



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai/Mérnöki/
Természettudományi és Szoftvertchnológiai Intézet

SAKDOLOOZAT

Aszályhatása a kultúrnövény fejlődésére

OE-AMK

2023

Hallgató neve: Németh Botond

Hallgató törzskönyvi száma: T000633/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Németh Botond

Szaktervezési száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: T000633/F112904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: földmérő és földrendező mérnök

Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: Aszályhatása a kultúrnövény fejlődésére

A dolgozat címe angolul: Drought effect on crop development

A feladat részletezése:

1. Szakirodalom alapján foglalja össze az aszály hatását a mezőgazdasági növénytermesztésre, valamint ismertesse a jelenleg működő aszály monitoring rendszereket!
2. Végazze el az aszály hatás vizsgálatát egy kiválasztott kultur növény esetén távérzékelési módszerekkel!
3. Mutassa be a felhasznált adatokat és kiértékelési módszereket
4. Foglalja össze az eredményeket és vonja le a következtetéseket!

Intézményi konzulens neve: Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata Mária

Külső konzulens neve: Dr. Szabó Virág

Munkahelye:

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

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szaktervezési: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2023. 10. 25.



[Signature]

Intézetigazgató

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

[Signature]

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai/Mérnöki/
Természettudományi és Szoftvertchnológiai Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a dolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közltem. Az elkészült dolgozatban található eredményeket az Óbudai Egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: 2023.12.10.

.....
hallgató aláírása

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés	1
2. Az aszály.....	2
2.1. A 2022-es aszály és annak magyarországi vonatkozásai	2
3. Aszálymonitoring rendszerek	5
3.1. Országos Vízügyi Főigazgatóság	5
3.2. Országos Meteorológiai Szolgálat.....	7
4. Távérzékelésen alapuló aszálymonitoring rendszer.....	8
4.1. Európai aszálymegfigyelő központ.....	8
5. Az aszály mérőszámai.....	10
6. Magyarországi aszályindexek.....	10
6.1. HDIS aszályindex.....	11
6.2. Standardizált csapadékindeks.....	11
6.3. Palmer-féle aszálysúlyossági index.....	12
6.4. Pálfai-féle aszályindex.....	12
6.5. Magyarországi aszályindex.....	13
7. A terület bemutatása.....	13
7.1. Csolnok.....	13
7.2. Gyermely Zrt. bemutatása.....	16
8. Felhasznált adatok.....	16
8.1. Felhasznált távérzékelési adatok.....	16
8.1.1. Landsat-8.....	16
8.1.2. Sentinel-2.....	17

9. Felhasznált távérzékelési adatok.....	18
9.1. Felhasznált távérzékelési adatok, műhold felvételek.....	18
10. Feldolgozás.....	19
10.1. Távérzékelési adatok kiértékelése.....	22
11. Összefoglalás.....	25
12. Summary.....	26
Irodalomjegyzék.....	27

1. Bevezetés

Az elmúlt ötven évben az éghajlat változások miatt több szélsőséges időjárási esemény, például hosszan tartó szárazság, aszály volt tapasztalható. A vízhiány és ezáltal az aszály hatása is egyre súlyosabb problémává vált, mivel annak gyakorisága és intenzitása is növekszik. Ez jelentős kockázattal bír a természetre és az emberekre nézve egyaránt. A mezőgazdasági tevékenységek szempontjából különösen fontos ezen folyamatok szemlélése, modellezése, valamint a talaj nedvességtartalmának megfigyelése, mivel a vízkészlettel való gazdálkodás nagy jelentőséggel bír a szántóföldek minősége és a növényzet szempontjából. A nem megfelelő mennyiségű csapadék károsan hat a termés minőségére. A hosszan tartó szárazság nemcsak a felszíni, hanem a felszín alatti vízkészletekre is negatív hatással van. A talajnedvesség az egyik kulcsfontosságú tényező, amely meghatározza a növények növekedését és fejlődését, valamint a termés hozamot.

Az aszályos körülmények okozta károk mértékének felmérése és értékelése érdekében többféle megfigyelő, monitoring rendszert vezettek be. Ezek a rendszerek lehetővé teszik az aszály okozta károk időbeli elemzését és nyomon követését, értékes betekintést nyújtanak az aszály környezetre gyakorolt hatásairól. A távérzékelésnek köszönhetően nagy lefedettséggel pontos adatokhoz tudunk jutni a talaj nedvességtartalmát illetően. A dolgozatomban egy csolnoki szántóföldi területen vizsgálom különböző műholdas felvételek alapján, hogy milyen hatással van az aszály az oda elültetett kultúrnövényre, jelen esetben az őszi durumbúzára.

2. Az aszály

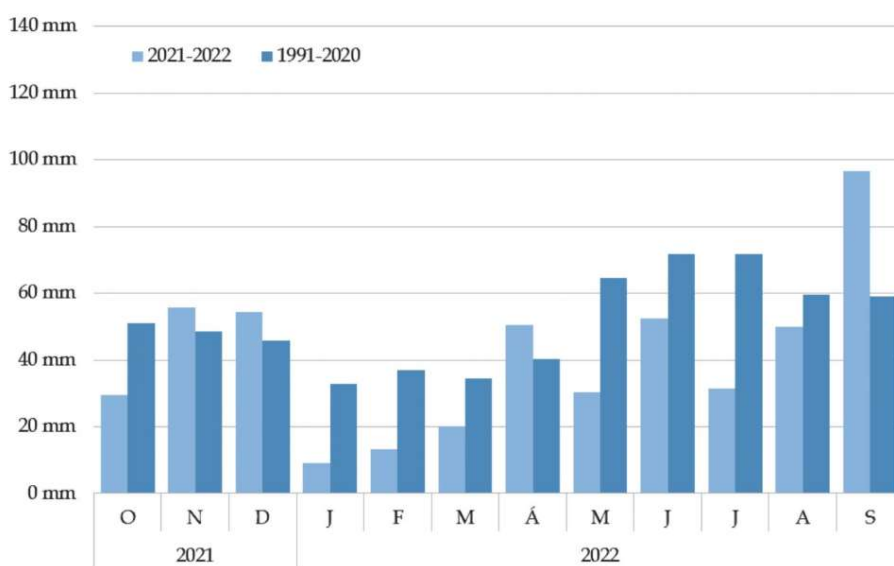
Napjainkban az éghajlatváltozással járó szélsőséges időjárási tényezők igen jelentős problémává váltak, gyakoriságuk és nagyságuk az elmúlt években megsokszorozódott. Az egyik talán legaktuálisabb veszélyforrás az aszály, amely nagy hősséggel társuló hosszú ideig tartó csapadékhiány következménye. Ilyenkor a megszokottnál jelentősen kevesebb csapadék esik egy adott területen, mint amire az ott előforduló élőlényeknek szüksége van. Több fajta aszályt is megkülönböztetünk, annak függvényében, milyen területekre van a legnagyobb hatása. Meteorológiai aszályról akkor beszélhetünk, ha a megszokottól eltérően nagyobb a csapadékhiány, akár több éven keresztül is tart. A vízkészletek hiánya esetében hidrológiai aszályról beszélünk, ez egyaránt érinti a felszíni tározókat, folyókat, tavakat és a felszín alatti vízadók kiszáradását. Gazdasági aszály esetén olyan vízellátási problémák jelennek meg, melyek veszélybe sodorják a szállítási és energetikai infrastruktúrákat, így gazdasági-piaci problémák lépnek fel. A víz hiánya nagyban befolyásolja az emberek életének minőségét, valamint az egészségüket, az ilyen típusú veszélyt társadalmi aszálynak hívjuk. Mezőgazdasági aszály során a talaj alacsony nedvességtartalma az ott elő növényekben vissza nem fordítható károkat okoz, ez a termés hozam drasztikus csökkenését és a termés minőségének romlását eredményezi. [1]

2.1. A 2022-es aszály és annak magyarországi vonatkozásai

Mindenki számára ismeretes a globális felmelegedés miatti fenyegetettség, mely az utóbbi években egyre nagyobb mértékeket öltött. Közép-Európában, így hazánkban is példa nélküli hatása ennek a 2022-es aszály, amely nem csak a nyári évszakban, hanem egész esztendőben tapasztalható volt. Globális oka, hogy a trópusokon kisebb mértékben párologtak a tengerek, megváltozott a légköri áramlási rendszer és többek között a hazánkban is megfigyelhető megemelkedett középhőmérsékleti adatok is ezt jelzik.

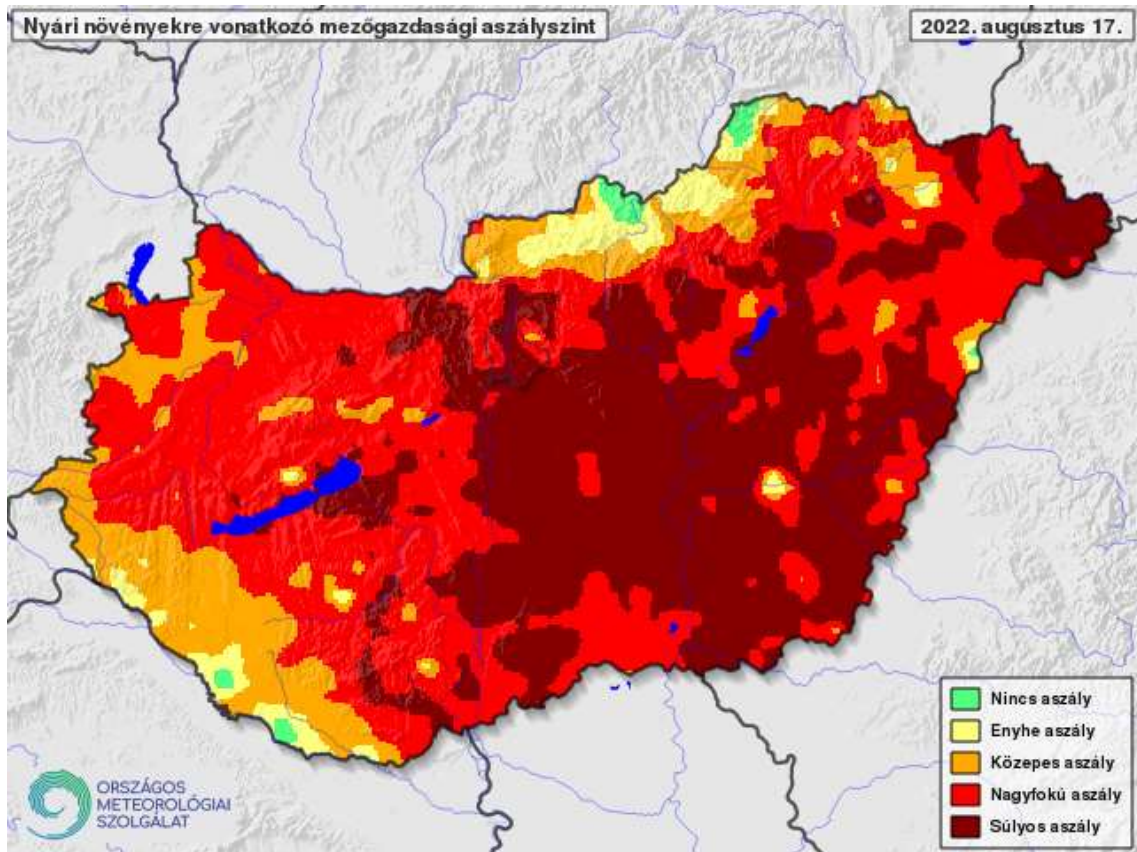
Hazánk legszárazabb vidéke az Alföld középső része, melyet a korábbi évtizedekben is súlyos aszályok sújtottak, de a 2022-es évben történelmi jelentőségű szárazság következett be.

2021-ben az őszi meleget hideg október és egy átlagos november követte, így összességében az átlagosnál hűvösebb volt az ősz. Csapadék tekintetében a szeptemberi, októberi hónapok erősen csapadékhiányosak voltak, csupán novemberben esett a szokásosnál több csapadék. Enyhe tél következett, mely országos átlagban csaknem $+2^{\circ}\text{C}$ -kal melegebb volt a szokásosnál. Mindemellett rendkívül aszályos volt a január, február, csak a decemberi hónapban érkezett több csapadék. 2022 első negyedéve az elmúlt 100 év legszárazabb időszaka volt. Ezt követően egy meglehetősen hűvös tavasz következett, de a májusi meleg sokat emelt az évszak középhőmérsékletének adatán. Számottevő csapadék is csak áprilisban hullott, a március és a május nagyon száraz volt. A nyár több tekintetben is hőmérsékleti rekordokat döntött: a havi középhőmérsékletek kb. $+2^{\circ}\text{C}$ -kal meghaladták az elmúlt 30 év átlagát. Mindhárom hónapban volt hőhullámos nap, így a havi középhőmérsékletek is meghaladták a normál értéket. A nyári hónapok is rendkívül szárazak voltak. Amint az a táblázatból látható, a vizsgált időszakban az elmúlt 30 év átlagához képest kb. feleannyi csapadék hullott. [2]



1. ábra 2021 és 2022-es év csapadékmennyisége [3]

Az átlaghőmérséklet minden időintervallumban nőtt, a nyári hónapokban a maximum hőmérséklet is emelkedett, nem ritkán 40 °C körüli volt, sőt afeletti maximumokat is mértek. A napfényes órák száma néhol elérte a 2530-at is. Megnőtt az egymást követő száraz napok száma és az átlagos talajhőmérséklet is. Mindemellett nagyon elenyésző csapadék hullott, a talajrétegben nagyfokú vízhiány lépett fel. [4]



2. ábra Mezőgazdasági aszályszint Magyarországon 2022 augusztus hónapban [5]

Fent leírtakból is következik, hogy az aszály égető problémáját mielőbb korszerű és hatékony technikai eszközökkel kell kezelnünk. Magyarország nagy részét veszélyezteti ez a katasztrófatípus, leginkább a Nagykunság környékén figyelhető meg. Hazánkban is súlyos következményei lehetnek a mezőgazdaságban, nagy mértékben csökkentheti a terméshozamot. Ennek elkerülése érdekében különböző intézkedésekkel próbálják elkerülni az ilyen időszakok súlyosságát: víztározókat létesítenek, fejlesztik az öntözési infrastruktúrát, különböző vízgazdálkodási terveket dolgoznak ki. [6]

Országunkban átlagosan tíz évből három-négy év aszályosnak tekinthető, azonban az elmúlt években ennek mértéke és gyakorisága tovább nőtt. A 2022-ben bekövetkezett aszály a század egyik nagy ilyen jellegű katasztrófája. A csapadékmennyiség már az ezt megelőző két évben is jóval nagyobb mértékben elmaradt a sok éves átlagtól, emellett a hosszú időn át tartó nyári hőhullámok is tovább rontották a helyzetet. Becslések szerint 1 millió hektárt is érintett az aszálykár, amely néhány takarmánynövény esetében 50%-os termés kieséshez is vezetett. A 2022-es évben tapasztalt aszály súlyossága igen nagymértékű volt, azonban nem nevezhető rendkívülinek. 20-50 éves gyakorisággal megfigyelhetők ehhez hasonló időszakok országunk területén.

3. Aszálymonitoring rendszerek

Az aszálymonitoring rendszereknek mára már rendkívül fontos szerepe van a mezőgazdaságban, mivel segítségükkel elkerülhetőek, vagy mérsékelhetőek a szárazság okozta károk. Mára számos ilyen rendszert hoztak létre ennek érdekében.

Meteorológiai méréseken alapuló rendszerek 3.1

3.1. Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF)

A vízgazdálkodással kapcsolatos meglévő problémák megoldása és a hatékonyabb működés érdekében az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) egy olyan monitoring rendszer bevezetését tervezte meg, amely fejlett operatív módszereket, valamint innovatív technológiákat alkalmaz az aszályok észlelésére, valamint az érdekelt felek és a szakemberek számára a szükséges adatok szolgáltatására. Ez a rendszer hatékonyabb döntéshozatalt és jobb stratégiák alkalmazását teszi majd lehetővé a vízgazdálkodásban. Az egész országra kiterjedően hoztak létre aszály és vízhiány kezelő monitoring állomásokat, melyek pontos adatokat szolgáltatnak az ilyen jellegű kutatások, vizsgálatok számára.



3. ábra (saját ábra)

Az aszály megfigyelésére a magyar aszályindexet (HDI) 2015-ben fejlesztették ki (Fiala et al. 2018), és azóta is használják. Az indexnek három változata van, amelyek az állomások által szolgáltatott adatok felhasználási körén alapulnak: HDI0, HDIS és HDIV.

A HDI0 a HDI alapváltozata, amelyet a napi csapadékmennyiség és a napi középhőmérséklet alapján számítanak ki.

A HDIS figyelembe veszi a hőség növényekre gyakorolt stresszhatásait azáltal, hogy a csapadék és a hőmérséklet mellett egyszerűsített módon a potenciális párolgást is figyelembe veszi.

A HDIV az index legrészletesebb változata, amely több változót, például a talajnedvességet is figyelembe veszi.

A kiszámított HDI-értékek alapján a vízgazdálkodásért felelős hatóságok elrendelhetik a vízhiány elleni védelembeli állapotot. Ezt az operatív lépést elsősorban vízgazdálkodási stratégiák alkalmazásával érik el, amelyek lehetővé teszik, hogy a felszíni vízelvezető hálózatokon keresztül vizet juttassanak az aszály által leginkább érintett helyekre. Az

ezt a védelmet támogató jogi alapot a Mezőgazdasági, Erdészeti, Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Minisztérium 10/1997 (VII. 17.) rendelete tartalmazza, amint arra az alábbi táblázat is utal. [7]

	A	B				C
1.	Aszályfokozat	Küszöbérték				Védekezési készség
2.	0 – nincs aszály	ha		HDI ^s **	1,33 <	-
3.	1 – enyhe aszály	ha	1,33 <	HDI ^s	1,50 <	I. Fok
4.	2 – közepes aszály	ha	1,50 <	HDI ^s	2,0 <	II. Fok
5.	3 – erős aszály	ha	2,0 <	HDI ^s	3,0 <	III. Fok
6.	4 – rendkívüli aszály	ha	3,0 <	HDI ^s		Rendkívüli

4. ábra (saját ábra)

Megjegyzés:

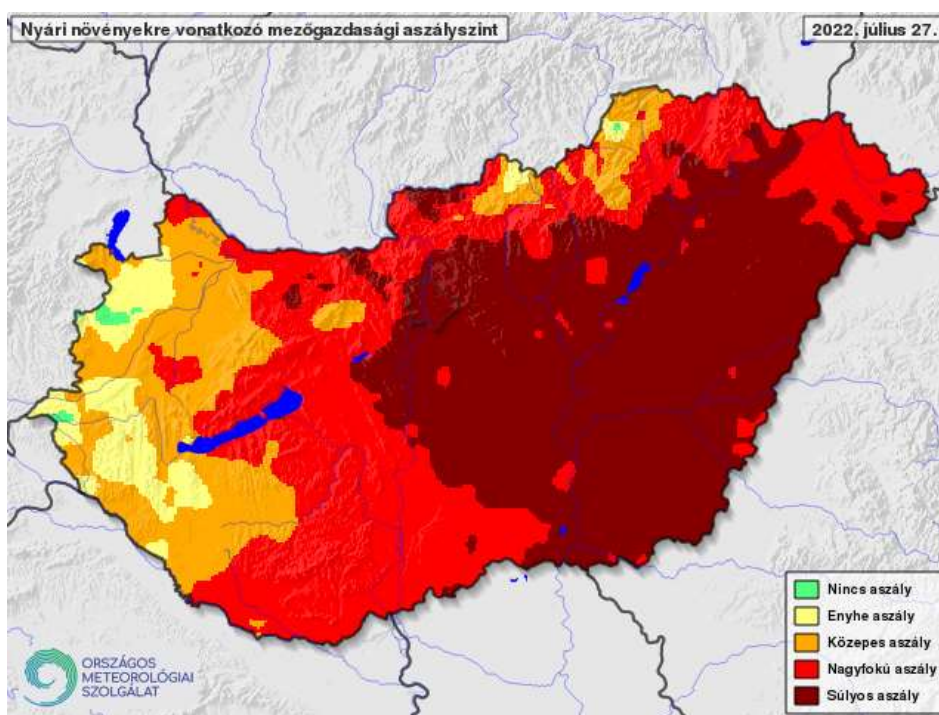
*Egyenlőség esetén mindig a súlyosabb fokozat lép érvénybe.

**HDI^s: az aszálymonitoring-szoftver által számított meteorológiai aszályindex

3.2. Országos Meteorológiai Szolgálat

A Meteorológiai Világszervezet (WMO) szabványosított csapadékindexét (SPI) az Országos Meteorológiai Szolgálat használja az aszályok nyomon követésére. Az SPI-értékeket úgy határozzák meg, hogy először az adott időszak csapadékösszegeit egy gammaeloszlásra illesztik, ezt az illesztett gammaeloszlást standard normális eloszlássá alakítják, majd ebből kiszámítják az SPI-értéket. Ez a szabványosítási folyamat lehetővé teszi, hogy az eltérő csapadékmintázattal rendelkező régiók egy index segítségével összehasonlíthatók legyenek. Az Országos Meteorológiai Szolgálat 2009 óta számítja és teszi közzé a nyári és őszi vetésekre vonatkozó szabványosított csapadékindexet (SPI).

Az SPI-t jelenleg 461 csapadékmérő állomás adatai alapján számítják ki, amelyeket a pontosság érdekében ellenőriztek és homogenizáltak. Az index kiszámításához használt referenciaidőszak az 1961-1990 közötti időszak. Az SPI területi eloszlását ezután egy rácshálózatra történő interpolációval jelentik. [8]



5. ábra Nyári növényekre vonatkozó mezőgazdasági aszályszint 2022. júliusában [9]

4. Távérzékelésen alapuló aszálymonitoring rendszer

4.1. Európai aszálymegfigyelő központ

(Távérzékelés alapú aszálymegfigyelő rendszer. Európa szerte több aszálymegfigyelő rendszer működik, ebben a fejezetben néhány bemutatásra kerül.)

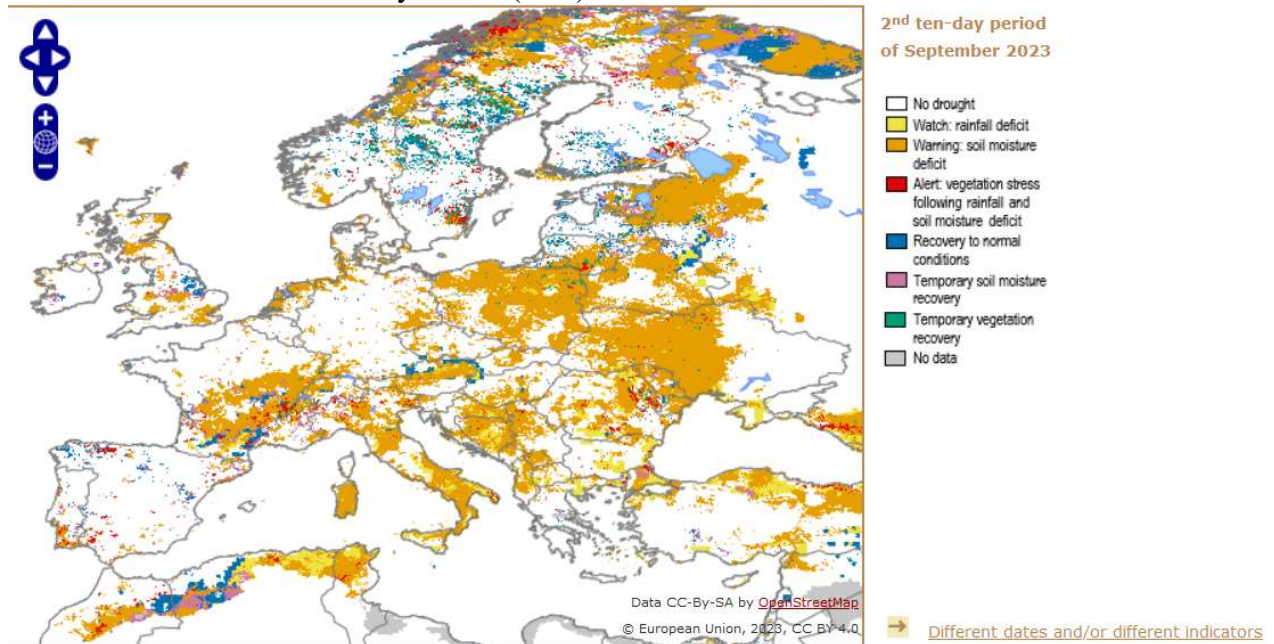
Az Európai Bizottság Közös Kutatóközpontja működteti az Európai Aszálymegfigyelő Központot (EDO), amely a Copernicus űrprogram adatainak felhasználásával figyeli az európai aszályt. Különböző aszályindexek kiszámításával és egy hosszabb referencia-

időszakkal való összehasonlításával az EDO képes felmérni a jelenlegi helyzet statisztikai anomáliáit. Ezt 10 különböző index elemzésével teszi, amelyek a hidrológiai ciklus különböző tényezőit vizsgálják, mint például a csapadék, a talajnedvesség, a vízszint, a vízhozam és a talajvízszint, valamint a lehetséges hatásokat, például a vízstresszt.

Az aszály európai szintű nyomon követése az aszály különböző típusaihoz kapcsolódó mutatók elemzésén alapul, beleértve a hidrológiai ciklus elemeit (pl. csapadék, talajnedvesség, tározószint, folyóvizek vízhozama, talajvízszint) és/ vagy konkrét hatásokat (pl. vízhiány a növényzetben).

Az EDO a következő mutatókat használja és bocsátja rendelkezésünkre:

- Standardizált csapadékindex (SPI)
- Standardizált hótakaróindex (SSPI)
- Talajnedvesség-anomália (SMA)
- Vegetációállapot-anomália (FAPAR-anomália)
- Alacsonyvízáramlás-index (LFI)
- Hő- és hideghullámindex (HCWI)
- Kombinált aszálymutató (CDI)



6. ábra Kombinált szárazságjelző (CDI), talajnedvesség (SPI) és fAPAR alapján 2023 szeptemberében [10]

5. Az aszály mérőszámai

Az aszály indikátorai jellemzően olyan mérhető változók, amelyek nagyságrendjének változása jelzi az aszály kezdetét. Az általános mutatók közé tartozik a csapadék, a levegő hőmérséklete, a lefolyás, a tározók és a talajvíz szintje, a talajnedvesség és a hótakaró, amelyek mind az aszály különböző jellemzőit fejezik ki. Fontos azonban megjegyezni, hogy az aszályt számos tényező határozza meg, ezért pontos nagyságának meghatározása nem lehetséges.

Az aszályindexek olyan mutatók, amelyek az aszály számszerű értékét adják meg, lehetővé téve annak gyakoriságának, intenzitásának és területi kiterjedésének időbeli összehasonlítását. Általában meteorológiai és hidrológiai paramétereken alapuló dimenziótlan számokból állnak és gyakran egy referencia időszakhoz számítva mérik őket, hogy meghatározzák az aszály súlyosságát.

6. Magyarországi aszályindexek

Pálfai Imre 1988-ban fejlesztette ki a PAI-indexet, amely kifejezetten a magyar viszonyokat veszi figyelembe. A havi csapadékösszeg és az átlaghőmérsékleti értékek alapján határozza meg az aszály mértékét egy adott mezőgazdasági évben. Ez az index először Pálfai 2002-es publikációjában jelent meg.

Szintén magyar kapcsolódású, az összetettségre törekvő kísérlet *Bálint és társai (2011)* kenyai állomásokra kidolgozott összetett aszályindexe.

A Délkelet Európai Aszálykezelési Központ létrehozására irányuló (DMCSEE) projekt az SPI és a PDSI értékein alapuló elemzéseket (Lakatos et al. 2012), illetve a PAI index módosítását (PaDI) tűzte ki célul (Kozák et al. 2012).

Az operatív aszály- és vízhiánykezelő rendszer kiépítésével 2018-ban bevezetésre került a HDI aszályindex különböző változatainak használata a vízügyi ágazatban.

6.1. HDIS aszályindex

A HDIS aszályindexet (Fiala et al. 2018) használták az aszályelemzések elvégzéséhez, amelyek országos idősorokból és eloszlási térképekből álltak. Az index kiszámítása két lépésben történt: Először az aszályindex alapértékét (HDI0) a napi csapadékösszeg (P) és a napi középhőmérséklet (T) felhasználásával számították ki. Másodszor, a HDI0 hasonlít a jól ismert aszályindexek, például a PAI, PaDI, SPI és PDSI működéséhez.

A páratartalom-index (HDI0) kiszámítása a Palmer Drainage Indexhez (PDSI) hasonlítható, de abban különbözik, hogy napi alapon számítják ki. Kizárólag meteorológiai paramétereken alapul, és területi változásai a hőmérséklet és a csapadék különböző területeken bekövetkező változásaiból adódnak. A HDI0 vízmérleg-számítása során egy mesztérseges talajréteg mm-ben mért víztárolásának (WS) változását követjük nyomon, majd ezt az összeget egy adott napon több év átlagával hasonlítjuk össze. Annak ellenére, hogy Magyarország aszályos éghajlata miatt egy átlagos évben nyáron jelentős aszályos időjárás alakulhat ki, a HDI0 index nem tudta pontosan tükrözni a hőség hatását. E probléma jobb kezelése érdekében az alapindexet úgy módosították, hogy az tartalmazza a hőség stresszhatását, ami a HDIS index kialakulásához vezetett. A HDIS-index a HDI0 indexhez hasonlóan ugyanazokkal az alapvető paraméterekkel rendelkezik. Ebben a változatban a HDIS az aszály mértékének kiszámításakor figyelembe veszi a potenciális párolgást (PET) és a rendelkezésre álló víztartalmat, még akkor is, ha a PET nem függ a rendelkezésre álló vízmennyiségtől, vagyis a teljes párolgási hiányt figyelembe veszi.

A Pálfai-féle aszályindexet (Pálfai 1984) a HDIS-adatokkal együtt használják az aszály intenzitásának mérésére egy adott régióban. A HDIS-érték növekedésével tehát nő az aszály nagysága is.

6.2. Standardizált csapadékindex (SPI)

A standardizált csapadékindex (SPI) a megfigyelt csapadékmennyiségek valószínűségének mérőszáma az ugyanarra az időszakra vonatkozó csapadékeloszlásra illesztett nor-

mális eloszláshoz képest. Kiszámítása úgy történik, hogy megkeressük, hogy a megfigyelt csapadék anomália (hiány vagy többlet) hány standard eltéréssel tér el az átlagtól.

A szabványosításnak köszönhetően az SPI már nem mutatja a csapadékhöz képest a kivételesen száraz időszakok sokaságát. A valószínűségi értékek figyelembevételével csak a legszárazabb állapotok kerülnek bemutatásra a szélsőséges vagy súlyos aszály kategóriákban. Bár a statisztikai számítások ezen módszere előnyös, bizonyos irányítási kihívásokat is felvet.

6.3. Palmer-féle súlyossági index (PDSI)

A Palmer Aszály Súlyossági Index (PDSI) egy számítási képlet, amelyet az aszály súlyosságának meghatározására használnak a csapadék és a hőmérséklet alapján. Ezt a képletet az teszi egyedivé, hogy az aktuális értékeket az előző hónap adatai alapján határozzák meg, ami az aszályos és csapadékos időszakok lassabb lecsengését eredményezi ahhoz képest, hogy milyen gyorsan kezdődnek.

6.4. Pálfai-féle aszály index

A csapadékszegénységi index (PAI) egy olyan számérték, amely egy hidrológiai év szárazságát méri olyan információk alapján, mint a havi csapadékösszegek, a havi átlaghőmérséklet, a száraz időszakok hossza és a talajvízszint. A PAI - index alapján az aszály határát 6-nál állapítják meg. Bár ez az index nem hasonlítható össze a részletesebb időrendi indexekkel, hosszú időn keresztül ez volt az egyetlen Magyarországon használt aszályindex. A PAI -értékek és a PDSI -adatsorok összehasonlításával váratlan eredményre derült fény: a PAI alapján létrehozott rangsor jobban megfelelt az SPI3 - adatok alapján létrehozott rangsoroknak, mint a PDSI -adatsorok, annak ellenére, hogy a PDSI -számítás a hőmérsékleti adatsorokon alapul. Az olyan népszerű indexe, mint a PDSI és az SPI nemzetközileg elismertek az aszály mértékének a többéves átlagokkal való összehasonlítására. A PAI azonban a szárazságot méri, amely a régió csapadék-

mennyiségéhez és átlaghőmérsékletéhez kapcsolódik. Ez kihívást jelenthet a különböző területek PAI -értékek alapján történő összehasonlításakor, mivel a déli alföldön fekvő terület jellemzően magasabb PAI -értékekkel rendelkezik egy átlagos évben, mint a csapadékosabb középhegységben fekvő terület.

6.5. Magyarországi aszályindex (Hungarian Drought Index – HDIS)

Ennél a módszernél az aszály mértékét a csapadék- és hőmérsékleti adatok figyelembevételével, napi időlépéses vízmérleg-számítással számszerűsítjük. Az index számítási módszerét és működését a későbbiekben részletezzük. A korábbi ábrákkal való összehasonlíthatóság érdekében a HDIS idősorokat hasonló módon ábrázoljuk a függőleges tengelyen, az aszályos időszakokat pedig lefelé haladva. Az SPI és a PDSI negatív módon fejezi ki az aszályt, míg a HDIS (amely a PAI indexből lett adaptálva) az index növekedésével méri az aszályt. Az SPI-hez vagy a csapadékhoz képest a HDIS nagyobb eltéréseket mutat, különösen télen.

7. A terület bemutatása

7. 1. Csolnok

Csolnok közigazgatási szempontból Komárom-Esztergom vármegyében, az Esztergomi járásban található. Földrajzilag a Keleti-Gerecse kistájon helyezkedik el. A község a Dunántúli-középhegység Dunazug-hegyvidékén, a Gerecsevidéken, azon belül a Gerecsei Tájvédelmi körzet keleti szélén terül el. A falut nyugat felől a Mókus-hegy, keletről a Kétágú-hegy (Pilis), déli irányból a Budai-hegység, Északnyugatról a Nagy-Gete határolja. A vidék legalacsonyabb pontja a Rórekkör 174 méteres tengerszint feletti magasságával, legmagasabb pontja a Nagy-Gete, amely 457 méteres magas. Csolnok vízgazdálkodási szempontból a Gerecse vízgazdálkodási alegységhez tartozik, a Duna Dévény és Vaskapu közötti szakaszának jobb oldalán helyezkedik el. Talajviszonyait tekintve a

Gerecse-hegység a földtörténeti középkor karbonátos kőzeteiből épül fel, főként dolo-
mitból, mészkőből és márgából áll. Egyes területei negyedkori törmelékes üledék rakó-
dott. Idővel a karbonátos felszín karsztosodott, a terület karsztvízrendszere összefügg a
Dunántúli-Középhegység karsztvíz rendszerével. A környék tehát jelentős felszín alatti
vízhálózattal rendelkezik. A talaj nagy része barna erdőtalaj, kisebb része váztalaj, ön-
téstalaj, közethatású talaj és réti talaj. A település igen jelentős bányász múlttal rendel-
kezik, a Dorog-Esztergom bányavidék egyik jelentős barnakőszén bányája működött itt
az 1970-es évekig. Csolnok község egyetlen folyóvize a Janza-patak, mely a Gerecsé-
ben ered és az Únyi-patakba torkollik.



8. ábra A csolnoki terület vízhiányos részei [11]



9. ábra A terület erózióra veszélyes részei [11]

Az általam vizsgált területre, mely a Gyermely Zrt. művelése alatt áll, a vizsgált időszakban őszi durumbúza volt ültetve. Az elmúlt évtizedben ezen búzafajta (más néven kemény szemű, üveges szemű vagy makaróni búza) népszerűsége újra megnőtt Európában és más országokban. A durumbúza régi termelői és fogyasztói mellett, amelyek főként a mediterrán régióban találhatók, a közép- és kelet-európai országokban, például Magyarországon, Szlovákiában és Romániában is jelentősen megnőtt a durumbúza termőterülete, köszönhetően annak árualapként való felhasználásának és exportlehetőségének. Ez a fogyasztásban bekövetkezett elmozdulás a durumbúza iránti fokozott érdeklődést eredményezte a világpiacon.

7.2. Gyermely Zrt. bemutatása

Kutatásom színhelye a Gyermely Zrt. tulajdonában lévő földterület, ezért néhány mondatban bemutatom Magyarország piacvezető tésztagyárát, amely a legnagyobb hazai tojás termelő és malomipari központ is egyben. 1953-ban 12 helyi gazda összefogásával alakult meg, az a szövetkezet, melyből napjainkra az ország legmodernebb zárt vertikális integrációjú cége lett. 1956-ban ugyan feloszlott a szövetkezet, de az 1959-es újrászerveződéstől folyamatosan működik és fejlődik a kezdetben csak növénytermesztéssel foglalkozó, majd a '60-as évektől tojástermeléssel bővülő cég. 1971-től üzemel a híres

tészta gyár, a '80-as években malomiparral bővült a tevékenységi kör. 1992-től takarmányüzem egészíti ki a baromfitenyésztést. 2003-ban vetőmagmagüzem létesült, 2008-ban pedig elkezdődött a precíziós növénytermesztés, mely ma 9000 ha-on folyik. A somodorpusztai telephelyen található az ehhez szükséges egységes modern géppark. A 21. század technológiájának megfelelően a legkiválóbb magyar termesztésű őszi búzafajtákat termesztik, sőt a vetőmagot is helyben állítják elő. Ehhez szükséges a Magyar Tudományos Akadémia Martonvásári kutatóintézetével való többéves együttműködés. Magas szakmai színvonalú, kutatásokon alapuló növénytermesztés folyik itt, melynek fő profilja a téstagyártáshoz szükséges őszi búza, valamint a vetőmagtermesztés, melynek előveteményei a borsó, repce és a napraforgó. A baromfitartáshoz búza és kukorica szükséges, ezekkel egészül ki a vetésszerkezet. A fentebb leírtak korszerű technológiával, modern gépparkkal kiegészülve iskolapéldáját mutatják annak, milyen hatékony és minden igényt kielégítő a precíziós mezőgazdálkodás.

8. Felhasznált adatok

8.1. Felhasznált távérzékelési adatok

A Landsat 8 és Sentinel 2 műhold adatait használtam a talaj nedvességtartalmának megállapításához és a szükséges számítások elvégzéséhez.

8.1.1. Landsat-8

A földmegfigyelő műhold 2013. február 11. óta gyűjti az adatokat. A NASA építette, indította és a kalibrációs fázisokat is kidolgozta. A műhold üzemeltetése később átkerült az USGS-hez (Amerikai Geológiai Szolgálat). Napszinkron pályán mozog, azaz egy adott földrajzi hely felett mindig ugyanabban a helyi időben halad el 705 km magasságban és 98,8 percenként kerüli meg a Földet. Naponta több, mint 700 közepes felbontású multispektrális képet küld, melyek alapján megbecsülhető a termés hozam a mezőgazdaságban, detektálhatók természeti károk, vízben és tápanyagban szegény területek, növényi betegségek. Mindezek mellett nyomonkövethető a klímaváltozás vagy a terület-

használat változása is. A műholdon két tudományos célokra kifejlesztett műszer is megtalálható. Az Operational Land Imager (OLI) és a Thermal Infrared Sensor (TIRS). Az OLI a látható fény, a közeli és közepes infravörös spektrális sávokban és a pankromatikus sávokban készít felvételeket 12 bites felbontásban. A TIRS a földfelszín hőmérsékletéről gyűjt adatokat. Élettartama minimum 5 év, de üzemanyaga 10 évre is elegendő lehet. [12]

8.1.2. Sentinel-2

A Sentinel 2 tulajdonképpen két műholdpár, mely egymással 180°-os szöget zár be, napszinkron pályán kering, átlagosan 1000 km magasságban. Multispektrális szenzorainak köszönhetően nagy felbontású képeket készít egy 290 km széles sávban a Föld körül. Haladási pályáján soronként gyűjti az információt. A látható fény, a közeli és a közepes infravörös tartományokban képes képeket alkotni. Szenzorai a push-broom technológia elve szerint működnek. A műhold élettartama 7-12 év.

Munkám során az eCognition Developer szoftvert használtam, amely számos lehetőséget biztosít távérzéssel kapcsolatos tevékenységek elvégzésére. A programot a Trimble fejlesztette és napjainkban az egyik legismertebb képfeldolgozó szoftver. A távérzékelés számára rengeteg hasznos funkciót biztosít, segít különböző döntéshozatalokban, képelemzésekben. [13]

Spektrális sáv	Sentinel-2A hullámhossz [μm]	Sentinel-2B hullámhossz [μm]	Térbeli felbontás [m]
Sáv 3 - Vörös	0,649 – 0,680	0,650 – 0,681	10
Sáv 8 - Közeli infravörös	0,780 – 0,886	0,780 – 0,886	10
Sáv 11 - Rövidhullámú infravörös	1,568 – 1,659	1,563 – 1,657	20
Sáv 12- Rövidhullámú infravörös	2,115 – 2,292	2,093 – 2,278	20

9. Felhasznált távérzékelési adatok

9.1. Felhasznált adatok, műhold felvételek

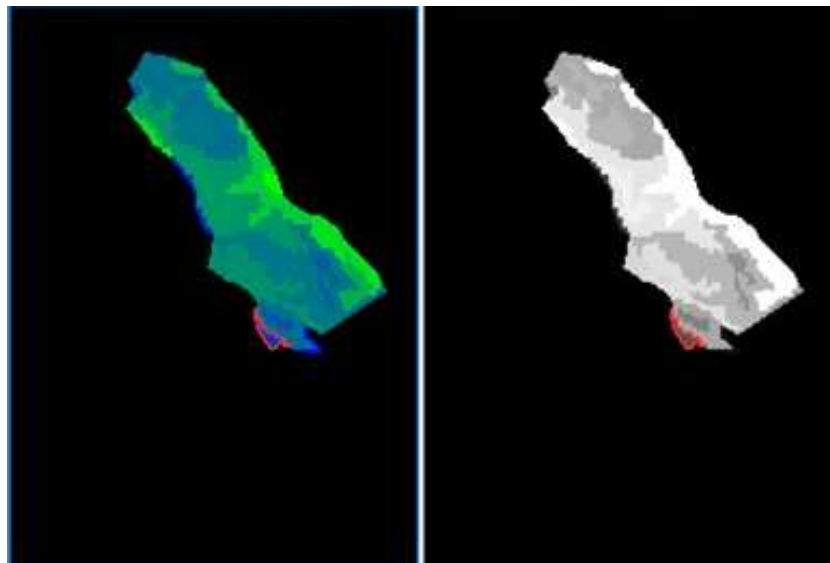
Az elemzések során a Sentinel-2A műholdképeit használtam a pontosabb térbeli felbontás miatt. Első lépések között beazonosítottam a felvételen a kiválasztott területet, majd az aszály hatásának elemzését megelőzően heterogenitást is vizsgáltam az adott táblán belül, ehhez egy szeptemberi felvételt használtam fel.



9. ábra A vizsgált szántóföld vegetációmentes időszakban.

10. Feldolgozás

Ezt követően szegmens alapú osztályozást végeztem, itt különösen figyeltem a szegmensek méretére, mivel a nagyon elaprózódott szegmensek esetében a számítások elvégzése sokkal időigényesebb. Azonban, ha túl nagy méretű darabok jönnek létre, nem lesz megfelelő a szegmensek homogenitása. Ezt azért fontos figyelembe venni, mivel ezek kevésbé pontos eredményekhez vezethetnek.

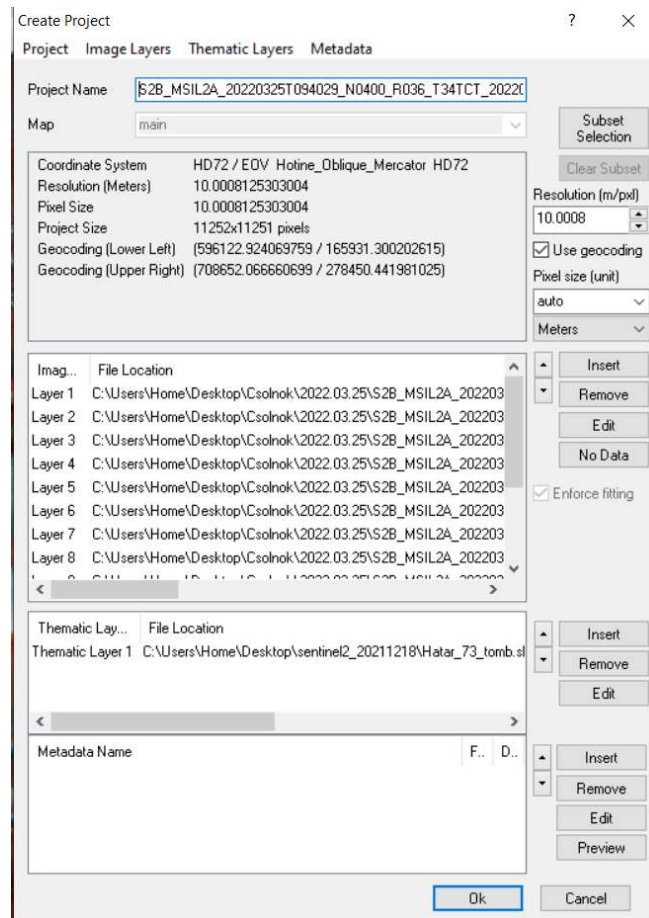


10. ábra A terület szegmentálása (Saját ábra)

Egy terület szegmentálása után tanulóterületeket kell megadnunk, érdemes ilyenkor lehetőleg homogénebb szegmenseket választani. A képen az általam választott csolnoki szántóföld szegmentálását figyelhetjük meg. A vizsgált időszakot az őszi durumbúza fejlődési szakaszainak megfelelően határoztam meg. A műholdfelvételek kiválasztása során továbbá figyelembe kellett vennem a műholdképek felhővel való borítottságát. Az aszály hatásának vizsgálatát Normalizált Vegetációs Index, azaz NDVI index alapján végeztem. Az NDVI index egy olyan MODIS műhold által mért mutató, mely a látható és a közeli infravörös tartományban gyűjt adatokat. A növények állapotnak jellemzésére, a biomassza mennyiségének kimutatására szolgál. A műhold a felszín illetve a légkör kibocsátotta sugárzást és az ezekről visszaverődő napsugárzást érzékeli. Elsősorban

a növények eltérő klorofil-, pigment- és víztartalmából adódó különbségek eredményezik a sugárzás mértékét. A vegetációs időszak végén vagy a növény betegségéből következően alacsonyabb NDVI indexek adódnak. A mérőszámok 0 és 1 között változnak, a magasabb érték dúsabb, egészségesebb vegetációt jelent. Az indexet úgy számítják, hogy minden pixelre a legutóbbi 16 nap legmagasabb mérőszámát veszik.

A szoftverbe elsőként a spektrális sávokat kell betölteni, majd a „Subset selection” funkcióval a kép egy kisebb részét kijelölni, ahol az elemzést szeretnénk végezni. Hozzá adhatunk továbbá egy shapefájlt is ami a mezőgazdasági területet tartalmazza. Fontos ellenőrizni, hogy a műholdkép és a hozzáadott fájl koordinátarendszere azonos-e. (HD72 / EOVS Hotine_Oblique_Mercator HD72)



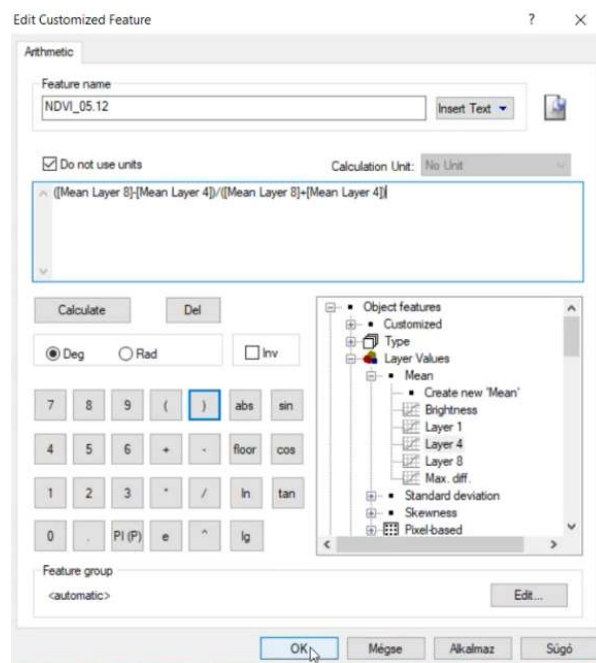
11. Műholdképek betöltése a programba (Saját ábra)

Az adatok megadását követően algoritmust kell felépíteni a szoftver segítségével a „Process Tree” funkciójával. A Sentinel-2A műholdkép különböző spektrális sávjainak térbeli eloszlását homogenizálni kell, mielőtt tovább haladnánk. A vörös, kék és infravörös sávok 10 m -es felbontása, valamint a rövidhullámú infravörös sáv 20 m -es felbontása közötti különbségek kiküszöbölésére a saktáblás szegmentálás alkalmazható. Ehhez az eljárásához a képszintű objektumok pixelméretét 2 -re kell beállítani. Az azonos pixelméret kiszámítása után a következő lépés a különböző sávok vagy származtatott raszterek pixelértékein végrehajtandó egyenletek beépítése az algoritmusba. Az NDVI kiszámításához a következő egyenletet kell használni:

$$NDVI = \frac{RNIR - RRed}{RNIR + RRed}$$

A Sentinel-2A 4-es sávjának (vörös hullámhosszon történő visszaverődés) és 8-as sávjának (közeli infravörös hullámhosszon történő visszaverődés) módosított méretű celláit használják az átlagérték kiszámításához. Ez az egyenlet új "Arithmetic Feature" segítségével programozható be a szoftverbe.

$$NDVI = \frac{Mean(Layer\ 8) - Mean(Layer\ 4)}{Mean(Layer\ 8) + Mean(Layer\ 4)}$$



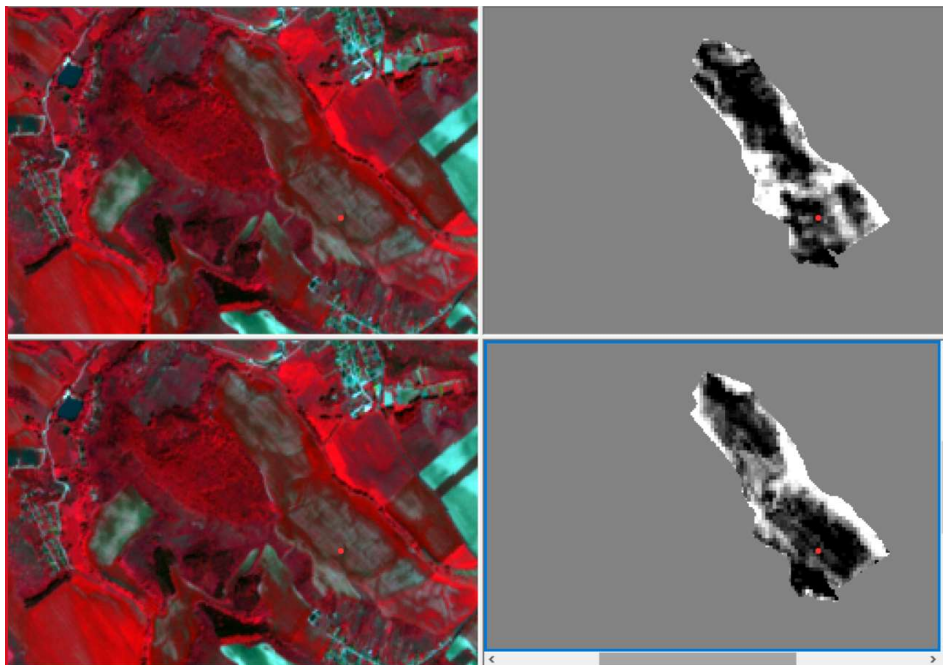
12. NDVI index számítása (Saját ábra)

Az NDVI indexeket havi felbontásokban kiszámoltam és a kapott értékeket összehasonlítottam egy normál, nem aszályos év adataival.

10.1. Távérzékelési adatok kiértékelése

Mint azt a fentiekben is említettem, a durumbúza fejlődésének megfelelően választottam ki a műholdképeket. Az első két felvétel egy márciusi és egy április havi műholdkép, amelyeken a vizsgálatot végeztem. A felvételeken az NDVI indexek különbségét számoltam. Már a kora tavaszi hónapokat összehasonlítva megfigyelhető

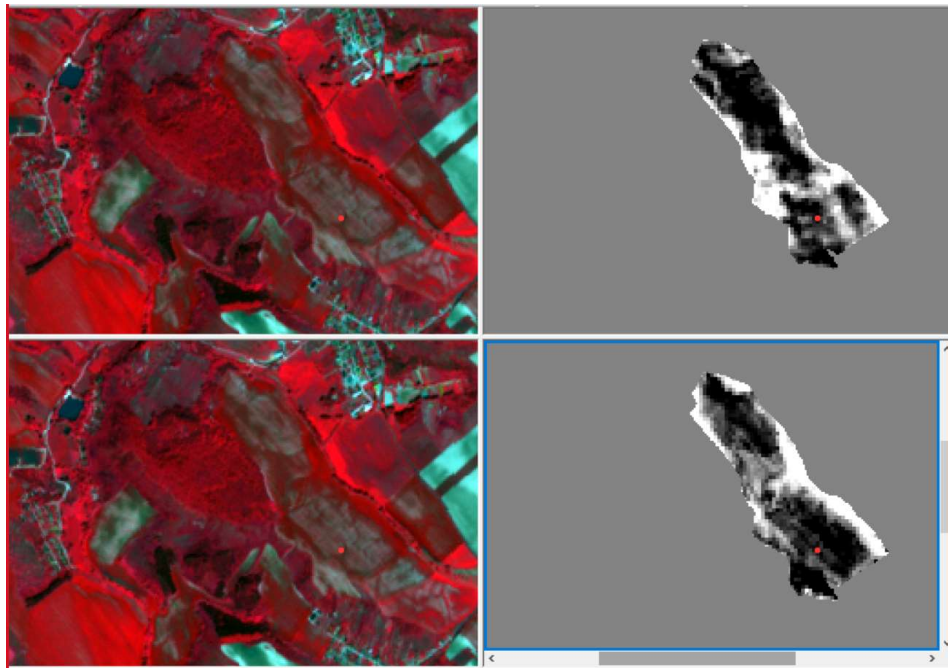
volt a növény fejlődésében az előző éves rendkívül csapadékmentes időszak hatása, az ezt megelőző évekhez képest.



(A képen a május és június hónapra végzett számítások láthatóak.)

A számításokat elvégeztem a többi felvételen is, június hónapig bezárólag és a kapott számítási eredményeket összehasonlítottam egymással.

Dátum	NDVI index átlag
2022.03.25	0.15-0.44
2022.04.12	0.20-0.53
2022.05.12	0.24-0.53
2022.06.10	0.11-0.25



11. Összefoglalás

Az aszály igen jelentős károkat tud okozni, mind a mezőgazdaság, mind a gazdasági élet más területein. Napjaink egyik legnagyobb kihívása, ennek a problémának a megoldása, vagy az általa okozott károk enyhítése. Az erre kifejlesztett aszálymonitoring rendszerek üzemeltetése hazánkban az Országos Vízügyi Főigazgatóság és az Országos Meteorológiai Szolgálat feladata. Mindezek mellett a szakemberek segítségére állnak a távérzékelésen alapuló aszálymonitoring rendszerek. Az aszály mérőszámai segítenek a probléma kialakulásának és nagyságának megbecsülésére, a károk enyhítésére. Többféle mutatót, indexet fejlesztettek hazánkban is, melyek rendkívül pontos eredményeket adnak.

Az általam vizsgált terület, a Csolnok határában található szántóföld, melyen durumbúzát termelt a Gyermely Zrt. A Sentinel-2 műhold segítségével 20 méteres térbeli felbontással megfigyelhető a talajnedvesség területi eloszlása a kiterjedt területeken. A megfigyelési időszak a Sentinel-2 műhold visszatérési idejétől függ, amely jellemzően 5-10 nap között van. Következésképpen a Sentinel-2 képek segítségével a talajnedvesség térbeli és időbeli pontossággal nyomon követhető.

Az NDVI térképet tud adni a vegetációs aktivitás és a vegetáció mértékének táblán belüli különbségéről. Ez az információ rendkívül hasznos tud lenni a heterogenitás megítélésében és felhívhatja a figyelmünk a táblán belüli esetleges problémák, növény betegség, tápanyaghiány, vízhiány által adódó problémákra. Azonban az okok felderítésére önmagában nem elegendő.

Az elvégzett számítások alapján a 2022-es év kora tavaszi időszakától egészen a nyár első hónapjáig történtek elemzések a különböző műholdképek alapján. Időbeli vizsgálatukkal nyomon követhető volt a vizsgált terület vegetációs időszak végére történő fokozatos kiszáradása és az oda ültetett búza fejlődésének eltérése a korábbi időszakokhoz képest. Megfigyelhető, hogy az aszály előrehaladtával havi bontásban hogyan változtak az NDVI indexek értékei.

12. Summary

Drought can cause significant damage, both in agriculture and in other areas of economic life. Solving this problem or mitigating the damage caused by it is one of the biggest challenges of our time. The operation of the drought monitoring systems developed for this purpose in Hungary is the responsibility of the National Water Directorate General and the National Meteorological Service. In addition to all this, drought monitoring systems based on remote sensing for the help of professionals. The problem of drought metrics for the development and high appreciation of the problem, to mitigate the damage. Several indicators and indexes have been developed in Hungary, which give extremely accurate results.

The area I am investigating is a field located on the border of Csolnok, on which Gyermely Zrt produced durum wheat. With the help of the Sentinel-2 satellite, the spatial distribution of soil moisture in the extensive areas can be observed with a spatial resolution of 20 meters. The observation period depends on the return time of the Sentinel-2 satellite, which is typically between 5-10 days. Consequently, Sentinel-2 images can be used to monitor soil moisture with spatial and temporal accuracy.

NDVI can provide a map of the difference in vegetation activity and vegetation level within the field. This information can be extremely useful in assessing heterogeneity and can draw our attention to potential problems within the field, plant diseases, nutrient deficiencies, and water shortages. However, it is not sufficient in itself to detect the causes.

Based on the calculations, analyzes were made from the early spring of 2022 until the first month of summer based on various satellite images. The gradual drying out of the studied area at the end of the vegetation period and the deviation of the development of the wheat planted there compared to the previous periods could be traced with their temporal examination. It can be observed how the values of the NDVI indices change on a monthly basis as the drought progresses.

Irodalomjegyzék

- [1] T. János, „https://mersz.hu/dokumentum/matud__11/,” 6 10 2017. [Online]. Available: https://mersz.hu/dokumentum/matud__11/. [Hozzáférés dátuma: 2023].
- [2] M. Kukoricaklub, „XIV. Kukorica termésverseny 2022,” *Kukoricabarométer*, %1. kötet34. szám, pp. 71-79., 2022.
- [3] Kukoricabarométer, „(Kukoricabarométer,” *Magyar Kukoricaklub*, %1. kötet34, p. 76, 2022.
- [4] „https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=3261),” [Online]. Available: https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=3261.
- [5] S. Olivér, „<https://www.met.hu/i/>,” 2022 augszutis 2022. [Online]. Available: https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=3261&hir=2022._a_tortenelmi_aszaly_eve_%E2%80%93_az_ev_agrometeorologiai_attekintese. [Hozzáférés dátuma: 12 10 2023].
- [6] „https://polgariszemle.hu/images/content/pdf/PSZ_2022_2_HUN_beliv_ONLINE.pdf#page=71,” [Online]. Available: https://polgariszemle.hu/images/content/pdf/PSZ_2022_2_HUN_beliv_ONLINE.pdf#page=71.
- [7] <https://www.ovf.hu/>, „<https://www.ovf.hu/>,” OVF, 2023 09 2023. [Online]. Available: <https://www.ovf.hu/>. [Hozzáférés dátuma: 16 11 2023].
- [8] <https://met.hu/>, „<https://met.hu/>,” 06 06 2022. [Online]. Available: <https://met.hu/>. [Hozzáférés dátuma: 14 11 2023].
- [9] „<https://oeo.hu/>,” 2022.07.19 07 2022. [Online]. Available: <https://oeo.hu/hirek/agazati-szakmai/szarazsag-magyarorszagon-2022-ben-es-a->

multban. [Hozzáférés dátuma: 14 10 2023].

- [10] P. Attila, „<https://www.metkep.hu/>,” 2023 március 2022. [Online]. Available: <https://www.metkep.hu/2022/03/10/sulyosbodo-aszaly-3/>. [Hozzáférés dátuma: 16 10 2023].
- [11] <https://mepar.mvh.allamkincstar.gov.hu/>, „<https://mepar.mvh.allamkincstar.gov.hu/>,” mepar, 10 10 2023. [Online]. Available: <https://mepar.mvh.allamkincstar.gov.hu/#/>. [Hozzáférés dátuma: 11 11 2023].
- [12] <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/>, „<https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/>,” landsat, 2022. [Online]. Available: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/>. [Hozzáférés dátuma: 18 11 2023].
- [13] <https://sentinel.esa.int/>, „<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/msi-instrument> (Sentinel sávok),” 2022. [Online]. Available: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/msi-instrument>. [Hozzáférés dátuma: 16 11 2023].
- [14] G.-M. Hector, D. U. Jeffrey és W. Jennifer, Adatbázisrendszerek megvalósítása, Budapest: Panem, 2001.
- [15] F. Tamás, „Adatbáziskezelés alapjai 1. rész,” [Online]. Available: <https://tferi.hu/adatbaziskezeles-1>. [Hozzáférés dátuma: 25. február 2022].