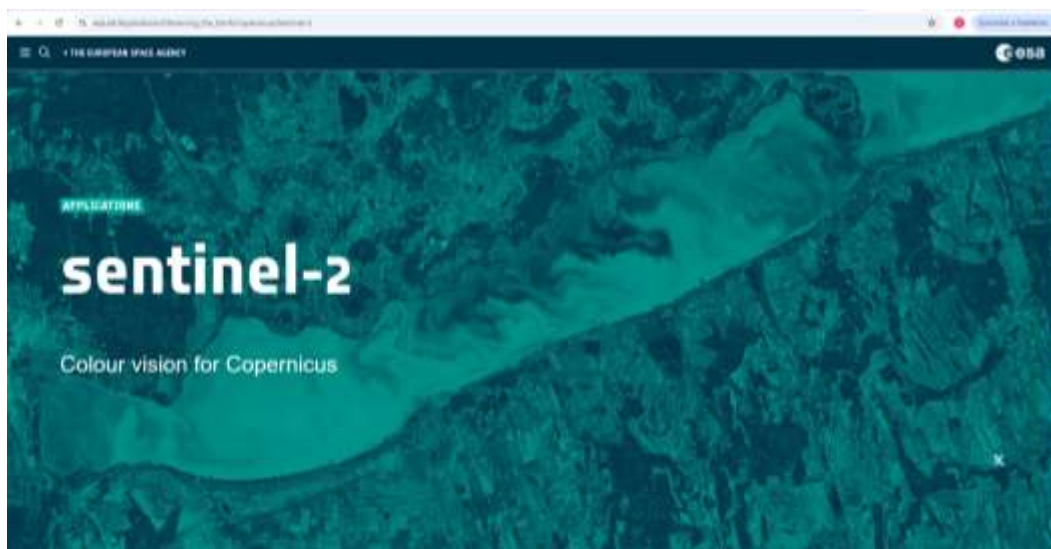
Landsat-7 ETM+ Bands (μm)			Landsat-8 OLI and TIRS Bands (μm)		
			30 m Coastal/Aerosol	0.435 - 0.451	Band 1
Band 1	30 m Blue	0.441 - 0.514	30 m Blue	0.452 - 0.512	Band 2
Band 2	30 m Green	0.519 - 0.601	30 m Green	0.533 - 0.590	Band 3
Band 3	30 m Red	0.631 - 0.692	30 m Red	0.636 - 0.673	Band 4
Band 4	30 m NIR	0.772 - 0.898	30 m NIR	0.851 - 0.879	Band 5
Band 5	30 m SWIR-1	1.547 - 1.749	30 m SWIR-1	1.566 - 1.651	Band 6
Band 6	60 m TIR	10.31 - 12.36	100 m TIR-1	10.60 - 11.19	Band 10
			100 m TIR-2	11.50 - 12.51	Band 11
Band 7	30 m SWIR-2	2.064 - 2.345	30 m SWIR-2	2.107 - 2.294	Band 7
Band 8	15 m Pan	0.515 - 0.896	15 m Pan	0.503 - 0.676	Band 8
			30 m Cirrus	1.363 - 1.384	Band 9

1. ábra (forrás: <https://landsat.gsfc.nasa.gov>)

A LANDSAT 7 és 8 műholdak spektrumai és terepi felbontásuk

Manapság már sokkal több műhold kering Föld körüli pályán és szolgáltat adatot a felszín állapotáról. Európai viszonylatban a SENTINEL-2 műholdcsalád (2. és 3. ábra) a legfontosabb,

2015, 2017 és 2024 években felbocsájtott szatellit-trió már 5 naponta tud felvételt készíteni a felszín ugyanazon részéről, bár a legutolsó még nincs beállítva.



2. ábra: A SENTINEL-2 az Európai Űrügynökség honlapján

Sentinel-2 Bands	Central Wavelength (μm)	Resolution (m)
Band 1 - Coastal aerosol	0.443	60
Band 2 - Blue	0.490	10
Band 3 - Green	0.560	10
Band 4 - Red	0.665	10
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705	20
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740	20
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783	20
Band 8 - NIR	0.842	10
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865	20
Band 9 - Water vapour	0.945	60
Band 10 - SWIR - Cirrus	1.375	60
Band 11 - SWIR	1.610	20
Band 12 - SWIR	2.190	20

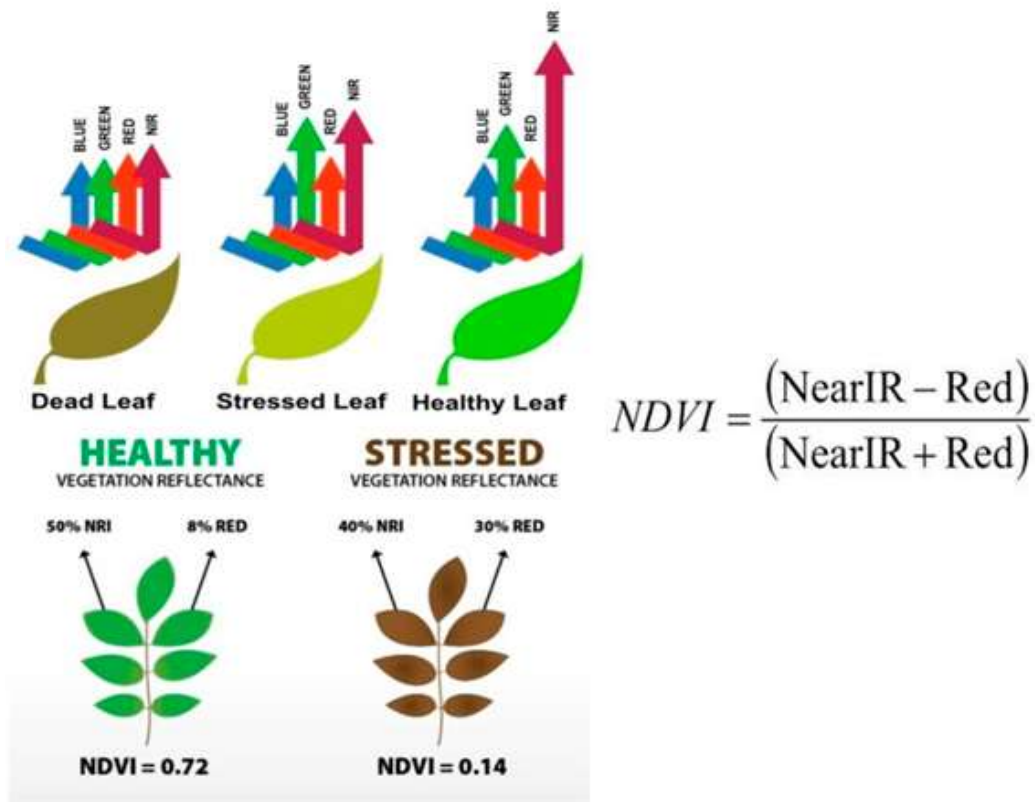
3. ábra (forrás: <https://gisgeography.com>)

A SENTINEL-2 műholdak spektrumai és terepi felbontásuk

A vegetációs indexek alapján mind a várható hozam, mind a minőségi paraméterek becsülhetők. A felvételezés időpontja az egyes növények vegetációs periódusának függvényében jelentősen befolyásolhatja a becslés eredményét (Milics, 2008).

2.3 NDVI, azaz Normalizált Differenciál Vegetációs Index

A növényi szövetekben található klorofill erősen elnyeli a 450-670 nanométer közötti hullámhossz-tartományt (a zöldet kicsit kevésbé 500-560 között). Az infravörös tartomány felé haladva 700 nm-nél az egészséges növényzet visszaverődése ugrásszerűen megnő (Theilen-Willige, 1993 és Berke és társai, 2004)(4. ábra).



4. ábra (forrás: <https://www.revistacanavieiros.com.br>)

A növények elnyelése-visszaverése és a leggyakoribb vegetáció index számítása

A LANDSAT-8 esetében az négyes és ötös csatornával, a SENTINEL-2 esetében pedig a négyes és nyolcas csatornával kell tehát számolnunk. A terepi felbontásuk miatt a SENTINEL-2 adatait gyakrabban használjuk.

2.4 Térinformatikai ismeretek

A térhez kötött adatok gyűjtésének, tárolásának, feldolgozásának, elemzésének és megjelenítésének változatos eszköztárát a térinformatika (Geographic Information System, röviden GIS) jelenti. Támogatja a térbeli folyamatok és mintázatok vizsgálatát, továbbá a térbeli tervezést és döntéshozatalt is (internet 4).

Ma már a távérzékelte adatok, elsősorban a légi- és űrfelvételek, illetve a hozamtérképek feldolgozása, elemzése, nem valósulhat meg korszerű térinformatikai eszközök és elméletek nélkül.

Ehhez szükség van a tér mérésére alkalmas, minél pontosabb (precízebb) technológiára. A GPS (Global Positioning System) az Amerikai Egyesült Államok katonai célokra létrehozott NAVSTAR navigációs rendszere 1973 óta (a nyolcvanas évektől engedélyezték polgári használatra is). Napjainkban a globális navigációs műholdrendszer (GNSS) része többek között az európai GALILEO, az orosz GLONASS vagy a kínai BEIDOU is.

A műholdas navigáció lényege az időmérés. A szatellit fedélzetén atomóra szolgáltatja a nagy pontosságú időt, melyet folyamatosan sugároz felénk. A küldött jelben benne van az adott műhold Földhöz képest mért helyzete is. A vevőegység a jelet dekódolja, ezzel meghatározza a műhold távolságát. Legalább három műhold jeléből már meghatározható, hogy hol tartózkodunk.

Az eszközök folyamatosan fejlődnek, a pontosság növekszik, azaz a hiba mértéke csökken. Az RTK (Real-time Kinematic), jelkorrekció segítségével már (majdnem) valós idejű adatokkal dolgozik, és a pontossága elérheti a centiméteres nagyságrendet ($\pm 2,54 \text{ cm} = 1 \text{ inch}$).

Nem szabad megfeledkeznünk a különböző rendszerek közötti átjárhatóságról. A GPS, a GLONASS koordináta rendszere, vagy a Magyarország területére kitalált szögtartó EOV (Egységes Országos Vetület) rendszer csak transzformációt követően egyeztethető össze. Előbbi kettő fokokban (vagy fok-szögperc-szögmásodpercben), utóbbi (EOV) méterben adja

meg a helyzetünket a saját vetületi rendszerében. Utóbbinak nagy előnye, hogy a hosszúság alapú mérések nagyon egyszerűek (Milics, 2008 alapján).

2.5 Menedzsment zónák, zóna-lehatárolás

Zóna, a precíziós gazdálkodás alappillére. A több évig stabilan hasonló hozamot, eredményt adó, így azonosan kezelhető táblarészek. A zónák pontos, megbízható meghatározása a precíziós termesztés hatékonyságának kulcsa, a termesztés jövedelmezőségének alapja (internet 5)

A hagyományos gazdálkodás a mezőgazdasági táblát egy egységként veszi figyelembe és azon homogén kezeléseket valósít meg (Gaál és társai, 2017). Azonban, amennyiben a tábla nem homogén tulajdonságokkal leírható, változatosan jellemezhető, akkor lehet, hogy érdemes kisebb egységekre bontva kezelni. Ahogyan Stombaugh et al. (2001) is felsorolják ezt teendőként, mikor a precíziós növénytermesztési technológia bevezetésének lépéseiről írnak:

- térképező program beszerzése
- helyspecifikus adatgyűjtés
- a művelt terület határainak feltérképezése
- az adatok tárolása
- távérzékelt adatok beszerzése
- hozammérő szenzor beszerzése
- differenciál GPS beszerzése
- hozamtérképek elkészítése
- **hozamtérképek felhasználása az eltérések felderítésére**
- **profittérkép elkészítése**
- **hozamtérképek és profit-térképek használata a döntéshozatalnál**
- **helyspecifikus talajmintavétel**
- **kezelési egységekre bontott beavatkozás**
- **változó alkalmazás (Variable Rate Application, VRA) bevezetése.**

A menedzsment (művelési) zónák lehatárolására többféle módszer alkalmazható. A hozamtérkép általában jó indikátor a talajtulajdonságokkal és tápanyag-ellátottsággal kapcsolatban, használhatók hagyományos légi felvételek, multispektrális felvételek, a tervezett

kezelésnek megfelelő terepi (pl. gyom-) felvételezések, valamint a gazdálkodók tapasztalatai (Zhang et al. 2010). Nagyon sok esetben a domborzat figyelembevétele is számít.

Korábban a térinformatikai és a szenzoros módszerek (pl. légi lézerszkennelés, hiperspektrális távérzékelés és talajszkennelés) megjelenése előtt, a térképező talajtani tudására és tapasztalatára hagyatkozva, a rendelkezésre álló talajinformációk és szintvonalas térképek alapján kézzel határolta le a talajváltozati foltokat (Machanda et al. 2002).

Közvetett talajinformációk nyerhetők a különféle légi- és űrfelvételezések alapján készített domborzati modellekből és az azokból levezetett geomorfológiai jellemzőkből (pl. lejtőszög, lejtőgörbület, kitettség, völgymélység stb.) (Miller és Schaetzl, 2014).

Moore et al. (1993) szerint a térinformatika által szintetizált eredmények révén a precíziós növénytermesztés termőhelyspecifikusan kezeli a táblán vagy parcellán belül elkülöníthető talajváltozatokat, azok évjáratonkénti termőképességének tér- és időbeli variabilitását meg is jeleníti.

A normalizált differenciált vegetációs index (NDVI) évjáratonként és növény-specifikusan jelzi a talajok termőképességét. Értékeinek kategorizálásával jellemezhetők és lehatárolhatók a tulajdonságokban is eltérő talajfoltok, amelyek felhasználhatók a precíziós művelési zónák kialakításához (Kocsis és társai, 2021).

A zónák kialakításánál lehetőleg több év adatait célszerű figyelembe venni, elkerülendő az évjáráthatásból adódó hibás kiértékelést (Szabó és Milics, 2016). Mellette olvasható az is, hogy a hozamtérkép hasznos lehet a távérzékelés mellett, de csálóka is tud lenni például, ha vadkáros a terület. Véleményem szerint, a távérzékelésnek nagyon hasonló buktatói tudnak lenni.

Mesterházi (2004, 2013) is megemlíti doktori értekezésében, hogy a zónalehatárolást leghatékonyabban hozam adatokkal, elektromos vezetőképesség mérésével és közeli infra (NIR) visszaverődési adatokkal lehet elvégezni.



6. ábra (mepar.hu)

Ecséd déli-délnyugati régiójának térképe a lejtőviszonyokkal

Szembetűnő a jóval kevesebb erdő, a sokkal több szántóföldi művelésre alkalmas terület aránya. Ez a délnyugati oldal már gyakorlatilag a Jászság homoktalajainak kezdete.

A területünk nagy részén a laborvizsgálatok alapján barna erdőtalajok és csernozjom talajok találhatóak, agyag és vályog fizikai féleség különböző keverékeivel.

Ezen déli oldalon található az általam vizsgálat alá vont Pótlék elnevezésű tábla (7. ábra)



7. ábra A Pótlék nevű tábla a Google Earth felületen 2022-ben

Ezt a képet a Google Earth idősoros állományában találtam 2022-ből. A QGIS program segítségével georeferáltam és a későbbiekben ezt használtam alaptérképként. Ennek oka, hogy nagyon jól látszanak rajta talajfoltok, eróziós viszonyok. A tábla teljes területe nagyjából 48 hektár, de különböző földhasználati jogviszonyokból tevődik össze, ezért a pályázatba bevitt területe némileg kevesebb, 32,8736 hektár az Egységes Kérelem szerint és a saját mérések szerint is. A vizsgált terület a piros vonallal van lehatárolva (KML).

A tábla 2023 évben napraforgóval lett elvetve, az átlagtermése 3,94 tonna lett hektáronként, 2024-ben őszi búza volt a főnövény, 8,35 tonna hektáronkénti átlagterméssel.

3.2 A rendelkezésre álló adatok és az elemzésükhöz használt módszerek

A táblához rendelkezésre álltak a 2023 és 2024 évi hozamtérképek, a Sentinel-2 műhold adatai, egy drónos NDVI felvételezés 2024-ből, bővített talajvizsgálati eredmények 2023-ból és levélanalízis eredmények 2024-ből.

A hozamtérképek a pályázaton beszerzésre került New Holland CR 8.90 típusú rotoros kombájn IntelliView IV. monitorából származtak. A nyers adatokat SMS Advanced program használatával nyertem ki az egyik legtöbbet használt shape formátumban.

A Sentinel-2 műholdak adatai egy egyszerű regisztrációt követően ingyenesen hozzáférhetőek. Olyan időpontokat kerestem a területről készített képek között, mikor a felhőzet nem akadályozta a tábla fényképezését, sem direkt takarással, sem árnyék vetésével.

A 2023 évből július 23-i és augusztus 27-i Sentinel-2 felvételt választottam ki, a 2024 évből az április 28-i és június 7-i Sentinel-2 felvétel mellett április 27-én került sor a drónos felmérésre. Márciusban is volt egy drónröptetés, de erősen bealkonyodott, így a fényviszonyok miatt sok hibával terhelt kép készült, amit nem tudtam felhasználni a dolgozat megírásához.

A drónnal készült felvételezésben egy sorstársam, Farkas Bence segített, egy DJI Mavic 3 típusú, automata repülésre képes, RTK pontosságú, georeferált képek készítésére alkalmas, multispektrális kamerával felszerelt készülékkel. Az RTK-hoz a jelpontosítást földi bázisállomás adta. Az utófeldolgozást DJI Terra-ban és az Agisoft Metashape Pro programmal végezte el. Minden képkocka georeferált, azok alapján rakta össze a program egyetlen képpé. A fotók előre és hátra 85, oldalra 75 százalékos átfedéssel készültek

A talajmintavételezést a Szolgáltató cég végezte 2023 őszén, az általuk előzetesen kialakított menedzsment zónákból. Egy zónából egy átlagmintát gyűjtöttek, melyet az SGS Hungária akkreditált laborjában elemeztek ki. Az adatokat a webes felületen és nyomtatva tették számunkra hozzáférhetővé.

A levélminták gyűjtését egy kollégával, saját kezűleg csináltam. Itt szintén átlagminta kialakítására került sor a meglévő zónákból, melyet az Eurofins MINERÁG szekszárdi akkreditált laborjában vizsgáltak meg.

A téradattal rendelkező adatok megjelenítésére és bizonyos fokú elemzésére a QGIS térinformatikai programot használtam, az elemzéshez táblázatkezelő programot (MS Excel) is igénybe vettem.

Az NDVI és hozamadatokat standardizálásnak vettem alá, mert a különböző mérési eredmények átlagtól való eltérését szerettem volna összehasonlítani.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

4.1 A 2023 év adatainak elemzése

A 2023 év volt az első, mikor hozamtérképezős kombájnt használtunk betakarításhoz. A nyári aratásnál igyekeztünk begyakorolni a kezelést, hogy amiatt ne legyen hibákkal terhelt a gyűjtött adat. Mint látható, nem ment teljesen gond nélkül (8. ábra)



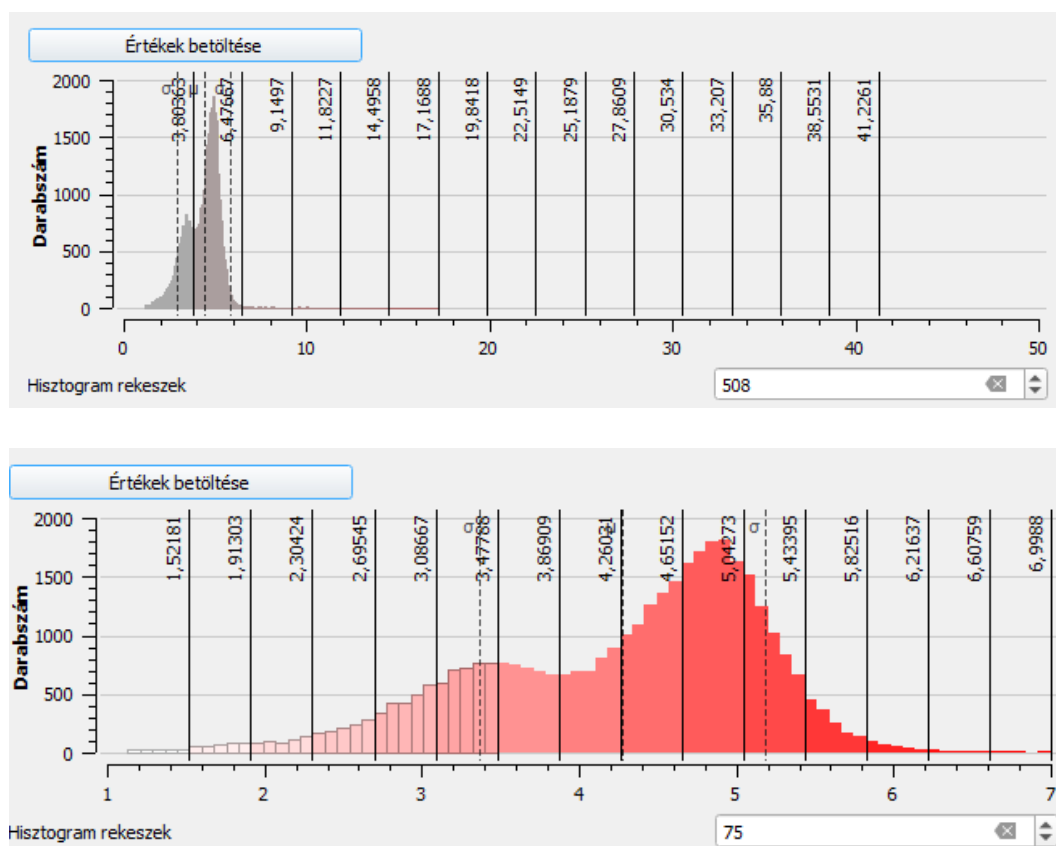
8. ábra Napraforgó adatpontok 2023 évből (QGIS, EPSG:4326 – WGS84)

(A továbbiakban minden téradattal rendelkező kép az EPSG:4326 – WGS84 koordináta rendszerben lett bemutatva, hiszen az alapadatok is abból vetületből származtak.)

Az adathiány abból adódott, hogy amíg a kombájnbán nem épült fel az RTK pontosságú DGPS kapcsolat, addig nem rögzítette a hozamadatokat. A gép sajátossága, hogy néha csak sokadik újraindításra kapcsolódott a műholdvevő berendezéshez, de a türelem nem adatott meg az első betakarítási napon.

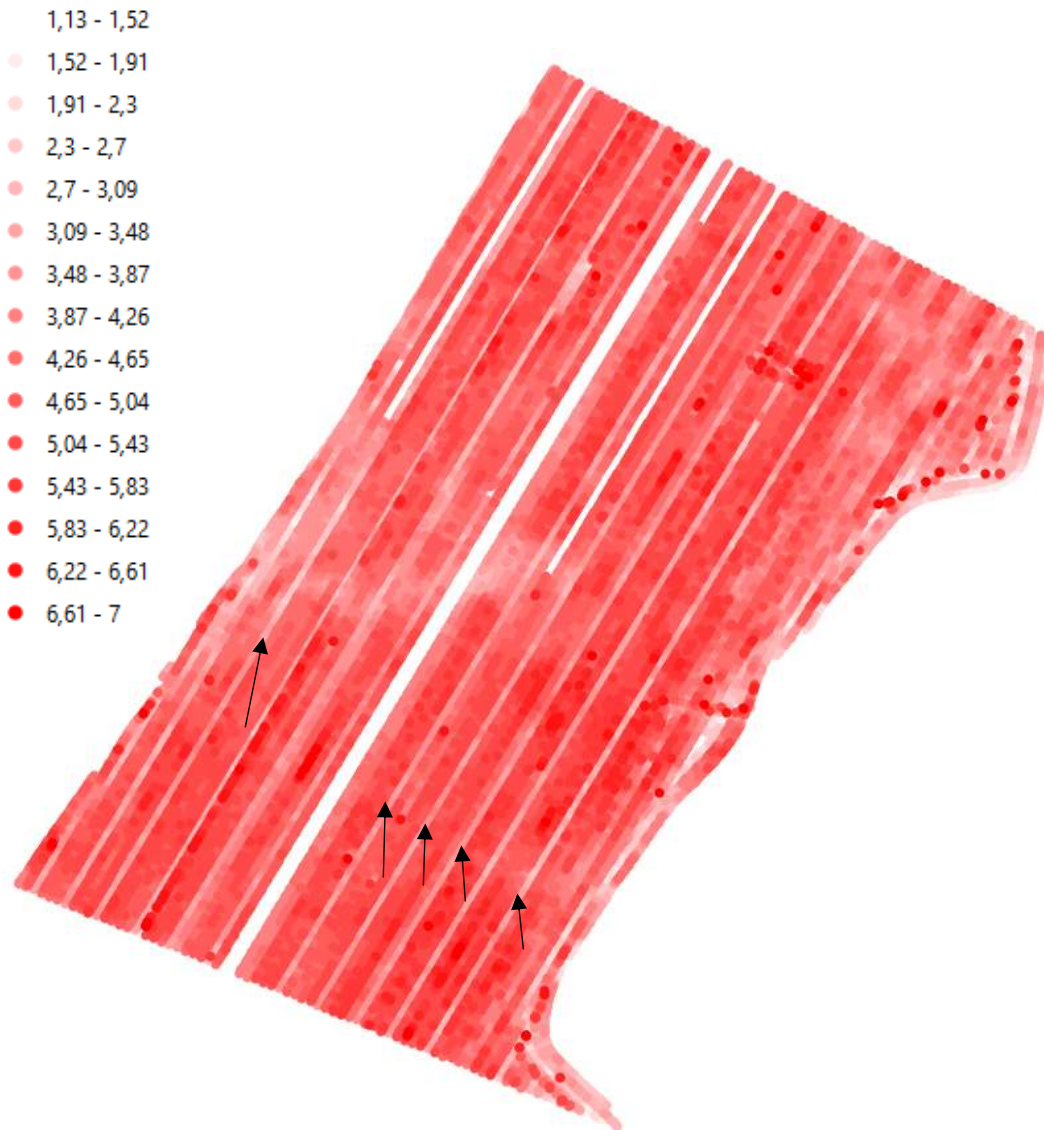
Mint ahogyan már leírtam, a földhasználati jogviszonyból adódóan a vizsgált terület kisebb a teljes területnél, a továbbiakban már csak a vizsgált területről származó adatokat jelenítettem meg. A vágott vektoros állomány némileg megkönnyítette a hozamadatok tisztítását, hiszen a táblavégi forgók így leestek, az ott gyakran előforduló hibás adatokkal együtt. Az így keletkezett adatállományt dolgoztam fel mindkét év esetében.

2023-ban, a napraforgó vetésére két hibridet használtunk, táblafelezéses módszerrel. A betakarításból származó hozamadatok megjelenítésekor a hisztogramon jól látszik, hogy akár 40 tonnás terméseredményt is rögzített a rendszer. Az állományt leszűrtem 1 és 7 tonnás értékek közé (táblaátlag 3,94 t/ha) (9. ábra).



9. ábra Nyers és szűrt napraforgó hozamadatok hisztogramja 2023-ból (QGIS)

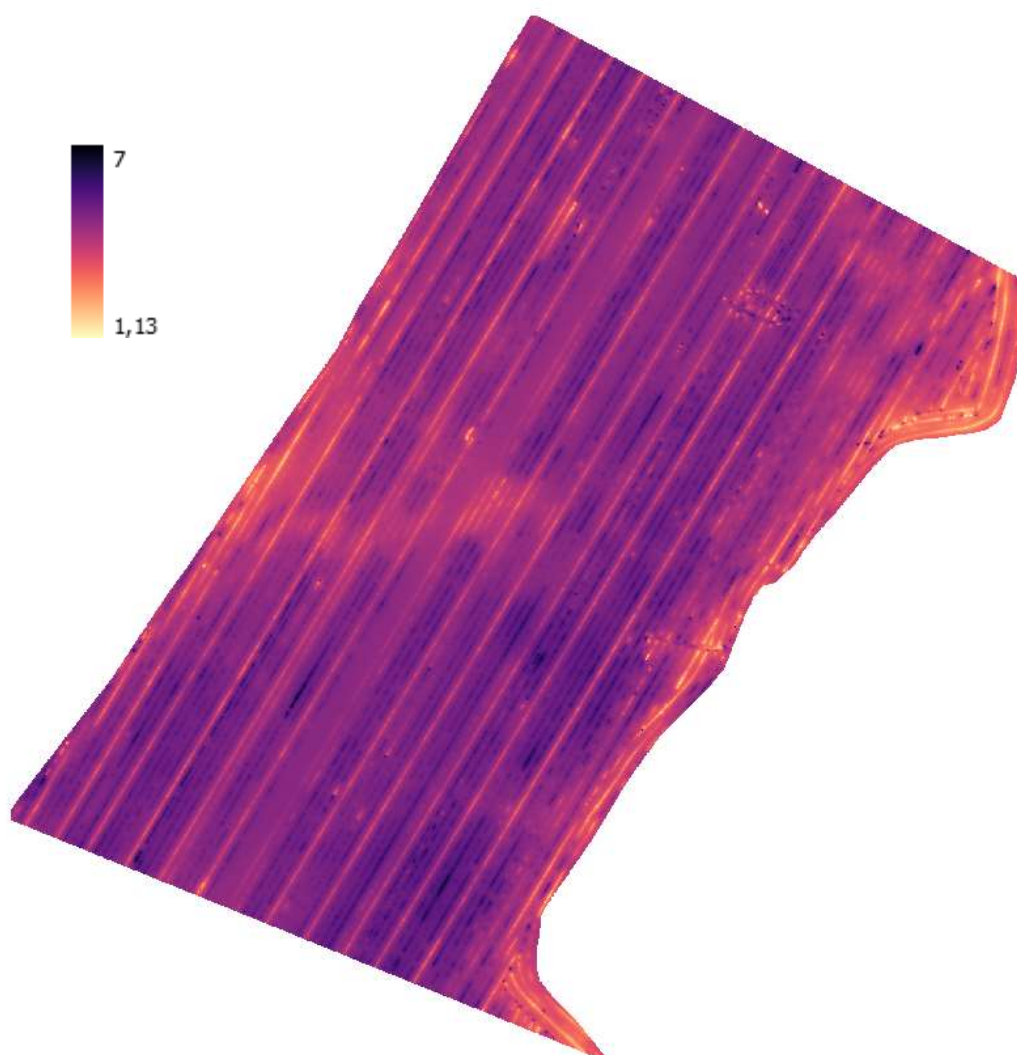
Az így megjelenített hozamtérképen – a már említett adathiányon kívül – egy dolog rögtön szembe tűnt. Nagyjából azonos távolságokban, egymással párhuzamosan, sokkal kisebb hozam látható teljes sorhosszúságban (10. ábra).



10. ábra Az 1-7 t/ha közé szűrt adatok a „szabályos” mintázattal, napraforgó 2023 (QGIS reds)

A térképen megmérve a távolságokat, átlagosan 27 méter körüli eredményeket találtam. Ez megegyezik a napraforgó deszikkálására megfogadott vállalkozó permetezőjének munkaszélességével. A területen is tapasztaltam, hogy a permetező járószerkezete, illetve annak felfüggesztése nagyon sok tányért letört, lefejezte a napraforgót. A nem teljesen azonos távolságok nem abból adódnak, hogy a gép nem rendelkezett sorcsatlakozást segítő navigációs

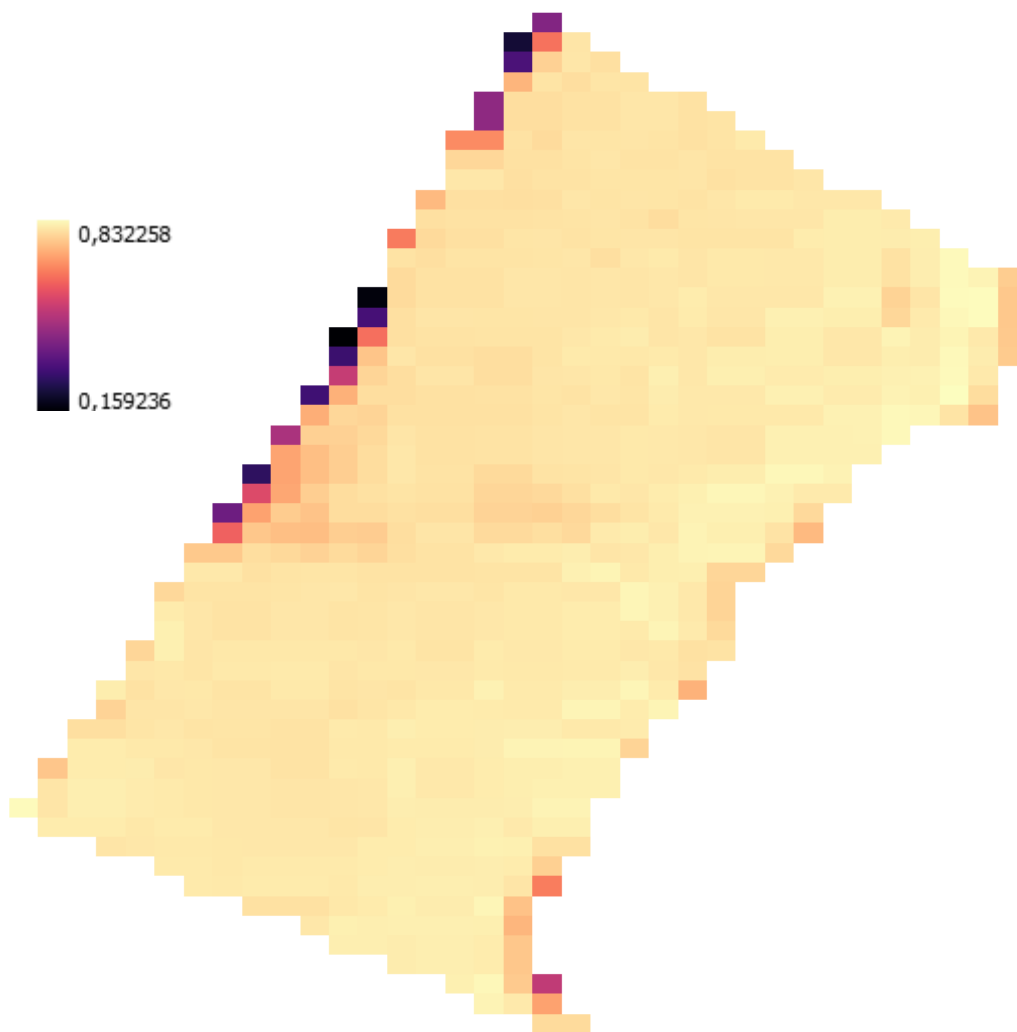
rendszerrel, hiszen a deszikkálás műveletnél egyéb jelek is mutatják a hiányosságokat. A távolság változása a kombájn munkaszélességéből adódik. A nyolcsoros adapter szélessége 6 méter, az viszont, hogy a lefejezett sorok éppen hova kerültek a nyolcból, az változott. A kombájn a hozampontokat viszont a munkaszélesség közepére teszi mindig. A hozam adatokra készítettem interpolációt a távolságra fordítottan súlyozva (IDW) és az eredményraster-t a QGIS program fordított magma színskálájával jelenítettem meg egysávos álszínben (11. ábra).



11. ábra Raszterbe interpolált napraforgó hozamtérkép 2023 (QGIS inverz magma)

A tábla keleti oldalán szinte végig erdő található, jelentős gímszarvas által okozott kárt lehetett látni betakarítás közben.

2023-ban az egyik általam választott műholdfelvétel július 23-án készült. Letöltöttem a megfelelő sávokhoz tartozó képeket, majd az ismertetett képlet alapján NDVI értéket számoltattam raszterkalkulátor segítségével. Az eredményt egysávós álszínes módban, magma színskálában jelenítettem meg (12. ábra).

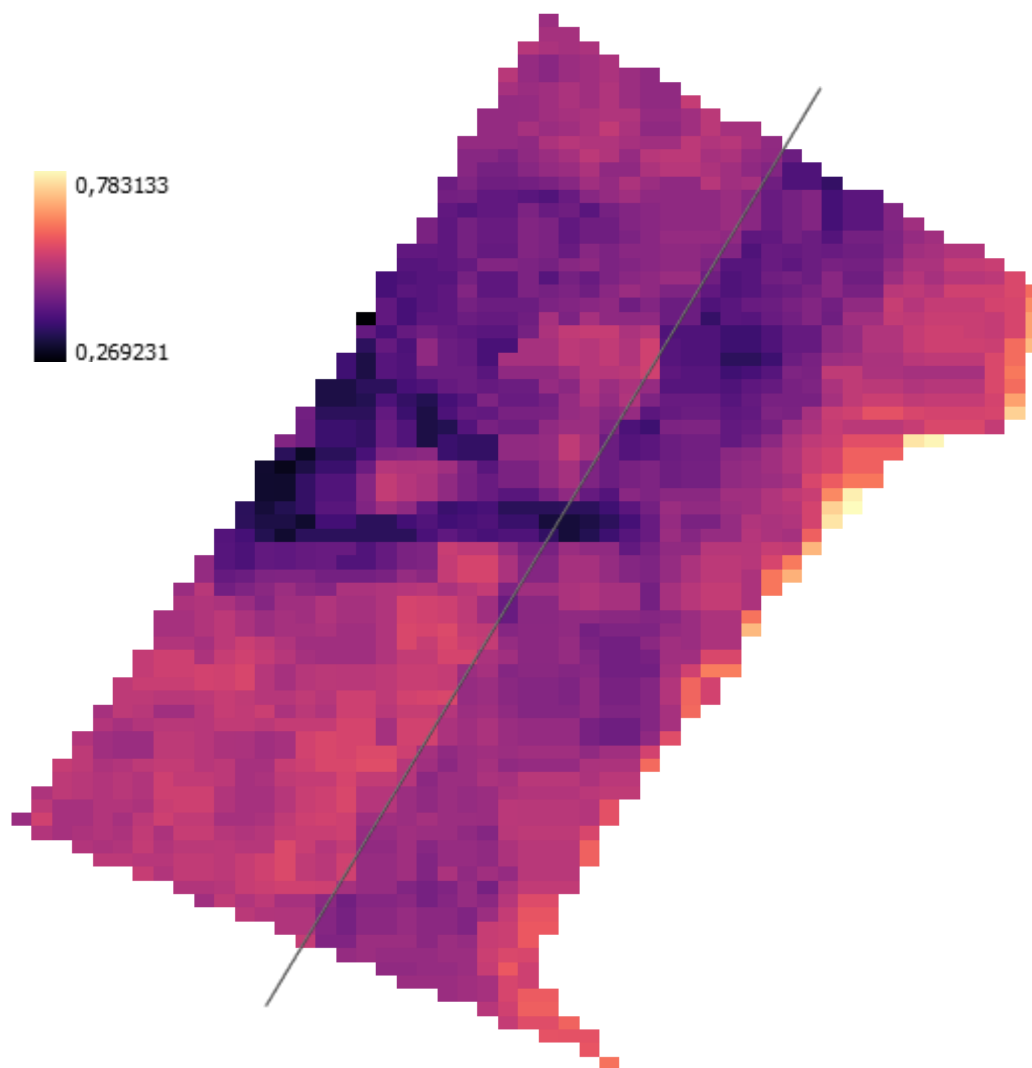


12. ábra 2023.07.23-i Sentinel-2 alapján készült NDVI raszter, napraforgó (QGIS magma)

A tábla nyugati, hosszú oldalának közepén látható 6-8 legalacsonyabb értékű pixel a kis felbontású raszter (10x10 méter) méretre vágásának eredménye. A napraforgó mellett közvetlenül, szántépőzött szegély volt növényi maradványokkal, és azok visszaverődési értéke „becsúszott” a vágott raszterbe. Ebben az időpontban már túl van az állomány a vegetáció csúcspontján, mégis, szinte alig mutatható ki különbség a táblarészek között. A talajfoltoknak

köszönhető eltérés az egyetlen különbség, a gyengébb képességű részeken hamarabb vége van a vegetációnak.

A másik általam választott időpont 2023. augusztus 27. volt. Az előző metodika alapján elkészítettem az NDVI képet (13. ábra).



13. ábra 2023.08.27-i Sentinel-2 alapján készült NDVI raszter, napraforgó (QGIS magma)

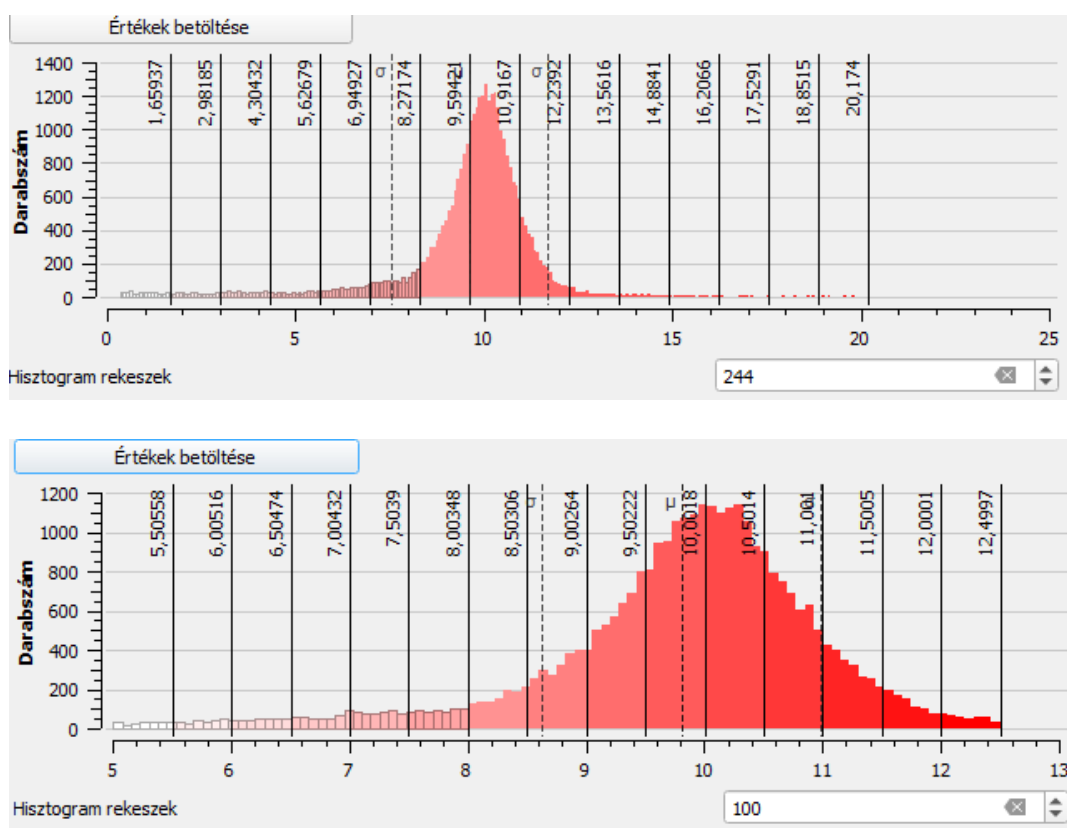
A vonallal a hibridváltás határát jeleztem

A vegetáció végén, a gyengébb szolgáltatóképességű talajon hamarabb pusztult az állomány, itt már a hibridek különbözősége is kibontakozik érésidőben, vízleadásban, kései kórtani érzékenységekben stb.

A tábla keleti, hosszú oldalának szélein (ahol a vadkár mértéke meghatározó volt), magasabb értékek voltak mérhetőek. Oka, a napraforgó reakciója a teljesen differenciálódott generatív rész elvesztésére: nem képez új termőrészt, de a vegetatív részeit a többletenergiával sokkal dúsabbra növeszti.

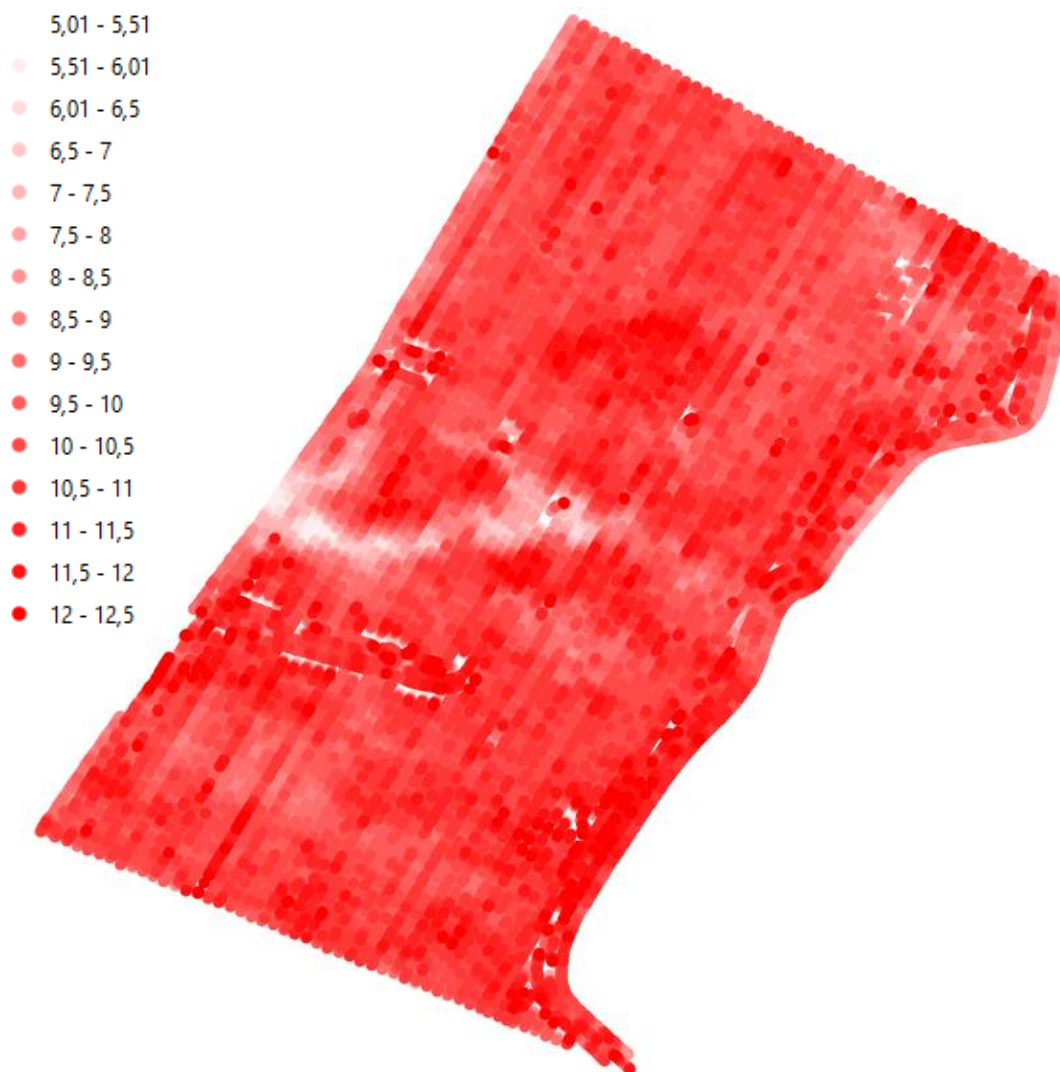
4.2 A 2024 év adatainak elemzése

2024 évben őszi búza volt a főnövény 8,35 tonna/hektár táblaátlaggal. Igyekeztünk elkerülni a hibás gépbeállításból származó fals adatokat, de belefutottunk első nap egy nedvesebb terményt adó táblarészbe, így megint csak nem lett szép, egységes a hozamtérkép. Megint a türelmetlenség okozta a problémát. Átvonulni nem szerettünk volna másik táblába, hiszen az időkiesés lett volna, maradtunk, és hosszában daraboltuk a táblát. A kinyert adatsor nyers megjelenítésben azt mutatta, hogy 20 tonnás eredmények is vannak a táblában. Ezt még a viszonylag jónak mondható táblaátlag alapján sem hittem el, úgyhogy leszűkítettem az adatokat az 5 és 12 tonna közötti tartományba (14.ábra).



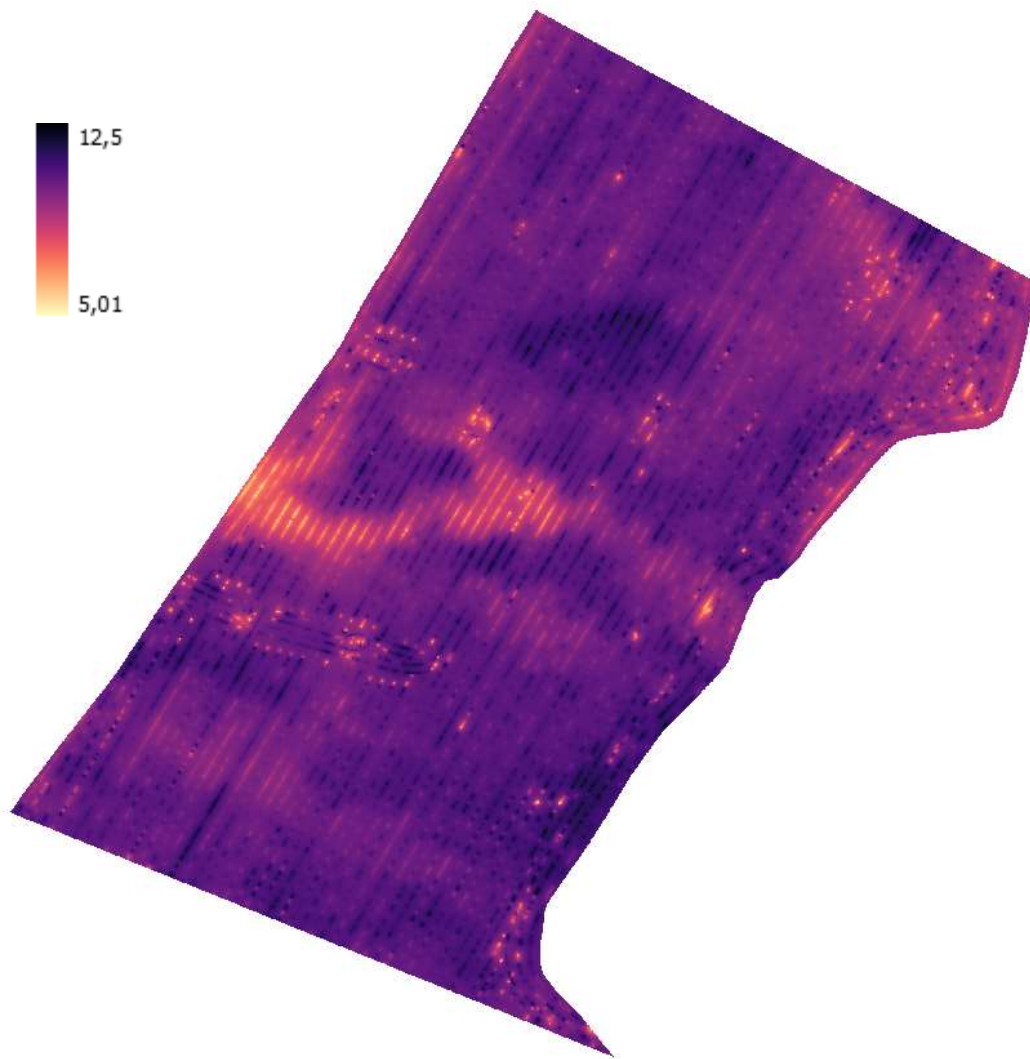
14. ábra Nyers és szűrt őszi búza hozam adatok hisztogramja 2024-ből (QGIS)

Így jelenítettem meg a hozamadatokat további vizsgálat céljára. A területen láthatóan az előző évihez nagyon hasonló különbségek rajzolódnak ki (15. ábra).



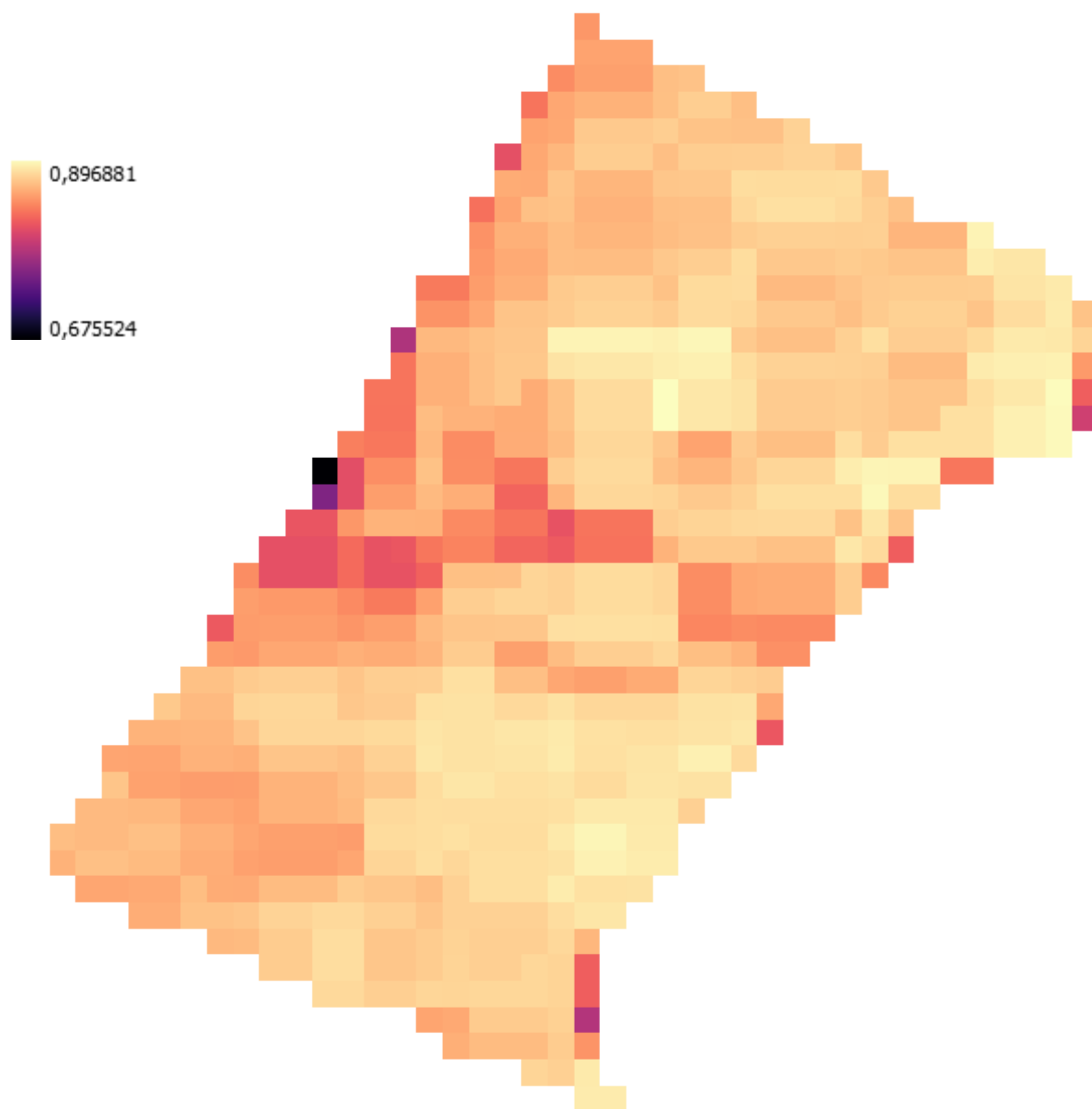
15. ábra Az 5-12 t/ha közé szűrt hozam adatok, őszi búza 2024 (QGIS reds)

A hozam adatokra itt is készítettem interpolációt a távolságra fordítottan súlyozva (IDW) és az eredményraster-t a QGIS program fordított magma színskálájával jelenítettem meg egysávos álszínesben (16. ábra).



16. ábra Raszterbe interpolált őszi búza hozamtérkép 2024 (QGIS inverz magma)

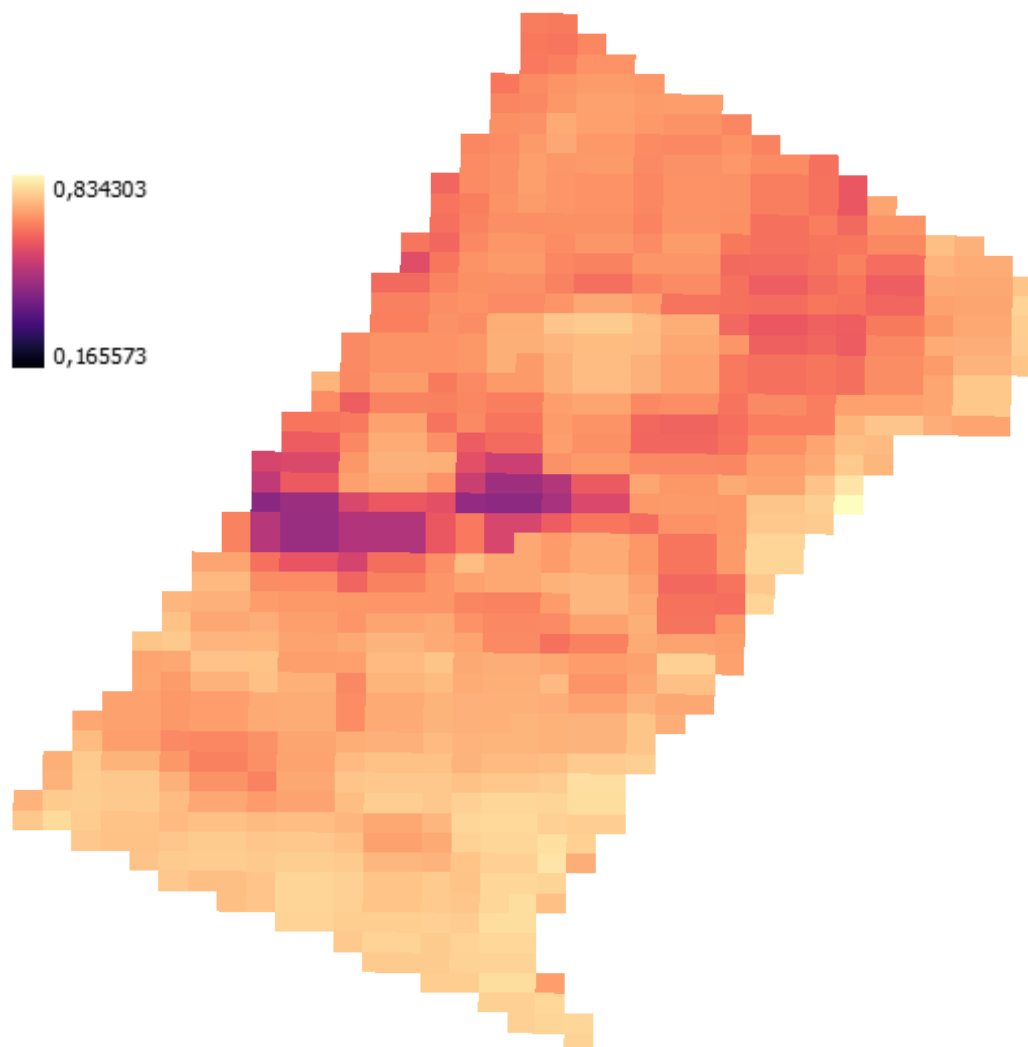
2024-ben az egyik általam választott műholdfelvétel április 28-án készült. Letöltöttem a megfelelő sávokhoz tartozó képeket, majd az ismertetett képlet alapján NDVI értéket számoltattam raszterkalkulátor segítségével. Az eredményt egysávós álszínes módban, magma színskálában jelenítettem meg (17. ábra).



17. ábra 2024.04.28-i Sentinel-2 alapján készült NDVI raszter, őszi búza (QGIS magma)

Most csak pár darab fals értékű pixel „csúszott be” a tábla szélén. A zászlóslevelek már kinn voltak, a kalász már szinte hasban, ereje teljében volt az állomány.

A másik általam választott időpont 2024. június 7 volt. Az előző metodika alapján elkészítettem az NDVI képet (18. ábra).

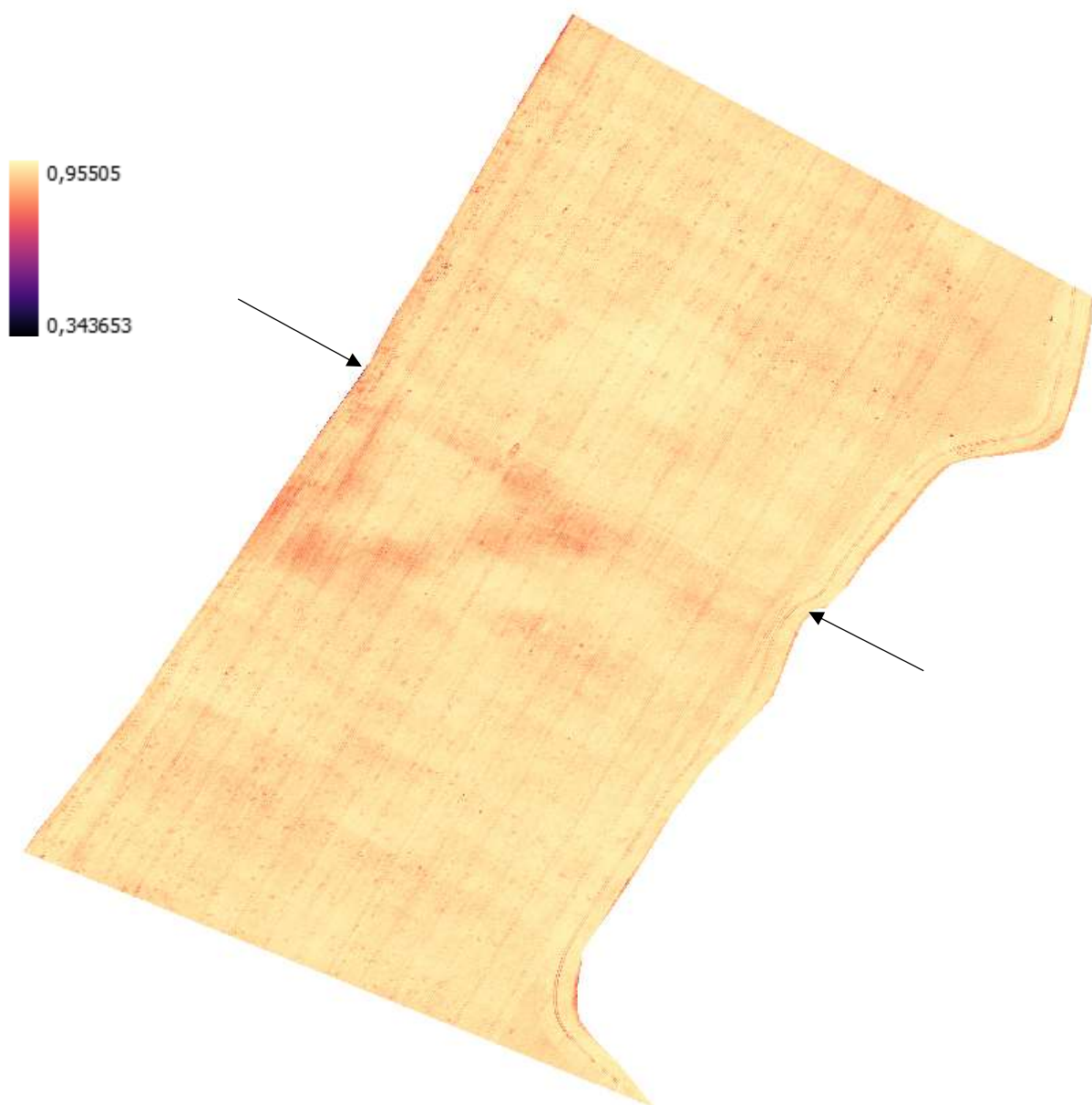


18. ábra 2024.06.07-i Sentinel-2 alapján készült NDVI raszter, őszi búza (QGIS magma)

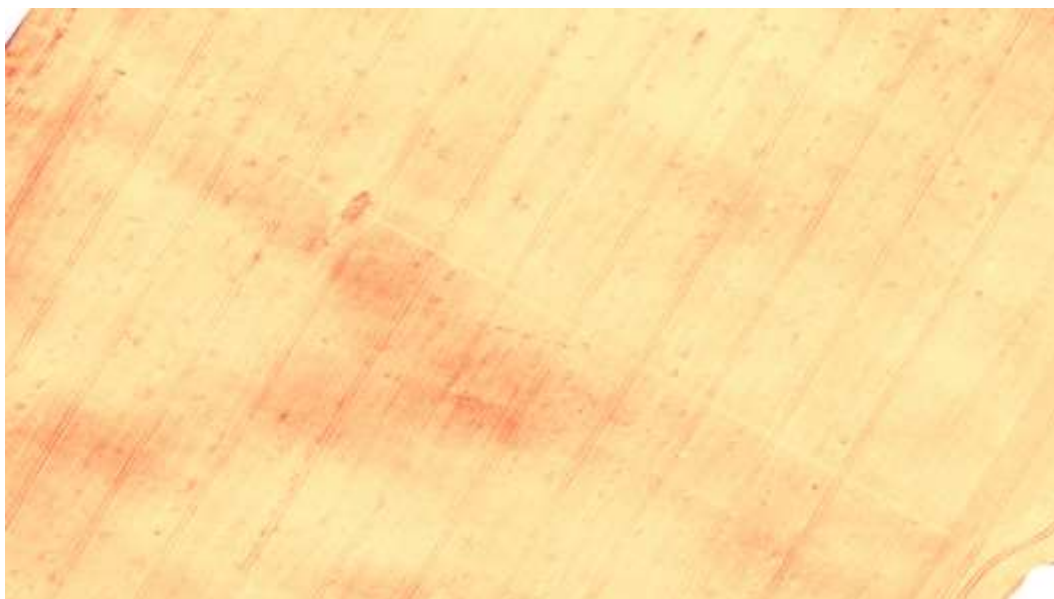
Az állomány még zöld, de az érési folyamat már elkezdődött, a gyengébb talajfoltokon előrehaladottabb a növényzet életciklusa, már nominálisan is elhaló növényzet látható az NDVI alapján.

Igaz, hogy nem időrendben, de most mutatnám be a drónos felvételezés eredményét, ami 2024 április 27-én született (19. ábra). A rendkívüliség oka a magasabb információtartalom. Az egyik leglényegesebb különbség a többihez képest, a felbontás. Míg a Sentinel-2-ről nyert NDVI térképek terepi felbontása 10x10 méter, addig ennek a drónos felvételnek a felbontása 5,5x5,5

centiméter. Ezzel már gyakorlatilag egyedenként is lehetne vizsgálni a kalászosok állományát. Sokkal részletgazdagabb a kapott kép, amiről eddig azt gondoltuk, hogy folt, arról kiderült, hogy inkább gyűrűs alakzat. Az előző évek pocokgradációja is fellelhető a képkockákon, sőt, a csökkentett menetszámú talajművelésből adódóan, az előző kultúrnövény származadványainak tömege miatt ki nem kelt foltok is felfedezhetők. Belenagyítva mérhető, hogy hány száz négyzetméter az, ahol kultúrnövény nincs, csak fedetlen talaj, esetleg némi gyomnövény. Egy-egy ilyen folt sehol sem volt nagyobb 1-2 négyzetméternél, de a legtöbb esetben nullával járult hozzá az adott Sentinel-pixel átlagértékéhez. A termelőszövetkezeti időkben a környező táblákhoz kialakításra került az öntözés lehetősége. Föld alatti gerincvezetékét építettek, bizonyos távolságokban pedig rácsatlakozási lehetőséget a felszín fölé. Történetesen a vizsgált táblát is érintette a művelet kb. negyven évvel ezelőtt, a csövek és a kiállások is megvannak (víz nincs). A talajon, vagy a növényeken és a termésen nem feltűnő, de a drónos NDVI kép megmutatja a valamikori csőfektetés nyomait (20. ábra). Valószínűleg a kiásott talajrétegeket nem az eredeti szinteknek megfelelően temették vissza.



19. ábra 2024.04.27-i drónfelvétel alapján készült NDVI raszter, őszi búza (QGIS magma)



20. ábra Az előző ábra nyilakkal jelzett részlete kinagyítva

4.3 Az NDVI értékek matematikai elemzése zóna-lehatárolás szempontjából

A két évből származó öt darab NDVI felvételt először is közös alapokra kellett hozni. A drónos felvétel sokkal részletesebb felbontását nem kellett volna teljesen veszni hagyni az összehasonlíthatóság kedvéért. Létrehoztam egy pontrácsot a QGIS programban, a térközét úgy állítottam be, hogy félúton legyen a Sentinel és a drón felbontása között (nagyságrendben), így lett 1 méteres. Ennek a pont-vektornak a segítségével vettem adatokat a különböző NDVI rétegekből, a QGIS Point Sampling Tool alkalmazással. Több, mint 350 ezer pontban történt mintavétel. Ezt először tisztítani kellett, mint egy hozamtérképet, a fals adatokat ki kellett dobni. A raszterek vágásánál a pixelek mérete miatt nem teljesen fedi egymást az összes réteg, így sok nullás adatpont is keletkezett, ezeket kell először kidobni. Törléskor látható volt, hogy többnyire a táblaszéleken lévő pontok tűntek el. Maradt 331 ezer adatpont, mindegyikhez tartozik öt különböző NDVI érték.

Az egy időpontból származó NDVI értékeket standardizáltam, így az adathalmaz átlagától való eltérést kaptam meg. Egyes pontok mennyivel jobbák vagy mennyivel rosszabbak az átlagtól. A felhasznált képlet:

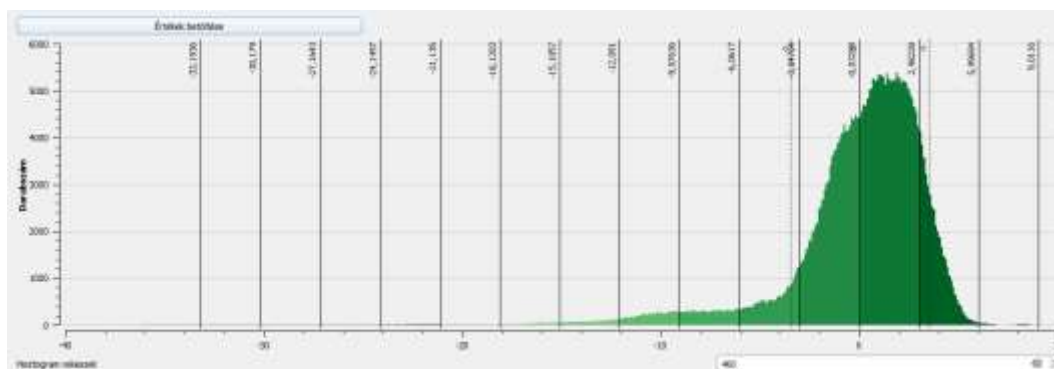
$$Z = (x - \text{ÁTLAG}) / \text{SZÓRÁS}$$

ahol Z a standardizált, x pedig a nyers adat.

A műveletet a QGIS programban végeztem el a Mezőkalkulátor segítségével. Azután ugyanezzel a Mezőkalkulátorral összeadtam az öt értéket. Ezt azért csináltam, hogy a különbségek nagyobbak legyenek a jobb és a rosszabb értékű pontok között, így hamarabb észre lehet őket venni. Azt szerettem volna elérni, hogy egyik időpont adatsora se domináljon az eredményben, minden időpont azonos mértékben járuljon hozzá a végső heterogenitáshoz.

Ezzel a művelettel körültekintően kell eljárni. Ha az adatsor a növényzet fejlődésének elejéről származik, ahol esetleg lazább szerkezetű talaj is előfordul, ott hamarabb fejlődik a növény, magasabb vegetációs indexet mutat. Ugyanezen a területen, a vegetáció végén, hamarabb hal el a növényzet, alacsonyabb vegetációs indexet ad, mint a környezete. Ha ezt a két időpontot szerepeltetjük a vizsgálatunkban, akkor annak a gyengébb talajfoltnak egyszer a magasabb értékét, egyszer meg az alacsonyabb értékét vesszük alapul a környezetéhez képest. A két érték kioltja egymás hatását. Olyan időpontokat kell választani (ha lehet), ahol ebbe a hibába nem eshetünk bele. Például, hogy a keléstől a vegetáció csúcspontjáig, vagy a csúcsidezaktól a betakarításig nézzük csak a vegetációs indexek összehasonlítását. Nálam mindkét évben az utóbbi történt.

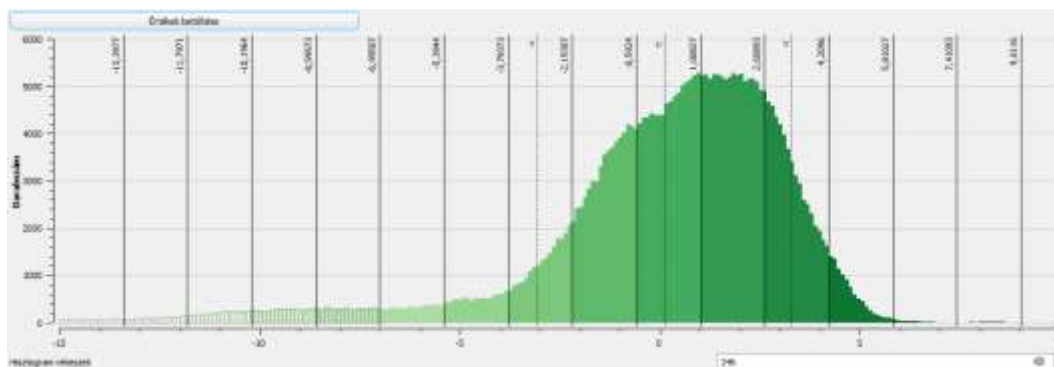
Az összeadott standardizált értékek ugyanúgy megjeleníthetőek, mint maguk az NDVI értékek, csak határozottabbak lesznek (szemmel észrevehetőbbek) a különbségek. Az így kapott adatsor hisztogramja a következő (21. ábra):



21. ábra A standardizált és összeadott adatsor hisztogramja, öt NDVI kép 2023-24 (QGIS)

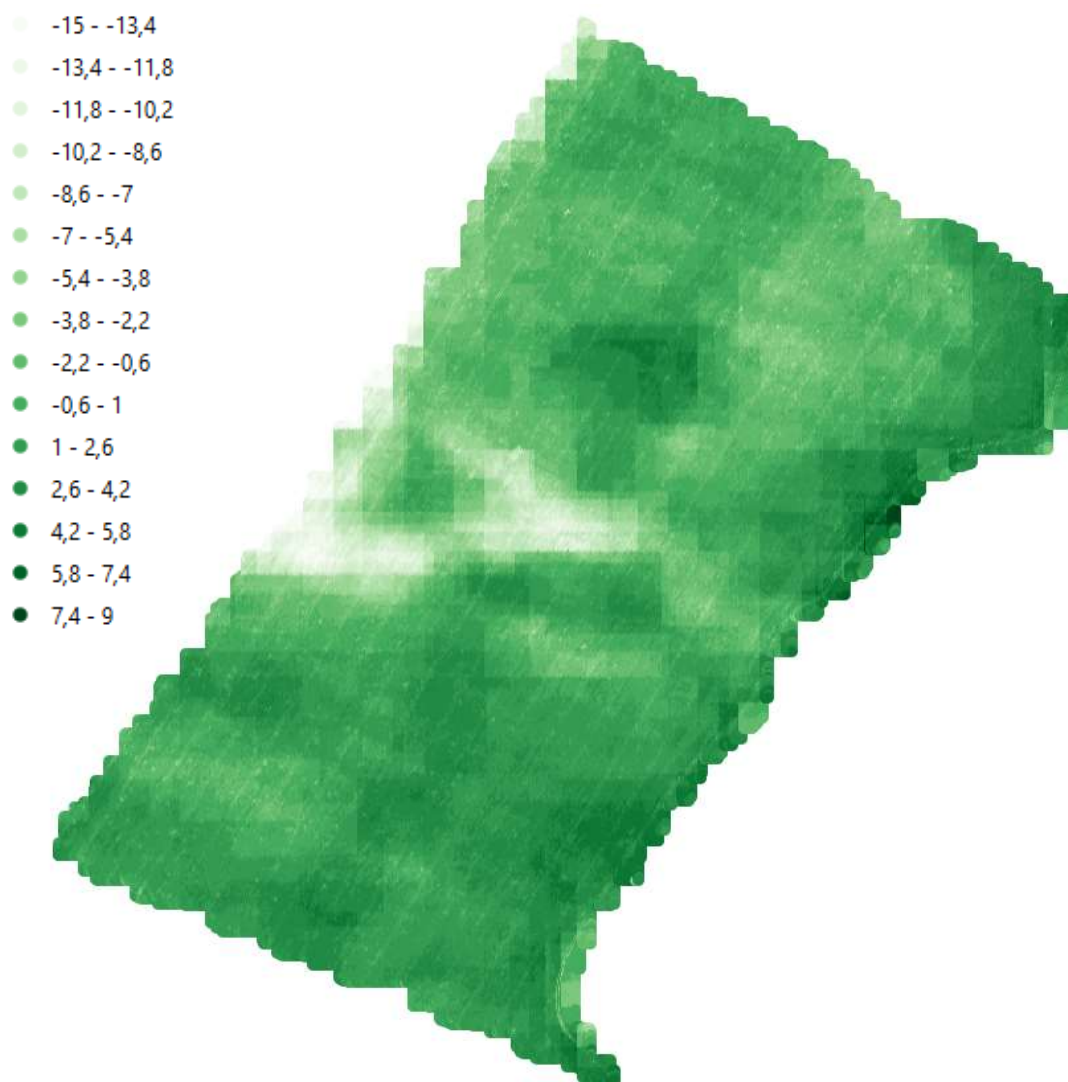
A létrejött adatsor is normális eloszlást mutatnak, tehát az átlaghoz képest két szórásnyi távolságban az adatok 95 százaléka, három szórásnyi távolságban az adatok 99,7 százaléka megtalálható. Maximalista módon, a három szórásnyi távolságon belüli adatokkal dolgoztam

tovább. Standardizált értékeknél ez azt jelenti, hogy a mínusz 3-nál nagyobb és plusz 3-nál kisebb adatokat hagytam csak meg mind az öt adatsorból. Mivel öt standardizált érték van összeadva, ezért a három szórásnyi távolság nominálisan a -15 és a +15 értékek között keresendő. Az így tisztított adatsor hisztogramja már így néz ki (22. ábra):



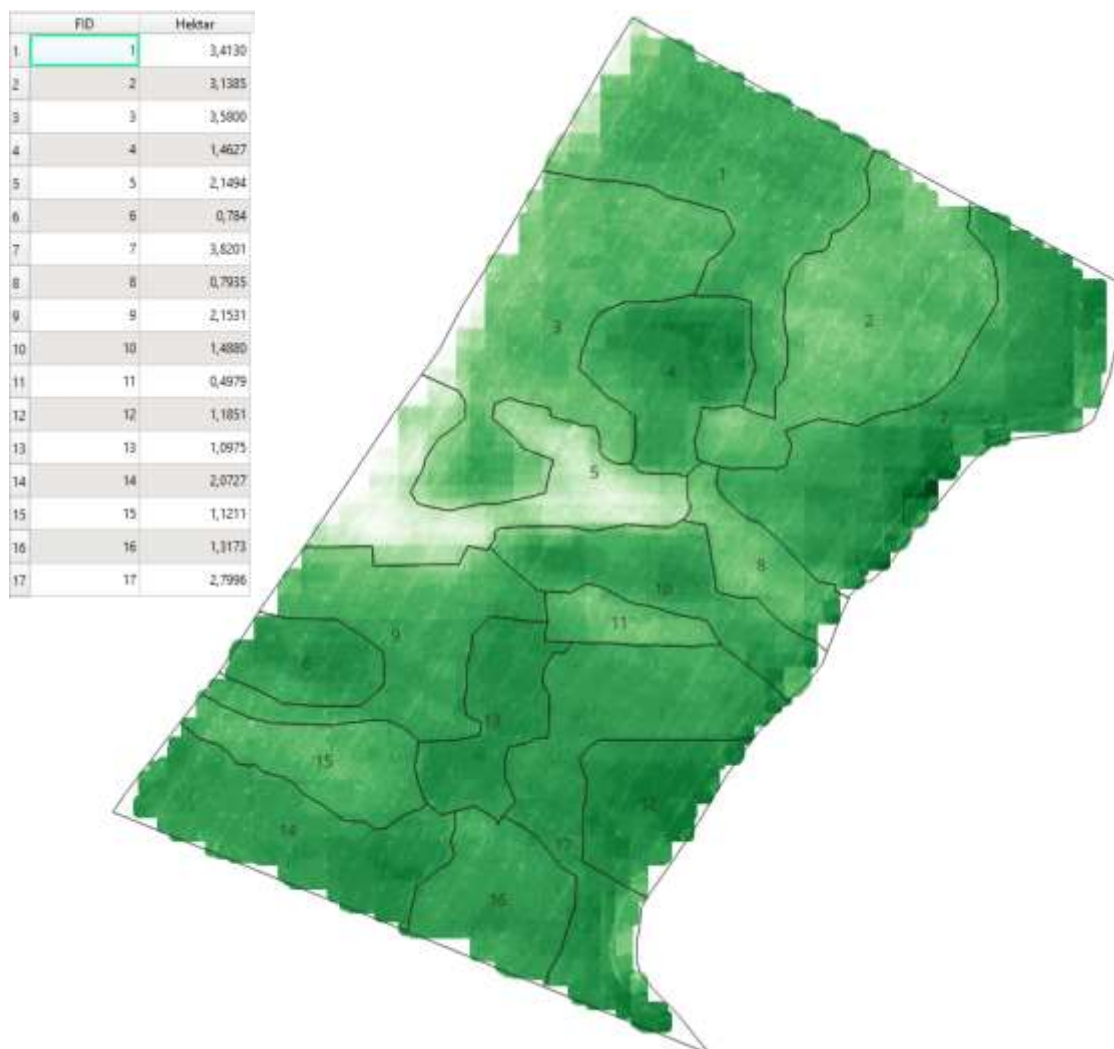
22. ábra A háromszórás távolságnyi adatokra (-15 és +15) szűrt hisztogram, öt NDVI kép 2023-24 (QGIS)

A színskálát 15 osztályra bontottam, ez azt jelenti, hogy az adatokat 15 egyenlő intervallumra osztottam, ennyi színárnyalatot az emberi szem általában érzékelni tud. Ezen adatokból az elkészített, összevont, öt darab NDVI térkép adott pontjainak különbözőségét bemutató térkép a következő (23. ábra):



23. ábra A standardizált, összeadott értékekből készült térkép, öt NDVI kép 2023-24 (QGIS greens)

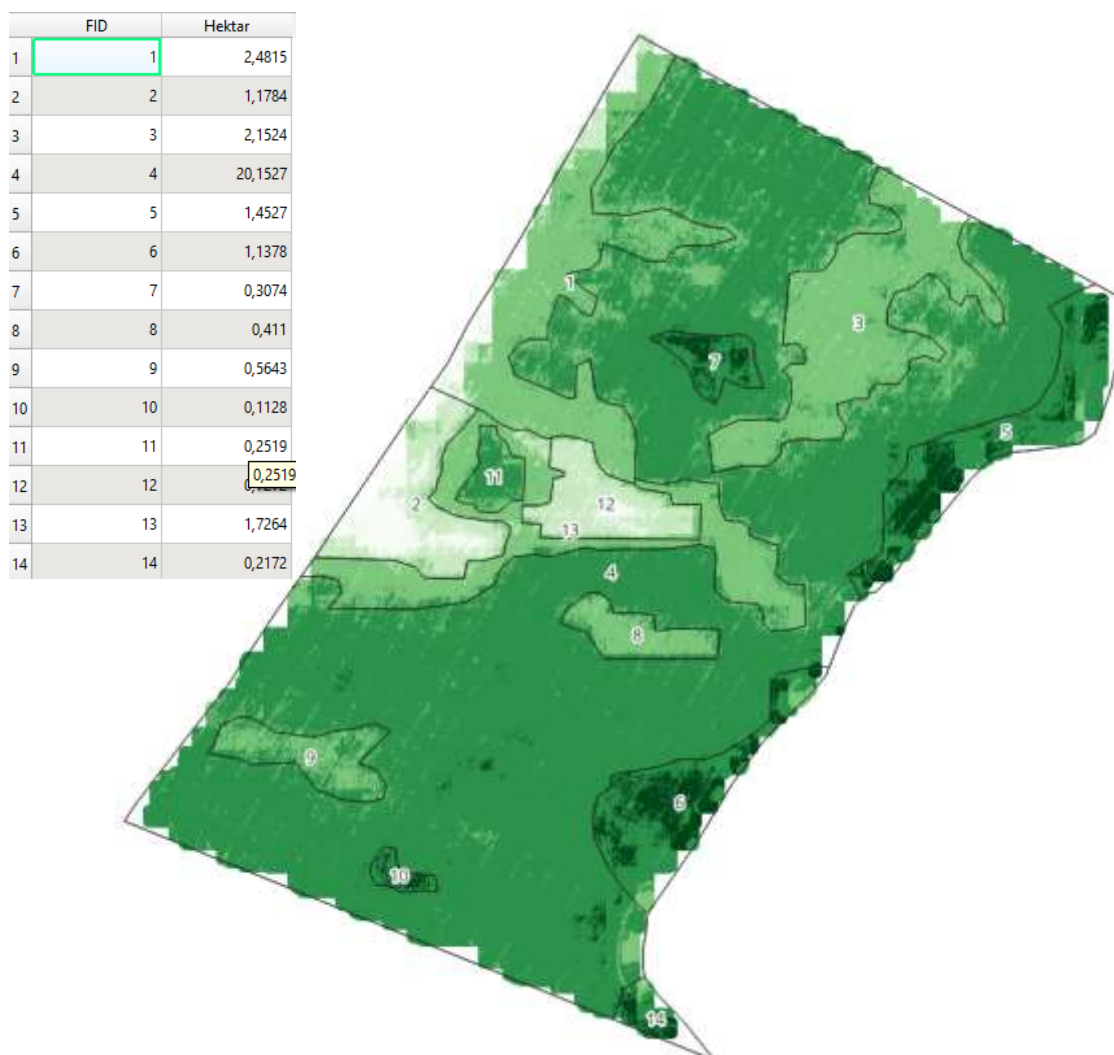
Ezen térkép alapján megrajzoltam az elkülöníthető zónákat a táblához. Eredményül 17 zónát kaptam. A jelmagyarázat helyett a programmal kiszámoltatott, egyes zónák területét adtam meg, szemléltetve a méretüket (24. ábra).



24. ábra Az általam megrajzolt zónatérkép a zónákhoz tartozó területtel (QGIS)

(15 árnyalat)

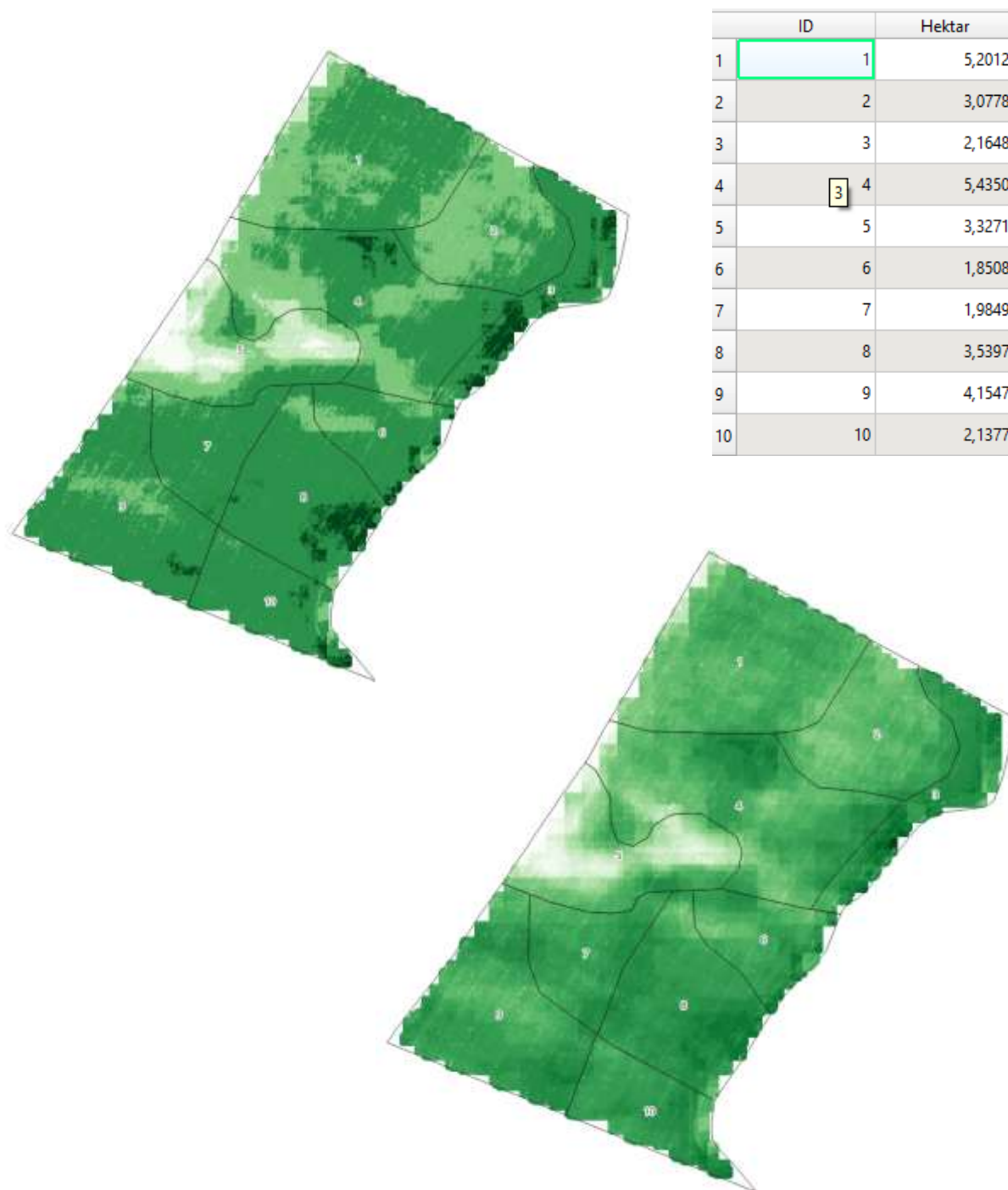
Azon gondolkodva, hogy valójában kell-e ennyi darabra aprózni a területet, megnéztem a térkép színezését; mi történik, ha csak öt különböző osztályban (árnyalatban) jelenítem meg az értékeket (25. ábra)?



25. ábra Az általam megrajzolt zónatérkép a zónákhoz tartozó területtel (QGIS)

(5 árnyalat)

Összehasonlításként, összeállítottam az én standardizált NDVI eredményemet a Szolgáltató által létrehozott zóna-lehatárolással. Az öt és a tizenöt árnyalattal megrajzolt térképre is illesztettem a zónatérképeket (26. ábra).

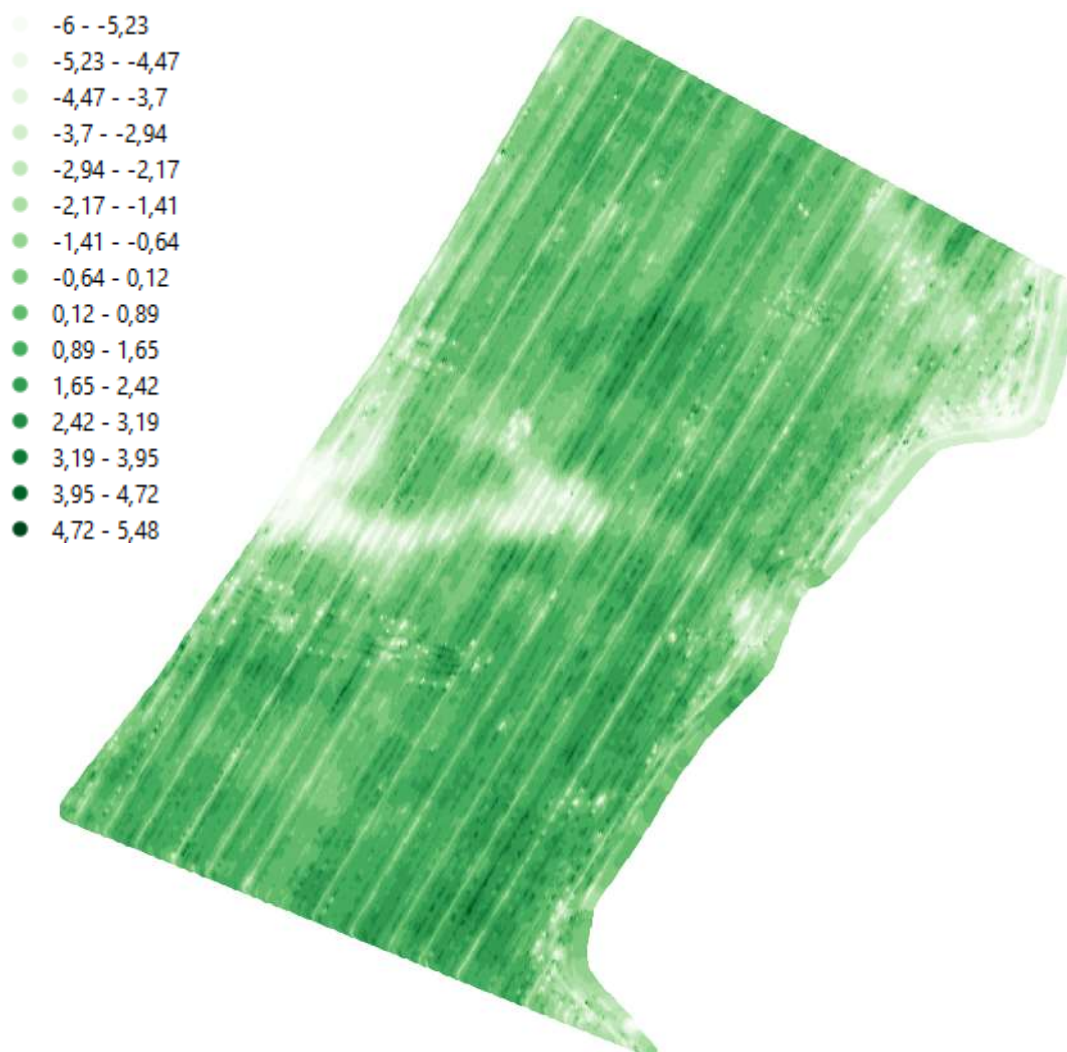


26. ábra A Szolgáltató zóna-lehatárolása az én standardizált NDVI-térképemen (QGIS)

(felül az 5, alul a 15 árnyalatos kép)

4.4 A hozamtérképek elemzése zóna-lehatárolás szempontjából

A két év hozamtérképével ugyanazt a műveletsort végeztem el, mint az NDVI térképek esetében. Az interpolációval (IDW) raszterizált képeket 1x1 méteres pontrács mentén, Point Sampling Tool segítségével mintavételeztem, majd a kapott adatsort standardizáltam. A két standardizált értéket összeadva, a háromszórás-távolságon (-6 és +6 közöttin) kívüli adatokat elhagyva, 15 árnyalatban megjelenítve, az alábbi térkép látható (27. ábra).



27. ábra A két évnyi standardizált hozamtérkép, 2023-24 (QGIS greens)

(15 árnyalat)

Ezen kép alapján én a következő zóna lehatárolást gondoltam helyénvalónak (28. ábra).

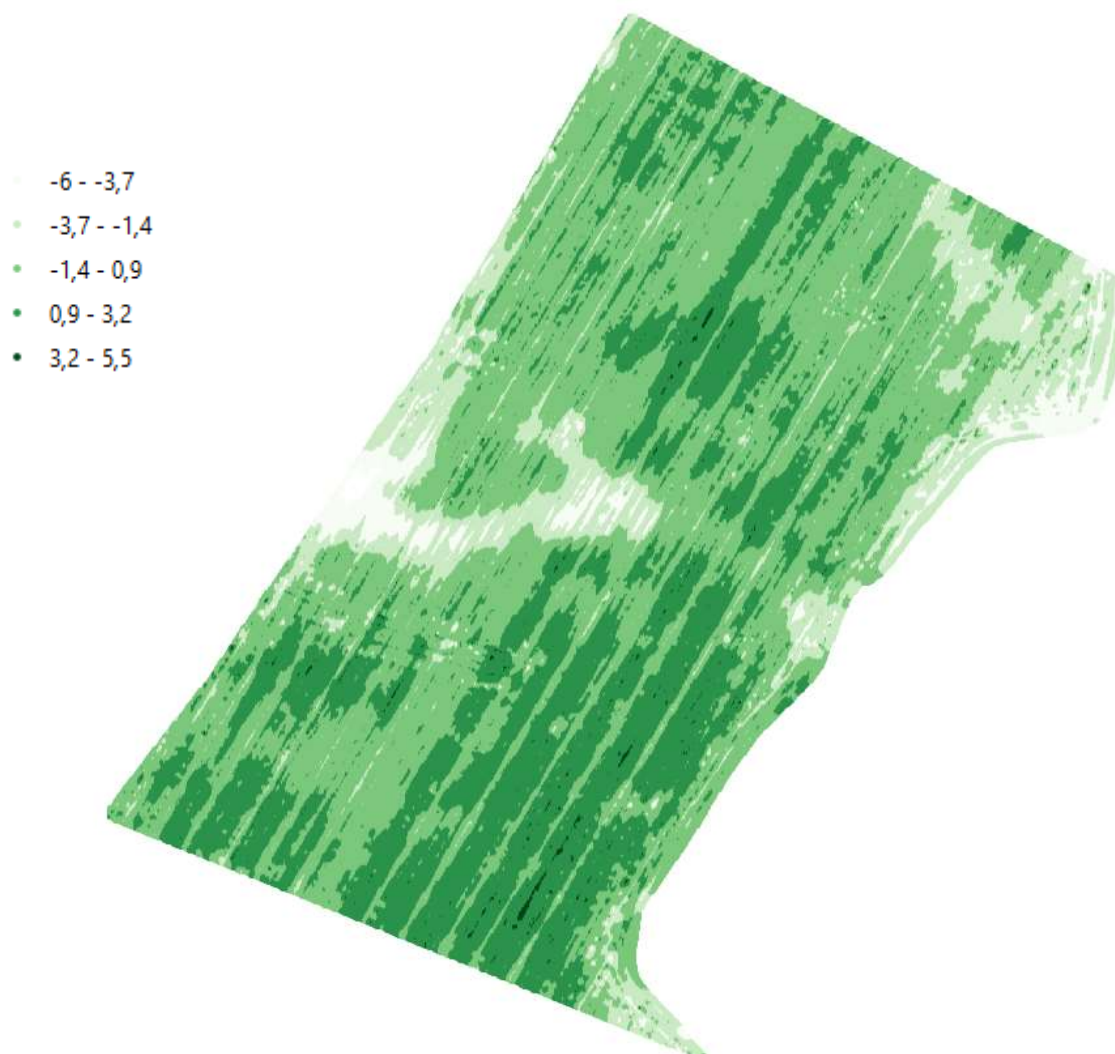
	FID	Hektar
1	1	0,3177
2	2	0,972
3	3	5,9697
4	4	1,3983
5	5	3,3972
6	6	3,8537
7	7	2,0054
8	8	0,2064
9	9	0,5179
10	10	0,9903
11	11	4,4610
12	12	8,7840



28. ábra Az általam megrajzolt zónatérkép a zónákhoz tartozó területtel (QGIS)

(15 árnyalat)

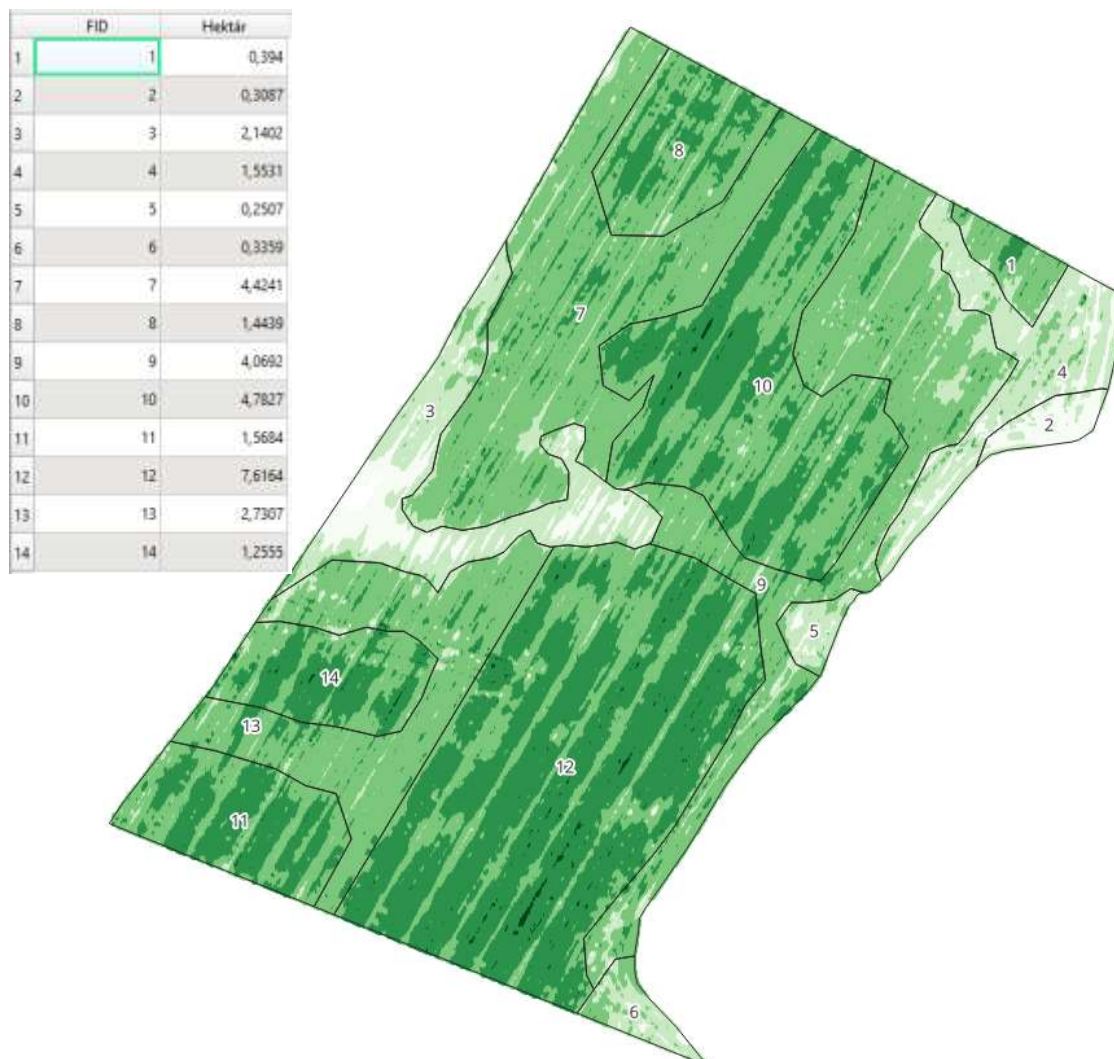
Ugyanezt a térképet öt árnyalatnyi színnel megjelenítve, a térkép a következőképpen néz ki (29. ábra):



29. ábra A két évnyi standardizált hozamtérkép, 2023-24 (QGIS greens)

(5 árnyalat)

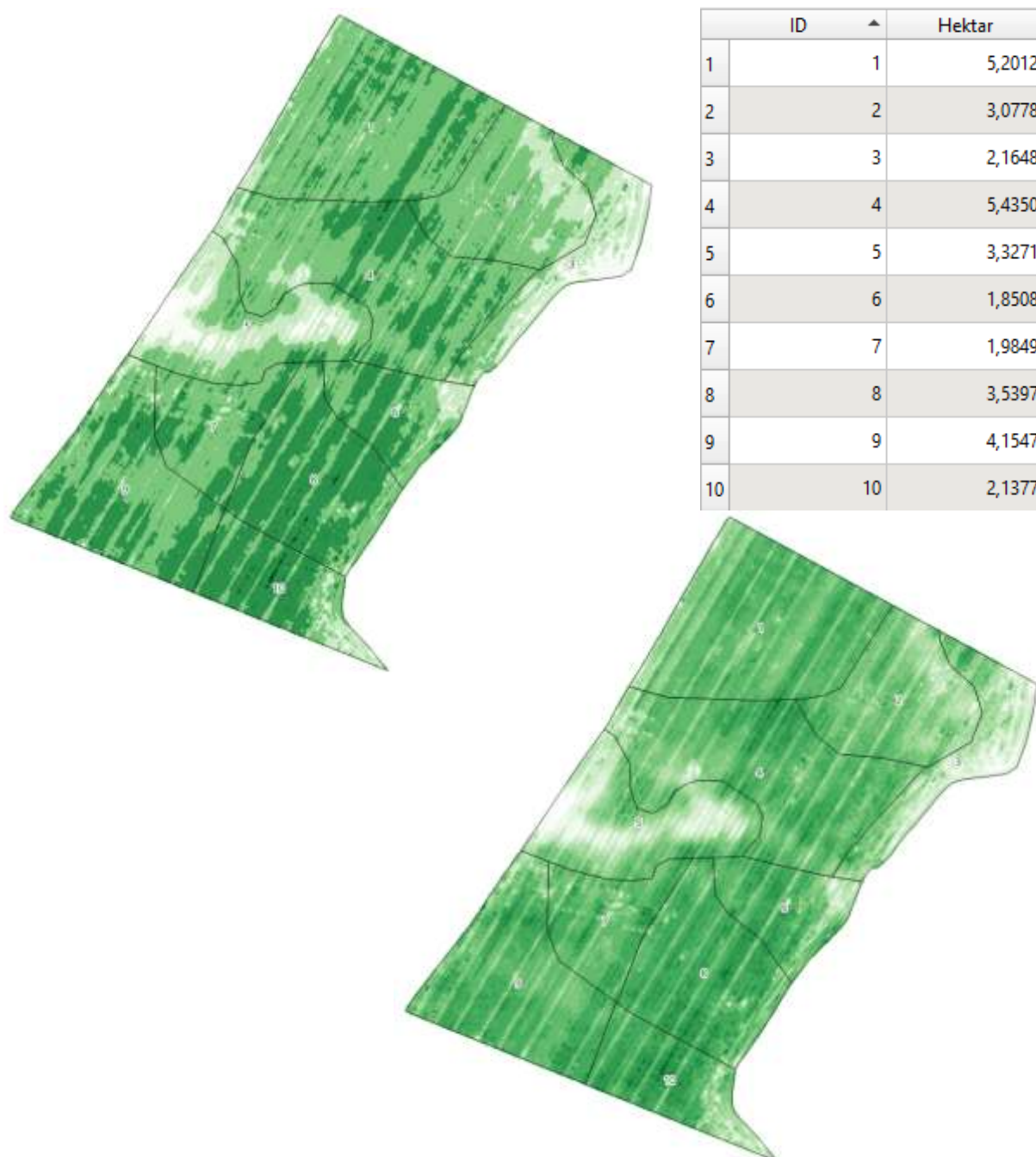
Ehhez is megrajzoltam a zóna-lehatárolást a színek alapján, a következő ábrát kaptam (30. ábra).



30. ábra Az általam megrajzolt zónatérkép a zónákhoz tartozó területtel (QGIS)

(5 árnyalat)

Ezután is megpróbáltam a Szolgáltató által készített zóna-lehatárolást a térképeken illeszteni (31. ábra).



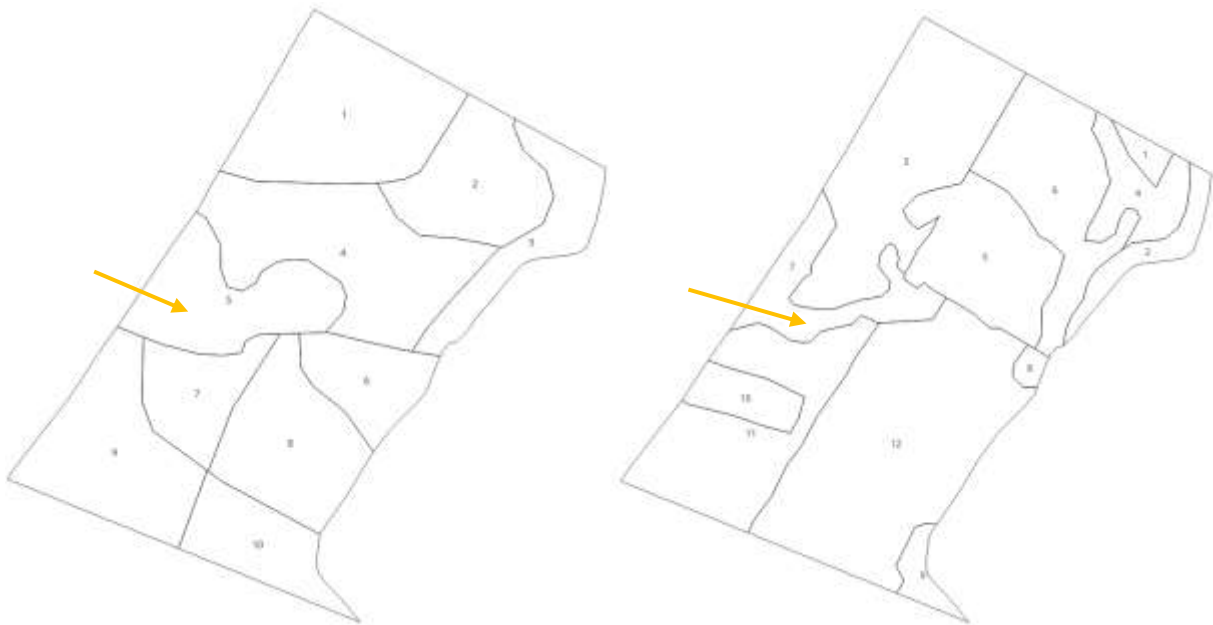
31. ábra A Szolgáltató zóna-lehatárolása az én standardizált hozamtérképemen (QGIS)

(felül az 5, alul a 15 árnyalatos kép)

4.5 Meglévő zónákból származó talaj- és levélminta eredményeinek vizsgálata

A talaj- és levélvizsgálatok eredményeit egy közös táblázatba vittem fel. A talajminták vételére 2023 októberében, a levélminták vételére 2024 április 27-én került sor. Mivel a minták a Szolgáltatótól kapott zónák alapján lettek véve, az általam rajzolt zónákból pedig nem került sor egyik mintavételre sem, nem tudom őket nominálisan összehasonlítani. Viszont, egy-két talajfolt mindkettőnk által be lett rajzolva, illetve van néhány zóna, amik nagyon hasonlóknak tűnnek a térképeken.

Az egyik ilyen, talajból eredő, anomáliát sejtető lehatárolás a Szolgáltató által 5, általam 7 számmal jelölt zóna (32. ábra).



32. ábra Balra a Szolgáltatótól kapott, jobbra az általam két évnyi hozamadatokból rajzolt zóna-lehatárolás, nyíllal jelölve a talajfoltot tartalmazó zónákat (QGIS)

Megnéztem a hozzá tartozó laborvizsgálati eredményeket (1. táblázat).

		Zóna ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zóna terület	hektár		5,2	3,08	2,16	5,43	3,33	1,85	1,98	3,54	4,15	2,14
pH(KCL)			6,02	6,99	6,63	6,81	6,8	6,81	5,64	5,78	5,61	6,79
KA			42	45	45	43	39	43	43	43	42	43
Összes só	%		0,04	0,06	0,03	0,05	0,02	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04
Na	mg/kg		21	16	19	25	34	14	21	16	21	16
CaCO3	%		0,1	0,8	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7
NO3-N	mg/kg		6,5	5,1	8,1	6,5	5,8	8,8	7,2	6,5	8,6	7,2
Humusz	%		2,11	2,08	2,31	2,39	1,8	2,01	2,34	2,49	2,71	2,83
P2O5	mg/kg		44	49	255	68	30	387	38	77	32	66
K2O	mg/kg		496	592	646	529	823	929	667	858	738	859
Mg	mg/kg		433	383	301	362	275	328	382	382	418	364
Zn	mg/kg		2,1	1	1,9	1,2	0,9	1,6	1,1	1,4	1,2	1,2
Cu	mg/kg		4,3	2,5	3,8	3,1	2,4	3,1	3,3	3,7	3,4	2,3
Mn	mg/kg		433	383	301	362	275	328	382	382	418	364
SO4	mg/kg		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	3,9	0,8	0,8	6,3
Termőhely	osztály		2	3	3	1	1	1	2	2	2	2
N	m/m%		4,37	4,24	4,51	4,74	4,48	3,79	4,59	4,79	4,78	3,06
P	m/m%		0,35	0,33	0,34	0,35	0,37	0,33	0,36	0,35	0,35	0,37
K	m/m%		1,68	1,59	1,8	1,94	1,91	1,72	1,77	1,93	1,8	1,92
Ca	m/m%		0,53	0,6	0,52	0,51	0,55	0,56	0,58	0,54	0,57	0,56
Mg	m/m%		0,2	0,2	0,18	0,19	0,19	0,19	0,23	0,2	0,2	0,18
Fe	mg/kg		124,8	125,9	85,1	81,9	101,6	91,3	88,4	91,5	98,3	106,8
Mn	mg/kg		87,7	77,7	77,8	70,9	86	83,2	69,4	71,3	84,3	83,1
Cu	mg/kg		7,87	7,72	8,04	7,37	7,74	7,85	7,15	7,88	8,45	7,4
Zn	mg/kg		28,5	28,45	29,83	30,16	30,62	27,34	24,52	29,08	31,02	26,48
B	mg/kg		10	12	11	12	12	10	9,7	12	14	12
S	m/m%		0,36	0,35	0,36	0,37	0,41	0,37	0,42	0,39	0,38	0,41
Mo	mg/kg		0,6	0,4	0,4	0,4	0,8	0,7	0,5	0,3	0,4	0,5

1. táblázat A vizsgált terület talaj- és levélmintáinak laborvizsgálati eredményei, kiemelve az 5-ös számú zóna (Excel)

Az előző fejezetekben bemutatott térképeken jól látszik, hogy ott valami nincs rendben, a növényzet mindig gyengébb, a hozam mindig kisebb. Jól összehasonlítani a szomszédos zónák adottságaival lehet, így aztán az 1. táblázat adatait összehasonlíthatóvá tettem. A művelethez megint csak a standardizálás számítását vettem elő $((x-\text{átlag})/\text{szórás})$, majd vizsgálati paraméterenként színskálát kaptak az adatsorok. A sötétebb kék a jobb (nagyobb pozitív érték), a sötétebb piros a rosszabb (nagyobb negatív érték) adatot képviseli (2. táblázat).

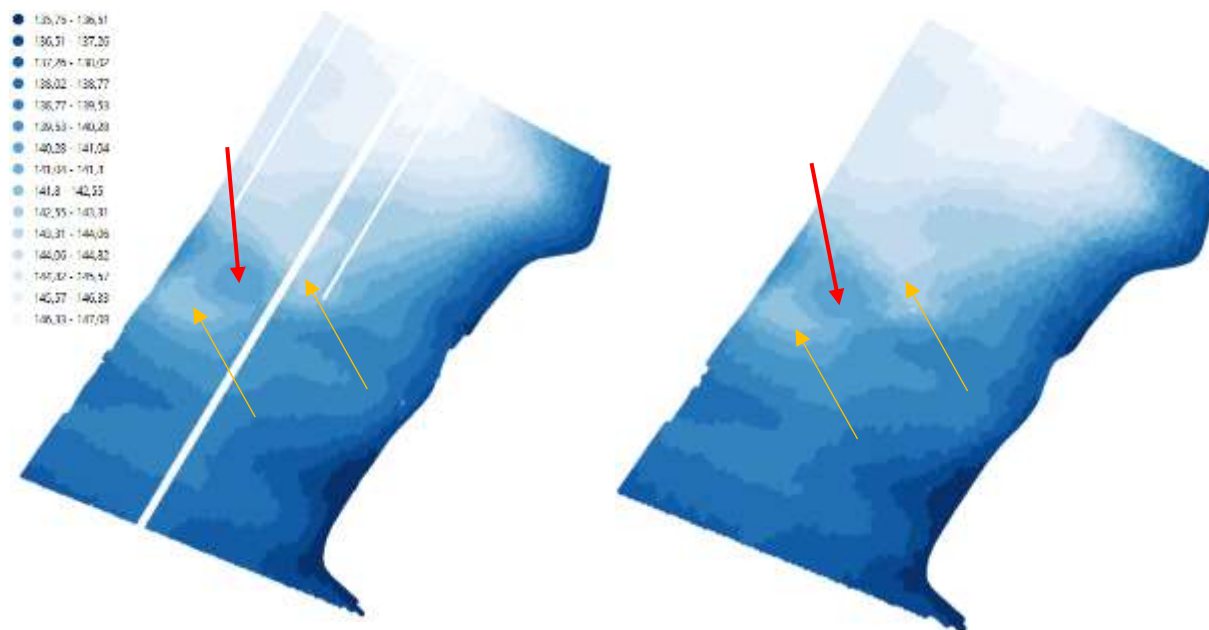
		Zóna ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zóna terület	hektár		1,460145	-0,15715	-0,859	1,635607	0,033567	-1,09549	-0,99632	0,193771	0,659125	-0,87426
pH(KCL)			-0,66233	1,083486	0,435554	0,75952	0,741522	0,75952	-1,34626	-1,09429	-1,40025	0,723524
KA			-0,47434	1,30444	1,30444	0,118585	-2,25312	0,118585	0,118585	0,118585	-0,47434	0,118585
Összes só	%		0,090867	1,908215	-0,81781	0,99954	-1,72648	0,090867	-0,81781	0,090867	0,090867	0,090867
Na	mg/kg		0,292457	-0,56771	-0,05161	-0,73974	2,528893	-0,91178	0,292457	-0,56771	0,292457	-0,56771
CaCO3	%		-0,4726	2,072157	-0,4726	-0,4726	-0,4726	-0,4726	-0,4726	-0,4726	-0,4726	1,70862
NO3-N	mg/kg		-0,44302	-1,61326	0,894397	-0,44302	-1,02814	1,479516	0,1421	-0,44302	1,312339	0,1421
Humusz	%		-0,61851	-0,7127	0,009419	0,260592	-1,59181	-0,93248	0,103609	0,574559	1,265286	1,642045
P2O5	mg/kg		-0,50815	-0,46623	1,26116	-0,30609	-0,62555	2,368029	-0,55847	-0,23144	-0,60878	-0,32368
K2O	mg/kg		-1,44631	-0,80853	-0,44977	-1,22707	0,726146	1,430369	-0,31026	0,958673	0,16144	0,965316
Mg	mg/kg		1,424352	0,409856	-1,25392	-0,01623	-1,78145	-0,70609	0,389566	0,389566	1,120003	0,024348
Zn	mg/kg		1,887057	-0,91803	1,377041	-0,40801	-1,17304	0,612018	-0,66302	0,102003	-0,40801	-0,40801
Cu	mg/kg		1,701773	-1,05786	0,935208	-0,13793	-1,21117	-0,13798	0,168644	0,781896	0,321957	-1,36448
Mn	mg/kg		1,424352	0,409856	-1,25392	-0,01623	-1,78145	-0,70609	0,389566	0,389566	1,120003	0,024348
SO4	mg/kg		-0,45281	-0,45281	-0,45281	-0,45281	-0,45281	-0,45281	1,179419	-0,45281	-0,45281	2,443083
Termőhely	osztály											
N	m/m%		0,064886	-0,17612	0,32443	0,750823	0,268813	-1,01037	0,47274	0,843517	0,824978	-2,3637
P	m/m%		-3,9E-15	-1,41421	-0,70711	-3,9E-15	1,414214	-1,41421	0,707107	-3,9E-15	-3,9E-15	1,414214
K	m/m%		-1,05473	-1,80811	-0,05023	1,121693	0,870572	-0,7199	-0,30135	1,037989	-0,05023	0,95428
Ca	m/m%		-0,79111	1,726068	-1,15071	-1,51031	-0,07192	0,287678	1,006873	-0,43152	0,647275	0,287678
Mg	m/m%		0,279751	0,279751	-1,11901	-0,41963	-0,41963	2,377887	0,279751	0,279751	-1,11901	-1,11901
Fe	mg/kg		1,62633	1,697208	-0,93172	-1,13792	0,131447	-0,53223	-0,71909	-0,51934	-0,08119	0,466507
Mn	mg/kg		1,27256	-0,21408	-0,19921	-1,22499	1,019832	0,603574	-1,44798	-1,16552	0,767104	0,588708
Cu	mg/kg		0,330944	-0,07265	0,788346	-1,01435	-0,01883	0,277132	-1,60629	0,35785	1,891491	-0,93364
Zn	mg/kg		-0,0494	-0,07411	0,607663	0,770694	0,99795	-0,62248	-2,01566	0,237137	1,195564	-1,04735
B	mg/kg		-1,12083	0,404108	-0,35836	0,404108	0,404108	-1,12083	-1,34957	0,404108	1,929045	0,404108
S	m/m%		-0,90149	-1,31126	-0,90149	-0,49172	1,147353	-0,49172	1,557121	0,327815	-0,08195	1,147353
Mo	mg/kg		0,639602	-0,6396	-0,6396	-0,6396	1,918806	1,279204	0	-1,2792	-0,6396	0

2. táblázat Laborvizsgálati eredmények standardizált és színárnyalatokkal összehasonlított értékeik (Excel)

Az látható a táblázatból, hogy a Szolgáltató 5-ös számú zónája a legtöbb talajból származó paraméter esetében az átlagtól gyengébb vagy jóval gyengébb értéket adott. Érdekes, hogy levélmintából származó paraméterek esetében fordított a helyzet, átlag feletti eredmények láthatóak többségében.

Ennek a talajfoltnak a felderítéséhez segítségül hívtam még egyszer a kombájn által gyűjtött adatokat. Az adatpontok attribútumai között tengerszint feletti magasság is szerepel, amit szintén RTK pontossággal, másodpercenként rögzít a gép. Ebből magasságtérképet lehet megjeleníteni (33. ábra). Az alacsonyabb értékű talaj-paraméterekkel rendelkező zóna magas tengerszint feletti adatokkal jellemezhető, mely minden irányba csökkenést mutat (sárga nyilak). Ezt lejtésnek hívjuk, ahol szerepet játszik az erózió, ami már magyarázhatja is az alacsonyabb értékű talaj-paramétereket. Ennek a foltnak a közepe viszont egy mélyedés, ahonnan minden irányban emelkedő található, tehát az erózió ide tudta összehordani a környező

terület értékesebb felső talajrétegét (piros nyilak). Ezt a körbezárt foltot érdemes lenne külön zónaként lehatárolni, ezt egyébként a standardizált NDVI térkép jól mutatta.



33. ábra Kombájnadatokból kinyert magasságtérkép, 2023 napraforgó és 2024 őszi búza (QGIS inverz blues)

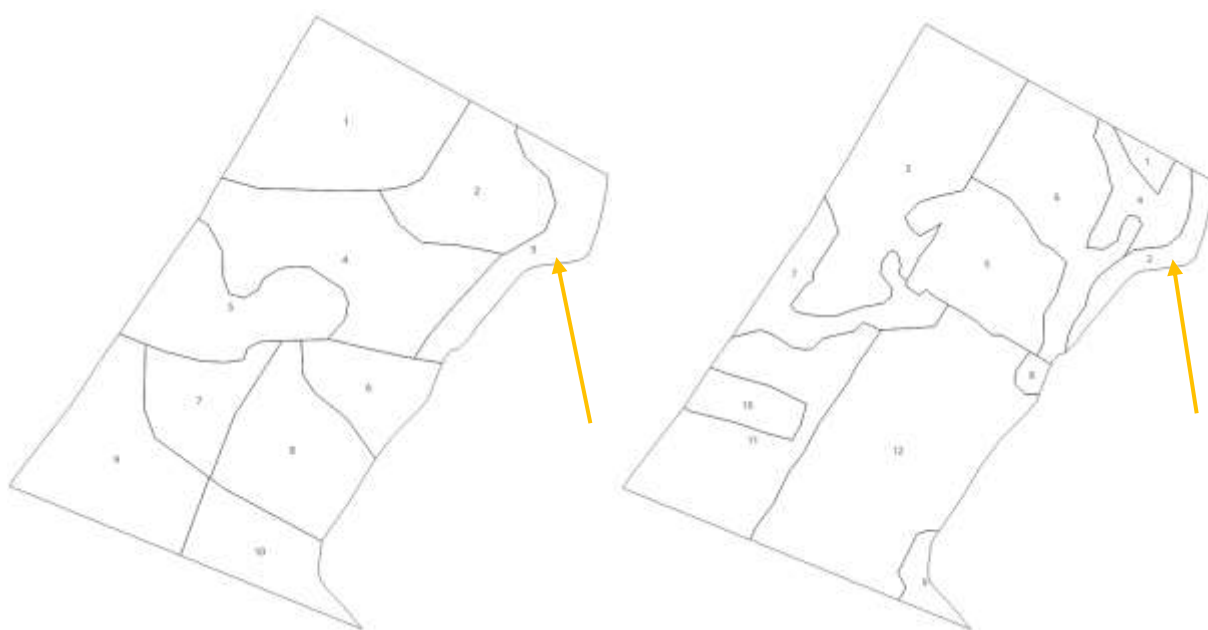
A másik észrevételem, hogy a Szolgáltató által 6, 8 és 10-zel jelzett zónákat majdnem teljesen lefedi az általam rajzolt 12-es zóna (34. ábra). Ez azt jelenti, hogy az én alapadataim szerint a Szolgáltató 6, 8 és 10-es zónája nagyon hasonlít egymásra, lehet, hogy össze is vonható.



34. ábra Balra a Szolgáltató 6, 8 és 10-es jelű zónája, jobbra az én 12-es zónám (QGIS)

Ha megnézzük a standardizált 2. táblázat ide vonatkozó értékeit, az látható, hogy több paraméter esetében közel azonos értéket mutatnak (AK, összes só, Na és K), több paraméter esetében pedig a három zónából kettőnél közel azonos az érték (pH, CaCO₃, NO₃-N, Ca, Fe, Mn és B).

A Szolgáltató által 3-as jelzést kapott zóna pedig igen nagy alaki hasonlóságot mutat az általam rajzolt 2-es zónával (35. ábra).



35. ábra Balra a Szolgáltató 3-as jelű zónája, jobbra az én 2-es zónám (QGIS)

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Dolgozatomban több irányból is próbáltam megközelíteni a célkitűzést. A Szolgáltatóétól eltérő, új adatok gyűjtése és bizonyos fokú feldolgozása eredményeképpen nekem is sikerült adatokon alapuló menedzsment zónákat lehatárolni. Többféleképpen is.

Arra a következtetésre jutottam, hogy:

- Nagyszámú alapadat feldolgozásából pontosabb lehatárolást lehet készíteni. A nagy szám alatt azt értem, hogy több időpontból, többféle forrásból származó adatokat dolgozunk fel (évjáráthatás kiküszöbölése).
- A távérzékelés terepi felbontása nagyon befolyásolja a zóna-lehatárolás pontosságát. Egy drónnal készített felvételen ráadásul rengeteg egyéb képi információ is található esetleg, ami befolyásolhatja a döntési folyamatot (pl. vadkár, gyomosodás).
- A vizsgált terület és környezetének ismerete és történetének ismerete sokszor adhat magyarázatot egy-egy anomália létrejöttére.
- Az alapadat félesége is befolyásoló tényező lehet. Vegetációs indexekből más eredményt kapunk, mint hozamtérképi információkból. A betakarítás során nyert adatok szintén tartalmaznak egyéb értékes információkat (domborzattérkép, motorterhelési összefüggések).
- Az alapadattól és feldolgozottsági fokától függően más-más eredményt kapunk. Csak a nagyon elkülöníthető, átlagtól nagyon eltérő adatokból lehatárolt zónák hasonlítanak egymásra a Szolgáltató és az általam rajzolt térképeken. Ahol kicsi a különbség, ott a sokféle környezeti tényező hamar eltolhatja jobbra-balra a zónahatárokat.
- Az adatok képi megjelenítésekor nem mindegy milyen és mennyi színnel és árnyalattal dolgozunk. Bizonyos színek jobban visszaadják a területi változékonyságot, mások kevésbé. A túl sok árnyalat miatt elválasztás nélkül maradhatnak külön való területek, a kevés árnyalat használatával információ veszhet el.
- Talajmintavételi és levélanalízis adatokra csak nagyon nagy számú minta esetén lehet hagyatkozni, itt szintén a terepi felbontás az akadályozó tényező. Ennek viszont már súlyos anyagi következménye is lenne, a több mintavétel és labormunka nagyon sokba kerül.

Mivel teljesen más alapadatokból dolgoztam, mint a Szolgáltató, érthető is, hogy eltérő eredményekre jutottam. Nagyjából csak a dombozatilag is jól lehatárolható és magyarázható zónákat határoztuk meg egyformán vagy közel egyformán.

Javaslom, hogy mindig a fellelhető legtöbb információ alapján legyen kidolgozva a menedzsment-zóna térképe. Belépő szinten elég lehet egy idősoros műholdfelvétel alapján is, de ma már nem kerül sokba, ha drónnal végezzük-végeztetjük el a felvételezést és sokkal több információt kapunk a területünkről. Ha már van hozamtérképünk, azzal szintén olyan új információ birtokába jutunk, ami segíthet pontosabbá tenni gazdálkodásunkat.

Javaslom továbbá, ha elindítottuk a gazdálkodásunkat egyféle módszer alapján a precíziós termelés útján, akkor lehetőleg ne változtassunk rajta rövidtávon. Inkább a kiválasztásnál legyünk nagyon körültekintőek és határozzuk meg, hogy mi is a cél, amit el szeretnénk érni vele.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A gazdaságunk már néhány éve használ precíziós eszközöket (automata kormányzás, szakaszvezérlés), de nincs még rendszerbe foglalva, összekötve; az adatgyűjtés és -elemzés és az adatokon alapuló döntések kivitelezése is hiányzik. Egy céggel szerződünk a precíziós gazdálkodás bevezetését célzó szolgáltatások terén, aki, „szinte a semmiből”, néhány adat bekérése után létrehozta gazdaságunk tábláira a menedzsment zónákat. Egyre több termelő térne át a precíziós gazdálkodásra, fejlesztené a gépparkját, így egyre több szolgáltató is van már jelen a piacon, többféle technikát alkalmazva a gazdálkodók területeinek zónalehatárolására. Gazdaságunk esetében a Szolgáltató cég távérzékelésen alapuló adatokból készítette el a tábláink menedzsment zónáit, egy általa preferált és megbízhatónak mondott módszer alapján.

Célul tűztem ki azt, hogy távérzékelte adatok gyűjtése és feldolgozása alapján létrehozzam én is egy kiválasztott tábla menedzsment zónáit és összehasonlítsam azokat a Szolgáltató által előállítottakkal. Véleményem szerint, a terület ismerete - többéves tapasztalatokkal – némileg más/jobb/használatóbb adatokat fog eredményezni.

A Szolgáltató a 2020-21-22 év adatai alapján dolgozott, nekem a táblához rendelkezésre álltak a 2023 és 2024 évi hozamtérképek, a Sentinel-2 műhold adatai, egy drónos NDVI felvételezés 2024-ből, bővített talajvizsgálati eredmények 2023-ból és levélanalízis eredmények 2024-ből.

A téradattal rendelkező adatok megjelenítésére és bizonyos fokú elemzésére a QGIS térinformatikai programot használtam, az elemzéshez táblázatkezelő programot (MS Excel) is igénybe vettem. Az NDVI és hozamadatokat standardizálásnak vettem alá, mert a különböző mérési eredmények átlagtól való eltérését szerettem volna összehasonlítani.

A megjelenített színes térképekből nekem is sikerült adatokon alapuló menedzsment zónákat lehatárolni. Többféleképpen is.

Arra a következtetésre jutottam, hogy:

- Nagyszámú alapadat feldolgozásából pontosabb lehatárolást lehet készíteni. A nagy szám alatt azt értem, hogy több időpontból, többféle forrásból származó adatokat dolgozunk fel (évjárathatás kiküszöbölése).

- A távérzékelés terepi felbontása nagyon befolyásolja a zóna-lehatárolás pontosságát. Egy drónnal készített felvételen ráadásul rengeteg egyéb képi információ is található esetleg, ami befolyásolhatja a döntési folyamatot (pl. vadkár, gyomosodás).
- A vizsgált terület és környezetének ismerete és történetének ismerete sokszor adhat magyarázatot egy-egy anomália létrejöttére.
- Az alapadat félesége is befolyásoló tényező lehet. Vegetációs indexekből más eredményt kapunk, mint hozamtérképi információkból. A betakarítás során nyert adatok szintén tartalmaznak egyéb értékes információkat (domborzattérkép, motorterhelési összefüggések).
- Az alapadattól és feldolgozottsági fokától függően más-más eredményt kapunk. Csak a nagyon elkülöníthető, átlagtól nagyon eltérő adatokból lehatárolt zónák hasonlítanak egymásra a Szolgáltató és az általam rajzolt térképeken. Ahol kicsi a különbség, ott a sokféle környezeti tényező hamar eltolhatja jobbra-balra a zónahatárokat.
- Az adatok képi megjelenítésekor nem mindegy milyen és mennyi színnel és árnyalattal dolgozunk. Bizonyos színek jobban visszaadják a területi változékonyságot, mások kevésbé. A túl sok árnyalat miatt elválasztás nélkül maradhatnak külön való területek, a kevés árnyalat használatával információ veszhet el.
- Talajmintavételi és levélanálízis adatokra csak nagyon nagy számú minta esetén lehet hagyatkozni, itt szintén a terepi felbontás az akadályozó tényező. Ennek viszont már súlyos anyagi következménye is lenne, a több mintavétel és labormunka nagyon sokba kerül.

Mivel teljesen más alapadatokból dolgoztam, mint a Szolgáltató, érthető is, hogy eltérő eredményekre jutottam. Nagyjából csak a dombozatilag is jól lehatárolható és magyarázható zónákat határoztuk meg egyformán vagy közel egyformán.

Javaslom, hogy mindig a fellelhető legtöbb információ alapján legyen kidolgozva a menedzsment-zóna térképe. Belépő szinten elég lehet egy idősoros műholdfelvétel alapján is, de ma már nem kerül sokba, ha drónnal végezzük-végeztetjük el a felvételezést és sokkal több információt kapunk a területünkről. Ha már van hozamtérképünk, azzal szintén olyan új információ birtokába jutunk, ami segíthet pontosabbá tenni gazdálkodásunkat.

Javaslom továbbá, ha elindítottuk a gazdálkodásunkat egyféle módszer alapján a precíziós termelés útján, akkor lehetőleg ne változtassunk rajta rövidtávon. Inkább a kiválasztásnál

legyünk nagyon körültekintőek és határozzuk meg, hogy mi is a cél, amit el szeretnénk érni vele.

7. IRODALOMJEGYZÉK

Berke J., Kelemen D., Szabó J. (2004): Digitális képfeldolgozás és alkalmazásai. PICTRoN Kft. Keszthely.

Gaál, M., Péter, K., Takácsné, Gy.K., Illés, I., Kiss, A., Sulyok, D., Domány, Cs., Keményné, H.Zs.,(2017) A precíziós szántóföldi növénytermesztés összehasonlító vizsgálata, Agrárgazdasági Kutató Intézet, Budapest, 15.o.

Kocsis, M., Menyhárt, L., Benő, A., Hermann, T. (2021). A talaj elektromos vezetőképessége és a termőhelyi zónák talajtulajdonságai közötti összefüggések. Agrokémia és Talajtan, 70(1), 45-64.o.

Manchanda, M. L., Kudrat, M., Tiwari, A. K. (2002). Soil survey and mapping using remote sensing.

Mesterházi, P. Á.: (2004, revised 2013): Development of measurement technique for GPS aided plant protection (Doctoral (PhD) Dissertation, University of West-Hungary)(143 pages) 11-12.p.

Milics G. (2008): A térinformatika és a távérzékelés alkalmazása a precíziós (helyspecifikus) növénytermesztésben. PhD értekezés, Pécsi Tudományegyetem, 99.o.

Miller, B. A., Schaetzl, R. J. (2014). The historical role of base maps in soil geography. Geoderma, 230, 329-339.p.

Moore, I. D., Gessler, P. E., Nielsen, G. A., Peterson, G. A. (1993). Terrain analysis for soil specific crop management. In Proceedings of Soil Specific Crop Management: A Workshop on Research and Development Issues (pp. 27-55). Madison, WI, USA: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America.

Neményi M., Pecze Zs., Mesterházi P. Á., Németh T. (2001): A precíziós-helyspecifikus növénytermesztés műszaki és térinformatikai feltételrendszere Növénytermelés, 50. kötet, 4. szám, 419 – 430.o.

Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., Deering, D. W., (1973) Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA SP-351, Vol. 1. NASA, Washington DC., 309-317.p.

Seelan, S. K., Laguetta, S., Casady, G. M., Seielstad, G. A. (2003). Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach. Remote sensing of environment, 88(1-2), 157-169.p.

Stafford, J. V. (2000). Implementing precision agriculture in the 21st century. Journal of agricultural engineering research, 76(3), 267-275.p.

Stombaugh, T. S., Mueller, T. G., Shearer, S. A., Dillon, C. R., Henson, G. T. (2001): Guidelines for Adopting Precision Agricultural Practices. PA-2, Cooperative Extension Service, University of Kentucky College of Agriculture, Lexington, 2 p.

Szabó, Sz, Milics, G (2016): Zérótól a precíziós gazdálkodásig VI., PG konzorcium, (Szakcikk – Agronapló)

Theilen-Willige, B. (1993): Umweltbeobachtung durch Fernerkundung, Enke, Verlag, Stuttgart

Zhang, X., Shi, L., Jia, X., Seielstad, G., Helgason, C. (2010). Zone mapping application for precision-farming: a decision support tool for variable rate application. Precision agriculture, 11, 103-114.p.

internet 1: [Precision Ag Definition | International Society of Precision Agriculture \(ispag.org\)](http://ispag.org/), (fordította Milics G., Neményi M., Borsiczky I. és Vona V.)

internet 2: <https://hu.wikipedia.org/wiki/T%C3%A1v%C3%A9rz%C3%A9kel%C3%A9s>

internet 3: <https://www.indexdatabase.de/db/i.php>

internet 4: <https://lechnerkozpont.hu/oldal/terinformatika>

internet 5: <https://ikragrar.hu/blog> szerző: Pecze Zs.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Elsősorban konzulensemnek, dr. Menyhárt Lászlónak szeretnék köszönetet mondani, hogy szakmai meglátásaival segítette dolgozatom elkészültét.

Szeretnék köszönetet mondani az oktatásunkban résztvevő minden személynek, hogy a szerteágazó tananyagot ilyen magas színvonalon, de közben jó hangulatban ismertették meg velünk.

Szeretném megköszönni Családomnak a hozzám való türelmét, hogy elkészülhessek a dolgozattal.

Köszönöm még Farkas Bence szaktársamnak, hogy a drónos felméréssel maximálisan a segítségemre sietett.

NYILATKOZATOK

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Zsák Viktor Győző
A Hallgató Neptun kódja: HCVDP2
A dolgozat címe: Távérzékeléssel létrehozott menedzsment-zónák igazolása új adatok elemzésével
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Matematika és Természettudományi Alapok Intézete
A konzulens tanszékének a neve: Alkalmazott Statisztika 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 szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumba. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

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

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: 2024. év 11. hó 06. nap


Hallgató aláírása

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

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

4.1. sz. melléklete: Konzulensi nyilatkozat

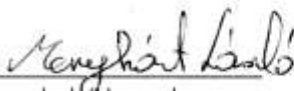
NYILATKOZAT

ZSÁK VIKTOR GYÖZÖ (név) (hallgató Neptun azonosítója: HCVDP2)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: 2024. év október hó 29. nap


belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.