



ÓBUDAI EGYETEM  
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar  
Geoinformatikai Intézet

# **SZAKDOLGOZAT**

## **A seregélyesi KASzC Eötvös Technikum földjei- nek távérzékelés alapú felmérése**

**OE-AMK**

**2023**

Hallgató neve: Balogh Ádám

Hallgató törzskönyvi száma: T000887/F112904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM  
OBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem  
Alba Regia Műszaki Kar  
Geoinformatikai Intézet

## SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Balogh Ádám

Szakedolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: T000887/FI12904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: precíziós gazdálkodási szakmérnök

Specializáció:

A dolgozat címe: A seregélyesi KASzC Eötvös Technikum földjeinek távérzékelés alapú felmérése

A dolgozat címe angolul: Remote sensing based mapping of the fields of KASzC Eötvös Technikum in Seregélyes

A feladat részletezése:

1. Szakirodalom feldolgozása, különös tekintettel a távérzékelés precíziós gazdálkodásban betöltött szerepére.
2. A mintaterület bemutatása.
3. A munka során felhasznált programok és adatok bemutatása, leírása.
4. Az adatok feldolgozások végrehajtása, különös tekintettel az index-alapú elemzésekre.
5. Az eredmények értékelése, valamint következtetés levonása és összefoglalás a vizsgálat teljes időszakára vonatkozóan.
6. Miként lehetnek hasznosak a kapott eredmények általában a precíziós gazdálkodásban és miként veheti ennek hasznát az intézmény?

Intézményi konzulens neve: Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata Mária

A kiadott téma elévülési határideje: 2026. 02. 10.

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szakedolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2023. 10. 24.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2023. 12. 15.

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM  
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar  
Geoinformatikai Intézet

### HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozat/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Székesfehérvár, 2023. november 03.

  
.....  
hallgató aláírása

## Tartalomjegyzék

|       |                                                                              |    |
|-------|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.    | Bevezetés .....                                                              | 1  |
| 1.1   | A felmérés helyének bemutatása.....                                          | 1  |
| 1.2   | A terület jellemzése.....                                                    | 2  |
| 2.    | A szakdolgozat probléma felvetése .....                                      | 4  |
| 3.    | A precíziós gazdálkodásról.....                                              | 4  |
| 3.1   | A távérzékelés és jelentősége.....                                           | 5  |
| 3.1.1 | A távérzékelés speciális lehetőségei .....                                   | 6  |
| 3.2   | A távérzékelés feltételei .....                                              | 7  |
| 3.2.1 | A Sentinel-2 .....                                                           | 8  |
| 3.2.2 | Térinformatikai szoftverek .....                                             | 10 |
| 4.    | Vegetációs indexek.....                                                      | 11 |
| 4.1   | Az indexek részletes bemutatása.....                                         | 12 |
| 4.1.1 | Normalizált vegetációs index (NDVI).....                                     | 12 |
| 4.1.2 | Fejlesztett Normalizált Vegetációs Index (ENDVI).....                        | 12 |
| 4.1.3 | Stressz indexek .....                                                        | 12 |
| 4.1.4 | Normalizált Víz Index és Egyszerű Arány Víz Index (NDWI és SRWI) .....       | 13 |
| 5.    | A megoldás menete.....                                                       | 14 |
| 5.1   | A megoldás menetének átfogó rövid bemutatása.....                            | 14 |
| 5.1.1 | A 2023-as év sajátosságainak és a felmérés időpontjainak megválasztása<br>14 |    |
| 5.1.2 | A térinformatikai megoldás áttekintése .....                                 | 17 |
| 5.2   | A felmérés részletes menete.....                                             | 25 |
| 5.2.1 | A 2023 március 13-i felvétel elemzése.....                                   | 25 |

|       |                                                                            |    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.2.2 | A 2023 április 22-i időpont rövid összehasonlítása a március 13-ival ..... | 46 |
| 5.3   | Különböző időpontok NDVI megjelenítései időrendi sorrendben.....           | 47 |
| 5.3.1 | Az első tábla NDVI képei időrendben .....                                  | 49 |
| 5.3.2 | A második tábla NDVI képei időrendben.....                                 | 51 |
| 5.3.3 | A harmadik tábla NDVI képei időrendben .....                               | 53 |
| 5.3.4 | A negyedik tábla NDVI képei időrendben .....                               | 54 |
| 5.4   | Következtetések .....                                                      | 56 |
| 6.    | Összefoglaló.....                                                          | 58 |
| 7.    | Summary.....                                                               | 59 |
| 8.    | Irodalomjegyzék .....                                                      | 60 |
| 9.    | Ábrajegyzék .....                                                          | 64 |

## 1. BEVEZETÉS

Szakdolgozatom témaválasztása azért esett az Eötvös Technikum földjeinek távérzékelés alapú felmérésre, mert a tanulmányaim során az ehhez szükséges ismeretek keltették fel leginkább érdeklődésemet. Mivel agrármérnök-tanárként oktatok a seregélyesi Kisalföldi Agrárszakképzési Centrum Eötvös József Technikum, Szakképző Iskola és Kollégiumban, így a jövőben munkám során is felhasználhatom majd a szakdolgozat során nyert eredményeket és tapasztalatokat, mind az intézmény tangazdaságának javára, mind pedig az oktatás során. Az iskolánk fő profilja a mezőgazdasági gépész és mezőgazdasági gépész technikus képzés, kiknek a Képzési és Kimeneti Követelményeiben a precíziós gazdálkodás, mint elsajátítandó kompetencia elem szerepel. Ezért a precíziós erőgépekkel való megismerkedés, valamint ezek használata és útvonalának tervezése elengedhetetlen lesz számukra a jövőben, és ezek jobb átlátásához, a megértés elősegítéséhez mindezeknek az alapjaiba is rövid betekintést kell nyerniük. Így az intézmény tangazdaságáról készült távérzékelte felvételek, színterminológiai, táblahatárok, vegetációs indexek és az ezekből kiolvasható adatok mind informatív, színes és érdekes szemléltető anyagnak ígérkeznek jövőbeli diákjaim számára. Ezen kívül külön előny, hogy a tangazdaság területét a diákok jól ismerik, emiatt könnyebben megérthetik a távérzékelési adatgyűjtést és az összefüggéseket a földfelszín spektrális tulajdonságai és felvételek vagy index képek között.

Szakdolgozatom során az általános célkitűzésem az volt, hogy a tanulmányaim alapján a választott területet távérzékelés alapú felvételekkel és ezeknek térinformatikai szoftverrel való feldolgozása által vizsgáljam. Ennek során talaj eróziót, belvízesedést, növényfejlődést vizsgáltam különböző indexek elemzésével, továbbá a növénykultúrák és a hozzájuk tartozó ismert terméshozamaik alapján igyekeztem összefüggéseket meghatározni.

### 1.1 A felmérés helyének bemutatása

Szakdolgozatomban a seregélyesi Kisalföldi Agrárszakképzési Centrum Eötvös József Technikum, Szakképző Iskola és Kollégium tangazdaságának felmérését végeztem el.

Az intézmény alapításakor még más nevet viselt, sőt más helyen volt megtalálható. Eredetileg a Munkaerőgazdálkodási Tartalékok Hivatalának székesfehérvári 319. Ipari Szakmunkásképző Intézeteként volt ismert. 1958 tavaszától viszont már Seregélyesen folyt a képzés. Erő- és munkagép parkja onnantól folyamatosan az akkori legmodernebb technológiákkal bővült. [1] Néhány kisebb-nagyobb névmódosítást és fenntartó váltást követően 2019-től viseli intézményünk jelenlegi nevét és tartozik önálló intézményként az említett Centrumhoz.

## 1.2 A terület jellemzése

Az évek során a tangazdaság mérete több mint száz hektárról jelenleg negyven hektárra csökkent. Ebből én 32 hektárnyi szántó távérzékelés alapú felmérését végeztem el, mivel az a diákok által művelt, változatos terület. A vizsgált földterület Fejér megyében, Seregélyes határán található, a 615420; 196471 és 616064; 194823 EOV koordinátákkal határolva.



1-1. ábra A terület nagyobbik része Field Manager-ben megjelenítve



1-2. ábra A terület kisebbik része Field Manager-ben megjelenítve

Az általam vizsgált négy táblát változatos viszonyok határolják. Kaszáló, út, szántó nádas és kanális egyaránt található a környezetükben.

A vizsgált terület genetikai talajtérképe [2] szerint az adott terület főtípusa a réti talaj és a csernozjom talaj határán van. A réti talajok közül a réti csernozjom, míg a csernozjom közül a mészlepedékes csernozjom fordul elő a táblákon. A vizsgált blokkra kifejezetten a réti csernozjom jellemző az ide vonatkozó [3] agrotopográfiai térkép szerint. Általánosságban alapközeete elsősorban lösz, morzsás szerkezetű. Az enfo.hu térképe [4] alapján a terület talajképző kőzetét löszös üledék és harmadkori és idősebb üledék alkotja. A talaj textúrájára alapozva [4] a vizsgált terület homokos vályog és vályog talajok találkozása. A talaj agyagásvány térképe [4] alapján a talaj különböző háztartásait meghatározó összetétele illit, klorit és szmektit, valamint szmektit domináns. Vízgazdálkodás tekintetében [4] a vizsgált terület határán van a nagy és a jó víznyelésű-víz elvezetésű, valamint közepes és jó vízraktározó-víztartó talajoknak. A vizsgált blokk termőrétegének vastagsága egyértelműen leolvasható a térképről [4], 100 cm feletti értékről beszélhetünk, 200-400 tonna/hektár szervesanyag tartalommal. A talajértékelés 100 pontjából a térkép alapján a vizsgált terület ismét határon található, összességében 61 és 80 pont közé tehető. Ez még az alacsonyabb értékkel számolva is termékeny területnek számít.



## 2. A SZAKDOLGOZAT PROBLÉMA FELVETÉSE

A Kisalföldi Agrárszakképzési Centrum Eötvös József Technikum, Szakképző Iskola és Kollégium, mint oly sok egyéb iskola technológiai lemaradásban van az Ipar 4.0 elvárásaihoz képest. A szakoktatás lépéshátrányban van a nagy cégekkel szemben rugalmasság és anyagi források tekintetében is. Intézményünknek viszont feltett szándéka lépést tartani a kor követelményeivel, ezt igyekszik elérni oktatói továbbképzésekkel, új művelő eszköz beszerzésekkel és a tangazdaság modernizálásával. Utóbbihoz elengedhetetlen, hogy rendelkezünk a precíziós gazdálkodáshoz szükséges eszközökkel, bele értve a szükséges szaktudást is. Továbbá a jövőben a precíziós gazdálkodásra való átállás során szükségünk lesz távérzékeléssel készített felmérésekre, valamint ezek alapján készített hozamtérképekre.

## 3. A PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁSRÓL

A fenti probléma felvetéshez hozzá tartozik, hogy a szűkösen rendelkezésünkre álló termőföldet úgy hasznosítsuk, hogy a precíziós gazdálkodás elveihez híven olyan technológiai megoldásokat használunk, melyek Agrawal és társai szerint segítenek optimalizálni a mezőgazdasági beviteli anyagok (műtrágya, mag, stb.) felhasználását, úgy, hogy minimalizáljuk a felesleges veszteségeket, miközben terméshozamot érünk el. [5]

Nandeha és Trivedi úgy vélik, hogy a precíziós gazdálkodás újra értelmezi a mezőgazdasági termelés hagyományos módjait. E szerint a precíziós gazdálkodás során adatokat gyűjtünk és elemzünk a terepi térbeli változékonyságról különféle technológiák vagy diagnosztikai eszközök segítségével, beleértve a terméshozam mérőket-hozamtérképeket, a távérzékelést, a földrajzi információs rendszereket (GIS). Ennek segítségével a gazdálkodók, jelen esetben a tangazdaság helyspecifikus döntéseit segíthetjük a termőtalaj és a termesztett növények megfigyelésével. A táblán belüli heterogenitás feltérképezésével és a mezőgazdasági munka- és erőgépeket differenciált kijuttatásra alkalmassá tevő technológiák alkalmazásával lehetőségünk nyílna arra, hogy a szántón belüli eltéréseket változó mennyiségű erőforrással kezeljük a gazdaságosság és fenntarthatóság érdekében. [6] A fentebb említett technológiák alkalmazásának alapja a fejlett mezőgazdasági gépeken kívül, a távérzékelés.

### 3.1 A távérzékelés és jelentősége

A távérzékelés az a folyamat, mely során egy terület fizikai jellemzőit mérjük fel az által, hogy elemezzük a visszavert és kibocsátott sugárzást. [7] Li, Zhang és Huang tanulmányai szerint a távérzékelés technológiája lehetővé teszi a gazdálkodók számára, hogy fizikai érintkezés nélkül gyűjtsenek adatot a termesztett növényeikről. Ezt a folyamatot különböző hordozókra (műhold, repülő, drón) szerelt szenzorok segítik. Az említett szenzorok több különböző formában gyűjtenek adatot. Egy példa ezek közül a kép alapú adat, melyet fel lehet dolgozni a megfelelő szoftverekkel, hogy betekintést nyerhessünk a tábláinkba. [8]

Thenkabail szerint a távérzékelési technológiáknak két fő típusa van. Beszélhetünk aktív, valamint passzív megoldásokról, az érzékelésben használt energiaforrás alapján. A passzív energiaforrás nem más mint a felületek által kibocsátott vagy visszavert sugárzás. Míg az aktív távérzékelés során a szenzort hordozó eszközről bocsátunk ki energiát, mint például a LiDAR esetén fényt, radar esetén rádióhullámot. A legtöbb légi és műholdas megoldás passzív energiaforrással dolgozik. Ezek közül a mezőgazdaságban nagyon fontos multi- és hiperspektrális szenzorok is a természetesen visszaverődő vagy kibocsátódó energiákat használják. [9] A két említett technológiai megoldás egymástól jól elkülöníthető elv alapján működik.

Mulla munkája alapján a multispektrális szenzorok bizonyos elektromágneses spektrum sávokat érzékelnek. Ezek a látható fény, valamint a közeli infravörös (NIR) spektrumai. Ezt a mezőgazdaságban széles körben alkalmazzák növény egészség feltérképezésre, ezen belül is a kórokozók és kártevők kimutatására. [10]

A hiperspektrális szenzorokról Thenkabail (2015) azt írja, hogy a hiperspektrális érzékelők ezzel szemben több száz keskeny, összefüggő spektrális sávot mérnek az elektromágneses spektrum látható, közeli infravörös és rövidhullámú infravörös részén. [9]

Szakdolgozatom során a műholdas multispektrális technológiát használtam a tangazdaság felmérésére.

### 3.1.1 A távérzékelés speciális lehetőségei

Nandeha és Trivedi munkája alapján a távérzékelés különleges lehetőségei az alábbiak szerint csoportosíthatók:

- A talajtulajdonságok térképezése történhet több méretarányban, kezdve az ország szintűtől a helyiig bezárólag. A távérzékelés ezen formája elengedhetetlen a differenciált kijuttatást megelőző szükséges folyamatok meghatározásához. A talajtulajdonságok térképezése segít felmérni a talajdegradációt és döntően befolyásolja a talajmintavételezés helyét.
- Növényfajok osztályozására is használhatunk távérzékelést, ennek a szántókon kívül a legelőkön és kertészetekben van nagy jelentősége.
- A növény monitorozás lehetőséget biztosít arra, hogy a vegetációs időszak során gyakori visszajelzést kapjunk azt illetően, hogy a kultúráink miképp reagálnak a környezeti változásokra. A táblán belüli biomasz mérhető, mely jó képet adhat a növények egészségi állapotáról. Ezáltal a kezelési terveink mindig a növények igényeihez igazodhatnak.
- Az öntözés tervezésére szintén felhasználható a távérzékelés, mivel a fejlődő növényekről készült felvételek alapján megállapítható ezek vízigénye és az öntözés ideje is optimalizálható.
- A távérzékelés segítségével a tápanyag gazdálkodás is jobban tervezhetővé válik. A növények egészségi állapotára következtethetünk a klorofil tartalmukból, mely utal a fotoszintézisük aktivitására, ami arányos a növényegészséggel. A megfelelő tápanyag gazdálkodás pedig növeli a termésátlagot, miközben a környezeti terhelés csökkentésével fenntarthatóbbá teszi a mezőgazdálkodást.
- Távérzékeléses adatok, köztük optikai, hő és mikrohullámú sávok felhasználásával a talaj nedvesség mérés is lehetséges, ami az öntözés tervezésnél is nagy szerepet játszik. Pontos talajnedvesség mérésre a források alapján a mikrohullámú érzékelés a legmegfelelőbb. A növényekre gyakorolt „víz stressz” is jól megfigyelhető a fenti módszerekkel.

-A nagyüzemű mezőgazdaságban komoly jelentősége van a termés becslésnek, mely történhet kezdetben a távérzékelte adatokból származó biofizikai paraméterek révén, másodsor pedig a távérzékelésből származó termésmérők közötti statisztikai vagy empirikus kapcsolatok kialakításával.

-A precíziós gazdálkodásban a gyomnövények elleni küzdelem során széles körben használják a távérzékelést, hogy felderítsék táblákon található gyomfoltokat. A kultúrák és a gyomok megkülönböztetése a termesztett növények spektrális tulajdonságai alapján történik, miket a gazdálkodók jól ismernek. Az ettől különböző tulajdonságokkal rendelkező növények a táblán belül gyomnak minősülnek, a spektrális tulajdonságaik pedig felvehetők a használt térinformatikai szoftver adatbázisába. Így a jövőben még könnyebb az azonosítás.

-A mezőgazdaság egyik fontos, ugyanakkor időigényes és nagy emberi hibaforrással rendelkező része a kártevő és kórokozó monitorozás. Ezt távérzékeléssel kiválthatjuk, mely segítségével a betegségek vagy károkozások körülményeit és fejleményeit is megfigyelhetjük. [5]

### 3.2 A távérzékelés feltételei

A távérzékelés magától értetődő alapfeltétele, hogy az érzékelés távolról történjen. Ennek értelmében Chen és társai szerint a távérzékelő szenzorok különféle hordozókra helyezhetők el. A hordozók mindegyike különböző előnyökkel és hátrányokkal rendelkezik a többihez képest. Erre jó példa, hogy a műholdak például széles lefedettségi területet és megbízható, ismétlődő adatgyűjtést biztosítanak, de adataikat befolyásolhatja a felhőzet, és az időbeli felbontás korlátozott lehet. [11]

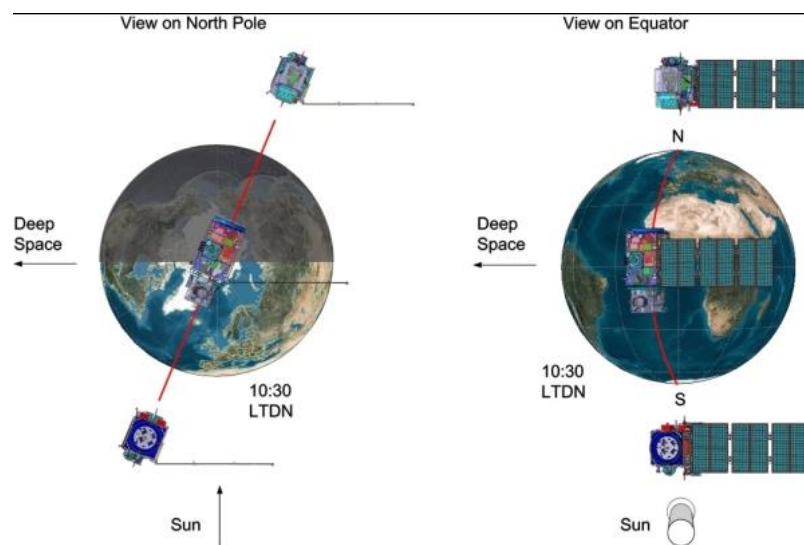
Sullivan (2010) azt írja, hogy a repülőgépek nagyobb térbeli felbontást kínálnak, és rugalmasan használhatók, de drágábbak és a repülési szabályok korlátozzák őket. [12]

Zhang és Kovacs munkája alapján az ember nélküli légi járművek (UAV) erőteljes eszközök a távérzékelés és a precíziós gazdálkodás számára is. Előnyük, hogy alacsonyabban és lassabban repülhetnek, mint a repülő, ezáltal pedig nagy felbontású felvételeket készíthetnek. [13]

Munkám során a fentebb említett megoldások közül a műholdas felvételeket használtam, mégpedig a Sentinel-2 műholdakét. A műholdak, köztük a Sentinel felvételek nagy előnye, hogy ingyen és könnyen hozzáférhetők, ezzel szemben a repülő felvételek folyamatosan komoly pénzügyi ráfordítást igényelnek. A drónos felvételek pedig, ha saját eszközzel akarjuk készíteni, egyszeri nagy összegbe kerülnek.

### 3.2.1 A Sentinel-2

A Copernicus Sentinel-2 az Európai Űrügynökség programja és valójában két polárisan keringő, nap szinkron pályán egymással száznyolcvan fokot bezáró műhold átlagosan 782 km magasságban. Küldetésüket 2015. június 22-én és 2017. március 7-én kezdték meg, az európai VEGA kilövő juttatta őket az űrbe. Egy műhold körülbelül 1,2 tonnát nyom, élettartamuk pedig 7,25 évre lett tervezve, de 12 évre elegendő hajtóanyagot kaptak. Minden egyes Sentinel-2 műhold helyzetét a pályáján egy kétfrekvenciás Global Navigation Satellite System (GNSS) vevő méri. A pálya pontosságát egy erre a célra szolgáló meghajtórendszer biztosítja.



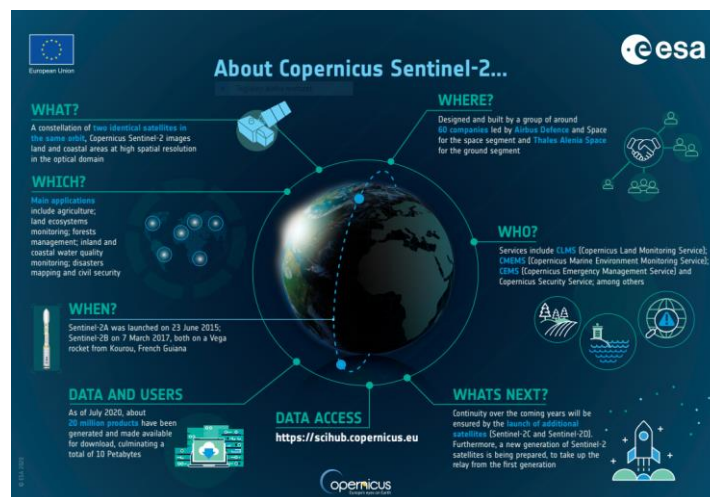
3-1 A Sentinel-2 műholdak elhelyezkedése

(<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2/overview>)

A műholdakat az Astrium német cége, míg a multispektrális szenzort az Astrium francia vállalata készítette. Ez a szenzor a látható (Visible), közeli infra (NIR) és rövid hullámú infra (SWIR) sávokkal dolgozik. Az egyes sávok egyedi hullámhosszokra történő spektrális szétválasztását a detektorok tetejére szerelt szűrők végzik. A misszió célja, hogy

változatos felszíni körülményekről készítsen felvételeket. Ilyenek a különböző vegetáció, talaj, és vízügyi viszonyok. Céljára különlegesen alkalmas 290 kilométer széles felvételeinek és magas újralátogatási idejének hála. Utóbbi azt jelenti, hogy míg az egyenlítőnél két műhold esetén öt naponta készül egy területről kép, addig más szélességi övek-nél ez a szám akár két-három nap is lehet. [14]

Segarra és társai szerint a műholdak használata a mezőgazdasági adatgyűjtésre fokozott figyelemnek örvend napjainkban. Az Európai Űrügynökség (ESA) által elindított Sentinel-2 A és B ikerplatform továbbfejlesztett időbeli, térbeli és spektrális felbontása megnyitja az utat a precíziós mezőgazdaságban való népszerűsítésük felé. Ezen kívül az adatok nyílt hozzáférhetősége és a szoftveres támogatás jelentős fejlődés az agrárium számára.



3-2 A Sentinel-2 fő kérdései egyeznek a precíziós gazdálkodásával

(<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2>)

Segarra és társai munkájuk során más mezőgazdasági távérzékelés céljára használt műholdakéval vetették össze a Sentinel-2 képességeit, melynek során arra jutottak, hogy a Sentinel A és B műholdak drámaian növelték az űrfelvételeken alapuló távérzékelés képességeit a mezőgazdaságban világszerte. Ami a növényi stressz monitorozását illeti, a Sentinel-2 képességei az abiotikus és biotikus tényezők kimutatására számos szempontból nagy előrelépést jelentenek, bár nem korlátok nélkül, ezért a terepi adatok és a különböző távérzékelési technikák kombinációira továbbra is szükség lehet. [15]

Összesen tizenhárom Sentinel-2 sáv van, melyeket a Multispectral Imager, röviden MSI szenzor érzékel. Ezen sávok pixelmérete 10, 20, vagy 60 méter. A szakdolgozatom szempontjából érdekes sávok a kék (B02), zöld, (B03), vörös (B04) és a közeli infravörös (B08), ezek felbontása tíz méter. Ezen kívül használok még rövidhullámú infravöröst is (B11), melynek pixelmérete húsz méter. Ezek kombinációi használhatók a mezőgazdaság számára. [16]

| Band | Resolution | Central Wavelength | Description                      |
|------|------------|--------------------|----------------------------------|
| B1   | 60 m       | 443 nm             | Ultra Blue (Coastal and Aerosol) |
| B2   | 10 m       | 490 nm             | Blue                             |
| B3   | 10 m       | 560 nm             | Green                            |
| B4   | 10 m       | 665 nm             | Red                              |
| B5   | 20 m       | 705 nm             | Visible and Near Infrared (VNIR) |
| B6   | 20 m       | 740 nm             | Visible and Near Infrared (VNIR) |
| B7   | 20 m       | 783 nm             | Visible and Near Infrared (VNIR) |
| B8   | 10 m       | 842 nm             | Visible and Near Infrared (VNIR) |
| B8a  | 20 m       | 865 nm             | Visible and Near Infrared (VNIR) |
| B9   | 60 m       | 940 nm             | Short Wave Infrared (SWIR)       |
| B10  | 60 m       | 1375 nm            | Short Wave Infrared (SWIR)       |
| B11  | 20 m       | 1610 nm            | Short Wave Infrared (SWIR)       |
| B12  | 20 m       | 2190 nm            | Short Wave Infrared (SWIR)       |

3-3 A Sentinel-2 sávjai és jellemzői

(<https://gisgeography.com/sentinel-2-bands-combinations/>)

### 3.2.2 Térinformatikai szoftverek

Fakhar és Khalid munkája alapján a távérzékelés felhasználásának első lépése a műholdas adatok gyűjtése, majd ezek feldolgozása jön, amit az adatok analízise és ezek integrálása a gazdaság döntéshozatalába követ. A döntéshozatal eredménye képpen a megfelelő precíziós eszközök kiválasztása és ezek alkalmazása következik. [17]

A folyamat természetesen a műhold felvételek gyűjtésével kezdődött, ezt szakdolgozatom során az EO Browser, az eFold és a QGIS segítségével végeztem el, melyekkel Sentinel-2 műholdak adatait töltöttem le a minta területről. Dolgozatom ezenkívül az adatok feldolgozásával és analízisével foglalkozik. A fentebb említett, soron következő két folyamatem, az adatok feldolgozása és az eredmények értelmezése térinformatikai szoftverek segítségével végezhető el.

Hosszas mérlegelés után, tanulmányaim során jutottam arra a döntésre, hogy ezt a QGIS nevezetű programmal vitelezem ki. A program 3.26.3-as verzióját használtam. Különböző bug-ok, programhibák miatt a 3.28.13-as verziót is kipróbáltam, de sajnos az használhatatlannak bizonyult.

„A QGIS egy felhasználóbarát, nyílt forráskódú geoinformációs rendszer (GIS), melyet a GNU General Public License jegyez. A QGIS az Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) hivatalos projektje.” Több operációs rendszert és számos vektor, raszter, valamint adatbázis formátumot és funkciót is támogat. [18]

A QGIS használatával lehetőségem volt a tangazdaság területéről különböző vegetációs indexeket készíteni, melyek segítségével elvégezhettem a terület felmérését, időbeni összehasonlítását és következtetéseket vonhattam le.

## 4. VEGETÁCIÓS INDEXEK

Nagy és társai szerint a vegetációs index egy dimenzió nélküli szám, amely kifejezi egy adott terület vegetációs aktivitását. [19]

Kharuf és Orozco hivatkoznak munkájukban Escalante-Estrade-re, Gutiérrez-Rodriguez-re és Rodriguez-Gonzalez-re, miszerint személyt nem szállító légi járművek (UAV) által készített multispektrális felvételek készítése és ezek számos spektrális sávjának algebrai kombinációi által olyan vegetációs indexekhez juthatunk, melyek megmutatják a növényzet tulajdonságait, köztük erősségeket és gyengeségeket egyaránt. Ilyenek például a biomassza, klorofil tartalom és az elnyelt sugárzás. [20] Dolgozatomban UAV képek helyett műholdfelvételeket használtam, és ennek során igyekeztem azok legnagyobb hátrányát, a felhőborítottságot kiküszöbölni.



## 4.1 Az indexek részletes bemutatása

Szakedolgozatomban során a számos létező index közül az alábbiakat használtam fel.

### 4.1.1 Normalizált vegetációs index (NDVI)

A gisgeography oldal azt írja az NDVI-ról, hogy annak értéke mindig mínusz egy és plusz egy közt változik. Ennek értelmében negatív érték esetén nagy valószínűséggel vízfelületről, míg plusz egy eredmény közelében jó eséllyel sűrű, zöld levelekről beszélhetünk. A nulla közeli értékek viszont szinte egyértelműen jelzik, hogy nincs zöld levél a felmért területen, sőt előfordulhat, hogy beépített részt elemzünk. Az NDVI a leggyakoribb index, amivel a távérzékelésben találkozhatunk. A normalizált vegetációs index a növényzetet a közeli infravörös (amelyet a növényzet erősen visszaver) és a vörös fény (amelyet a növényzet elnyel) közötti különbség mérésével számszerűsíti. Az egészséges növényzet több közeli infra és zöld sugárzást ver vissza és több kéket és pirosat nyel el. [21]

Kiszámítása a következő képlet segítségével történik:

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

### 4.1.2 Fejlesztett Normalizált Vegetációs Index (ENDVI)

Az agraragazat oldalra alapozva az NDVI-től eltérően az ENDVI a vörös csatorna helyett a zöld és a kék sávokat együtt használja, ezzel pedig az NDVI hatékonyságát növeli. [22]

Képlete:  $ENDVI = ((NIR+GREEN) - (2*BLUE))/((NIR+GREEN)+(2*BLUE))$

### 4.1.3 Stressz indexek

„Stressz esetén a növényi szövetek védelme érdekében, védőpigmentek’ (antocianin, karotinoid) képződnek, míg hosszabb stressz-állapot esetén a klorofill mennyisége csökken.” (Nagy, et al, é.n.) [19]

Képleteik:

|                                            |                                             |                        |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------|
| Anthocyanin Reflectance Index (ARI)        | $R_{840} \times (1/R_{550} - 1/R_{700})$    | Gitelson et al., 2001  |
| Structure Insensitive Pigment Index (SIPI) | $(R_{800} - R_{445}) / (R_{800} - R_{680})$ | Peñuelas et al. (1995) |
| Carotenoid Reflectance Index (CRI)         | $1/R_{550} - 1/R_{700}$                     | Gitelson et al., 2002  |

#### 4.1.4 Normalizált Víz Index és Egyszerű Arány Víz Index (NDWI és SRWI)

Chai és Chen szerint az optikai távérzékelési technika esetében a folyékony halmazállapotú víz abszorpciós jellemzői a növényi levelekben spektroszkópiával könnyen kimutathatók. A 970 nm-en, 1930 nm-en és 2500 nm-en mért spektrális reflexió számos távérzékelési index alapját képezi, amelyek felhasználhatók a növényzet nedvességtartalmának becslésére.



4-2 Az infravörös tartomány és a látható fény hullámhosszai

(<https://tamop412a.ttk.pte.hu/files/kemia7/www/ch04s02.html>)

Ilyen spektrális indexek a Normalized Difference Water Index (NDWI) és a Simple Ratio Water Index (SRWI). Ezeket a spektrális csatornák különböző kombinációiból lehet kiszámítani. Mivel a visszaverődés növényzet nedvességre vonatkozó érzékenysége a különböző spektrális csatornákon elkülönül egymástól, így ezen indexek képességei a növényzet különböző típusú nedvességtartalmának becslésében jól megkülönböztethetők. [23]

Képleteik: SRWI=R858/R1240

$$NDWI = \frac{\text{Green} - \text{NIR}}{\text{Green} + \text{NIR}}$$

## 5. A MEGOLDÁS MENETE

Az alábbi pontokban felvázolásra került a szakdolgozat címében megfogalmazott feladat megoldásának rövid áttekintő és részletes menete.

### 5.1 A megoldás menetének átfogó rövid bemutatása

Röviden két főbb pontba tudtam összefoglalni a felmérés menetét, ezek egyike a műhold-felvételek kiválasztásának meghatározó tényezői, a másik pedig a gyakorlati kivitelezés vázlatos jellegű bemutatása.

#### 5.1.1 A 2023-as év sajátosságainak és a felmérés időpontjainak megválasztása

Szakdolgozatom során, mint ahogy arra már fentebb utaltam a Sentinel-2 A és B műholdak felvételeit használtam. Első lépésként az iskola tangazdaságától származó táblázatok (5-1 ábra) alapján kiválasztottam, hogy milyen időpontokból érdemes felvételeket beszerezni. Ezen táblázatokból lehet tudni, hogy az iskola földjein a 2023-as év során milyen haszonnövények kerültek termesztésre és hogy mikor milyen agrotechnikai műveleteket hajtottak végre rajtuk. Ezekhez igyekeztem a felvételeket a relevanciájuk és elérhetőségük alapján kiválasztani.

| blokk               | JNQ64N19                | JNMT4Y22                |                          |                     |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------|
| tábla               | t4                      | t3                      | t2                       | t1                  |
| tábla terület       | 4,92 ha                 | 5,03 ha                 | 10,23 ha                 | 12,33 ha            |
| fajta               | MV NÁDOR                | MV NÁDOR                | Jakubus                  | SY Experto          |
| kultúra             | őszi búza               | őszi búza               | őszi árpa                | napraforgó          |
| vetés               | 2022.11.02              | 2022.11.02              | 2022.11.10               | 2023.05.02          |
| Tápanyag utánpótlás | 2023.03.22              | 2023.03.22              | 2023.03.22               |                     |
| műtrágya            | AN 27 (ammónium-nitrát) | AN 27 (ammónium-nitrát) | AN 27 (ammónium-nitrát)  |                     |
| Növényvédelem       | 2023.05.08              | 2023.05.08              | 2023.05.08               | 2023.05.21          |
| gombaölő            | Revycare                | Revycare                | Revycare                 |                     |
| gyomirtó            | DEZORMON                | DEZORMON                | DEZORMON                 | PULSAR 40 SL        |
| gyomirtó            | GRANSTAR SUPER 50 SX    | GRANSTAR SUPER 50 SX    | GRANSTAR SUPER 50 SX     |                     |
| rovarölő            | KARATE ZEON 5 CS        | KARATE ZEON 5 CS        | KARATE ZEON 5 CS         |                     |
| betakarítás         | 2023.07.18              | 2023.07.17              | 2023.07.03<br>2023.07.10 |                     |
| mennyiség           | 33,77 t                 |                         | 40,10 t                  |                     |
| termés átlag        | 3,45 t/ha               |                         | 3,92 t/ha                |                     |
| Tarló tárcsázás     | 2023.08.09              | 2023.08.10              |                          |                     |
| Gyomirtás           |                         |                         | 2023.08.14               |                     |
| gyomirtó            |                         |                         | Clinic Up 5l/ha          |                     |
| Desszikálás         |                         |                         |                          | 2023.09.08          |
| gyomirtó            |                         |                         |                          | Reglon Air 1,8 l/ha |
| betakarítás         |                         |                         |                          | 2023.10.02          |
| mennyiség           |                         |                         |                          | 29,94 t             |
| termés átlag        |                         |                         |                          | 2,43 t/ha           |

5-1 A tangazdaság jegyzeteinek kivonata 2022/23

A dolgozatban az első táblaként, vagy t1-es táblaként hivatkozott területre 12,33 hektáron SY Experto napraforgó vetőmag került kiszórásra 2023. május másodikán. Szintén májusban gyomirtózást hajtottak végre a vetésen PULSAR 40 SL-el, majd 2023 szeptember 8-án deszikkálták Reglon Air-el 1,8 liter/hektár-os dózisban. 2023 október másodikán betakarítás következett, melynek eredménye 29,94 tonna napraforgó mag lett. A termés-átlag 2,43 tonna volt hektáronként. Ez a KSH adatai alapján Fejér Vármegye tekintetében a 2022-es átlag fölött van 0,4 tonnával, de elmarad az azt megelőző évek többségétől. [24] A napraforgóra vonatkozó időpontokat a többi kultúrával is próbáltam összeegyeztetni, de ami kifejezetten amiatt került kiválasztásra az a 05.09-es, 08.12-es, 09.06-os és 10.01-es időpontok. Vetés utáni időpont, java fejlődési szakasz, deszikkálás előtti dátum és végül az aratást megelőző időszak.

KSH KÖZPONTI STATISZTIKAI HIVATAL 19.1.2.11. A napraforgómag termelése vármegye és régió szerint

← Menü

| Területi egység        |          | 2017  | 2018  | 2019  | 2020 <sup>a</sup> | 2021  | 2022  |
|------------------------|----------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|
| neve                   | szintje  |       |       |       |                   |       |       |
| Termésátlag, kg/hektár |          |       |       |       |                   |       |       |
| Fejér                  | vármegye | 2 670 | 3 070 | 3 250 | 2 770             | 2 870 | 2 070 |
| Komárom-Esztergom      | vármegye | 2 730 | 3 120 | 2 880 | 2 250             | 3 120 | 1 960 |
| Veszprém               | vármegye | 2 370 | 3 080 | 2 710 | 2 740             | 2 500 | 2 120 |

5-2 A napraforgó termésátlaga kg/ha

A második vagy t2-ként hivatkozott táblán 10,23 hektáron Jakubus őszi árpát vetettek 2022. november 10-én. Növényvédelme tápanyag utánpótlásból (ammónium nitrát 2023. 03.22.), fungicid (Revycare 2023.05.08.), herbicid (DEZORMON, GRANSTAR SUPER 50 SX 2023.03.22) és peszticid (KARATE ZEON 5 CS 2023.03.22.) kezelésből állt. Betakarítására két lépésben került sor, 2023. július 3-án és 10-én, mely 40,1 tonna árpa termést eredményezett, 3,92 tonna hektáronkénti átlagterméssel. Ez a KSH adatai alapján 1,97 tonnával kevesebb, mint a Fejér Vármegyei átlag. [25]



| Területi egység                   |                        | 2018  | 2019  | 2020 <sup>a</sup> | 2021  | 2022  | 2023  |
|-----------------------------------|------------------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|
| neve                              | szintje                |       |       |                   |       |       |       |
| Őszi árpa termésátlaga, kg/hektár |                        |       |       |                   |       |       |       |
| Közép-Magyarország                | nagyrégió <sup>a</sup> | 4 490 | 4 760 | 4 870             | 5 810 | 3 550 | 4 920 |
| Fejér                             | vármegye               | 5 880 | 6 350 | 6 260             | 7 310 | 5 650 | 5 760 |
| Komárom-Esztergom                 | vármegye               | 5 460 | 5 970 | 5 520             | 6 680 | 4 890 | 4 960 |
| Veszprém                          | vármegye               | 4 160 | 5 260 | 5 560             | 5 830 | 4 890 | 4 880 |

5-3 Az árpa termésátlaga kg/ha

A harmadik és negyedik táblák, azaz t3 és t4 termesztett növénye az MV Nádor őszi búza 5,03 és 4,92 hektár területen. Növényvédelme dátum és készítmény tekintetében is meg-egyezik az őszi árpáéval. Betakarításukat 2023. július 17-én és 18-án végezték. Ez az intézmény számára 40,1 és 33,77 tonna magot jelentett. A termésátlag hektáronként 3,92 és 3,45 tonna volt. Ez a KSH ide vonatkozó feljegyzései szerint a Vármegyei átlagtól 2,04 és 2,51 tonnával marad el hektáronként a 2023-as év adatait nézve. [26]



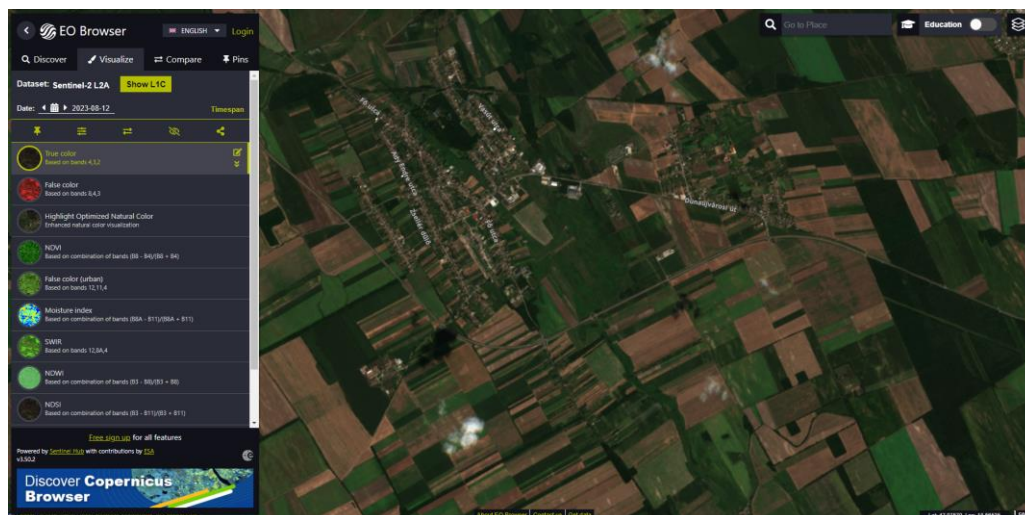
| Területi egység        |                        | 2020 <sup>a</sup> | 2021  | 2022  | 2023  |
|------------------------|------------------------|-------------------|-------|-------|-------|
| neve                   | szintje                |                   |       |       |       |
| Termésátlag, kg/hektár |                        |                   |       |       |       |
| Közép-Magyarország     | nagyrégió <sup>d</sup> | 4 580             | 5 570 | 3 430 | 5 230 |
| Fejér                  | vármegye               | 5 590             | 5 780 | 5 470 | 5 960 |
| Komárom-Esztergom      | vármegye               | 5 190             | 6 240 | 4 620 | 5 750 |
| Veszprém               | vármegye               | 5 080             | 5 260 | 4 790 | 5 500 |

5-4 A búza termésátlaga kg/ha

A búza és árpa felvételei átfedésben vannak a napraforgóéval, de ami csak ezek miatt került kiválasztásra az a 03.13-as, 04.22-es, 07.08-as dátumról letöltött adat. Ezek szempontjai, hogy van köztük növényvédelmi beavatkozás előtti, valamint ezek elvégzése utáni állapot, mikor a kijuttatok kemikáliák már kifejthették hatásukat. Az utolsó pedig a betakarításokat megelőző időpont.

### 5.1.2 A térinformatikai megoldás áttekintése

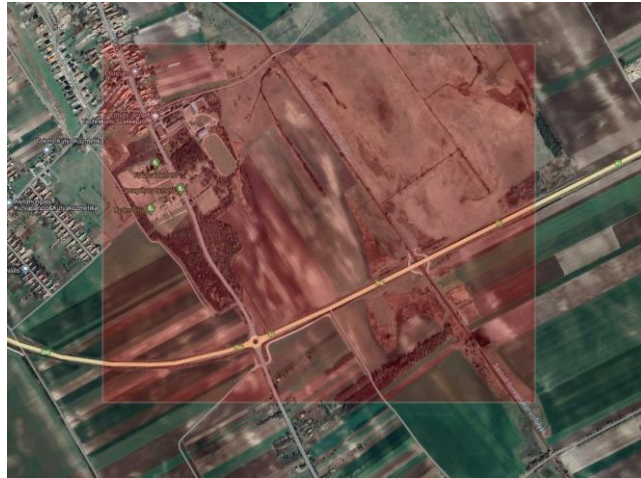
Munkám során az EO Browser-t használtam arra, hogy több időben előzetesen megvizsgáljam a mintaterületet felhőborítottság és a vegetáció fejlődésének szempontjai alapján.



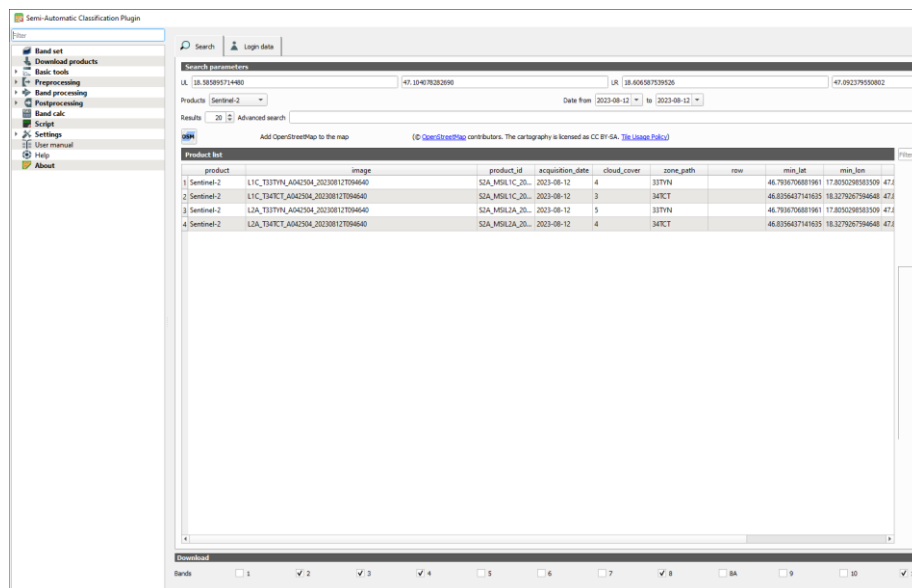
5-5 Időpontok böngészése EO Browser-ben

Előzetesen tizenöt időpontot választottam ki. Ezek a tárgyévra vonatkozó kultúra vetési idejétől (2022. 11. 02.) az év során utolsó betakarításig (2023. 10. 02.) terjedtek volna. Az első vetéstől havi szinten legalább egy felvétel időpontját jegyeztem fel. Különböző agrotechnikai műveleteket megelőző vagy épp azok utáni állapotot mutató felvételekkel kiegészítve.

Végül a főleges adatok kialakulását mérséklendő szándékkal a feldolgozott időpontok számát hétre csökkentettem. Ennek során kihagytam az első vetéstől kezdve a téli hónapokat. Valamint kimaradt néhány olyan időpont, melyről nem tudtam ép felvételeket letölteni, viszont az adott dátum közelében nem volt más felhőmentes felvétel. A felvételek letöltését a QGIS Semi-Automatic Classification Plug-in-jével végeztem.



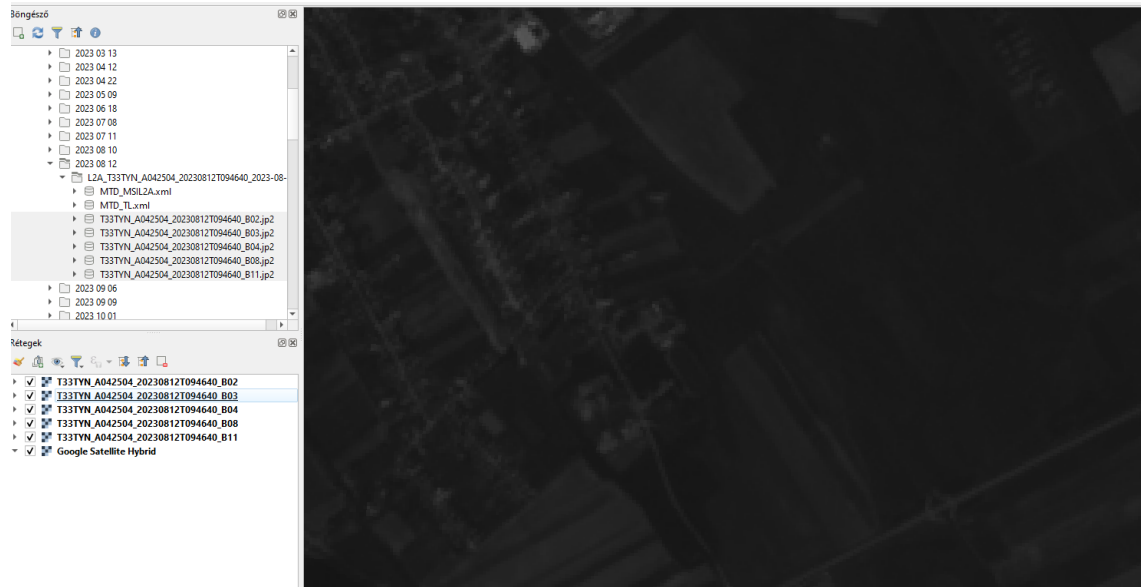
5-6 Terület kijelölése QGIS-ben



5-7 Semi-Automatic Classification Plugin-al való felvétel letöltés

Ezt követően az egyes időpontokat külön-külön projektekként dolgoztam fel. A munkám során a B02, B03, B04, B08 és B11 vagyis kék, zöld, piros, közeli infravörös (NIR) és rövid hullámú infravörös (SWIR) sávokat töltöttem be az éppen aktuális feladatba, mivel az általam választott indexek kiszámításához ezekre volt szükségem.





5-8 A 2,3,4,8 és 11-es sávok betöltése

A betöltést követően a Google Satellite Hybrid használatával megkerestem a mintaterületet, hogy a munkafelület terjedelmét az foglalja ki. Ez után a munkafelület terjedelmét felhasználva kivonatot készítettem a kiválasztott sávjaimból, majd két virtuális raszttert generáltam ezekből.

Kötegelt feldolgozás - Raszter vágása terjedelemmel

| Paraméterek                                | Napló                    |
|--------------------------------------------|--------------------------|
| Input réteg                                | Terjedelem vágása        |
| Automatikus kitöltés                       | Automatikus kitöltés     |
| 1 T33TYN_A031422_20230313T095034_B02 [EPS] | 5961585.5192 [EPSG:3857] |
| 2 T33TYN_A031422_20230313T095034_B03 [EPS] | 5961585.5192 [EPSG:3857] |
| 3 T33TYN_A031422_20230313T095034_B04 [EPS] | 5961585.5192 [EPSG:3857] |
| 4 T33TYN_A031422_20230313T095034_B08 [EPS] | 5961585.5192 [EPSG:3857] |
| 5 T33TYN_A031422_20230313T095034_B11 [EPS] | 5961585.5192 [EPSG:3857] |
| 6 T33TYN_A031422_20230313T095034_B11 [EPS] | 5961585.5192 [EPSG:3857] |

5-9 Vágat készítése terjedelemmel kötegelt feldolgozással

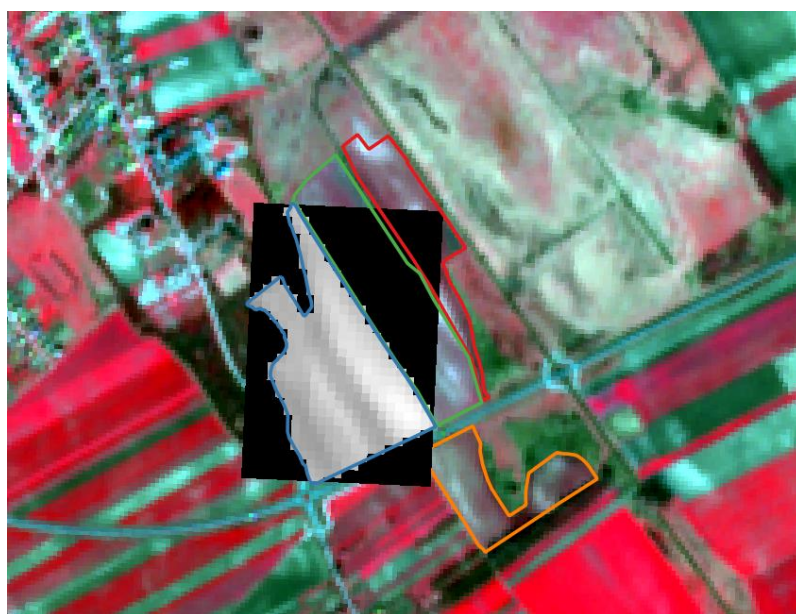
Az egyik egy valós színes, a másik pedig hamis színes kompozit lett. Előbbihez a B02, B03 és B04 sávokat, míg utóbbihoz a B08, B04 és B03 sávokat használtam fel. A valós színes képet használtam fel arra, hogy körbe digitalizáljam a tangazdaság szántóként művelt négy tábláját egyenként. Miután ez megtörtént nem volt már szükség többé az eredeti sávokra, a Google Satellite Hybrid-re és a valós színes kompozitra sem, így ezeket eltávolítottam.





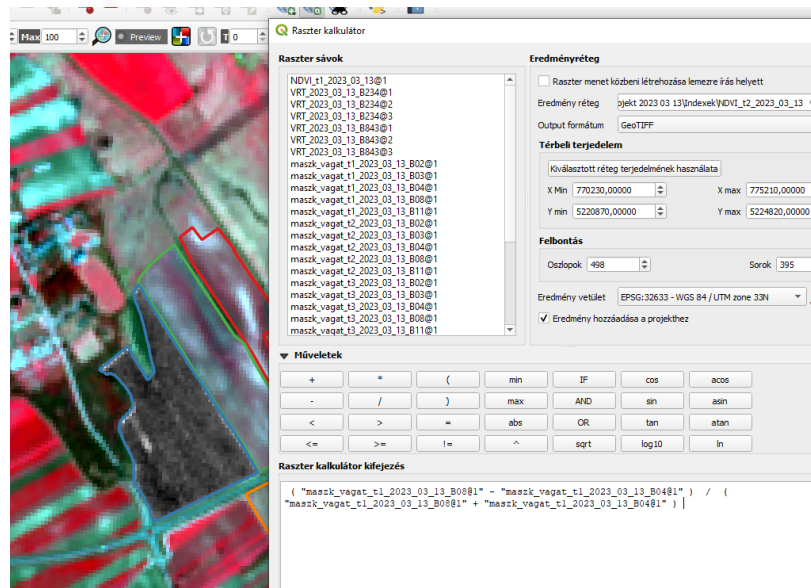
5-10 A terület valós (234) és hamisszínes (843) megjelenítéssel

Következő műveletként a táblahatárokat maszkként felhasználva kivonatoltam a terjedellel vágott sávokat is.



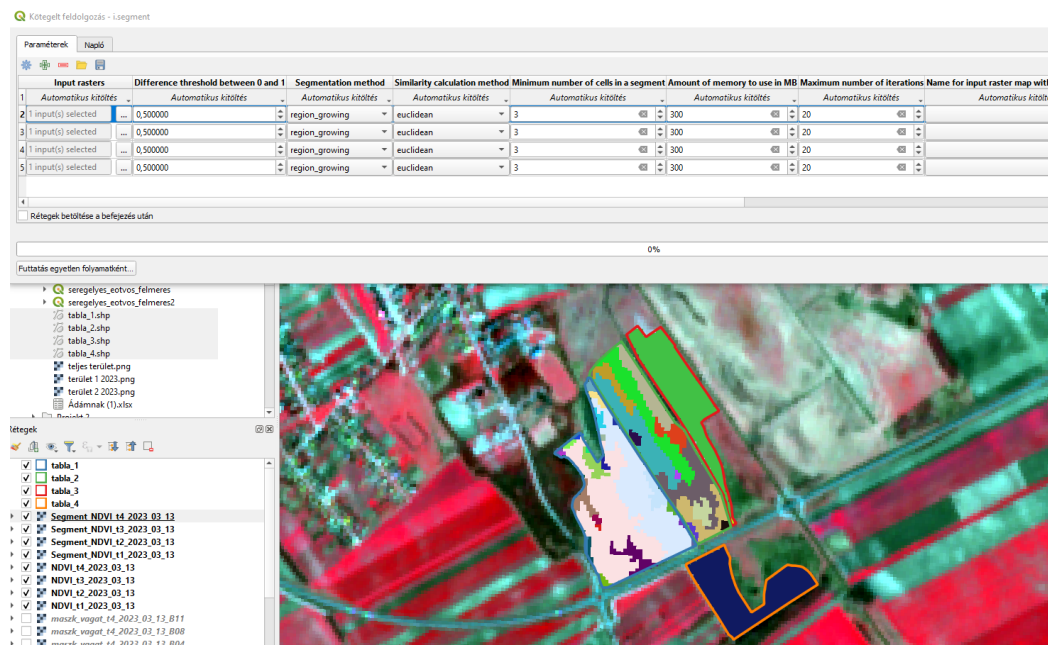
5-11 Táblahatárok és az ezekkel készített maszk vágatok

Ezt követően ezeket használtam minden NDVI, ENDVI, NDWI, SRWI, ARI, CRI és SIPI index elkészítéséhez. Ez minden esetben a raszter kalkulátor segítségével történt, táblánként.



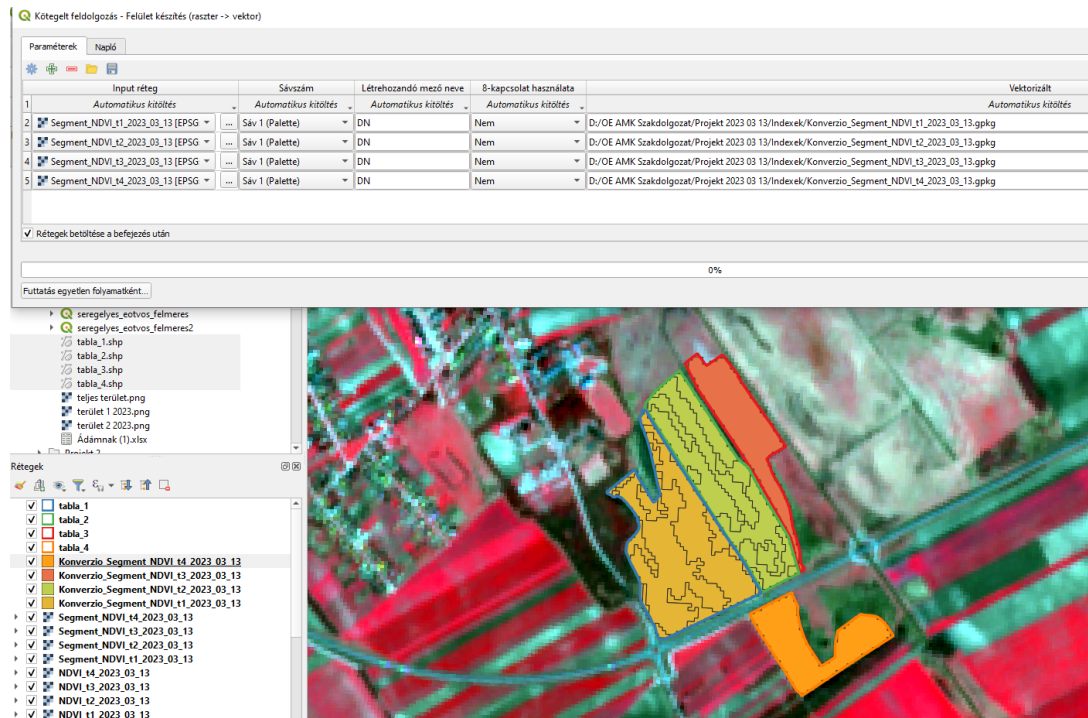
5-12 NDVI számítás maszk vágatból

Majd ezek szegmentálására került sor az i.Segment-el. Kis táblák lévén azt állítottam be, hogy legalább három cellából álljon egy szegmens és így az apró, csak pár pixeles zavaró eredményeket kizárhatom. Ennek segítségével táblán belüli heterogenitást vizsgáltam.



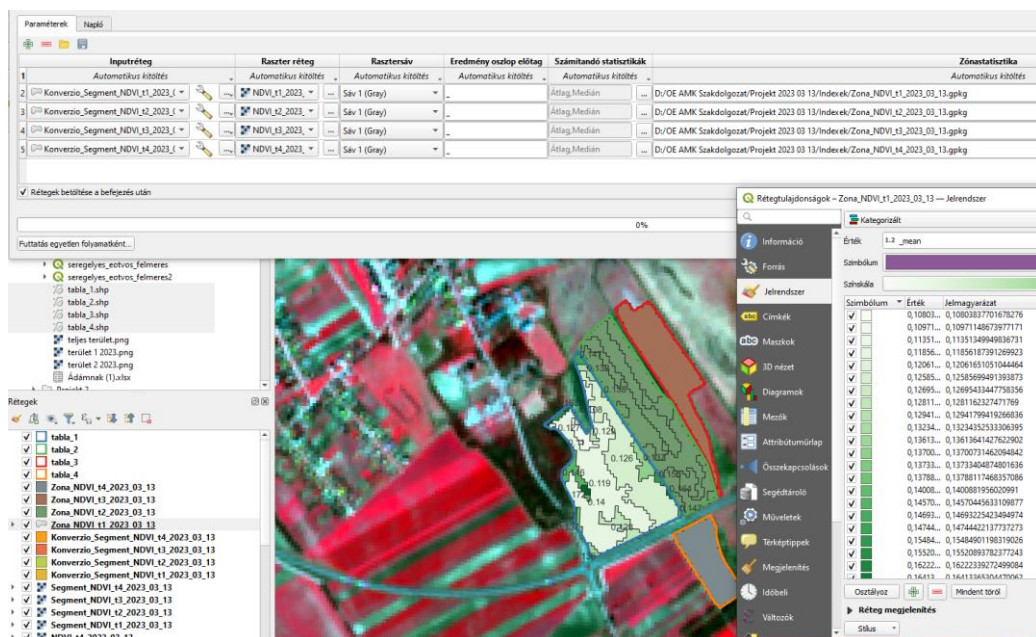
5-13 Szegmentálás kötegelt feldolgozásként

Az így elkészült szegmentálás eredményét konvertáltam raszterből vektorrá, így tévéen lehetővé a zónastatisztikák elkészítését és a zónákhoz tartozó terület meghatározását.



5-14 Konvertálás vektorra

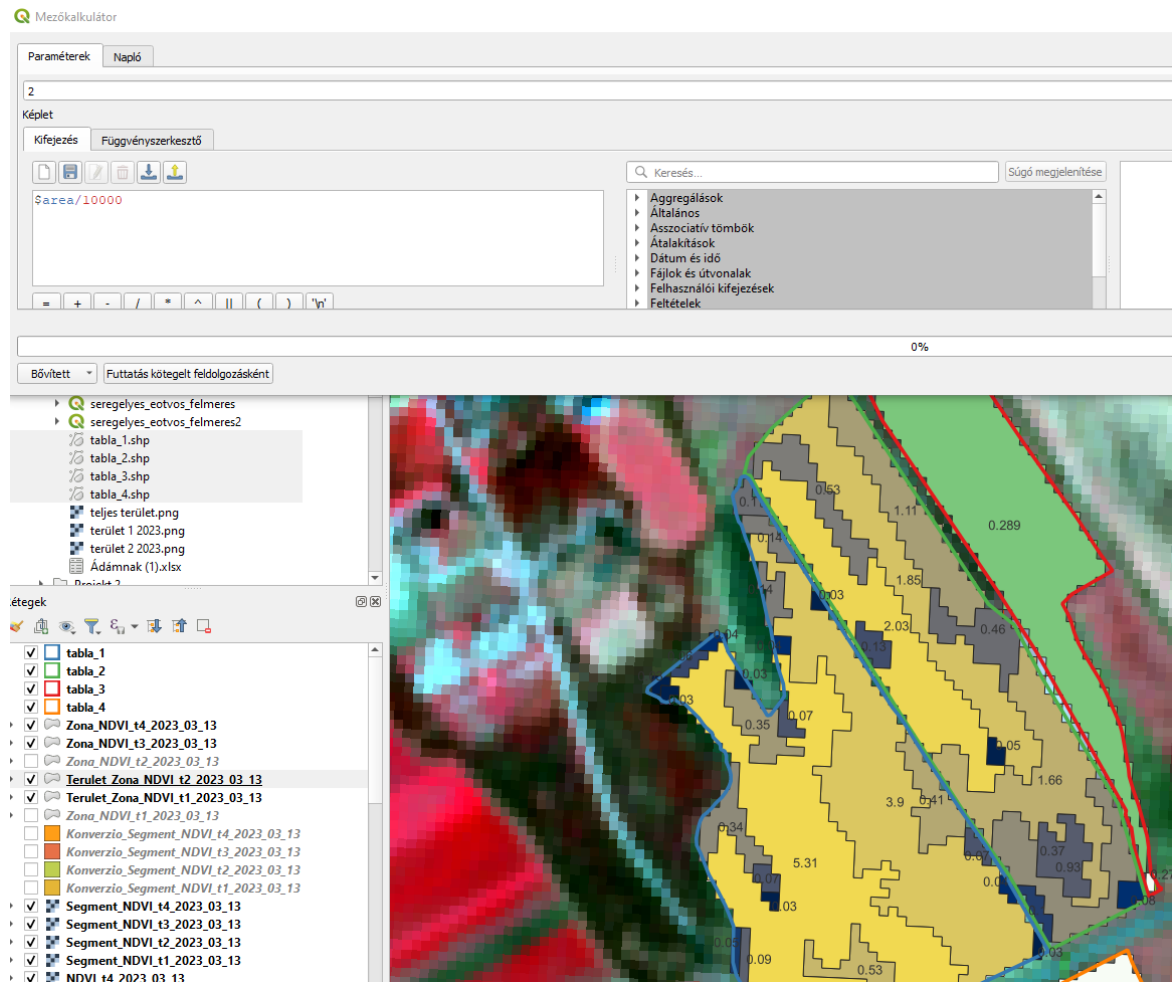
A zónastatisztika készítésekor az adott indexre jellemző átlagot, minimumot és maximumot számoltattam a vektoros rétegből, az épp aktuális raszter réteg felhasználásával. Ennek során az átlagot felhasználva kategorizáltan osztályozva jelentettem meg az eredményt, melynek számértékét pedig három tizedesig kerekíttettem a programmal.



5-15 Zónastatisztika készítése és osztályozott megjelenítése



A terület megjelenítésénél az alapértelmezett négyzetméter helyett hektárban tüntettem fel az egyes zónák nagyságát.



5-16 Zóna területek Mezőkalkulátorral számolva

Ezen lépéseket mindegyik időpontnál és indexnél elvégeztem, leszámítva a tábla digitalizálást. Hisz a tábla határokat a felmérés főkönyvtárából bármikor egyszerűen be lehetett tölteni bármely projektbe.

A QGIS használata során, mivel hét időpontban egyesével hét indexet dolgoztam fel, külön figyelmet fordítottam az áttekinthető és egyértelmű könyvtár szerkezetre, valamint az egységes és egyértelmű fájl elnevezésekre. Az alap természetesen a felmérésnek szánt főkönyvtárral kezdődött, melyben a letöltött felvételek és a projektek mappái alkották a következő szintet. Ezen szintek a szükséges mértékig további könyvtárakkal kerültek bővítésre, melyek elnevezése egyértelműen azonosította tartalmukat. A különböző fájl elnevezéseknél szintén az összetéveszthetetlen, egyértelmű beazonosíthatóság volt a fő

szempont. Ennek fényében az általános elnevezés formátum állt egyszer az elvégzett művelet nevéből, tábla azonosítóból, dátumból, esetleg sáv azonosítóból. Ilyen például az `maszkvagat_t1_2023_03_13_B02` elnevezés, amit a táblák terjedelmével vágott rétegekre alkalmaztam, ahol a „maszkvagat” a művelet, a „t1” a tábla azonosító, utána jön a felvétel dátuma és a „B02” kék sáv. Több sávot használó műveletekre jó példa: `NDVI_t1_2023_03_13`, ahol értelemszerűen sávot már nem jelöltem.

Továbbiakban az NDVI-on végzett műveletek elnevezése bővíthet: `Segment_NDVI_t1_2023_03_13`, vagy `Konverzio_Segment_NDVI_t1_2023_03_13`, esetleg `Zona_NDVI_t1_2023_03_13`, vagy `Terulet_Zona_NDVI_t1_2023_03_13`.

A „Segment” megnevezés a szegmentálás műveletére utal, ami a táblán belüli heterogenitást hivatott feltárni a hasonló index értékű területek egy színnel való megjelenítése által. A „Konverzio\_Segment” előtag azt jelenti, hogy a szegmentált eredményt vektorrá alakítottam. A „Zona” pedig azt hivatott jelezni, hogy a szegmentálás során kialakított zónákon zónastatisztika számítás segítségével szám eredményt adó műveletet végeztem. Ezáltal már nem csak vizuálisan szemrevételezhető egy heterogenitást jelző zóna, hanem számérték is társítható hozzá. Ezen számértékek közt átlag, minimum, maximum is megjeleníthető. A „Terület\_Zona” pedig olyan számítást takar, ami mezőkalkulátorral készült és az egyes zónák nagyságát mutatja meg hektárban kifejezve.

Természetesen a hosszú fájl nevek felvitele elsőre időigényes, de kötegetelt feldolgozás esetén minimális ráfordítással módosíthatók.

Az adott időpontokból származó adatokat a térinformatikai feldolgozást követően Excel táblázatban rendszereztem, majd pedig a későbbiekben igyekeztem belőlük következtetéseket levonni a tangazdaság földjeit illetően.

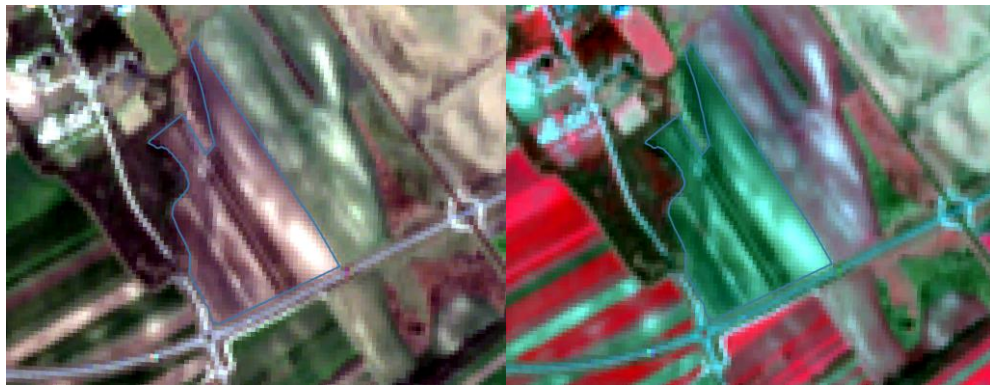
## 5.2 A felmérés részletes menete

A felmérés részletes menete a kiválasztott időpontokból származó felvételek elemzésének bemutatásával kezdődik. Ennek menetét az 5.2.1-es bekezdésben található példán keresztül szemléltettem. Mint azt az előző fejezetben már írtam, ennek során az adott időpontban az egyes tábláknál bemutatom az indexek eredményeit.

A felmérés ezt követő részében pedig indexekként mutattam be az egyes táblák különböző időpontjaiból származó eredményeket.

### 5.2.1 A 2023 március 13-i felvétel elemzése

Az első tábla körülhatárolt valós és hamis színes képén is jól látszik, hogy az adott időpontban még nincs termesztett növény a területen. A csupasz föld és gyom jellemző a borításra. Ennek ellenére az időpont példa létre való tekintettel erre a táblára is elvégeztem minden műveletet és index számítást. Azért esett erre az időpontra a választásom, mert időrendben ez az első.



5-17 2023.03.13. t1 234 és 843

Ennek ellenére a különböző index számításokat elvégeztem a területre. Ezek közül az első az NDVI volt, melyet a  $(B8-B4)/(B8+B4)$  képlet feladatomra aktualizált megnevezésű változatával az alábbi szerint végeztem: ( "maszk\_vagat\_t1\_2023\_03\_13\_B08@1" - "maszk\_vagat\_t1\_2023\_03\_13\_B04@1" ) / "maszk\_vagat\_t1\_2023\_03\_13\_B08@1" + "maszk\_vagat\_t1\_2023\_03\_13\_B04@1" )

Ennek eredménye egy index kép, ami szürke skálában, és szín palettával (QGIS-ben „egysávos szürke” és „egysávos álszínes”) is megjelenítésre került.



5-18 NDVI index kép szürke skálában és szín palettás megjelenítéssel (egysávos szürke és egysávos álszínes)  
2023.03.13.

Következőnek a szegmentálás műveletét végeztem el. A szegmentálás célja az volt, hogy az adott indexek alapján kimutassam a táblán belüli különbségeket a növényzet állapotában. A szegmentálás során az egyes maszk terjedelemmel vágott sávokból számolt indexeket az i.Segment menüpont használatával dolgoztam fel. A szegmentálás módszere minden esetben „region-growing” volt, a homogenitási kritérium a 0-1-es skálán az első alkalommal, amikor elemeztem az időpontokat 0,5-öt állítottam be. Viszont ez az esetek túlnyomó többségében nem eredményezett zónákat. Így a későbbiekben egységesen a 0,1-es értéket használtam. Ennek eredménye látható az alábbi ábrán, mellette pedig a következő lépés, melynek során a raszteres réteget vektorossá konvertáltam.



5-19 NDVI szegmentálása és raszter-vektor konverziója 2023.03.13.

Ezután a zónastatisztika készítés során átlagot, minimumot és maximumot számítottam. A mezőkalkulációval pedig az egyes zónák terület számítását végeztem el, hektárban.

A zónastatisztika esetén az input a vektorosra konvertált szegmentált réteg. A raszter álmány az eredeti NDVI kép.





5-20 A zónák átlagos NDVI értékei 2023.03.13.



5-21 A zónák területe hektárban



A táblán belül egy zóna dominál a sok kicsi mellett. Ennek nagysága 10,58 ha, átlagos NDVI értéke 0,123, minimuma 0,1, maximuma 0,17. Ez az NDVI értékek értelmezése alapján megerősíti a valószínűs kompoziton szemmel látható állapotot, miszerint a tábla megművelés után van és legfeljebb gyomok csíranövényei találhatók a széleken. Az egyéb zónák területnagysága emiatt nem bír különösebb jelentőséggel.

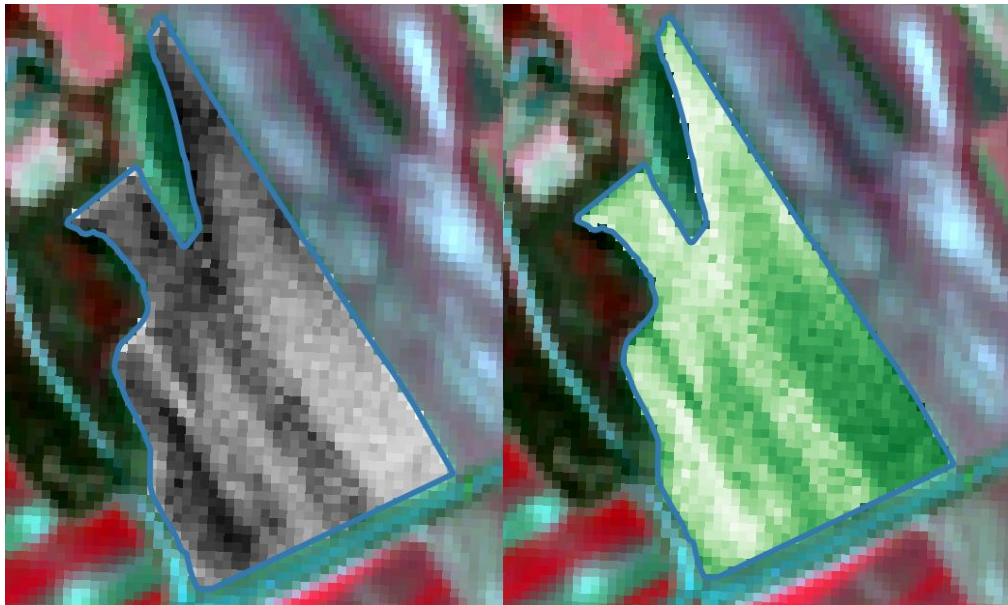
Következő lépésben az ENDVI értékeket is kiszámoltam, habár az első tábla esetén csak a példa kedvéért, hisz növényzet legfeljebb gyomfoltok formájában volt jelen a területen.

Ennek képlete Sentinel sávok esetén:

$$((B08+B03)-(2 \times B02))/((B08+B03)+(2 \times B02))$$

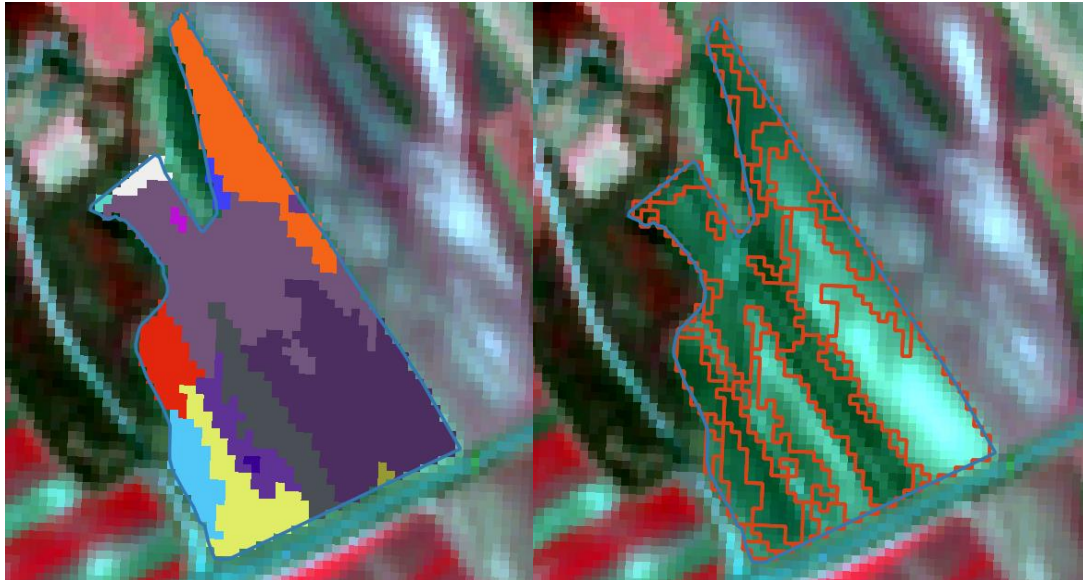
A QGIS-ben:

```
(( "maszk_vagat_t1_2023_03_13_B08@1" + "maszk_vagat_t1_2023_03_13_B03@1" )
- ( 2*"maszk_vagat_t1_2023_03_13_B02@1" ) ) / ( ( "maszk_vagat_t1_2023_03_13_B08@1" + "maszk_vagat_t1_2023_03_13_B03@1" ) + ( 2*"maszk_vagat_t1_2023_03_13_B02@1" ) )
```



5-22 ENDVI t1 egysávós szürke és egysávós álszínes 2023.03.13.

A szegmentálás az előzőekben alkalmazott 0,1-es homogenitási kritériummal végeztem, Ezután a vektoros réteget a hamisszínes virtuális raszteren jelenítettem meg.



*5-23 ENDVI t1 szegmentált és vektorrá konvertált 2023.03.13.*

Következőnek SRWI-t és NDWI-t számoltam, ennek segítségével remélve feltárni az esetleges belvizes területeket. Hisz a növények víztartalmának és a felszín vízborítottságának kimutatására egyaránt használható indexek.

SRWI:

Sentinel-2 sávokkal:

B8/B11

QGIS-ben:

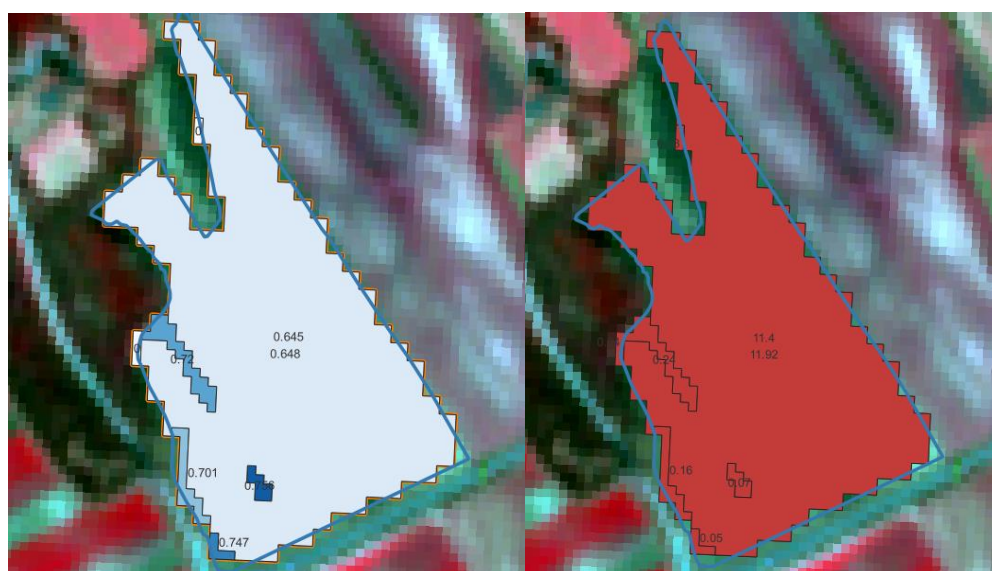
"maszk\_vagat\_t1\_2023\_03\_13\_B08@1" / "maszk\_vagat\_t1\_2023\_03\_13\_B11@1"

Az index számítást az SRWI kép rétegen elvégzett szegmentálás és raszterer-vektor konvertálás követte. A szegmentálás kritériumai megegyeznek az NDVI esetén alkalmazottakkal. Habár szemrevételezés alapján a 0,1-es homogenitási kritérium itt nem eredményezett annyi zónát, amennyi szabadszemmel feltételezhető lett volna. Viszont ezt a 0,1-es értéket egységesen használtam a teljes vizsgálat során, ezen nem akartam változtatni a több zóna kedvéért.



5-24 SRWI t1 szegmentálva és raszter-vektor konvertálva 2023.03.13.

A zónák átlag értékeinek megjelenítése a legnagyobb területre két értéket eredményezett. ezek 0,648 és 0,645; tehát csak 3 ezred az eltérés. A területszámítás során is jelentkezett ez a kettős érték. Előbbi 11,9 míg utóbbi 11,4 hektáros terület értéket kapott. Az elérhető szakirodalomban sajnos nem találtam magyarázatot a jelenségre.



5-25 SRWI Zóna értékek és területük nagysága



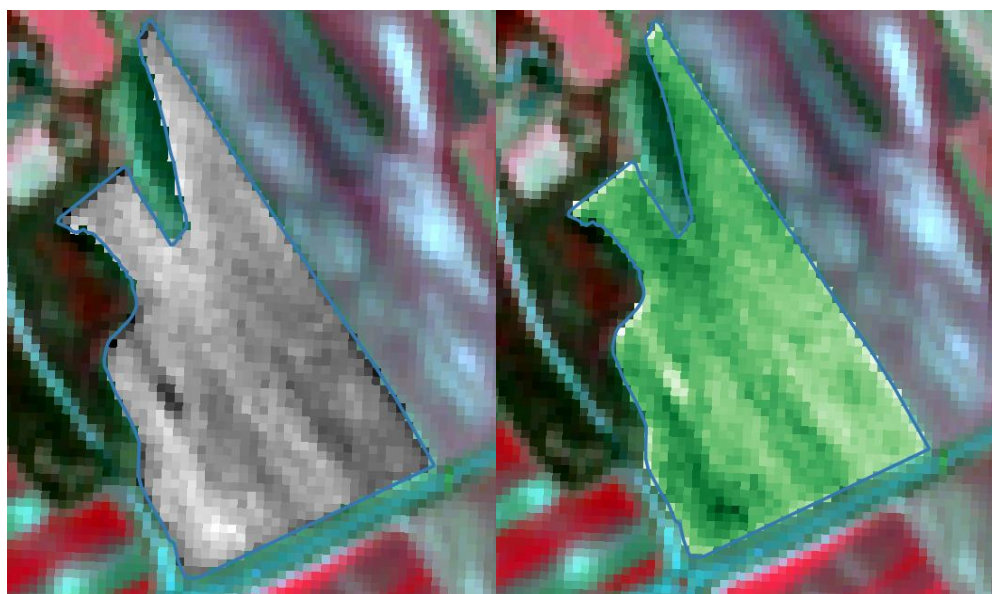
NDWI:

Sentinel-2 sávokkal:

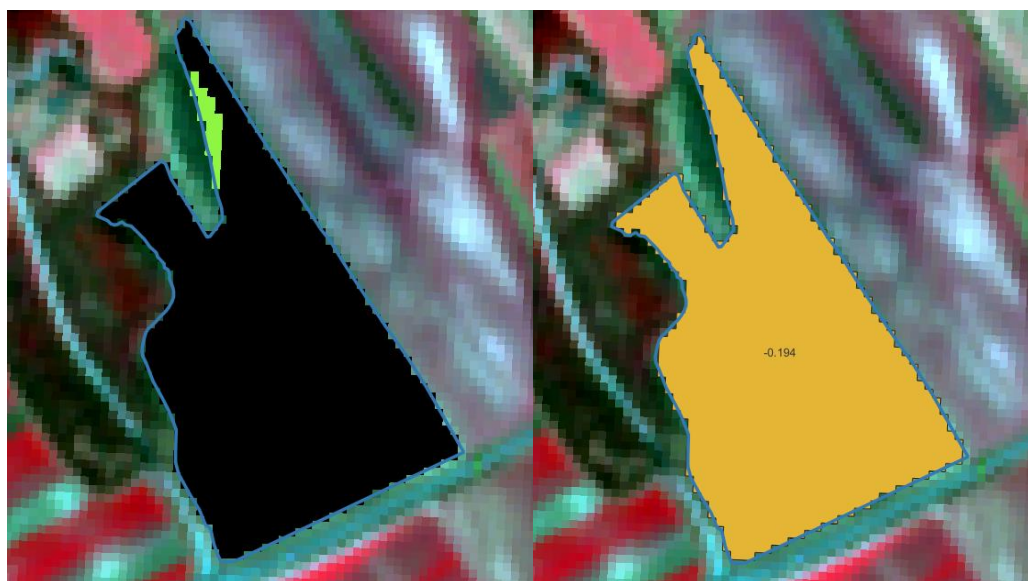
$$(B3-B8)/(B3+B8)$$

QGIS-ben:

$$\frac{("maszk\_vagat\_t1\_2023\_03\_13\_B03@1" - "maszk\_vagat\_t1\_2023\_03\_13\_B08@1")}{("maszk\_vagat\_t1\_2023\_03\_13\_B03@1" + "maszk\_vagat\_t1\_2023\_03\_13\_B08@1")}$$



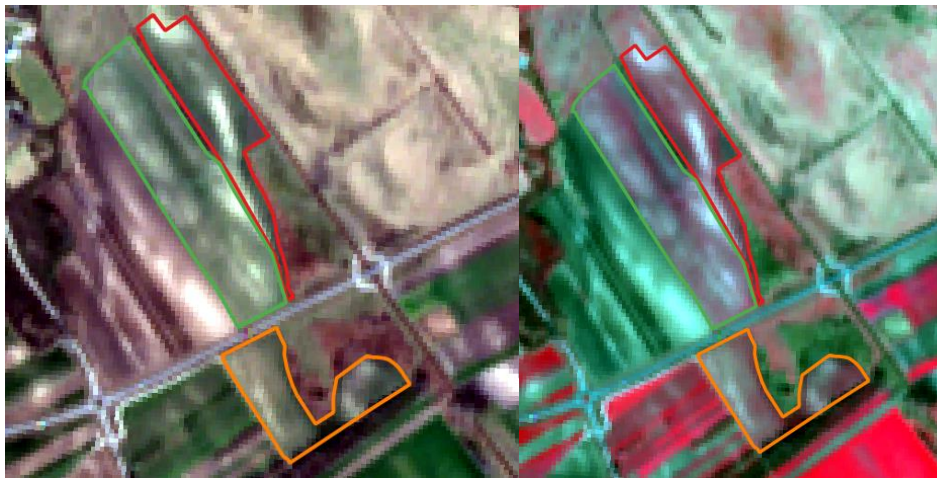
5-26 NDWI t1 egysávos szürke és egysávos álszínes megjelenítés 2023.03.13.



5-27 NDWI t1 szegmentált és raszter-vektor konvertált réteg átlag értékkel 2023.03.13.

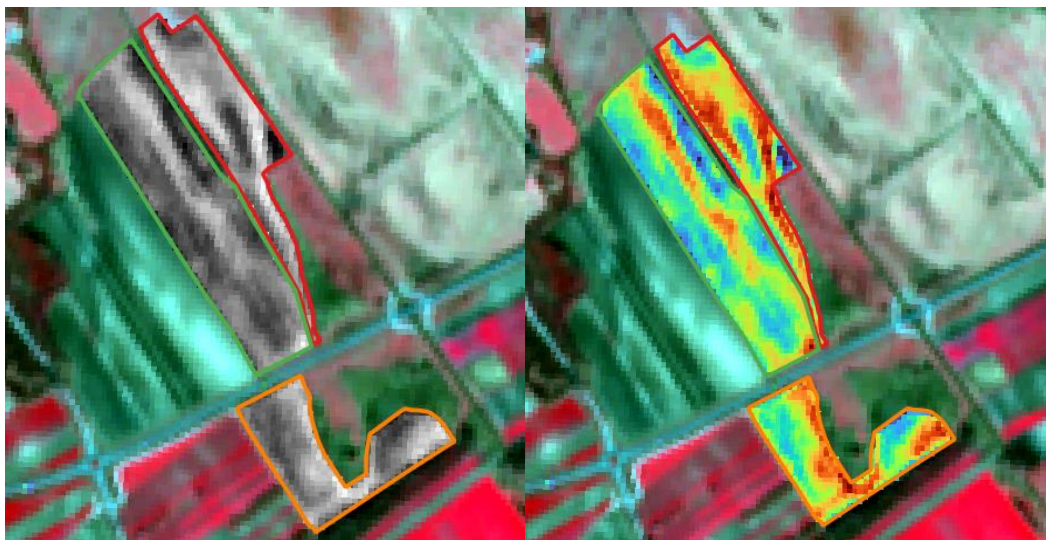
Mivel kultúrnövény nem volt az adott táblán a felvétel időpontjában, ezért stressz indexeket ide ugyan elkészítettem, de bemutatását nem tartottam indokoltnak itt. Erre az őszi vetésű gabonák alkalmasabbak. NDVI-al és ENDVI-al ki tudtam mutatni, hogy nem volt növényborítás a területen, míg a nedvesség indexek felszínborítás vizsgálatára is alkalmasak, de az ARI, CRI és SIPI csak fölösleges adatot jelentettek volna.

A második tábla vegetációja épp úgy őszi kalászos, mint a harmadik és negyediké, ezért ezeket együtt jelenítettem meg. Ezeken a valószínűs és hamisszínes kompozitokon jól megfigyelhető, hogy a vegetáció már fejlődésben van, de ez korántsem egyenletes. A fehéres foltok talajdegradációra utalnak.



5-28 t2,t3,t4 valószínűs és hamisszínes kompozit 2023.03.13.

Az NDVI kiszámítása következett a raszter kalkulátorban. A szürke skálás és színpalettás megjelenítés már láttat heterogenitást a táblákon belül.



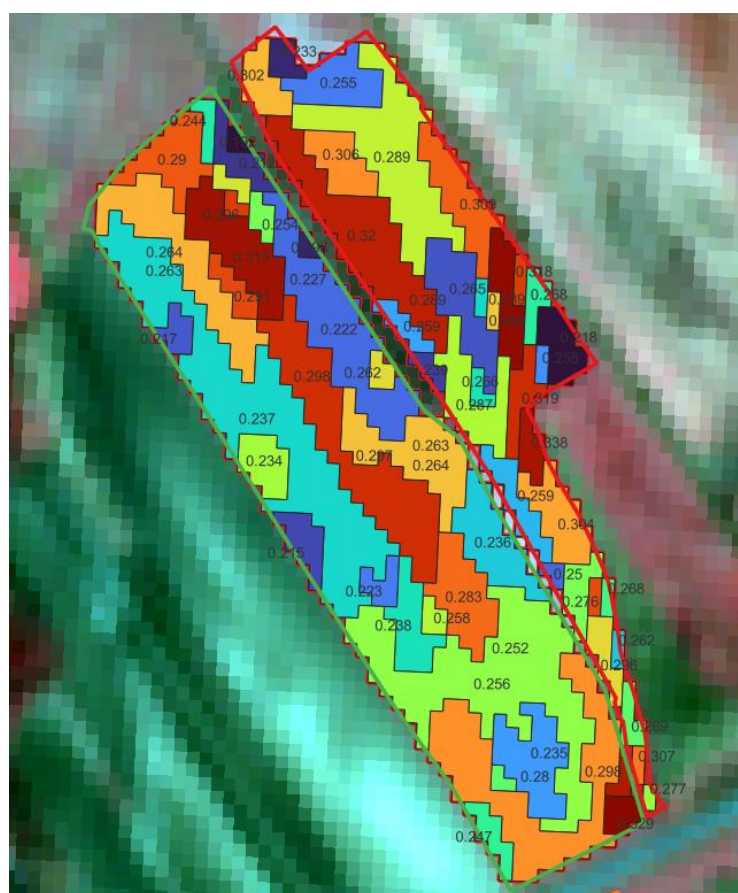
5-29 NDVI t2,t3,t4 egysávos szürke és egysávos álszínes megjelenítés 2023.03.13.



A szegmentálás meghozta azt az eredményt, amely a virtuális raszterek vizuális értékelése után várható volt. Számos kisebb zónát eredményezett mindhárom tábla esetén. A homogenitási kritérium továbbra is 0,1 volt minimum 3 cellával egy zónában.



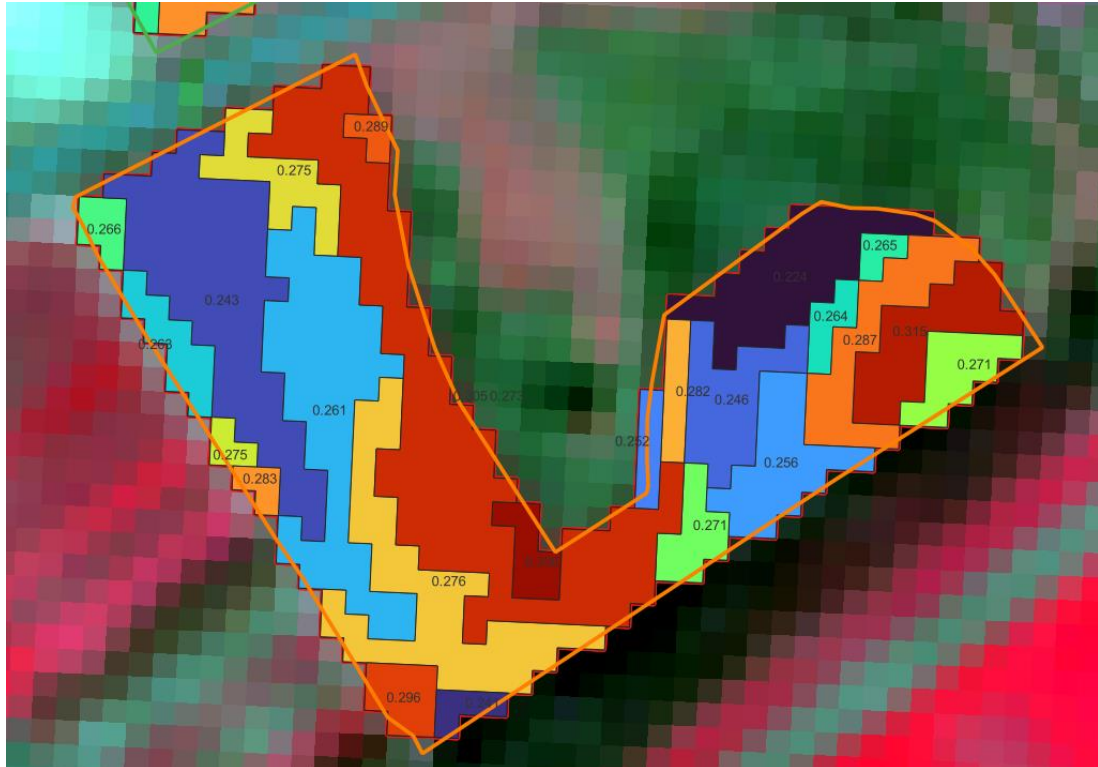
5-30 t2,t3,t4 NDVI alapján szegmentálva és konvertálva vektoros réteggé 2023.03.13.



5-31 NDVI t2, t3 átlag értékek 2023.03.13.

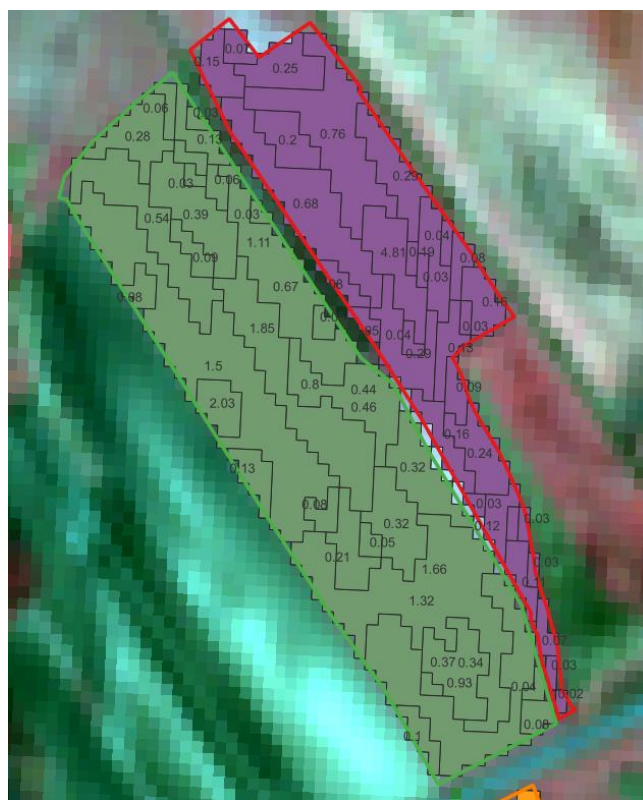


A kettes táblán mért legkisebb érték a 0,192, míg a legnagyobb a 0,32 volt, ám ezek elhanyagolható területnagysággal rendelkeztek. A tábla döntő részén 10 hektáron 0,25-höz közeli átlag érték volt jellemző. A harmadik területen a minimum érték a 0,21, míg a maximum a 0,33 volt, elhanyagolható nagyságon. 4,81 hektáron 0,28 körüli átlagérték volt.

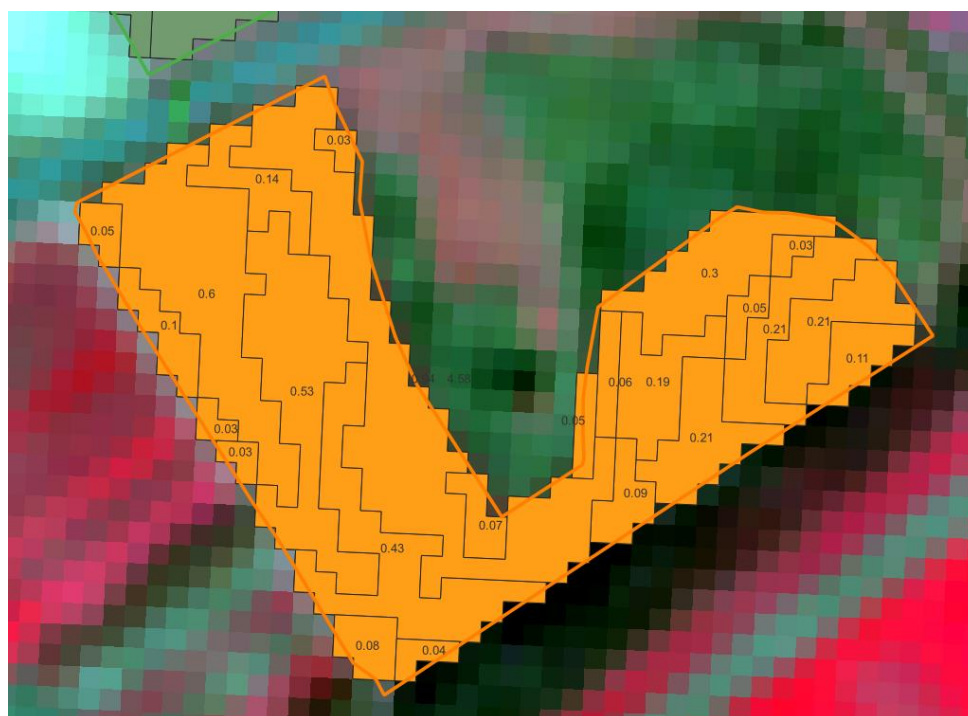


5-32 NDVI t4 átlag értékek 2023.03.13.

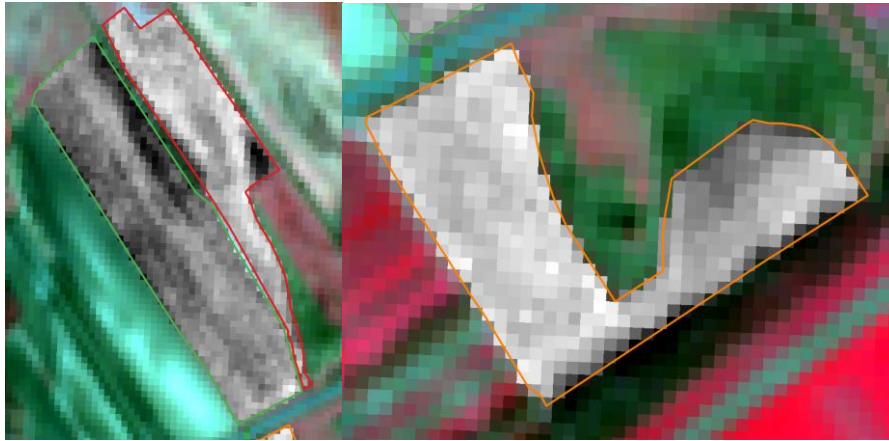
A negyedik tábla legkisebb értéke 0,22 volt 0,6 hektáron, legnagyobbja pedig 0,33 elhanyagolható terület nagyságon. 4,58 hektáron pedig 0,27 körüli átlag volt.



5-33 NDVI t2, t3 zónák területe 2023.03.13.

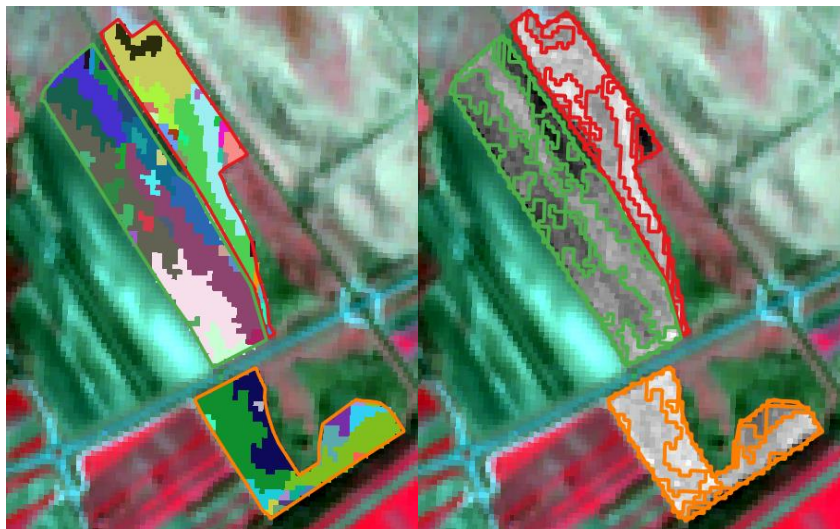


5-34 NDVI t4 Zónák területe 2023.03.13.



5-35 ENDVI t2, t3, t4 egysávos szürke megjelenítés 2023.03.13.

Az ENDVI raszterkalkulációt a három őszi kalászos tábla szegmentálása követte 0,1-es homogenitási értékkel és minimum 3 cella zónánként beállítással. Ezek eredményei, a szegmentált és vektorossá konvertált réteg látványosan mutatják a táblán belüli eltéréseket. Ezeket lentebb számszerűsített értékekkel is feltüntettem átlag alapján. A t2-es tábla legkisebb ENDVI értéke 0,171 volt, míg legnagyobb 0,289. A legnagyobb területen 0,21 és 0,24 közt alakult az átlagos ENDVI érték. Ez 5,83 hektárt érint. A harmadik táblán a legalacsonyabb érték 0,165, a legmagasabb 0,277. 0,23 és 0,25 közt mozgott a tábla legnagyobb része, 3,5 hektár. A negyedik terület 0,149 és 0,271 mutatók közt változott, 3,5 hektár a terület nagyobb része 0,24 értékkel rendelkezett

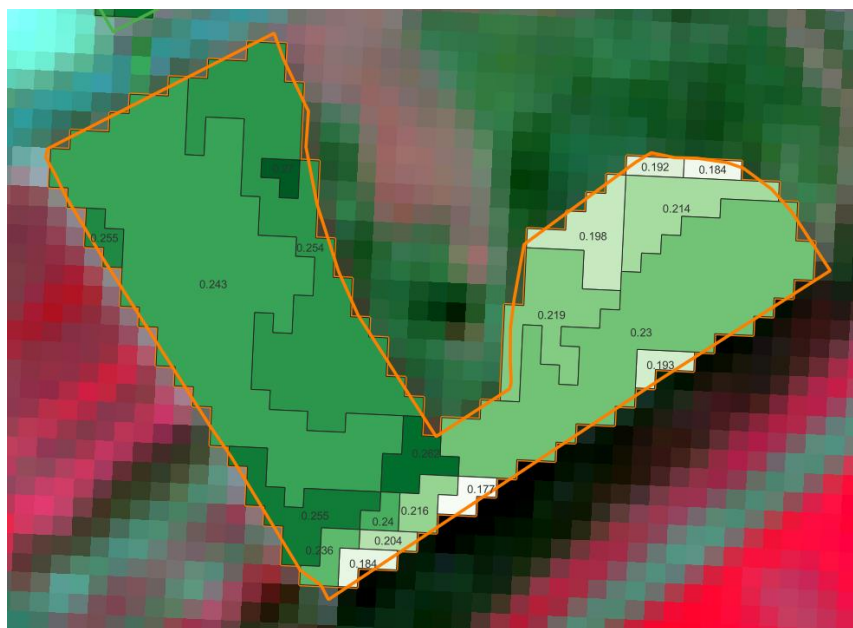


5-36 ENDVI Szegmentálva és vektorossá konvertálva 2023.03.13.

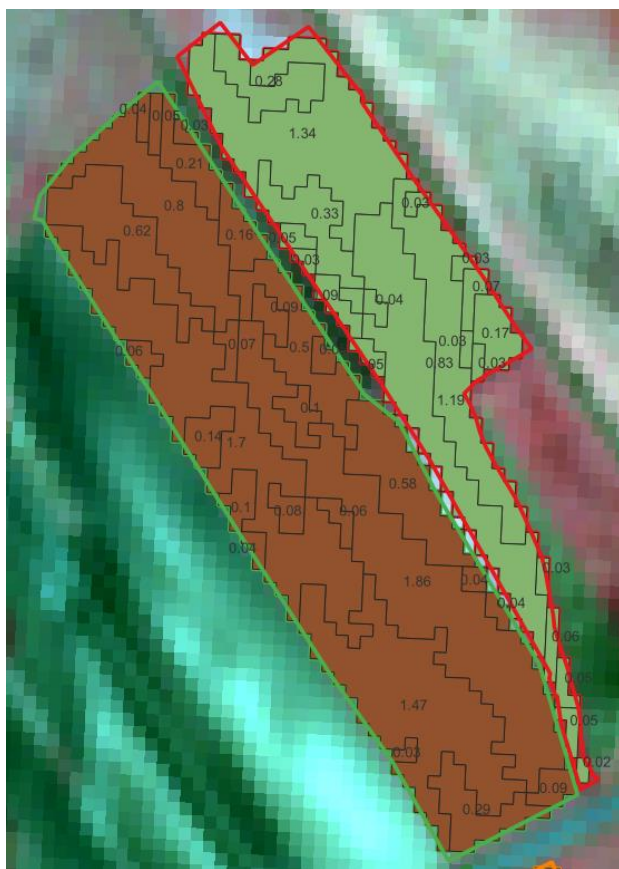




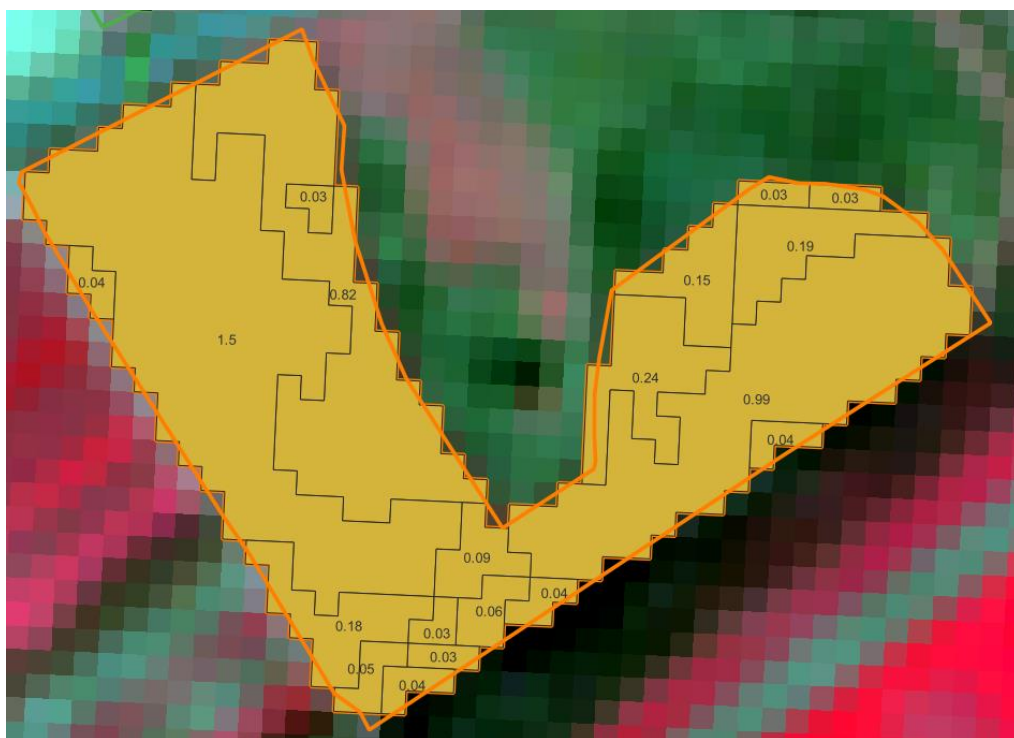
5-37 ENDVI t2,t3 átlag alapján osztályozott megjelenítéssel és értékekkel 2023.03.13.



5-38 ENDVI t4 átlag alapján osztályozott megjelenítéssel és értékekkel 2023.03.13.



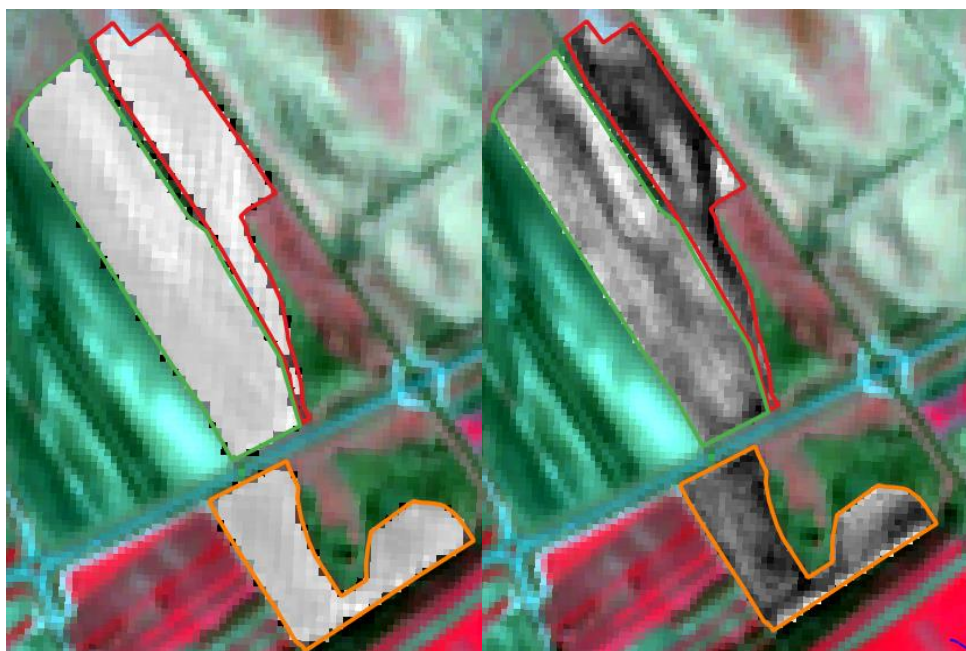
5-39 ENDVI t2,t3 zónákhoz tartozó területek 2023.03.13.



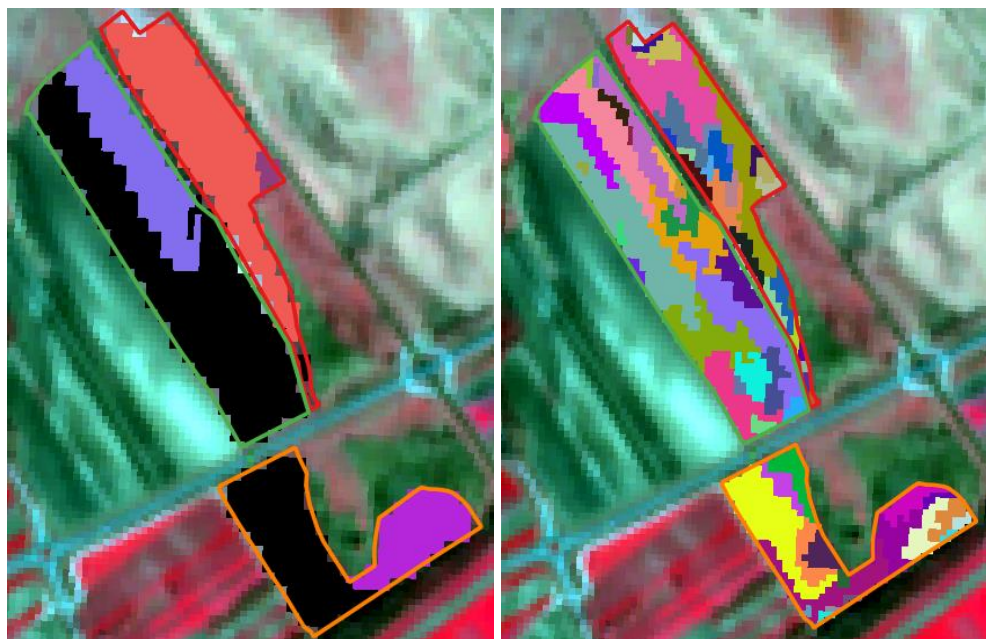
5-40 ENDVI t4 zónához tartozó területek 2023.03.13.



A nedvesség indexek értékei jelentős eltérést mutatnak, a kettő közül az NDWI-t találtam használhatóbbnak a szemrevételezés alapján, de ezt természetesen lentebb számszerű adatokkal is vizsgáltam. Eltérő megjelenésük miatt helyeztem el a két képet egymás mellett, a könnyebb összehasonlíthatóság végett. Lentebb a szegmentált, konvertált, értékekkel rendelkező rétegekkel is hasonlóan jártam el.

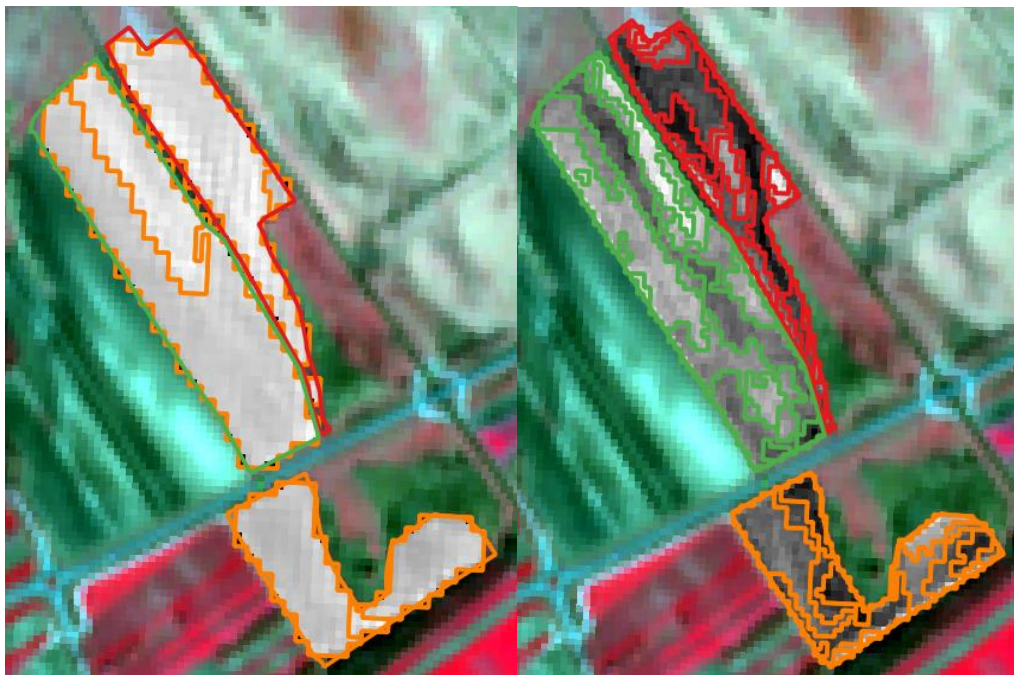


5-41 SRWI és NDWI t2,t3, t4 egysávos szürke megjelenítés 2023.03.13.



5-42 SRWI és NDWI t2, t3, t4 szegmentálva

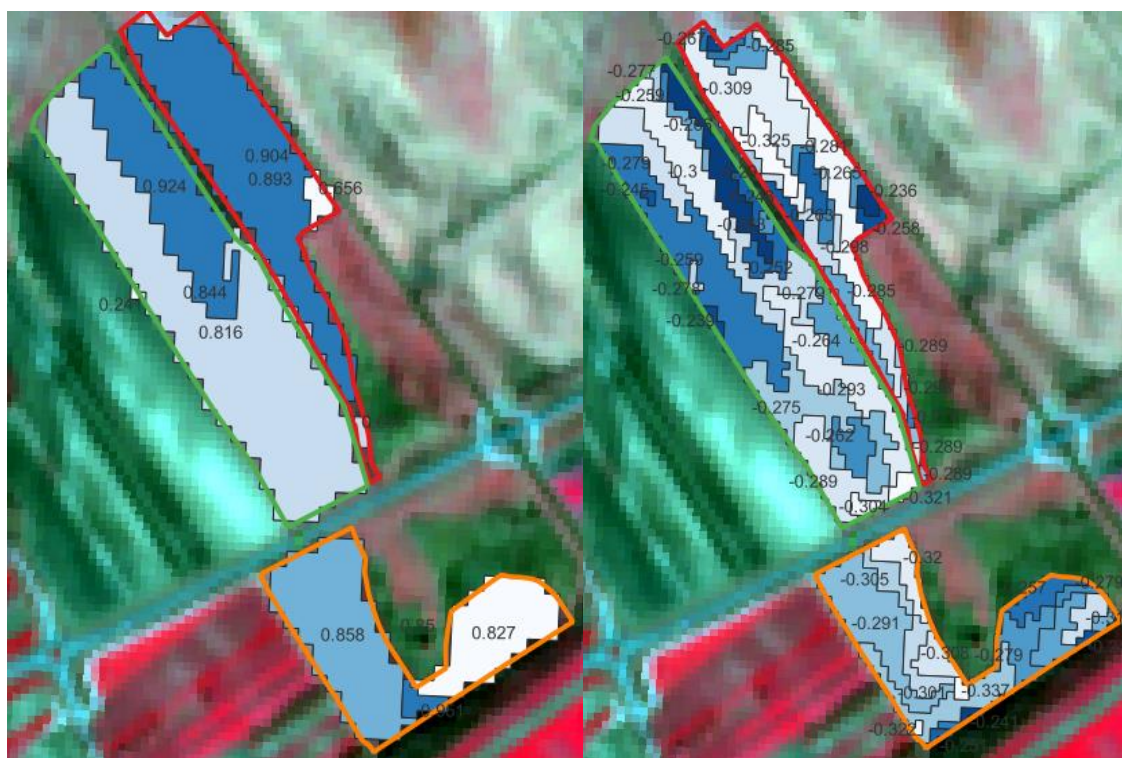
A szegmentálás során most is a 0,1-es homogenitási értéket és a 3 cella zónánkénti beállításokat alkalmazva kaptam az 5-42 ábrán látható képeket, melyek a szürkésávós megjelenítés alapján született véleményemet igazolta, lényegesen heterogénebb képet mutat az index által a tábla.



5-43 SRWI és NDWI vektoros réteg az indexek szürkésávós megjelenítésén 2023.03.13.

A konvertálás raszteres réteggé szépen sikerült, jól körül határolta a zónákat. Habár négy alkalommal kellett az NDWI esetén megismételnem a műveletet ahhoz, hogy eredményt kapjak. Végül a rétegek eltávolítása és a létrehozott fájlok törlése segített.

A t2, t3 és t4-re jellemző volt a 0,8 és 0,9 körüli SRWI átlag. Az említett táblák NDWI értéke többségében -0,25 és -0,28 körül volt, de -0,3 körüli érték is előfordult. Ez arra utal, hogy nem vizes a szántó. Az őszi kultúrák ilyen korai fejletlen állapotában az SRWI és NDWI nem túl megbízható, mivel az alacsony növekedés miatt hol a talaj, hol a növényzet állapotát mutatja.



5-44 SRWI és NDWI zóna átlagok 2023.03.13.

A növényi stressz indexek alkalmazásának a második tábla esetében már tulajdonítottam jelentőséget az elsővel ellentétben.

ARI:

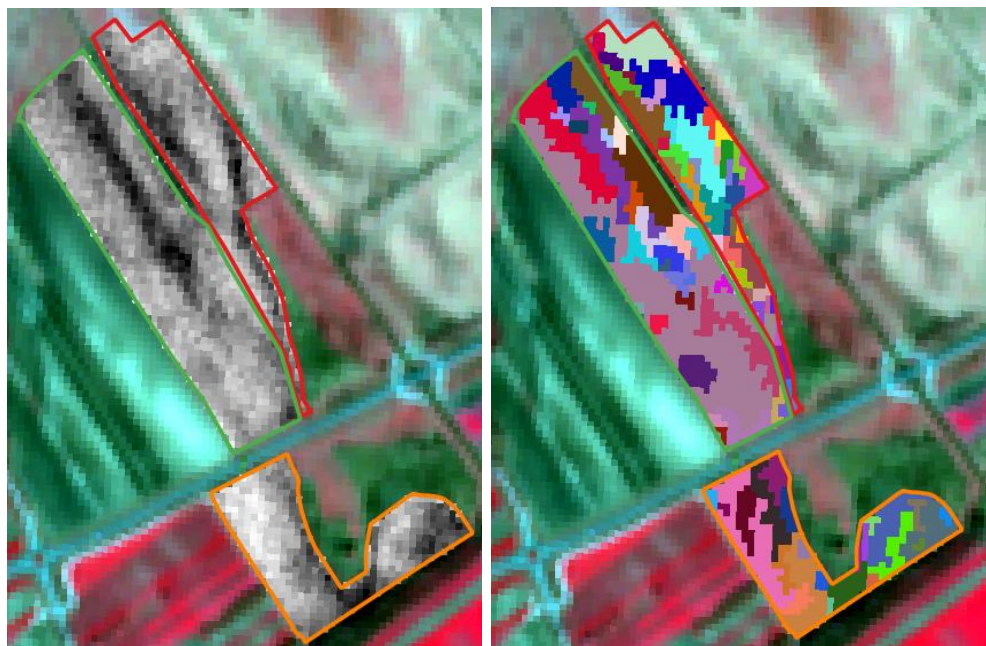
Sentinel-2 sávokkal:

B8x(1/B3-1/B4)

QGIS-ben:

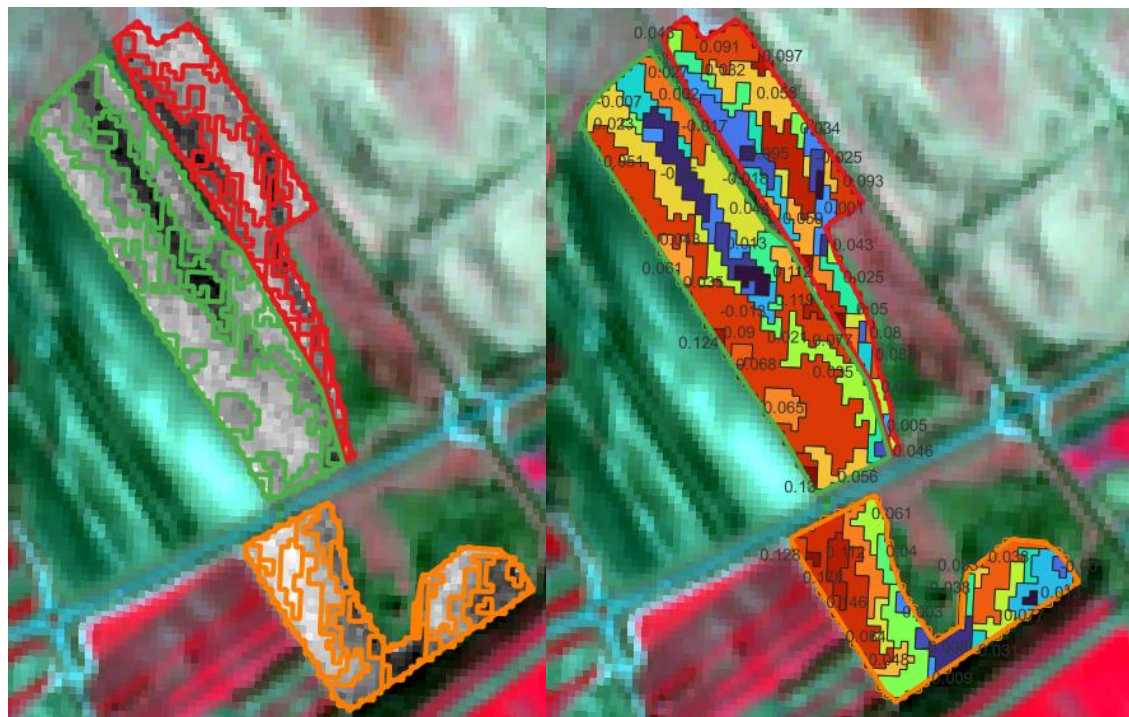
"maszk\_vagat\_t2\_2023\_03\_13\_B08@1" \* ( 1/"maszk\_vagat\_t2\_2023\_03\_13\_B03@1"  
- 1/"maszk\_vagat\_t2\_2023\_03\_13\_B04@1" )





5-45 ARI  $t_2, t_3, t_4$  egysávos szürke és szegmentált megjelenítés 2023.03.13.

A raszterkalkulációt most is a szegmentálás követte, 0,1-es homogenitással minimum 3 cellával zónánként. A jobb használhatóság érdekében a 0,1-et feljebb állítanám, hogy ennyire tagolt az eredmény, viszont az egységesség érdekében a szakdolgozat során ezen igyekeztem nem változtatni. Természetesen a gyakorlati alkalmazás során ezt rugalmasabban kezelném. A kapott ARI értékek tizedes nagyságrendtől ezredesig változtak.



5-46 ARI  $t_2, t_3, t_4$  indexképen vektoros zónák és zóna értékek 2023.03.13.

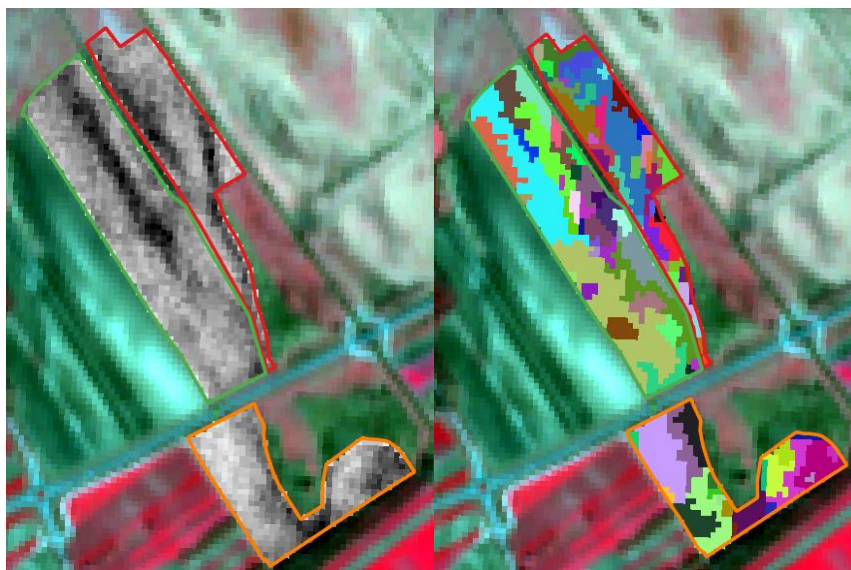
CRI:

Sentinel-2 sávokkal:

1/B3-1/B4

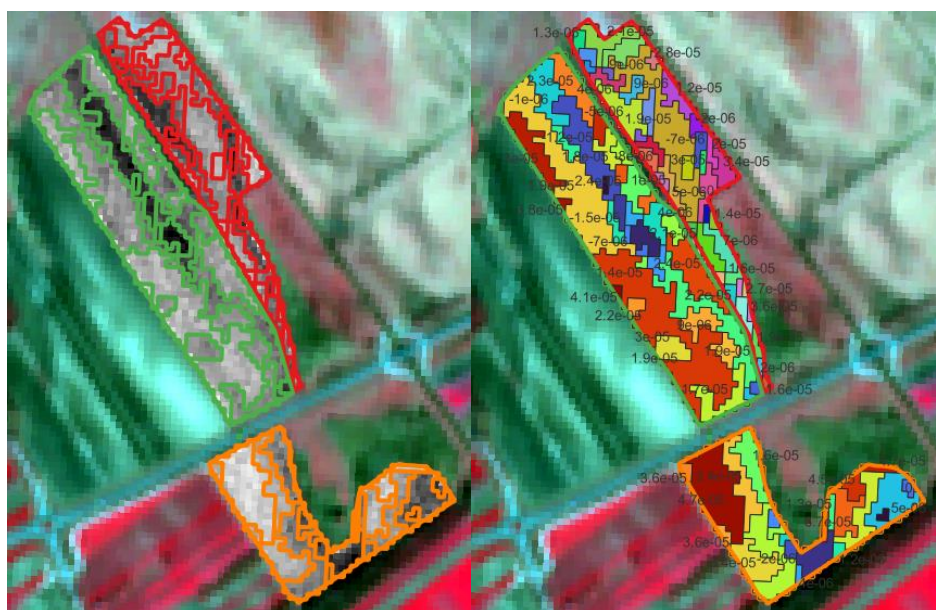
QGIS-ben:

1/"maszk\_vagat\_t2\_2023\_03\_13\_B03@1" - 1 / "maszk\_vagat\_t2\_2023\_03\_13\_B04@1"



5-47 CRI t2,t3,t4 egysávos szürke megjelenítés és szegmentált réteg 2023.03.13.

A CRI számítás során hasonlót tapasztaltam, mint az ARI esetén. Az egységesen alkalmazott szegmentálási értékek nem a legcélravezetőbbek.



5-48 CRI t2,t3,t4 index kép vektoros réteggel és számított zónasztatistikák 2023.03.13.

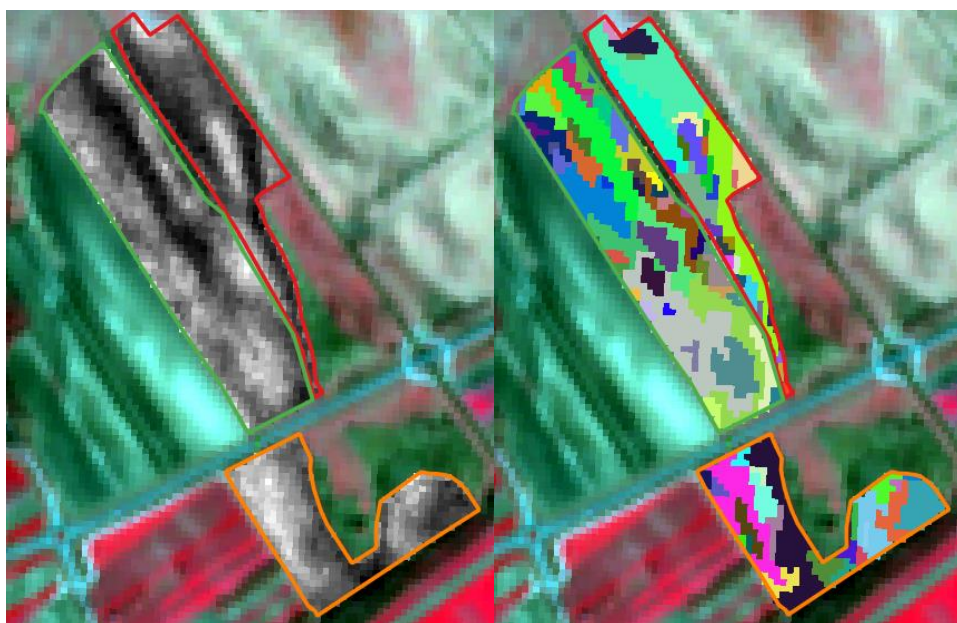


SIP1:

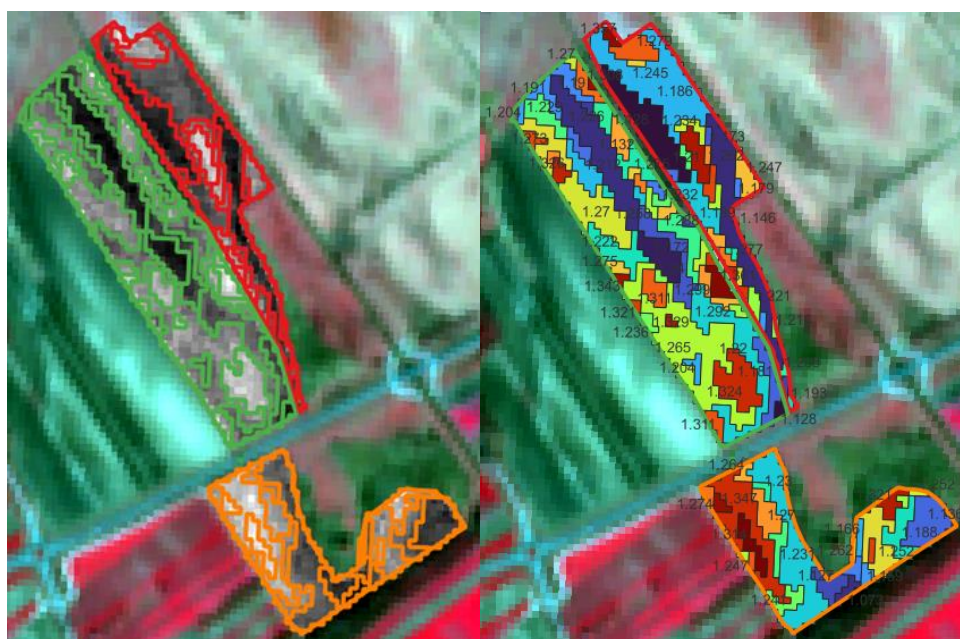
Sentinel-2 sávok alapján:

(B8-B2)/(B8-B4)

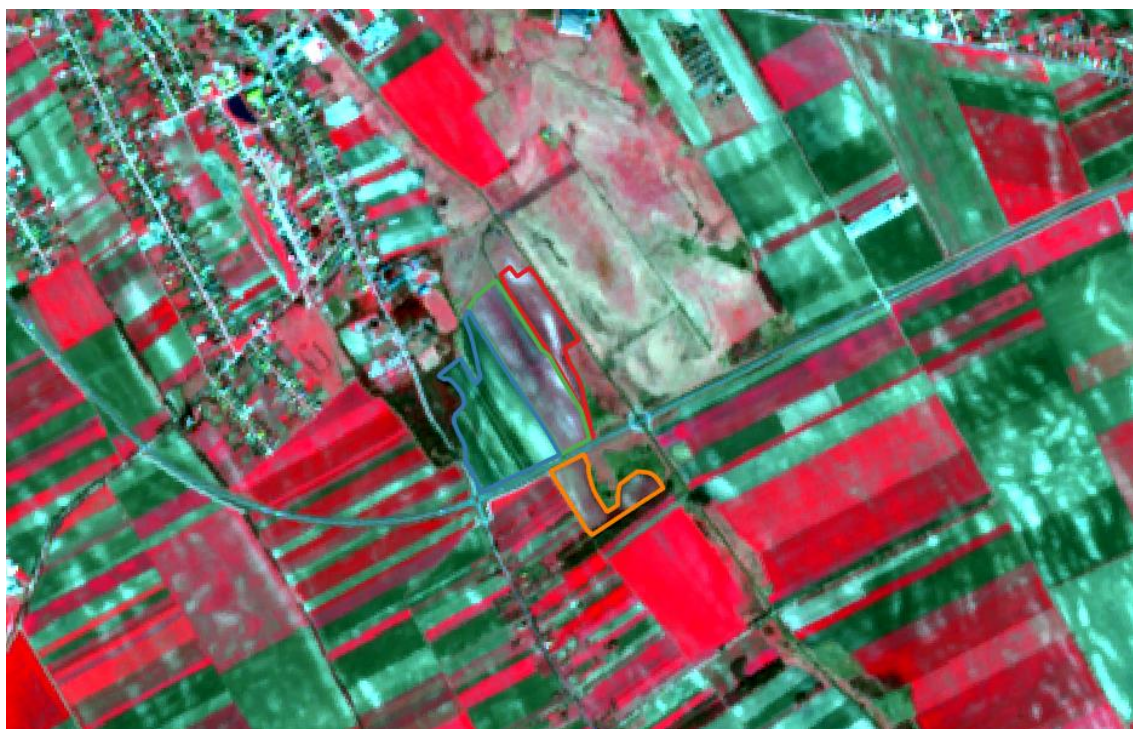
## QGIS-ben:

$$\frac{(\text{"maszk\_vagat\_t2\_2023\_03\_13\_B08@1"} - \text{"maszk\_vagat\_t2\_2023\_03\_13\_B02@1"})}{(\text{"maszk\_vagat\_t2\_2023\_03\_13\_B08@1"} - \text{"maszk\_vagat\_t2\_2023\_03\_13\_B04@1"})}$$


5-49 SIPI t2,t3,t4 egysávos szürke megjelenítés és szegmentált réteg 2023.03.13.



5-50 SIPI t2,t3,t4 index képen vektoros réteg és zónastatisztikák 2023.03.13.



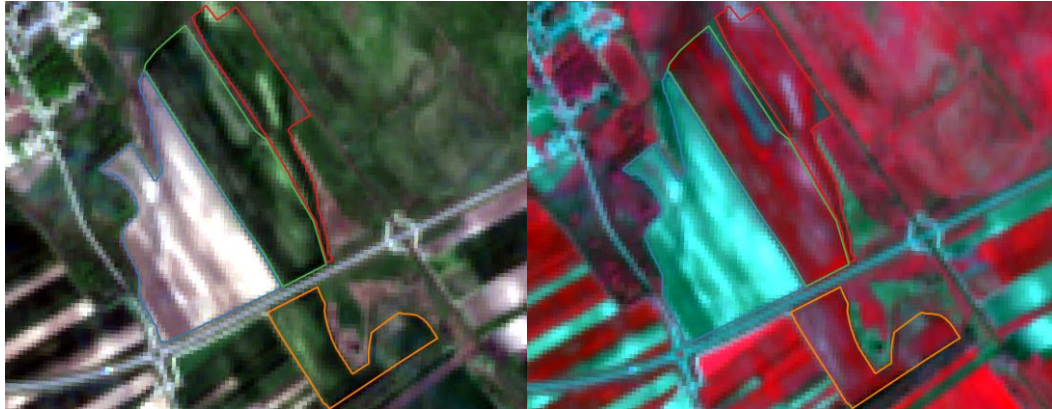
*5-51 t1, t2, t3, t4 és környezetük*

A 2023 március 13-i időpontban távolabbról szemlélve a területet a B843 hamisszínes kompoziton egyértelműen látható, hogy a környező táblák haszonnövényei a tangazdaság vegetációjával ellentétben aktív fotoszintézist folytatnak, melynek során a látható fény spektrumai jól elnyelődnek, miközben a közeli infra (melyet a virtuális raszteren a piros szín jelöl) visszaverődés magas.



### 5.2.2 A 2023 április 22-i időpont rövid összehasonlítása a március 13-ival

Az áprilisi időpontból származó felvételek alapján készült kompozitokon már jól látszik, hogy a t2, t3 és t4 táblák kultúrái jelentősen fejlődtek a márciusi felméréshez képest. Ezt az alábbiakban számszerűen is megvizsgáltam az indexek elkészítésével. Az indexek képeit lentebb az 5.3-as fejezetben egymás mellett mutattam be.



5-52 t1, t2, t3, t4; 234 és 843 2023.04.22

A virtuális rasztereken továbbá az is egyértelmű, hogy jelen időpontban, habár elkészítettem az összes ide vonatkozó indexet, nincs értelme vizsgálni az első táblát, hisz továbbra is csupasz földborítás jellemzi.

A második táblán a legnagyobb területen mért átlagos NDVI érték 0,467; míg az ENDVI 0,327-es átlagértéket mutat. Viszont a növényzet fejlődése számszerűsíthető, hisz az előző és a jelen indexek legnagyobb területen mért különbségei azt mutatják, hogy az NDVI több, mint egy tizeddel, míg az ENDVI pontosan egy tizeddel magasabb az előző felméréshez képest.

Az NDWI (-0,421) SRWI (1,74) nedvesség indexek szintén jelentős változást mutatnak az előzőhöz képest. Előbbi 0,145-el csökkent, míg utóbbi 0,89-el nőtt. Az SRWI szegmentálása során kapott zónák is eredményezett, ezek közül az 1,74-es érték döntő területen, mintegy 5,08 hektáron fordul elő. A többi kisebb zónát 1,3 körüli értékek alkotják.

A stressz indexek értékei az alábbiak szerint alakultak (természetesen itt is a legnagyobb területre jellemző átlagértékekről van szó): ARI -0,322; CRI -0,00007; SIPI 1,003. Elmondható, hogy a stressz indexek értéke az előző alkalomhoz képest mindegyik mutató esetében csökkent.

A harmadik tábla jellemző NDVI értéke 0,485, ENDVI mutatója pedig 0,341. Ez előbbi esetén 0,196-os, míg utóbbinál 0,96-os növekedés.

Az NDWI és SRWI mutatók közül előbbi 0,143-al csökkent, míg utóbbi 0,718-al nőtt.

A növényi stressz indexek értékei: ARI -0,359; CRI -0,00008; SIPI 1,009. Ez az elsőnél 0,404, a másodiknál 0,00013, a harmadik esetében 0,181-es csökkenést jelent.

A negyedik tábla NDVI értéke 0,464, ami az előző állapothoz képest 0,191 növekedés, míg ENDVI mutatója 0,321 ami 0,085 emelkedés az első időponthoz viszonyítva.

NDWI értéke -0,418; míg SRWI mutatója 1,509. Az előző állapothoz képest előbbi 0,123-al csökkent, utóbbi 0,659-el nőtt.

A stressz indexek a következők: ARI 0,311; CRI -0,00007; SIPI 1,008

Előző állapothoz képest ARI 0,394-et, CRI 0,0001-et, SIPI 0,218-al csökkent.

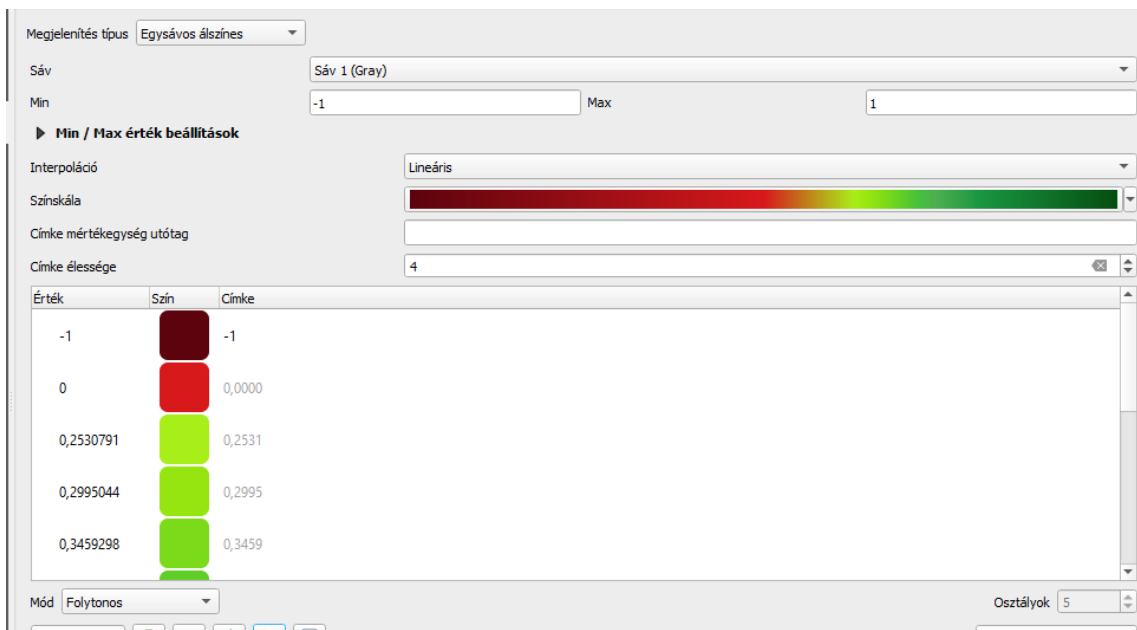
A fent említett indexek az adott táblák legjellemzőbb értékei. Ezek mindegyikével igazolható, hogy a virtuális raszterek alapján feltételezett fejlődés valójában bekövetkezett az előző felméréshez képest a vizsgált tábláinkon. Habár a valószínűleg előbb vetett, szintén a felvételen szereplő kultúrákat nem érte még utol a fejlődésben egyik vizsgált vegetációnk sem.

### **5.3 Különböző időpontok NDVI megjelenítései időrendi sorrendben**

Az alábbi pontokban az egyes táblákról különböző dátumokkal készült NDVI képeket mutattam be egymás után időrendi sorrendben. Ezzel kívántam szemléltetni a vegetáció fejlődését, esetleges változásait. A jobb megjelenítés érdekében a színpalettás vagy egysávos alszínes megjelenítést alkalmaztam. Viszont fontos volt, hogy a megjelenítés során ne a QGIS által alapértelmezett beállítást használjam, hiszen az az adott táblán belüli legalacsonyabb és legmagasabb értékekhez rendel egy-egy szint és a köztes értékeket ezek átmeneteivel jeleníti meg. Ugyanakkor az NDVI értékek bemutatása során elengedhetetlen, hogy az index skálájához, ami -1-től 1-ig terjed hű maradjak. Ezért az első időpont első NDVI képénél a „jelrendszer” beállításánál kiválasztottam az „egysávos alszínes” módot, „lineáris interpoláció”-val, majd a meglévő színskálák közül a RdYlGn, azaz a piros-sárga-zöldet. Itt ezt követően manuálisan adtam három új osztályt az osztályozáshoz. Mínusz egyes értéket adtam meg sötétpiros, nullás értéket piros és egyes értéket sötétzöld színnel. A színskála szerkesztése során több fázis hozzáadása is szükséges volt az



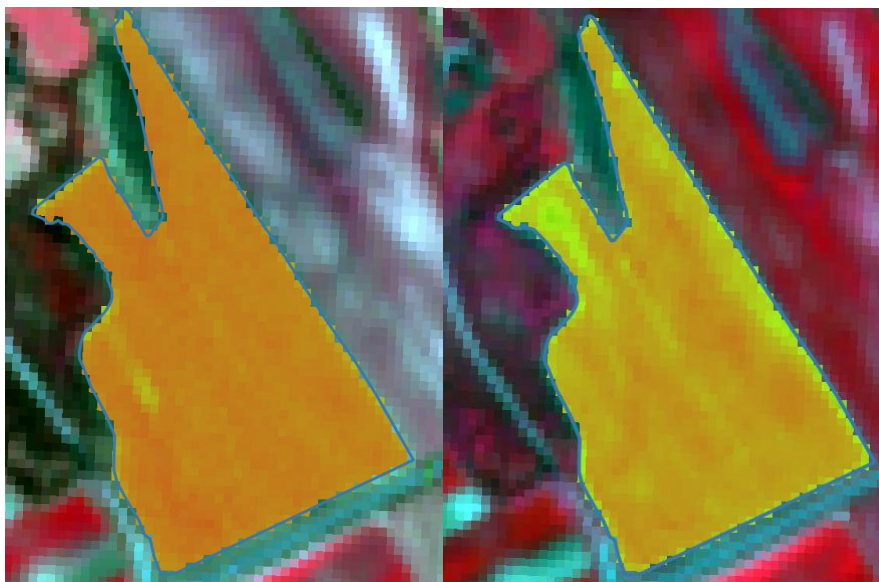
árnyaltabb megjelenítés végett. Ez alapján, ahol a legintenzívebb a fotoszintetizáció és zöld növényt találhatunk, ott a felvételeken is zöld színnel fog ez megjelenni, míg a vegetáció nélküli területeken sárga-narancssárga-piros átmeneteket lehet látni.



5-53 Az lenti indexképek esetében alkalmazott színskála beállításai

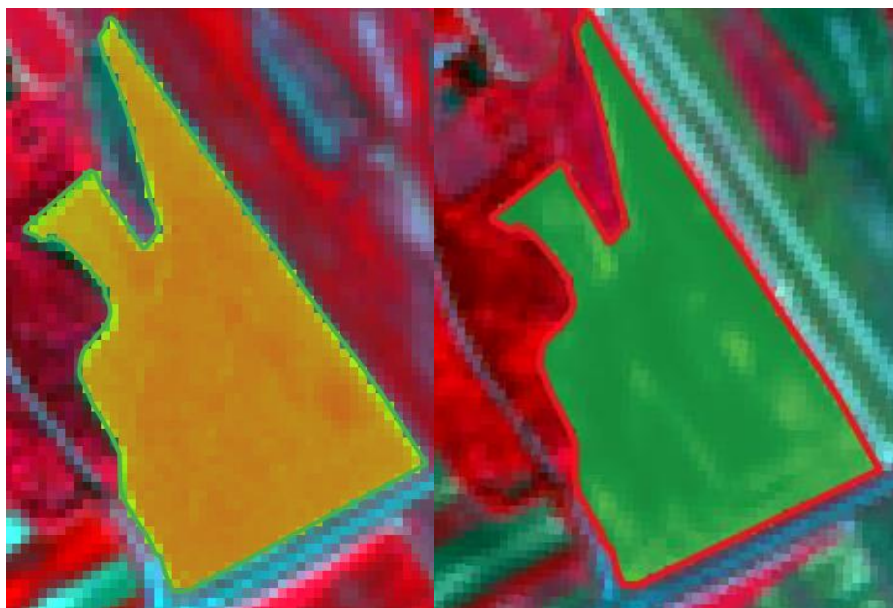
Ezt az egyéni osztályozást és színskálát fájlba mentettem és egységesen az összes NDVI képnél felhasználtam a megjelenítésre, hogy releváns képet fessen a növényi állapotok változásáról.

### 5.3.1 Az első tábla NDVI képei időrendben

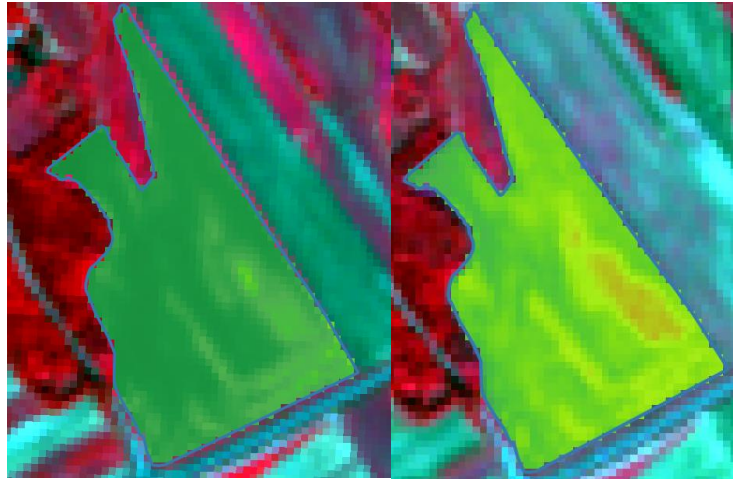


5-54 NDVI t1egysávos álszínes osztályozás 2023.03.13. és 04.22.

A március 13-i és április 22-i felvételeken az NDVI értékekhez rendelt színek által jól látszik, hogy nem volt vegetáció a táblán. Viszont utóbbin és a május 9-i, hét nappal vetés után készült felvételeken a tábla széleken megfigyelhető a gyomosodás. A július 8-i felvételen viszont már erőteljes fejlődésnek indult a napraforgó.

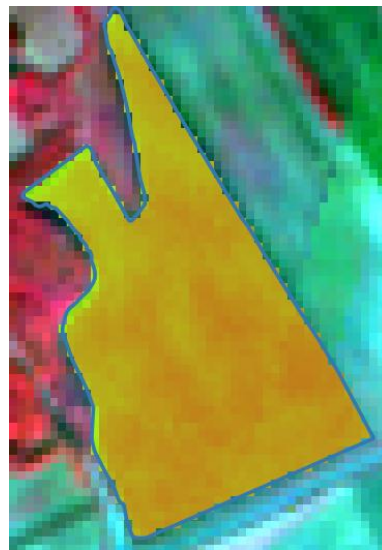


5-55 NDVI t1egysávos álszínes osztályozás 2023.05.09. és 07.08.



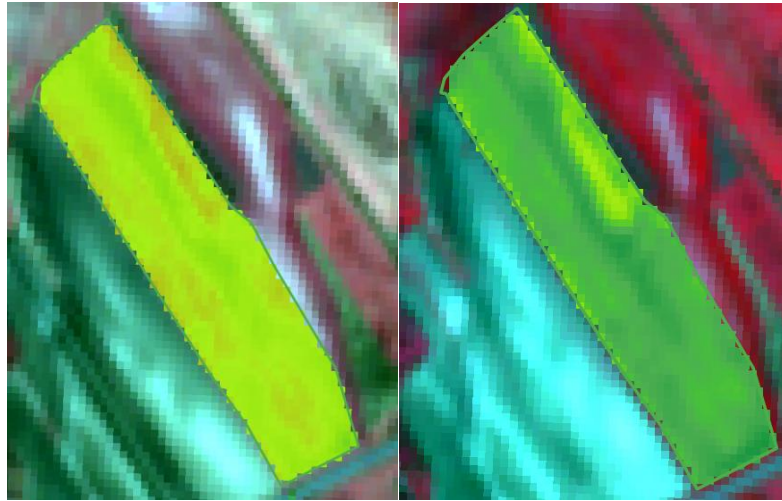
5-56 NDVI t1 egysávos álszínes osztályozás 2023.08.12. és 09.06.

Az augusztusi képen továbbra is erőteljes fotoszintézisre utalnak az NDVI értékeket jelző színek, ugyanakkor olyan foltok, amik már a júliusi időpontnál is sejthetők voltak, itt egyre határozottabban láthatók. Az NDVI ilyen mértékű csökkenése a hónapot és annak időjárását is figyelembe véve szárazság okozta fotoszintézis visszaesésre utalnak. A szeptember 6-i kép a deszikkálás (09.08.) előtt elérhető utolsó használható minőségű felvétel. Ezen az egész táblát illetően látható, hogy az NDVI értékek mindenhol csökkennek, és az előző időpontban száradásnak indult napraforgók nagy valószínűséggel teljesen beértek. A szeptember 8-án végrehajtott Reglone-os szárítást követően október 2-án történt a betakarítás, az 5-57-es ábra az azt megelőző napi állapotot mutatja. A tábla egységesen 0 közeli NDVI értéket mutat (0,159 átlagosan).



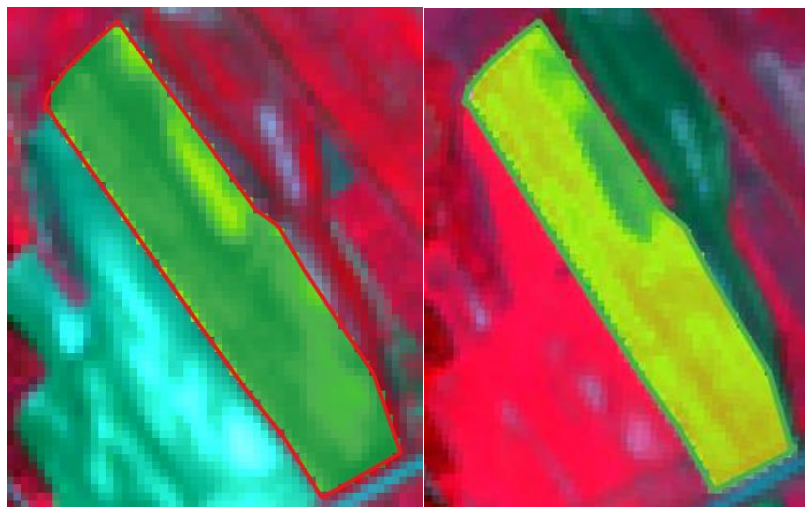
5-57 NDVI t1 egysávos álszínes osztályozás 2023.10.01.

### 5.3.2 A második tábla NDVI képei időrendben



5-58 NDVI t2egysávos álszínes osztályozás 2023.03.13 és 04.22.

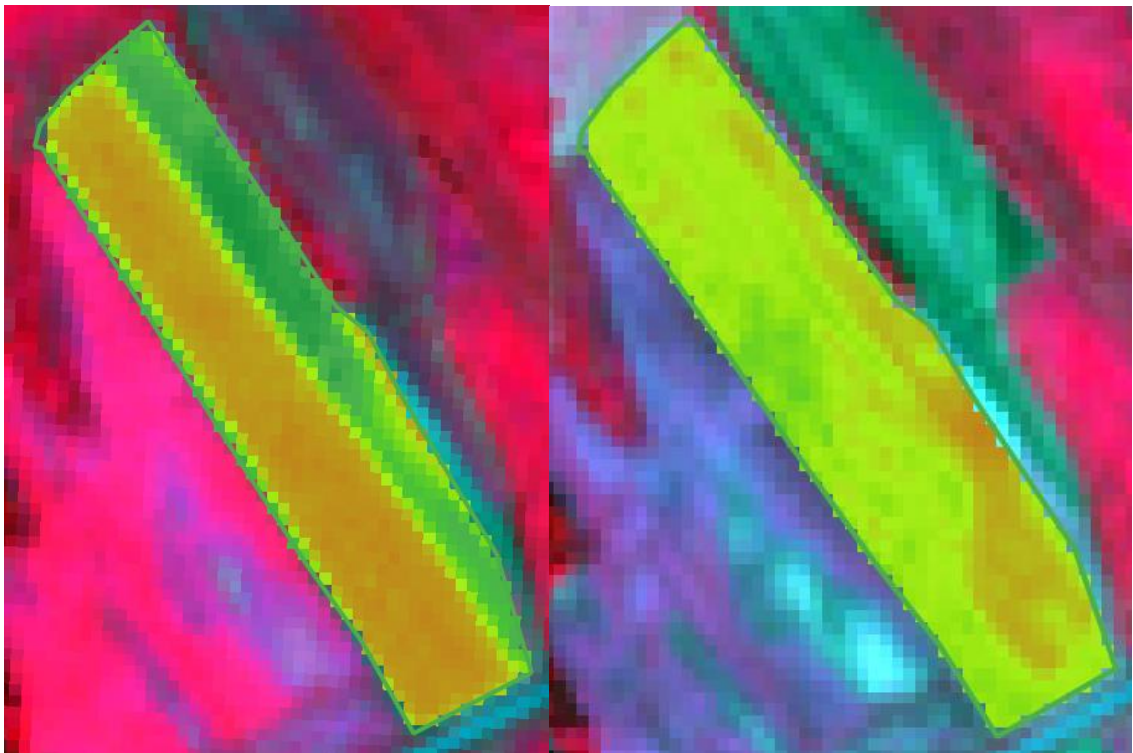
A március 13-i időpontban jól megfigyelhető a tábla hosszában futó zöldebb csík, ahol az árpa jobban fejlődött, mint a többi részen. A csírázás a kései vetés miatt csak későn, a hidegebb időszakban indulhatott meg, ami az árpa fejlődését nagyban lassította, ezért a bokrosodás márciusban még nem megfelelő. Az április végi felvétel már azt jelzi, hogy az árpa fejlődése a szárba szökés szakaszában van, a magasabb NDVI értékeket jelző zöld szín túlsúlyban van a felvételen. A májusi kép elsősorban a kalász fejlődésének szakaszát mutatja. Viszont itt is megfigyelhető a tábla jobb felső szélén futó folt, ami vetési hiba miatt csupasz föld maradt, majd júliusra, mire az árpa beérett és 10-én learatták számottevő gyom borításra tett szert.



5-59NDVI t2egysávos álszínes osztályozás 2023.05.09. és 07.08.

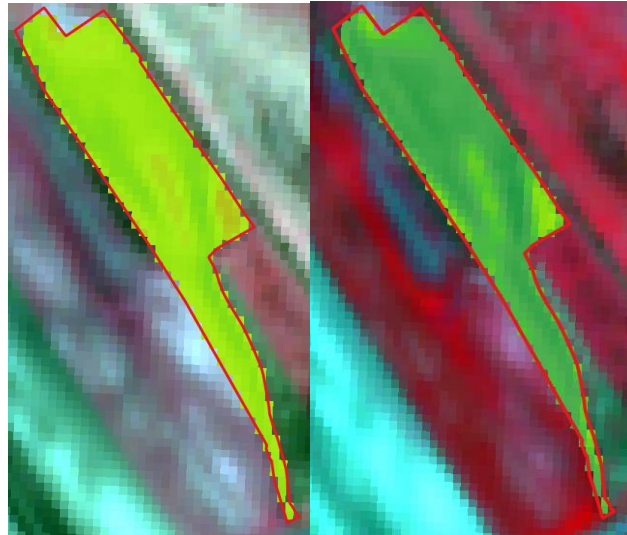


Augusztusban és szeptemberben már nem volt haszonnövény a táblán, de jól megfigyelhető, hogy míg a terület nagy része tarló, addig a jobb oldali sáv erőteljes gyomosodást mutat a vizesebb terület irányából tapasztalható többlet vízhatás miatt. Emiatt augusztus 14-én Clinic Up gyomirtóval kezelték, ennek eredményét láthatjuk a szeptember 6-i állapotot mutató képen.



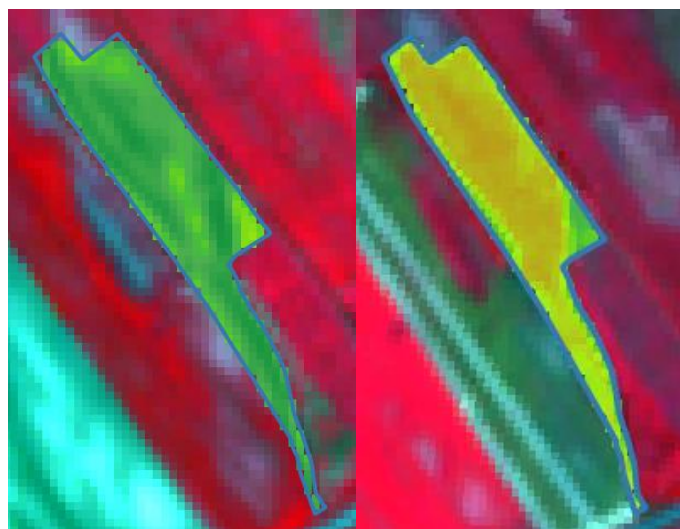
5-60 NDVI t2 egysávos álszínes osztályozás 2023.08.12. és 09.06.

### 5.3.3 A harmadik tábla NDVI képei időrendben



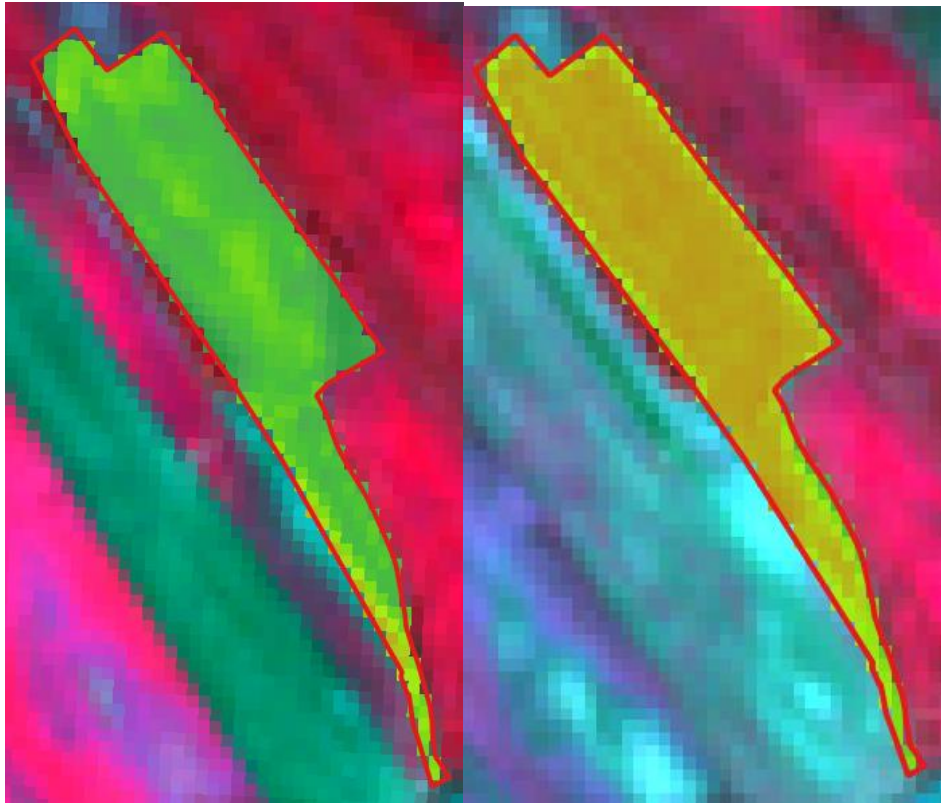
5-61 NDVI t3 egysávos álszínes osztályozás 2023.03.13 és 04.22.

A harmadik tábla búza kultúrájának esetén már a márciusi felvételen megfigyelhetők alacsonyabb NDVI értékű foltok. Ezek a további időpontokban is jól láthatók. Ezek egyike, a tábla jobb oldalán műveléstechnológiai hiba miatt maradt csupasz, majd gyomosodó. Míg a tábla közepén észlelhető folt talajdegradációra utal, amely feltételezhetően eróziós eredetű. Az áprilisi felvételen a búza szárba szökkenési és korai kalászfeszítési ideje jelentős fejlődést mutat NDVI alapján az előző hónaphoz képest. A július 8-i felvétel a 18-i aratás előtti állapotot mutatja, az érett búzával és a jobb oldalon fejlődő gyomfolttal.



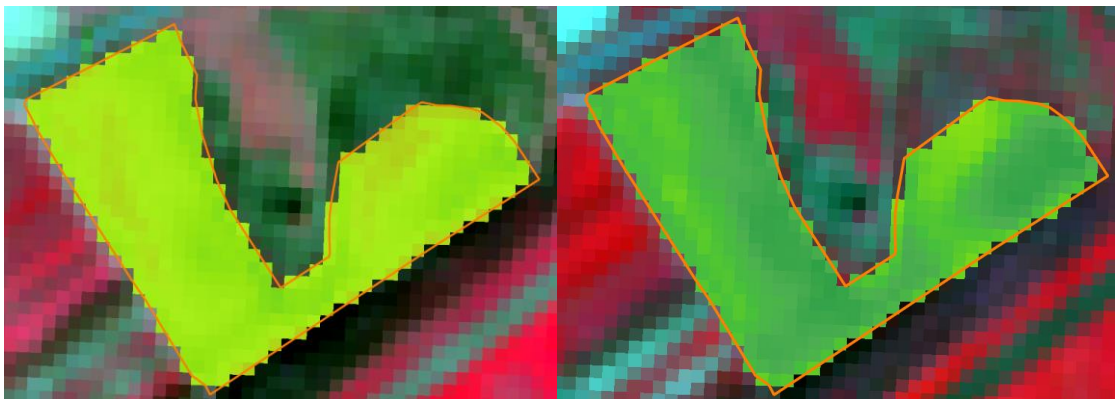
5-62NDVI t3 egysávos álszínes osztályozás 2023.05.09. és 07.08.

Az augusztusi felvételen egységes gyom borítás figyelhető meg. Ez a gyomosodás nagyrészt sarjúkelés az előző évi napraforgó kultúra után. A szeptemberi kép a herbicid kezelés utáni állapotot mutatja be.



5-63 NDVI t3 egysávos álszínes osztályozás 2023.08.12. és 09.06.

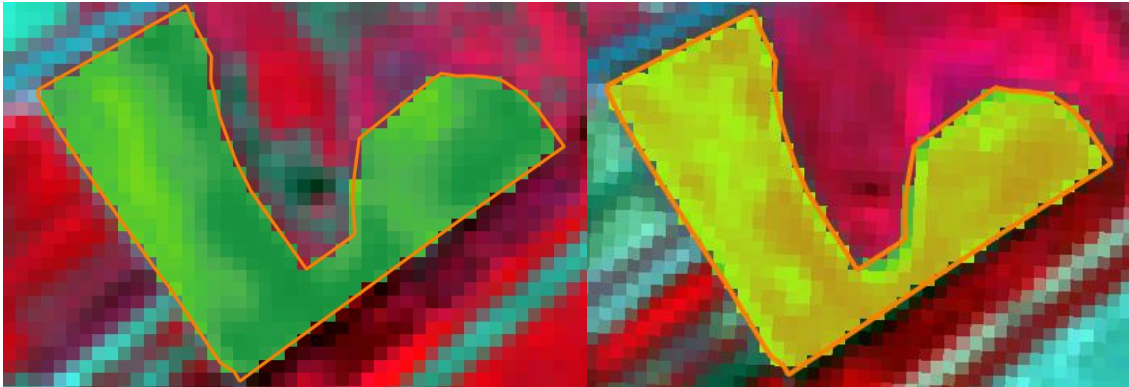
#### 5.3.4 A negyedik tábla NDVI képei időrendben



5-64 NDVI t4 egysávos álszínes osztályozás 2023.04.22.

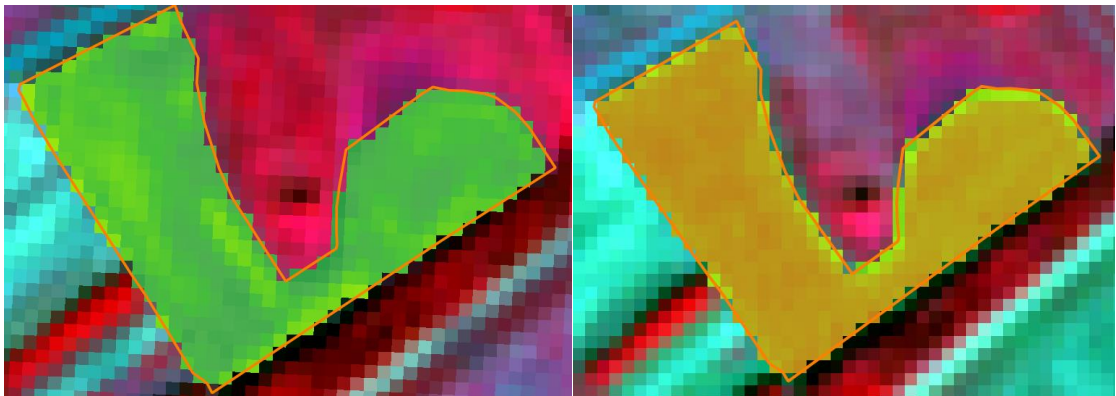


A negyedik tábla vegetációjának NDVI képe hasonló a harmadikéhoz. Az áprilisi felvételen látható sárgásabb foltok májusra is megmaradtak. Az aratás előtti július 8-i felvétel egységes képet mutat a termés érettségéről.



5-65 NDVI t4 egysávos álszínes osztályozás 2023.05.09. és 07.08.

Az augusztus havi gyomborítás az egész táblát beborítja, majd a szeptemberi állapot a Clinic Up kezelés eredményét szemlélteti.



5-66 NDVI t4 egysávos álszínes osztályozás 2023.08.12. és 09.06.



#### 5.4 Következtetések

A felvételeket elemezve, NDVI, ENDVI, SRWI, NDWI, ARI, CRI és SIPI indexeket kiszámolva, azon következtetésre jutottam, hogy a tangazdaság alacsony, vármegyei és országos átlagától elmaradó terméseredményei több tényezőre vezethetők vissza. Egyrészt az őszi kalászosok megcsúszott vetése, másrészt a betanuló mezőgazdasági gépész diákok által végzett agrotechnikai folyamatok nem megfelelő minősége komoly lemaradást eredményezett a kultúrák őszi csírázásában, amit később a téli hideg időjárás tovább lassított. Így a fenológiai fejlődés tavasz elejére várhatóhoz képest elmaradott volt, ezt a vegetációnak később kellett behoznia. Alapvetően sikerült felzárkózniuk a kalászosoknak a fejlődésben, így a betakarítás az év szokott szakaszában megtörténhetett. Viszont ez a lemaradás így a termésátlagokban mutatkozott meg. Hozamtérkép birtokában persze érdemes lett volna vizsgálni, hogy a táblákon belül hol volt esetleg nagyobb, és hol kisebb a termés mennyiség. Ezt össze lehetett volna vetni a távérzékeléses adatok elemzése során készített különböző indexekből meghatározott zónákkal és ebből további összefüggéseket igazolni, meghatározni. A kései vetés a 2022 őszi száraz talajállapotokkal és a diákok tanulmányi menetének alakulásával magyarázható. Természetesen a felvételeken egyértelműen látható talajdegradációk nagyban befolyásolhatták ezt, viszont hozamtérkép nélkül ez sem számszerűsíthető. A nedvesség indexek használata a nádasok, árkok környékén nem mutatott ki vízfelületet, így a pangóvizek negatív hatása a termésre valószínűtlen.

A napraforgó vetése időben szintén megcsúszott kissé, a vetés nem történt meg április végéig. Ennek agrotechnikai folyamatait továbbra is tanulók végezték és fejlődésének fő ideje egybe esett a nyári szárazság beköszöntével. Ugyan a környezeti viszonyosságokat jobban tűri a napraforgó, mint például a kukorica, de a művelése során ejtett technológiai hibákra érzékenyebb.

Úgy találtam, hogy az NDVI képek időrendi összehasonlításával nagyon szemléletesen nyomon követhető volt a 2023-as évi fejlődése a tangazdaság kultúráinak. Az összes indexet táblázatba foglalva és ezeket grafikonokon összevetve még pontosabb képet kaphattam volna a vizsgált területek állapotáról. Ezen kívül agrotechnikai beavatkozások hatásait egyértelműen és jól láthatóan sikerült bemutatni a kezelések idejének birtokában. Az aratás előtti állapotok szintén szemléletesen láttatják, hogy betakarításra készek a termények.

Az ENDVI és NDVI számítások során arra jutottam, hogy az átlagos ENDVI érték egy adott területet tekintve mindig legalább egy tizeddel kevesebb volt az ugyanarra a részre vonatkozó NDVI mutatónál. A stressz indexek az első elemzéseknél nem eredményeztek használható eredményeket, de a vegetáció fejlődésével és az időbeli előre haladással lehetett látni olyan változásokat ezek értékeiben, melyek összefüggést mutattak a méltán elterjedt és gyakran alkalmazott NDVI értékeivel, és a többi index alapján kialakított zónákkal. A nedvesség indexek eredményei a vegetáció fejletlen állapotában arra voltak használhatók, hogy pangóvíz, többletvíz jelenlétét kizárhattam a táblákon. Habár ezek

megléte iskolánk tangazdaságában tény, de a téli hónapokra jellemző, amikorról nem készítettem felmérést. A növények víztartalmának vizsgálatára viszont a vegetáció fejlődésével alkalmasak voltak.

Munkám során arra a következtetésre jutottam, hogy a távérzékelésből származó adatok elemzésével és a precíziós gazdálkodásra való áttéréssel a tangazdaság jó eséllyel képes lenne hozni a vármegyei termésátlagot, de mindenképpen kevesebb költsége lenne az input anyagokkal és a diákok által vétett technikai hibák is kiküszöbölhetők lennének. Hiszen a műholdas, vagy UAV felvételek elemzése során naprakész információnk lehetne kultúránk egészségi állapotáról. A talajdegradációk felderítésével pedig mód nyílna a precíziós talajmintavételezés kivitelezésére is. Bár ezt talajromlás nélkül is szükséges alkalmazni abban az esetben, ha szeretnénk differenciált kijuttatásra alkalmas munkagépeket rendeltetésüknek megfelelően használni.

Dolgozatom készítése közben nagy gyakorlatot szereztem a távérzékelte adatok előkészítésében és feldolgozásában QGIS-el. Feldolgoztam minden kitűzött időpont adatait, így indexeket számoltam, zónákat alakítottam ki. Viszont a szakdolgozat előre haladtával arra a következtetésre jutottam, hogy a tangazdaság ilyen széles körű elemzésének bemutatása hét index használatával hét időpontban négy tábla esetén túlmutat azon, amit egy dolgozat kerete megenged.

Munkám során gyűjtött tapasztalataim megerősítették abbéli szándékaim, hogy a tangazdaság távérzékelés alapú felmérését a jövőben is folytassam, viszont ezt kevesebb index használatával és több összefüggés kimutatásával a megfelelő talajminták birtokában kívánom majd megtenni.

Ugyan sok hibával szembesültem a QGIS használata közben, de a jövőben újra ezt választanám munkám folytatásához. Viszont a műholdas képeket, ha lehetőségem adódna rá szívesen lecserélném drón által készítettekre. Úgy vélem a nagyobb felbontású képek ilyen kis táblák esetén eredményesebbé tehetnék a távérzékelés alapú felmérést.

## 6. ÖSSZEFOGLALÓ

Szakdolgozatom a Kisalföldi Agrárszakképzési Centrum Eötvös József Technikum, Szakképző Iskola és Kollégium szántóföldjeinek távérzékelés alapú felmérésével foglalkozik. Bemutattam a kutatásom során felhasznált irodalmat, és bemutattam a vizsgálat helyszínét. A dolgozat során Sentinel-2 műholdak adatait dolgoztam fel QGIS 3.26.3-ban. Ennek során a vegetációs időszak különböző időpontjaiból származó felvételeket töltöttem le. Ezen időpontok kiválasztása vagy az adott táblákon található kultúrák fenológiai szempontjaihoz (bokrosodás, szárbaszökés, kalászosodás, virágzás, érlelés - kalászosok esetén vagy 6-8, 10-12 leveles, csillagbimbós állapot, kaszat érlelés – napraforgó esetén) vagy agrotechnológiai beavatkozások (gyomirtózás, deszikkálás, aratás) dátumához igazodott. A letöltött spektrális sávok közül a 2,3,4,8 és 11-es sávokat használtam. A Választott időpontokban minden táblán NDVI-t számoltam, ezt a dolgozatban be is mutattam. A többi index, mint az ENVI, SRWI, NDWI, ARI, CRI, SIPI egy példán keresztül kerültek bemutatásra. Munkám során a számított indexekkel zónákat alakítottam ki, a homogenitási tényezőt minden esetben 0,1-es értékre állítva az egységesség kedvéért. Egy hónap távlatában bemutattam a különböző indexek változását a vegetáció fejlődésével. Az NDVI bemutatása táblánként történt, időrendi sorrendben. Ennek szemléletesebbé tételéhez egyéni színskálát használtam a hamisszínes színpalettás megjelenítéshez, ahol az értékskala főbb pontjaihoz, a -1-hez, 0-hoz és a +1-hez állandó színeket rendeltem, ezek közt pedig a köztes értékeket színátmenetek jelzik. A képek elemzését az adott alfejezetekben végeztem szövegesen, kitérve a növényi fejlődés állapotára, észlelhető hiányosságokra, alacsony NDVI értékekre. Dolgozatomban belvíz és talajdegradáció jelenlétét is vizsgáltam. Munkámat egy összefüggésekkel foglalkozó fejezettel zártam, ahol a tangazdaság termésátlagai és a kapott adatok közti korrelációt vizsgáltam. Javaslatot tettem a tangazdaság precíziós gazdaságra való átállásának lehetőségére. A fejezet végén egy reflexiót fogalmaztam meg és felvázoltam a kísérlet folytatásának jövőbeni lehetőségét finomított módszerek segítségével.

## 7. SUMMARY

My thesis focuses on the remote sensing-based survey of the fields of Kisalföldi Agrárszakképzési Centrum Eötvös József Technikum, Szakképző Iskola és Kollégium. I presented the literature used in my research and introduced the study area. During the thesis, I processed data from Sentinel-2 satellites in QGIS 3.26.3, downloading images from various points in the vegetation period. The selection of these points aligned either with the phenological aspects of the crops found in the respective tables (budding, stem elongation, heading, flowering, ripening - in the case of cereals, or 6-8, 10-12 leaf stage, star bud stage, harvest maturity – in the case of sunflowers) or with the dates of agrotechnological interventions (weed control, desiccation, harvest).

I used spectral bands 2, 3, 4, 8, and 11 from the downloaded spectral data. For the selected time points, I calculated NDVI for each field, which I presented in the thesis. Other indices such as ENDVI, SRWI, NDWI, ARI, CRI, SIPI were introduced through examples. During my work, I created zones with the calculated indices, setting the homogeneity factor to 0.1 for uniformity. I presented the changes of various indices over a one-month period in relation to vegetation development. The presentation of NDVI was done for each field in chronological order. To make this more visual, I used an individual color scale for false-color palettes, assigning constant colors to key points in the scale, -1, 0, and +1, while intermediate values are represented by color gradients.

The analysis of the images was carried out textually in the respective subsections, addressing the state of plant development, noticeable deficiencies, and low NDVI values. In my thesis, I also examined the presence of flooding and soil degradation. I concluded my work with a chapter on correlations, where I examined the correlation between the crop yields of the crop rotation and the obtained data. I proposed the possibility of transitioning the crop rotation to precision agriculture. At the end of the chapter, I formulated a reflection and outlined the future possibilities of continuing the experiment using refined methods.



## 8. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Z. Butola, A Fejér Megyei Önkormányzat Eötvös József Szakképző Iskolája és Kollégiuma Jubileumi Évkönyve 1958-2008, Seregélyes: Butola Zoltán, 2008.
- [2] „enfo.hu,” [Online]. Available: <https://www.enfo.hu/sites/default/files/talajf%C5%91t%C3%ADpusok.gif>. [Hozzáférés dátuma: 29 november 2022].
- [3] [Online]. Available: <https://maps.rissac.hu:3344/webappbuilder/apps/2/>. [Hozzáférés dátuma: 29 november 2022].
- [4] [Online]. Available: <https://www.enfo.hu/index.php/keptar/3807>. [Hozzáférés dátuma: 29 november 2022].
- [5] Smita Agrawal, Yashkumar Gamanbhai Desai, Ayushi Trivedi, et al, „researchgate.net,” november 2023. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/profile/Ayushi-Trivedi/publication/375289063\\_APPLICATION\\_OF\\_REMOTE\\_SENSING\\_AND\\_GIS\\_IN\\_PRECISION\\_AGRICULTURE/links/6545eb3cce88b87031c2f2b1/APPLICATION-OF-REMOTE-SENSING-AND-GIS-IN-PRECISION-AGRICULTURE.pdf?origin=publicationSe](https://www.researchgate.net/profile/Ayushi-Trivedi/publication/375289063_APPLICATION_OF_REMOTE_SENSING_AND_GIS_IN_PRECISION_AGRICULTURE/links/6545eb3cce88b87031c2f2b1/APPLICATION-OF-REMOTE-SENSING-AND-GIS-IN-PRECISION-AGRICULTURE.pdf?origin=publicationSe). [Hozzáférés dátuma: 9 november 2023].
- [6] Nirjharnee Nandeha; Ayushi Trivedi, „researchgate.net,” november 2023. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/profile/Ayushi-Trivedi/publication/375186166\\_Precision\\_and\\_Sustainable\\_Agriculture/links/6543425df7d021785f2dc7b2/Precision-and-Sustainable-Agriculture.pdf?origin=publicationSearch&\\_rtd=e30%3D&\\_tp=eyJjb250ZXh0Ijpw7ImZpcnN0UGFnZ](https://www.researchgate.net/profile/Ayushi-Trivedi/publication/375186166_Precision_and_Sustainable_Agriculture/links/6543425df7d021785f2dc7b2/Precision-and-Sustainable-Agriculture.pdf?origin=publicationSearch&_rtd=e30%3D&_tp=eyJjb250ZXh0Ijpw7ImZpcnN0UGFnZ). [Hozzáférés dátuma: 09 november 2023].

- [7] sz.n., „usgs.gov,” 2023. [Online]. Available: <https://www.usgs.gov/faqs/what-remote-sensing-and-what-it-used>. [Hozzáférés dátuma: 10 november 2023].
- [8] Lei Li; Danfeng Huang; Qin Zhang, „mdpi.com,” 24 október 2014. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1424-8220/14/11/20078>. [Hozzáférés dátuma: 11 11 2023].
- [9] P. S. Thenkabail, Remote Sensing Handbook Volume 1. Remotely Sensed Data Characterization, Classification, and Accuracies, U.S.A: CRC Press, 2015.
- [10] D. J. Mulla, „sciencedirect.com,” április 2013. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511012001419?via%3Dihub>. [Hozzáférés dátuma: 11 november 2023].
- [11] Chen, H.; Lan, Y.; Fritz, B. K.; Hoffmann, W. C.; Liu, S., „researchgate.net,” január 2021. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/349529558\\_Review\\_of\\_agricultural\\_spraying\\_technologies\\_for\\_plant\\_protection\\_using\\_unmanned\\_aerial\\_vehicle\\_UAV](https://www.researchgate.net/publication/349529558_Review_of_agricultural_spraying_technologies_for_plant_protection_using_unmanned_aerial_vehicle_UAV). [Hozzáférés dátuma: 11 11 2023].
- [12] Fakhar, M.; Khalid, M.N., hivatkozik Sullivan, D.G., „researchgate.net,” július 2023. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/373986380\\_Satellites\\_to\\_Agricultural\\_Fields\\_The\\_Role\\_of\\_Remote\\_Sensing\\_in\\_Precision\\_Agriculture/fulltext/6506f13ea69a4e6318148792/Satellites-to-Agricultural-Fields-The-Role-of-Remote-Sensing-in-Precision-Agriculture](https://www.researchgate.net/publication/373986380_Satellites_to_Agricultural_Fields_The_Role_of_Remote_Sensing_in_Precision_Agriculture/fulltext/6506f13ea69a4e6318148792/Satellites-to-Agricultural-Fields-The-Role-of-Remote-Sensing-in-Precision-Agriculture). [Hozzáférés dátuma: 11 november 2023].
- [13] Zhang, N.; & Kovacs, J. M., „link.springer.com,” 31 július 2012. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-012-9274-5>. [Hozzáférés dátuma: 11 november 2023].
- [14] „sentinels.copernicus.eu,” European Space Agency, [Online]. Available: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2>. [Hozzáférés dátuma: 12 november 2023].

- [15] Segarra, J; Buchailot, M.L.; Araus, J.L.; Kefauver, S.C., „researchgate.net,” május 2020. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/341129373\\_Remote\\_Sensing\\_for\\_Precision\\_Agriculture\\_Sentinel-2\\_Improved\\_Features\\_and\\_Applications/fulltext/5eb01082a6fdcc7050a8808d/Remote-Sensing-for-Precision-Agriculture-Sentinel-2-Improved-Features-and-Applicati](https://www.researchgate.net/publication/341129373_Remote_Sensing_for_Precision_Agriculture_Sentinel-2_Improved_Features_and_Applications/fulltext/5eb01082a6fdcc7050a8808d/Remote-Sensing-for-Precision-Agriculture-Sentinel-2-Improved-Features-and-Applicati). [Hozzáférés dátuma: 12 november 2023].
- [16] „gisgeography.com,” [Online]. Available: <https://gisgeography.com/sentinel-2-bands-combinations/>. [Hozzáférés dátuma: 05 12 2023].
- [17] Fakhar, M.; Khalid, M.N., „researchgate.net,” július 2023. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/373986380\\_Satellites\\_to\\_Agricultural\\_Fields\\_The\\_Role\\_of\\_Remote\\_Sensing\\_in\\_Precision\\_Agriculture/fulltext/6506f13ea69a4e6318148792/Satellites-to-Agricultural-Fields-The-Role-of-Remote-Sensing-in-Precision-Agricultur](https://www.researchgate.net/publication/373986380_Satellites_to_Agricultural_Fields_The_Role_of_Remote_Sensing_in_Precision_Agriculture/fulltext/6506f13ea69a4e6318148792/Satellites-to-Agricultural-Fields-The-Role-of-Remote-Sensing-in-Precision-Agricultur). [Hozzáférés dátuma: 13 november 2023].
- [18] „qgis.org,” [Online]. Available: <https://qgis.org/en/site/about/index.html>. [Hozzáférés dátuma: 13 november 2023].
- [19] Nagy, R.; Molják, S.; Láposi, R.; Ambrus, A., „mgk.u-szeged.hu,” é.n. [Online]. Available: <https://mgk.u-szeged.hu/download.php?docID=99198>. [Hozzáférés dátuma: 13 november 2023].
- [20] Kharuf, S.; Orozco, R.; hivatkozik Escalante-Estrade; Rodriguez-Gonzalez, „researchgate.net,” november 2018. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/profile/Samy-Kharuf/publication/328771915\\_Multispectral\\_aerial\\_image\\_processing\\_system\\_for\\_precision\\_agriculture/links/5e59615492851cefa1cd6d3d/Multispectral-aerial-image-processing-system-for-precision-agriculture.pdf?origin=](https://www.researchgate.net/profile/Samy-Kharuf/publication/328771915_Multispectral_aerial_image_processing_system_for_precision_agriculture/links/5e59615492851cefa1cd6d3d/Multispectral-aerial-image-processing-system-for-precision-agriculture.pdf?origin=). [Hozzáférés dátuma: 13 november 2023].

- [21] „gisgeography.com,” 14 október 2023. [Online]. Available: <https://gisgeography.com/ndvi-normalized-difference-vegetation-index/>. [Hozzáférés dátuma: 13 november 2023].
- [22] A.-2. 1. cikke, „agrargazat.hu,” 18 szeptember 2023. [Online]. Available: <https://agrargazat.hu/hir/agrar-vegetacio-rgb-klorofilltartalom-mezogazdasag/>. [Hozzáférés dátuma: 13 11 2023].
- [23] Chai, L.; Chen, Z., „ui.adsabs.harvard.edu,” április 2017. [Online]. Available: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2017EGUGA..1912217C/abstract>. [Hozzáférés dátuma: 18 november 2023].
- [24] „ksh.hu,” [Online]. Available: [https://www.ksh.hu/stadat\\_files/mez/hu/mez0078.html](https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0078.html). [Hozzáférés dátuma: 06 12 2023].
- [25] „ksh.hu,” [Online]. Available: [https://www.ksh.hu/stadat\\_files/mez/hu/mez0073.html](https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0073.html).
- [26] „ksh.hu,” [Online]. Available: [https://www.ksh.hu/stadat\\_files/mez/hu/mez0071.html](https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0071.html).



## 9. ÁBRAJEGYZÉK

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1-1. ábra A terület nagyobbik része Field Manager-ben megjelenítve.....                                                      | 2  |
| 1-2. ábra A terület kisebbik része Field Manager-ben megjelenítve .....                                                      | 3  |
| 3-1 A Sentinel-2 műholdak elhelyezkedése.....                                                                                | 8  |
| 3-2 A Sentinel-2 fő kérdései egyeznek a precíziós gazdálkodásával .....                                                      | 9  |
| 3-3 A Sentinel-2 sávjai és jellemzői .....                                                                                   | 10 |
| 4-1. ábrakép forrása <a href="https://mgk.u-szeged.hu">https://mgk.u-szeged.hu</a> (2023.11.13) .....                        | 13 |
| 4-2 Az infravörös tartomány és a látható fény hullámhosszai.....                                                             | 13 |
| 5-1 A tangazdaság jegyzeteinek kivonata 2022/23.....                                                                         | 14 |
| 5-2 A napraforgó termésátlaga kg/ha.....                                                                                     | 15 |
| 5-3 Az árpa termésátlaga kg/ha .....                                                                                         | 16 |
| 5-4 A búza termésátlaga kg/ha.....                                                                                           | 16 |
| 5-5 Időpontok böngészése EO Browser-ben .....                                                                                | 17 |
| 5-6 Terület kijelölése QGIS-ben.....                                                                                         | 18 |
| 5-7 Semi-Automatic Classification Plugin-al való felvétel letöltés.....                                                      | 18 |
| 5-8 A 2,3,4,8 és 11-es sávok betöltése.....                                                                                  | 19 |
| 5-9 Vágat készítése terjedelemmel kötegelt feldolgozással .....                                                              | 19 |
| 5-10 A terület valós (234) és hamisszínes (843) megjelenítéssel .....                                                        | 20 |
| 5-11 Táblahatárok és az ezekkel készített maszk vágatok.....                                                                 | 20 |
| 5-12 NDVI számítás maszk vágatból .....                                                                                      | 21 |
| 5-13 Szegmentálás kötegelt feldolgozásként .....                                                                             | 21 |
| 5-14 Konvertálás vektorra .....                                                                                              | 22 |
| 5-15 Zónastatisztika készítése és osztályozott megjelenítése.....                                                            | 22 |
| 5-16 Zóna területek Mezőkalkulátorral számolva .....                                                                         | 23 |
| 5-17 2023.03.13. t1 234 és 843.....                                                                                          | 25 |
| 5-18 NDVI index kép szürke skálában és szín palettás megjelenítéssel (egysávos szürke és egysávos alszínes) 2023.03.13. .... | 26 |
| 5-19 NDVI szegmentálása és raszter-vektor konverziója 2023.03.13.....                                                        | 26 |
| 5-20 A zónák átlagos NDVI értékei 2023.03.13. ....                                                                           | 27 |

|                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5-21 A zónák területe hektárban .....                                                           | 27 |
| 5-22 ENDVI t1 egysávos szürke és egysávos álszínes 2023.03.13.....                              | 28 |
| 5-23 ENDVI t1 szegmentált és vektorrá konvertált 2023.03.13.....                                | 29 |
| 5-24 SRWI t1 szegmentálva és raszter-vektor konvertálva 2023.03.13.....                         | 30 |
| 5-25 SRWI Zóna értékek és területük nagysága.....                                               | 30 |
| 5-26 NDWI t1 egysávos szürke és egysávos álszínes megjelenítés 2023.03.13. ....                 | 31 |
| 5-27 NDWI t1 szegmentált és raszter-vektor konvertált réteg átlag értékkel 2023.03.13.<br>..... | 31 |
| 5-28 t2,t3,t4 valószínű és hamis színű kompozit 2023.03.13.....                                 | 32 |
| 5-29 NDVI t2,t3,t4 egysávos szürke és egysávos álszínes megjelenítés 2023.03.13.....            | 32 |
| 5-30 t2,t3,t4 NDVI alapján szegmentálva és konvertálva vektoros réteggé 2023.03.13.<br>.....    | 33 |
| 5-31 NDVI t2, t3 átlag értékek 2023.03.13. ....                                                 | 33 |
| 5-32 NDVI t4 átlag értékek 2023.03.13. ....                                                     | 34 |
| 5-33 NDVI t2, t3 zónák területe 2023.03.13. ....                                                | 35 |
| 5-34 NDVI t4 Zónák területe 2023.03.13.....                                                     | 35 |
| 5-35 ENDVI t2, t3, t4 egysávos szürke megjelenítés 2023.03.13. ....                             | 36 |
| 5-36 ENDVI Szegmentálva és vektorossá konvertálva 2023.03.13.....                               | 36 |
| 5-37 ENDVI t2,t3 átlag alapján osztályozott megjelenítéssel és értékekkel 2023.03.13.<br>.....  | 37 |
| 5-38 ENDVI t4 átlag alapján osztályozott megjelenítéssel és értékekkel 2023.03.13. ..           | 37 |
| 5-39 ENDVI t2,t3 zónákhoz tartozó területek 2023.03.13.....                                     | 38 |
| 5-40 ENDVI t4 zónákhoz tartozó területek 2023.03.13.....                                        | 38 |
| 5-41 SRWI és NDWI t2,t3, t4 egysávos szürke megjelenítés 2023.03.13. ....                       | 39 |
| 5-42 SRWI és NDWI t2, t3, t4 szegmentálva.....                                                  | 39 |
| 5-43 SRWI és NDWI vektoros réteg az indexek szürkesávos megjelenítésén 2023.03.13.<br>.....     | 40 |
| 5-44 SRWI és NDWI zóna átlagok 2023.03.13.....                                                  | 41 |
| 5-45 ARI t2,t3,t4 egysávos szürke és szegmentált megjelenítés 2023.03.13. ....                  | 42 |
| 5-46 ARI t2,t3,t4 indexképen vektoros zónák és zóna értékek 2023.03.13. ....                    | 42 |
| 5-47 CRI t2,t3,t4 egysávos szürke megjelenítés és szegmentált réteg 2023.03.13. ....            | 43 |

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5-48 CRI t2,t3,t4 index kép vektoros réteggel és számított zónasztatisztikák 2023.03.13.<br>..... | 43 |
| 5-49 SIPI t2,t3,t4 egysávos szürke megjelenítés és szegmentált réteg 2023.03.13.....              | 44 |
| 5-50 SIPI t2,t3,t4 index képen vektoros réteg és zónasztatisztikák 2023.03.13.....                | 44 |
| 5-51 t1, t2, t3, t4 és környezetük.....                                                           | 45 |
| 5-52 t1, t2, t3, t4; 234 és 843 2023.04.22 .....                                                  | 46 |
| 5-53 Az lenti indexképek esetében alkalmazott színskála beállításai.....                          | 48 |
| 5-54 NDVI t1egysávos álszínes osztályozás 2023.03.13. és 04.22. ....                              | 49 |
| 5-55 NDVI t1egysávos álszínes osztályozás 2023.05.09. és 07.08. ....                              | 49 |
| 5-56 NDVI t1egysávos álszínes osztályozás 2023.08.12. és 09.06. ....                              | 50 |
| 5-57 NDVI t1 egysávos álszínes osztályozás 2023.10.01. ....                                       | 50 |
| 5-58 NDVI t2egysávos álszínes osztályozás 2023.03.13 és 04.22. ....                               | 51 |
| 5-59NDVI t2egysávos álszínes osztályozás 2023.05.09. és 07.08. ....                               | 51 |
| 5-60 NDVI t2 egysávos álszínes osztályozás 2023.08.12. és 09.06. ....                             | 52 |
| 5-61 NDVI t3 egysávos álszínes osztályozás 2023.03.13 és 04.22. ....                              | 53 |
| 5-62NDVI t3 egysávos álszínes osztályozás 2023.05.09. és 07.08. ....                              | 53 |
| 5-63 NDVI t3 egysávos álszínes osztályozás 2023.08.12. és 09.06. ....                             | 54 |
| 5-64 NDVI t4 egysávos álszínes osztályozás 2023.04.22. ....                                       | 54 |
| 5-65 NDVI t4 egysávos álszínes osztályozás 2023.05.09. és 07.08. ....                             | 55 |
| 5-66 NDVI t4 egysávos álszínes osztályozás 2023.08.12. és 09.06. ....                             | 55 |