



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT

Zónakialakítási módszerek hatása a kukorica terméshozamra és a termesztés eredményességére

OE-AMK

2023

Hallgató neve: Sinka Anett

Hallgató törzskönyvi száma: T000890/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Sinka Anett

Szkdolgozat száma: SZD2306210950575985

Törzskönyvi száma: T000890/FI12904/A-G

Neptun kódja:

Szak: precíziós gazdálkodási szakmérnök

Specializáció:

A dolgozat címe: Zónakialakítási módszerek hatása a kukorica terméshozamra, és a termesztés eredményességére

A dolgozat címe angolul: The effect of zone mapping methods on maize yield and cultivation efficiency

A feladat részletezése:

Hazai és nemzetközi szakirodalom alapján foglalja össze a precíziós gazdálkodási technológiát, térjen ki a hagyományos és precíziós gazdálkodás összehasonlítására! Egy mintaterületen vizsgálja meg a helyspecifikus művelés hatását a termés mennyiségére, a termesztés eredményességére! Röviden mutassa be a vállalkozást és a mintaterületet, valamint a kukoricatermesztés technológiáját a hagyományos növénytermesztési rendszerben! Ismertesse a menedzsment zónák meghatározásának módszereit. Végezze el a kritikus elemzéseket a talajtulajdonságok és a műholdas cellahozam mérés alapján meghatározott kezelési zónák hatását a termesztéstechnológia eredményességére! Vizsgálatai során térjen ki a technológia váltásával járó gazdasági előnyök bemutatására pénzügyi mutatók alapján!

Intézményi konzulens neve: Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata Mária

Külső konzulens neve: Csornai Gábor

Munkahelye: COSIMA Kft.

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

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szkdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2023. 10. 24.*

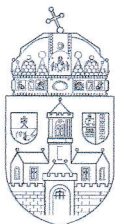


Intézetigazgató

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 dolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. 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: Székesfehérvár, 2023.12.15.

.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	5
2. Irodalmi áttekintés.....	6
2.1. A fenntartható mezőgazdaság jelentősége.....	6
2.2. A precíziós technológia fejlődése.....	7
2.3. A precíziós növénytermesztésben alkalmazható mérési módszerek.....	9
3. Anyag és módszer.....	15
3.1. A régió bemutatása.....	15
3.2. A Paksi Dunamenti Zrt. bemutatása.....	17
3.3. A kísérlet beállítása és módszere.....	22
4. Eredmények és következtetések.....	32
5. Összefoglalás.....	38
6. Summary.....	39
7. Irodalomjegyzék.....	40
8. Ábrajegyzék.....	43
9. Táblázat jegyzék.....	44

1. BEVEZETÉS

A helyspecifikus növénytermesztéssel és az ehhez kapcsolódó rendszerekkel a 2008-as évektől kezdve foglalkozom, ekkor indítottuk el az Agárdi Farm Kft-nél a hagyományos mezőgazdasági gazdálkodásról való átállást a precíziós növénytermesztésre. Akkor ez még Magyarországon gyerekcipőben járt, csak azok a gazdaságok engedhették meg maguknak, akiknek erre volt anyagi forrásuk, eleve műszakilag fejlett gépparkkal rendelkeztek és az új technológiával járó magas beruházási költségeket is tudták vállalni. Ezen rendszer bevezetése minden szereplőtől komoly erőfeszítéseket és átállást kíván meg, nagyobb alkalmazkodóképességre és fokozott szellemi teljesítményre van szükség. A szakirodalom alapján a technológia lassú terjedésének egyik oka a beruházás magas tőkeigénye, a mezőgazdálkodással foglalkozók részéről a tájékozottság hiánya, valamint a munkavállalók ellenállása az új számítástechnikai eszközök gyakorlati alkalmazásával szemben [1].

Azonban a legfontosabb kérdés, nemcsak Magyarországon, hanem az egész világon, hogy hogyan lehet megfelelő költségszinten gazdálkodni, mivel a termény eladási árát a piaci viszonyok határozzák meg. Ezáltal minden olyan változtatás, amely a hatékonyságot növeli, megteremtheti a fajlagos költségcsökkentés alapját. Ehhez nyújt segítséget a precíziós növénytermesztés üzemi szintű bevezetése.

A precíziós növénytermelés lehetővé teszi a mezőgazdasági termelés hatékonyságának maximalizálását, mivel olyan életfeltételeket és -körülményeket hoz létre adott táblán belül a kultúrnövényeink számára, melyek azok fejlődési stádiumához a legoptimálisabbak.

Ez a technológia a termesztés gazdaságosságának fokozására törekszik, miközben csökkenti a környezet terhelését a környezetkímélő gazdálkodásnak köszönhetően. Ezen célkitűzések jelennek meg az Agro Ökológiai Program keretfeltételeiben is, amelynek célja a környezeti és természeti értékek megőrzése. A fenntartható mezőgazdaság kialakítása és fejlesztése egy tudatos gazdálkodó számára kötelesség versenyképességének megóvása tükrében.

Az elmúlt 15 évben jelentős változáson/fejlődésen ment keresztül a precíziós technológia, ezáltal elősegítve a gyakorlati használatát. Éppen ezért a cél, megtalálni azon változatát, mely javítja a növénytermelés jövedelemtermelő képességét.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A fenntartható mezőgazdaság jelentősége

A fenntartható mezőgazdaság értelmezésével számos kutató foglalkozott az elmúlt évtizedben [2]. Az Egyesült Államok Mezőgazdasági Minisztériumának definíciója [3] szerint a fenntartható mezőgazdaság legfontosabb elemei:

- az élelmiszer-ellátás biztosítása jó minőségben,
- a környezeti minőség megőrzése,
- a mezőgazdasági tevékenység életképessége, jövedelmezősége
- az életminőség javítása a vidéki területeken,
- társadalmi szinten is az életszínvonal javítása.

Az Európai Nemzetközösség megfogalmazásában [4] a környezeti fenntarthatóság a mezőgazdaságban azt jelenti, hogy a gazdaságoknak a természetes rendszerekre és erőforrásokra kell támaszkodniuk. Ez magába foglalja az egészséges talaj építését és fenntartását, a víz megfontolt kezelését, a levegő-víz-éghajlati szennyezés minimalizálását és a biodiverzitás támogatását, valamint az állatjólét megteremtésének feltételeit.

A hazai szakirodalmak közül az „AGRO-21 Füzetek”-ben megjelent definíció szerint a fenntartható agrárfejlődés egy olyan gazdasági növekedés, amely „harmonizál a természeti erőforrások regenerálódásával és a környezetterhelés asszimilációs képességével. Ezzel elérhető a folyamatos, mennyiségben korlátozott, de minőségben korlátlan gazdasági növekedés – amely alapja az érdekek, törekvések érvényesítésének – , a természeti erőforrások és a tágan értelmezett környezet óvása, végeredményben az egészségesebb emberi környezet és táplálkozás, az élet minőségének javulása” [5].

A mezőgazdasági gyakorlat az évek alatt számos kulcsfontosságú fenntartható gazdálkodási formát alakított ki, úgy mint a vetésforgót, a takarónövények ültetését, a talajművelés csökkentését vagy kiküszöbölését, integrált növényvédelem (IPM) alkalmazását, a növény- és állattenyésztés integrálását, az agrár-erdészeti gyakorlatok bevonását a mezőgazdasági tevékenységekbe. A fenntartható gazdaságok a gazdálkodás szerves részeként kezelik a nem művelt vagy kevésbé intenzíven megművelt területeket.

2.2. A precíziós technológia fejlődése

Magyarország jelentős előnyökkel rendelkezik a mezőgazdaságban az Európai Unión belül, köszönheti mindezt a természeti adottságának (termőterület, talajminőség, éghajlat), és a gazdasági-társadalmi környezetének.

A klímaváltozás kihívások elé állítja mind a növénytermesztéssel, mind pedig az állattenyésztéssel foglalkozó gazdákat. Nemcsak az időjárás viszontagságaival kell a termelőknek megküzdeniük, hanem az energiaárak robbanásszerű emelkedésével is. Az áremelkedést befolyásolta a Covid-világjárvány, valamint az Ukrajna elleni orosz háború is. Mivel az Európai Unió importálja a felhasznált energia nagy részét, ezáltal az importárak növekedése befolyásolta a termelői és fogyasztói árakat, ez jól megmutatkozott a mezőgazdaságban is az inputanyag árak emelkedésekor.

Az inputanyag (műtrágya, vetőmag, növényvédőszer, gázolaj) adják a mezőgazdasági termelés önköltségének a 95 %-át. A betakarítás után a termény eladásakor ezt a magas önköltségi árat nem kompenzálja a termény átvételi ára, mivel arra a tőzsdei ügymenetek is hatással vannak a világpiacon.

A precíziós technológiának köszönhetően az input anyagokat optimálisan lehet kijuttatni a szántóföldre, csak akkora mennyiséget amennyire a növénynek szüksége van ideális időben a fejlődési stádiumához igazítva. Ezáltal a termelésben felhasznált input anyag mennyisége csökken, így az önköltség is csökken hektárra levetítve, a gazdaságosság pedig nő. A fenntartható mezőgazdaság célja a hatékonyság növelése, az ökoszisztéma károsítása nélkül, úgy, hogy közben a ráfordított költségeket csökkenteni a tudatos gazda.

A hagyományos mezőgazdasági gyakorlat táblaszintű növénytermelést folytat. Az egész területet egynek kezeli, a táblán belüli heterogenitásokkal nem foglalkozik. Régen az erőgépek gazdaságosabb kihasználása végett nagy táblaméret kialakítása volt a cél és azokat azonos módon művelték.

A gyakorlati szakemberek már akkor is tudták, hogy bizonyos helyeken más talajművelést, más trágyázást és más növényvédelmet kellene folytatni, azonban ennek még a technikai feltételei nem voltak meg.

Az elmúlt 20 évben bekövetkezett számítástechnikai fejlődésnek köszönhető a GPS által vezérelt mezőgazdasági gépek megjelenése, melyek lehetővé tették a helyspecifikus, precíziós növénytermesztés folytatását [6].

A precíziós gazdálkodás helyspecifikus szántóföldi gazdálkodást jelent, vagyis a termesztett növényeink számára „személyre szabott” gondozást biztosítunk, ezalatt értjük a táblaszintű célzott kezeléseket, melyet a növény igényeihez és a terület adottságaihoz igazítunk. Ez a technológia olyan pénzügyi és műszaki háttérrel igényel, amit csak tőkeerős cégek megfelelő gazdasági méret mellett tudnak megvalósítani [7]. 15 évvel ezelőtt a hazai gazdálkodók nagy része nem volt képes erre, Takács [8] szerint „problémát okozott, hogy a technológia bevezetése jelentős beruházást igényelt, ugyanakkor korlátozottan tudták használni azokat, így a beruházás megtérülése nehezen volt látható. Ezt tudta/tudja ellensúlyozni, hogy a technológia a bérgepeken lévő eszközök révén szolgáltatásként is elérhető (pl. AXIÁL, IKR, KITE)”.

A precíziós gazdálkodással kapcsolatban Györffy [9] „több munkájában hosszasan sorolja azokat a technológiai elemeket, melyek véleménye szerint a helyspecifikus növénytermesztés megvalósításához szükségesek: integrált növényvédelem, távérzékelés, térinformatika, geostatisztika, termésmodellezés stb.”

Mára a precíziós növénytermesztés fogalmát egyre szélesebben értelmezzük. Nem csak az egész gazdaságot átölelő technológiáról, hanem a mindennapi munkafolyamatokat digitalizáló gazdálkodásról beszélünk. Informatikai alapokra épül, a munka a vállalatirányítási szoftvernél kezdődik, ahonnan minden adatot le tudunk szűrni az adott tábláról (tápanyag-ellátottság, kultúrnövény vetett tőszám, vegyszerezés beállítás, műtrágya kijuttatás stb.), a rendelkezésre álló gépparkról, a munkaerőállományról, információt tudunk gyűjteni a raktárkészletről. És mindezek függvényében tudjuk a legoptimálisabban meghatározni a beszerezni kívánt input anyag mennyiségét és ezek alapján megtervezni a célzott kezelést. Ennek a technológiának köszönhetően elérhető a hektáronkénti költségek minimalizálása a lehető legtöbb profit megszerzése érdekében. Tehát a távérzékelés és az ebből kapott információk alapján a nagyfokú digitalizálást és automatizálást feltételező beavatkozások többethozamot realizálhatnak a felhasználónak a költséghatékonyság mellett, melyek a termelés eredményességét javítják. [10]

Rengeteg, különféle technológia elérhető ma a precíziós piacon, a következő fejezetben ismertetem, hogy melyik módszer mit takar, mi is jellemzi tulajdonképpen az egyes technológiákat.

2.3. A precíziós növénytermesztésben alkalmazható mérési módszerek

A helyspecifikus gazdálkodás alappillére a táblák kisebb kezelési egységekre, menedzsmentzónákra való osztása, illetve azok termőképességének meghatározása. Ezen kezelési egységek legfőbb ismérve, hogy a termőképesség tekintetében hasonlóan működnek, szinte azonosak (ez azt jelenti, hogy trendeket kell nézni, 5-6 éven át vizsgálni az adott területet termőképesség tekintetében). Tehát a cél, hogy minél pontosabban határozzuk meg a zónát, ez fogja adni a gazdálkodásunk sikerének az alapját. A helyes zóna lehatárolás egyik jele, hogy zónán belül nagy különbségeket, nagy szórást nem tapasztalunk. A zónák helyének pontos kijelölése azért nagyon fontos, mert csak így garantálható, hogy azok valóban homogének legyenek. Ha ebben hibát vétünk, akkor egy zónába kerülhetnek jó- és rosszabb adottságú részek és méréseinkkel (pl. talajvizsgálat, hozammérés) ezek átlagát fogjuk látni. Tehát lényegében éppen azt a hibát követjük el, mint táblaszintű homogén gazdálkodáskor – átlag termőképességre fogunk tervezni, ahelyett, hogy a valós heterogenitáshoz igazodnánk. Az átlag alatti részeket feleslegesen használunk sok input anyagot, az átlagnál erősebb részek valós potenciálját pedig nem használjuk ki. De hasonló veszélyt jelent, ha a zónák termőképességét nem tudjuk kellő pontossággal meghatározni. A zóna nem lesz homogén, így a hozam adatok is nagy szórást fognak mutatni.

A különböző zónalehatárolási módszerek jellemzői:

1. **Rácsminta:** hagyományos talajmintavétel esetén 5, esetenként 3 hektáros méretű szabályos rácshálót fektetünk a táblákra, és egy-egy ilyen rácselemet jellemzünk egy átlag talajmintával. Több éves használata a gyakorlatban bizonyította, hogy nem megfelelő módszer a precíziós tápanyaggazdálkodás tervezéséhez. A legnagyobb hiányossága, hogy merev, nem képes igazodni a természetben előforduló, a táblán jelenlévő valódi heterogenitáshoz. Így jellemző rá – különösen kellően heterogén területeken –, hogy helytelen zónalehatárolást eredményez, azzal, hogy egybe mér akár jelentősen különböző adottságú területeket is.

2. **Talajszkenner:** a mérés alapelve minden esetben a talaj elektromos vezetőképességének mérése. Kialakítástól függően ezt vagy közvetlenül, vagy közvetve mérik, illetve lehetnek kontakt (pl. Veris) és nem kontakt, tehát a talajjal fizikailag nem érintkező eszközök (pl. TSM – Top Soil Mapper). A Veris az elektromos vezetőképességet kettő, míg a TSM négy szintben méri. A talajszkenner legnagyobb hátránya, hogy pár talaj paraméter alapján alakítja ki a zónákat, a talaj tápanyagtartalmát például nem tudja figyelembe venni. A talajszkenner által lehatárolt zónákban egymástól eltérő talajtípusok is lesznek, ez a termőképességet is jelentősen befolyásolja.

3. **Hozamtérképezés:** egy év hozam adatai alapján történő zónakijelölés legnagyobb hiányossága, hogy csak az adott évet ábrázolja. Maga a módszer jó, mivel a hozam adatok jól visszaadják a domborzat változékonyságát. A gyakorlati kivitelezése nem működik jól: például, ha a gépkezelőt nem érdekli a technológia, vagy ha gondok adódnak a kombájn kalibrálásával, vagy ha a vágóasztalt pontosan kellene működtetni aratáskor a táblaszéleken...stb. Aratási szezonban az idővel fut versenyt a gazdálkodó és ez a technológia kivitelezhetetlen a pontosan kalibrált adatok nélkül.

4. **NDVI:** a műholdas adatbázisok (Landsat, Sentinel-II) 2-5 naponta készítenek felvételeket, ezen műholdképekből számol vegetációs indexet a mezőgazdaság. Az NDVI térkép képet ad a vegetációs aktivitás és a vegetáció mértékének táblán belüli különbségeiről. Ez hasznos információ a táblán belüli heterogenitás megítélésében, és felhívhatja a figyelmet a táblán belül előforduló problémák (belvíz, elhúzódó kelés, tápanyaghiány, vadkár, növény betegség) előfordulására. Több tábla térképét, illetve az egyes táblákon az NDVI alakulását végig kísérve követhető a növényzet fejlődése, összehasonlítható különböző fajták, hibridek vagy eltérő növénytermesztési technológiák hatása. Az NDVI önmagában nem teszi lehetővé a hozam mérését. Számos tudományos vizsgálat [11] kimutatta, hogy a hozam és az NDVI érték közötti kapcsolat egyrészt nem kellően szoros, másrészt az összefüggés szorossága változó, nem állandó.

5. **KITErkép:** a KITE Zrt. termőképességi térképe lehetővé teszi, hogy 10x10 m-es felbontásban vizsgáljuk a növényállományt, a talajtulajdonságokat és domborzati sajátosságokat. Modell segítségével meg tudják határozni, hogy cellaszinten milyen terméscélt érdemes tervezni és ahhoz milyen tőszámot, műtrágya dózist és technológiát alkalmazunk. Idősoros NDVI felvételek segítségével vizsgálják a növényállomány térbeli változásait. A termőképességi információk felhasználásával elkészítik azokat a menedzsment zónákat, amelyek a precíziós talajmintavétel alapját képezik. Az NDVI felvételek, valamint az azokból elkészült termőképességi térképeket (KITErkép) a tábla határvonalával együtt feltöltik az egyes PGR PrecZone alkalmazásokba. [12]

6. **COSIMA:** „A műholdas hozammérési rendszerünk űrfelvételek sorozatának elemzésén alapszik. Ezzel akár 20x20 méteres területeken kiemelkedő pontossággal tudjuk a cellák valós hozamát megállapítani. Az eljárás kalibrált: 2010-2014 között mintegy 60 ezer hektáron 2000 tábla hozamadatainak vizsgálatával.” [13] Táblaszinten 5 %-on belüli hibaszázalékkal működik a módszer, precíziósan 7-8 %-kal, ami jónak számít. Összemérhető a jól kalibrált precíziós kombájnok teljesítményével.

Az eljárás nagy előnye, hogy a hozamok évekre visszamenőleg is feltérképezhetők. A műholdfelvételek ezt biztosítják (USA és Európai Unió), amik 2-5 naponta készülnek. Ezzel a műholdas hozammérési technológiával áttérve a precíziós művelésre, 3-5 év hozammérését spórolhatja meg a gazdálkodó. A Cosima módszerrel kialakított zónák megalapozzák a növénytáplálás, tőszám differenciálás szakszerűségét. Gyors módszer, mivel a rendelkezésre álló műholdfelvételeknek köszönhetően a műholdas hozamtérképek időben több évre visszamenőleg elkészíthetők, nem kell éveket várni, míg a kombájn hozamméréssel a szükséges adatmennyiség összegyűlik. „A műholdfelvételek a magágy előkészítésétől a betakarításig rögzítik az információkat a táblákon. A felvételek biofizikai háttere lehetőséget teremt arra, hogy a növény fotoszintézise során történő energiafelhasználásáról pontos képet kapjunk. Ez azért lényeges, mert a fotoszintézis felelős a szárazanyag

beépítéséért. Ebből megfelelő módszerrel és kalibráltság birtokában teljesen reálisan kiszámítható a hozam.” [14]

7. **Trimble Power Zone:** olyan zónázási megoldás, mely pontosabban határolja le a zónákat, illetve számszerűsíti azok jellemző termőképességét. A Trimble erre bevezetett egy mérőszámot, az ún. CPI -"Crop Productivity Index"-et, azaz a termőképességi indexet. Ezt minden vizsgált évre elkészíti a vegetációs időszakban gyűjtött 20 – 40 db műholdfelvételtől készített vegetációs aktivitás térképek alapján. Ez egy raszteres adatállomány, melynél minden pixelhez tartozik egy CPI index érték, melyek a termőképességet adják meg a táblaátlaghoz viszonyítva. Zónázás során jellemzően 6-8 korábbi év ilyen CPI térképét készíti el a rendszer. Így tehát egy zónatérkép jellemzően 120 – 300 standard módon feldolgozott műholdképre épül. A kész zónatérkép zónáira szintén kiszámításra kerül a CPI érték, ami a későbbi tápanyag-visszapótlás, illetve változó tőszámú vetés tervezéséhez lesz kiinduló információ. [15]

A hozam közvetlen mérésére a fentebb felsorolt eljárasmódok közül csak a hozammérés képes. A többi megoldás valamilyen közvetett mérési módszert alkalmaz a hozammal szorosabban, vagy kevésbé szorosan összefüggő paraméter mérésével.

Az Axiál mAXI-HOZAM térképező modulja képes pontos hozammérésre, így az egyik legjobb kiindulási alapot adja a táblán belüli zónák lehatárolásához. 3-6 év műholdas hozamtérképei alapján kiemelkedő pontossággal adja meg a zónák térbeli elhelyezkedését, és azok reális várható termésszintjét.

Az AXIÁL Kft. saját fejlesztésű farmmenedzsment szoftver szolgáltatást kínál partnereinek mAXI-MAP néven (2.3.1. táblázat).

2.3.1. táblázat A mAXI-MAP program moduljai

mAXI-MAP	Térképező modul	Precíziós gazdálkodáshoz kapcsolódó adatok térképezését végzi, sok esetben automatikusan.
		Térkép formájában mutatja a mért adatok térbeli elhelyezkedését, a területek heterogenitását.
		Több térkép egyidejűleg, akár több ablakos megjelenítésével segíti a vizuális elemzést.
	Tervező modul	Változó dózsisú műtrágyázási tervek és változó tőszámú vetési tervek készítése és menedzselése.
		Különböző formátumokba exportálhatóak.
		Nemcsak egy-egy táblára, hanem táblacsoportokra is meg tudja tervezni a tápanyag kijuttatást.
	Monitoring modul	Az agronómiai döntésekhez szolgáltat fontos adatokat: * időjárás előrejelzés * talajhőmérséklet és nedvesség adatok * összesített hőmérséklet és csapadék mennyiség * egyéb műholdas adatgyűjtésből származó adatok

Forrás: Saját szerkesztés

Az AXIÁL Kft. a Cosima Kft.-vel együttműködve műholdas hozammérési szolgáltatást nyújt mAXI-HOZAM néven. A módszer különlegessége, hogy nem csak a táblán belüli relatív hozamkülönbségeket, hanem a tényleges t/ha-ban kifejezett hozam mérésére is képes a különböző kultúráknál (kukorica, árpa, őszi búza, tritikálé, napraforgó, repce).

A módszer előnyei:

- mindenki számára elérhetővé teszi a hozammérést, gazdasági mérettől függetlenül
- a módszerrel korábbi évek hozamtérképei is előállíthatók a meglévő műholdfelvételek révén. Akinek tehát most van szüksége zónalehatárolásra, nem kell, hogy éveket várjon mire a kombájnos hozamméréssel összegyűlik a kellő mennyiségű és minőségű hozamadat.
- nincs szükség hozammérő rendszerre a betakarítógépen,
- nem jelentkezik a hozamtérképezéshez elengedhetetlen kalibrálás idő- és munkaigénye,

- standard módszerrel dolgozik – mindig, mindenhol. A mért értékek tehát objektíven összehasonlíthatók, nem függenek az alkalmazott géptől, hozammérő rendszertől, annak kalibrációjától és kezelőjétől.
- a szolgáltatás készen biztosítja a hozamtérképet, a felhasználóknak nem kell adatfeldolgozással, térképezéssel vesződniük.
- a módszer lehetővé teszi a táblán belüli zónák lehatárolását is 3-6 év hozammérése alapján.
- +/- 5% pontosságra képes (mérési cellák szintjén)

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

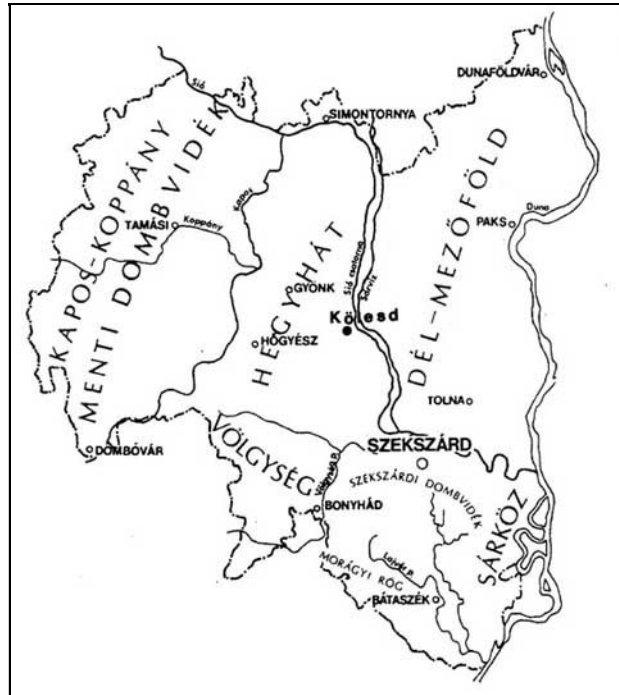
3.1. A régió bemutatása

Tolna vármegyének igen változatos a domborzata. Keleti oldala síkvidék (Sárköz, Mezőföld), belsőbb részein dombvidékek húzódnak (Szekszárdi-dombság, Tolnai-hegyhát, Völgység). Legjelentősebb folyóvizei a Duna (3.1.1. ábra), a Sió és a Kapos.



3.1.1. ábra Paks városa a Duna jobb partján épült.

A Dél-Mezőföld kistáj természeti értékeit a jégkorszak alatt vastagon felhalmozódott löszréteg alapozza meg. A Duna árterületének homokos hordalékkúpjaiból képződött felszín található Paks környékén (3.1.2. ábra)



3.1.2. ábra [<https://jelenletatermeszetben.hu>]

Dél-Mezőföld tájegység 503 km² kiterjedésű.

Domborzatára a futóhomokformák a jellemzőek. A kistáj felszíne futóhomokkal és lösszel fedett hordalékkútság.

A kistáj talajtakarója tarka. Legkiterjedtebb részén barnaföldek fordulnak elő, ezek homok illetve homokos vályog mechanikai összetételűek. Termékenyséjük az erózió által befolyásolt. A löszös üledékeken mészelepedékes csernozjom talajok képződtek, amelyek igen termékenyek. Erdőhasznosításuk kiterjedt (55%), szántóként kb 30%, szőlőként pedig kb. 10% hasznosítható [16].

Mérsékelt meleg éghajlat jellemző a kistájra. A napsütéses órák száma 2050 éves szinten, az átlagos középhőmérséklet 10,5 °C. A fagymentes időszak hossza rövid, ez a növénytermesztés számára nagyon kedvező, lehetőséget ad a hosszú tenyészidejű növények termesztéséhez. A tenyészidőszakban 360 mm csapadék hull általában.

3.2. A Paksi Dunamenti Zrt. bemutatása

A Paksi Dunamenti Zrt. alakulása több mint 70 éves múltra tekint vissza, 1950-ben Vörös Sugár Szövetkezet néven 60 család alapította, majd átszerveződött TSZ-é.

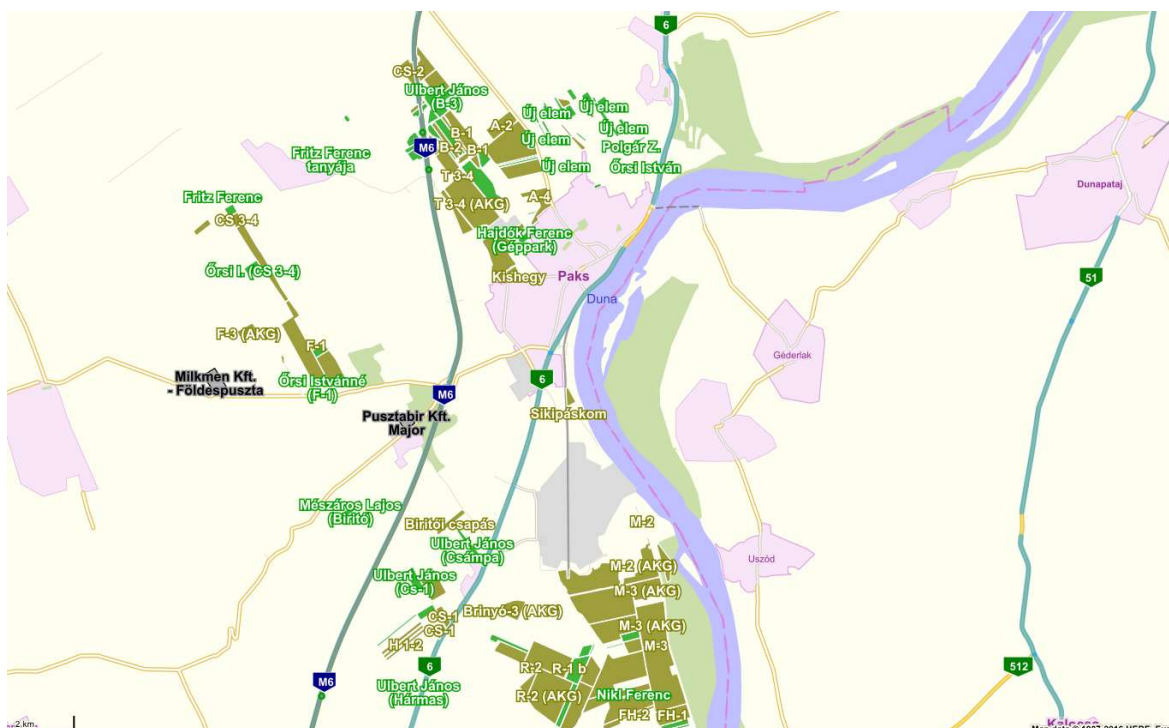
Az 1970-es években komoly fejlesztések indultak meg Paks településen, az Atomerőmű megjelenése a várost központi jelentőségűvé tette országos viszonylatban. A beruházás hatására vállalati bérlakások sora épült fel, közel tizenkilencezer lakosával Tolna megye második legnépesebb településévé vált.

Napjainkban is hasonló változások zajlanak, amik lehetőséget kínálnak a fejlődésre. Az erőmű bővítése melletti fő érv Magyarország villamosenergetikai kiszolgáltatottsága, valamint az atomenergia olcsósága. A két új blokk épülése 2030 körül várható, ehhez az építkezéshez új munkaerőállományt kell toborozni, s nekik új lakóingatlanokat kell felépíteni. Ehhez szükséges területet a Paksi Dunamenti Zrt. 18 hektáros hajdani központi majorja biztosítja. A Magyar Kormány nemzetgazdasági szempontból kiemelt beruházással minősítette az atomerőmű építését és a hozzátartozó egyéb feladatokat. Ezen állami akarat végrehajtásával a kizárólagos állami tulajdonban lévő PIP Nonprofit Kft. bízta meg aki meg is vásárolta a területet.

A Paksi Dunamenti Zrt. sem zárkozhatott el az erős és elkötelezett állami szándék és a fejlődés útja elől, ezért központi telephelyét áthelyezte leányvállalata a Gerjén Agrár Zrt. területére 2021 februárjában.

A közös gerjén telephely kialakítása költséghatékonyabbá teszi a növénytermelést, mivel a paksi földek 80%-a az Atomerőmű alatt található (3.2.1. ábra), ezáltal gyorsabban, nagyobb gépparkkal és szakszerűbben tudjuk megművelni a földeket.

A két cég együttesen közel 2200 hektáron gazdálkodik Tolna megyében a Duna jobb partján, a teljes terület nitrátérzékenynek minősül. A cég részt vesz a területalapú támogatásban a területe több mint 90 %-ával, az agrár-környezetgazdálkodási programban pedig 460 hektárral. A földterületet 99%-ban bérlő, az AK értéke átlagosan 18 – 33 között változik.



3.2.1. ábra A Paksi Dunamenti Zrt. földjei [Itineris WayQuest program]

2023-ban legnagyobb területen kalászos (800 ha) és siló-, valamint takarmány kukorica (790 ha) termesztése történt. Ezt követte a napraforgó (250 ha) és az őszi káposztarepce (230 hektárral), a maradék 130 hektáron sörárpa és szója előállítása zajlott.

3.2.1. táblázat A cég 2023. évi terméshozam adatai

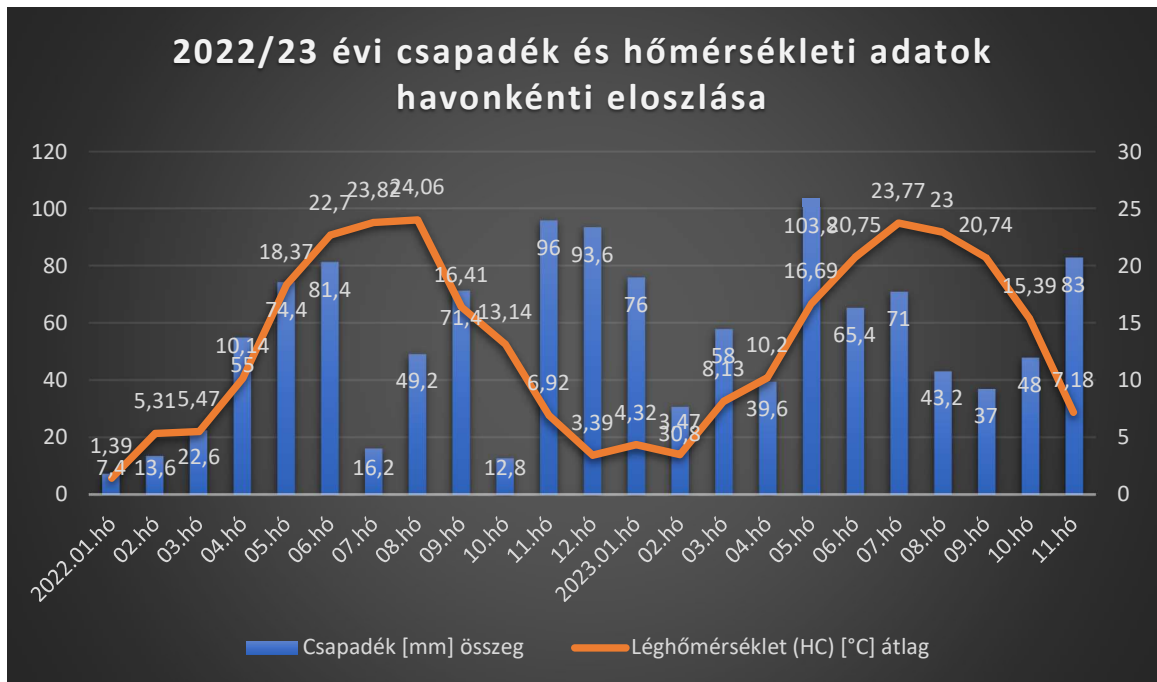
Termesztett kultúra 2023. év	Vetett terület (ha)	Betakarított hozam (t/ha)
őszi káposztarepce	231,7	3,67
őszi búza	343,2	6,31
őszi árpa	456,3	6,14
napraforgó	252,4	3,45
kukorica	286,6	9,68

Forrás: Saját szerkesztés

A betakarított termények tárolási körülményei jelentősen befolyásolják a növénytermesztés eredményességét. A nagyobb terület megműveléséből automatikusan következik a nagyobb kapacitásigényű tárolás megoldása. Ezért a 2022-es évben a gerjeni telephelyen beruházásra került 2 db 960 m² alapterületű gabonatároló, mellyel közel további 6000 tonna terményt tudunk tárolni. Ezek a beruházások a VP2-4.1.7-21 kódszámú nyertes pályázat – Terménytárolók, szárítók és tisztítók fejlesztésének támogatása – keretében valósultak meg. A cég így már 6 db termény raktárral rendelkezik, ezek kapacitása összesen 11500 tonna.

A megbízható és hosszú távú termény raktározása szempontjából nélkülözhetetlen a gabona szárítása és tisztítása, amelynek lényege, hogy a növényben lévő felesleges víztartalmat mechanikai úton eltávolítsuk. A gépi szárításnak köszönhetően meggátoljuk a termény károsodását. A majorban egy SIROKKO típusú gabonaszárító működött. A két gazdaság egy telephelyre való költöztetésével és a megnyert szárító pályázatnak köszönhetően egy CIMBRIA szárító került felállításra 2022-ben a régi elavult technológia helyett, melynek köszönhetően képesek vagyunk az olajos magvak szárítására is, valamint energiahatékonyabb működése révén kevesebb gáz- és villamosenergia felhasználással költséghatékonyabban tudjuk előállítani az értékesíthető terményt.

Magyarország vezető agrometeorológiai állomáshálózata a METOS készülékeken alapul. A gazdaság egy ilyen készülékkel rendelkezik a gerjeni telephelyen felállítva. A meteorológiai állomás képes mérni az összes, mezőgazdaság számára fontosabb időjárási paramétert (talajhő, csapadék, levélnedvesség, léghő, relatív páratartalom, harmatpont). Egy beépített modem tárolja a 10 percenként beérkező mért adatokat és átküldi a cég webszerverére, ahonnan jelszóval lekérdezhetők az információk, melyek nagy segítséget nyújtanak a növényvédelmi előrejelzésben (3.2.2. ábra).



3.2.2. ábra A 2022/23 évi csapadék és hőmérséklet adatok a gerjeni telephelyen

A 2022/2023. évi hőmérséklet- és csapadékmennyiség adatait is a METOS készülék szolgáltatta, Excel táblában dolgoztam fel, hogy jól látható legyen a havonkénti eloszlás. Az őszi tenyészidőszakban (október-december) átlagosan lehullott csapadékmennyiség 202,4 mm volt. Az októberi hónap nagyon aszályos volt, de ez a csapadékszegény időszak nem folytatódott tovább a 2023-as év elején, ez nagyban elősegítette a növényfejlődést az életfolyamatok megindulásakor. A tavaszi tenyészidőben (január-június) 373,6 mm eső hullott, az elmúlt 5 év átlagos 302 mm-jével szemben.

A 2023 év során lehulló csapadék mennyisége Paks-Gerjen átlagban 740 mm volt, a tenyészidőszakra (2022.09.hó-2023.08.hó) 762 mm jutott, ami 2,32 százalékkal több, mint a sokévi érték (1991–2020), és mind térben, mind időben optimálisan alakult az eloszlása, mindez szépen megmutatkozott az idei év terméshozamában.

A gazdaság *gépállománya* Claas, John Deere, Case IH és Landini erőgépekből áll, valamint két Claas Lexion kombájn segíti a betakarítási munkákat.

Az elmúlt 30 évben lezajlott talajtömörödés az ugyanabban a mélységben végzett művelésnek köszönhető. A talajt fenyegető degradációs folyamatok hozamvesztést, ezáltal pedig profitsökkenést eredményeznek. A környezetkímélő és energiatakarékos

talajművelés a fenntartható gazdálkodás alapfeltétele. A hagyományos, forgatásos talajművelési eljárások mellett egyre szélesebb körben terjed el a művelettakarékos és a talaj vízháztartását segítő talajművelési technológia. Egy Horsch Terrano szántóföldi kultivátorral rendelkezik a cég, mely a talaj sekély vagy mélyművelésére szolgál. Alkalmazható mind a sík és teljes felületű tarlóműveléshez, mind pedig az intenzív lazításhoz és a szármaradványok bekeveréséhez, 30 cm-es mélységig.

2021-ben beszerzésre került egy HE-WA henger, amely szántás elmunkálásra és talaj visszazárásra egy menetben alkalmas, mivel egy CROSSBOARD simító van felszerelve a hengersor elé. 2022/2023-as évben is első számú célként szerepel, hogy folyamatosan korszerűsítsük a jelenlegi gépparkunkat, előreláthatólag januárban érkezik meg a 2 db KÖRNYEI simító, valamint a VP2-4.1.8.-21 kódszámú nyertes pályázat – A mezőgazdaság digitális átállásához kapcsolódó precíziós fejlesztés – keretében az alábbi gépeket rendeltük meg az AXIÁL Kft-től, valamint a KITE Zrt-től:

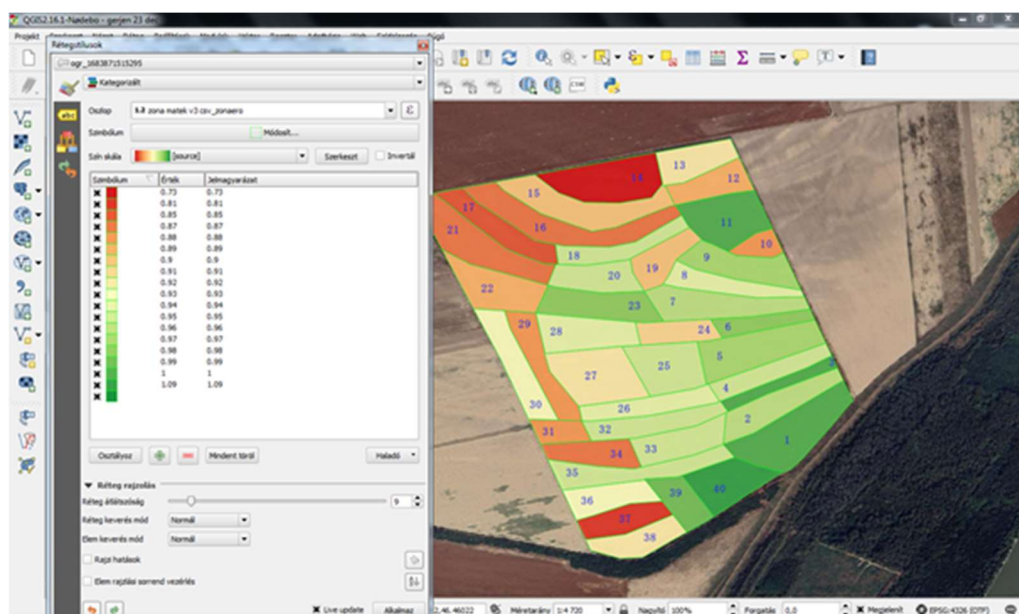
- 2 db Claas Arion 650-es mezőgazdasági vontató,
- 1 db Rauch Axis műtrágyaszóró,
- Horsch Pronto 6 DC gabonavetőgép,
- Berthoud Tracker vontatott szántóföldi permetező,
- valamint a precíziós vezérlés kiépítése meglévő traktorokra és szántóföldi permetezőre.

3.3. A kísérlet beállítása és módszere

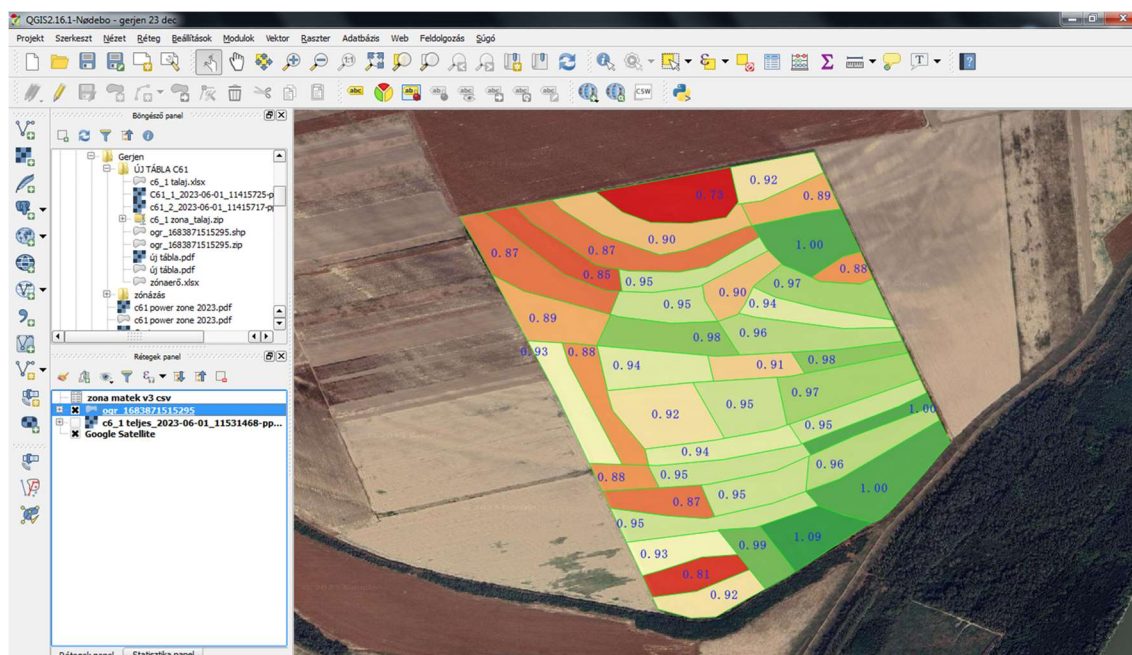
A kísérletbe a gerjени C6-os tábla 103,7 hektáros területe lett bevonva. A cég indult a digitalizációs pályázatban, cél volt a helyspecifikus tápanyag gazdálkodás bevezetése minél nagyobb területen. Így ezen a táblán is. A területre megtörtént a zónák lehatárolása a Cosima Kft. műholdas hozammérésére alapozott módszerével, illetve 2023-ra a zónákra az aktuális zónaerőt – a zónák termőképességi indexét – is megadta a szolgáltató. A terv az volt, hogy 2023-ban már ez alapján történjen a tápanyagok kijuttatása. Első lépésként a műtrágya dózis közvetlen differenciálása volt a terv, a kapott zónaerők alapján.

A dolgozat célja az volt, hogy kimutassam jár-e előnnyel és ha igen, milyen előnyökkel a helyspecifikus tápanyagkijuttatás. A megadott zónaerők alapján meghatározásra került a differenciált tápanyag igény, amit összehasonlítottam a 10 t/ha hozamra tervezett homogén kijuttatás tápanyag igényével. A differenciált műtrágyázás nem valósult meg, ezért modell számítás formájában tudom csak a célkitűzéseimet megvalósítani. A kísérlet eredményét hozamméréssel terveztem ellenőrizni, de hozamtérképezés sem történt, ezért erre is alternatív megoldást kellett találnom.

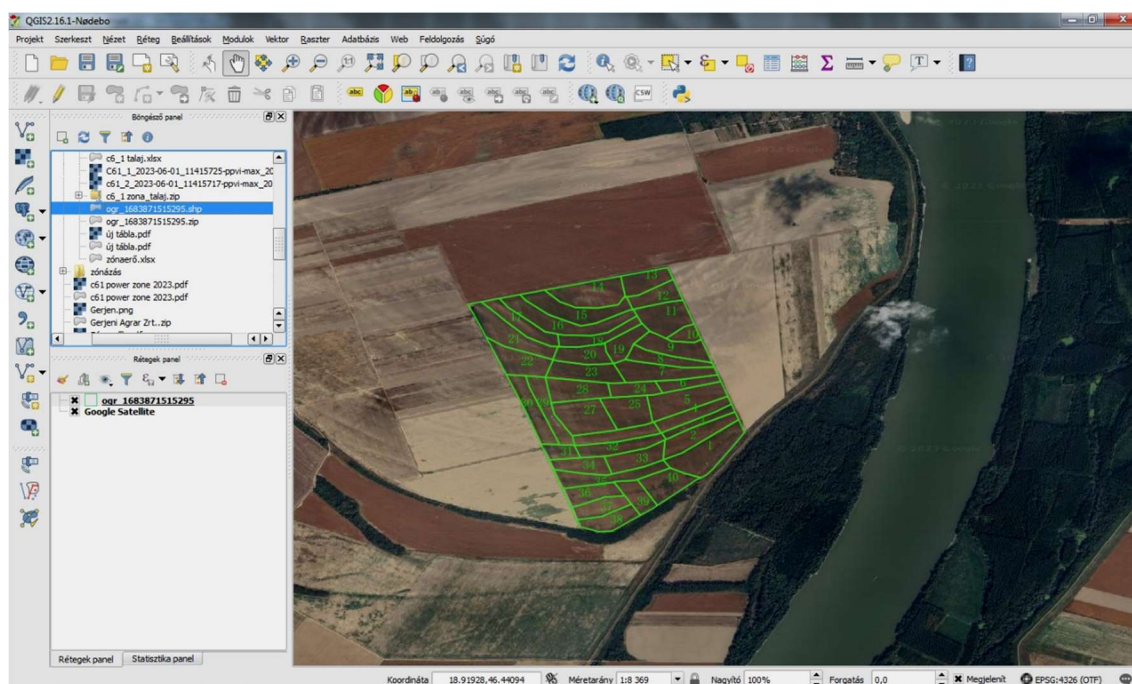
A Cosima által előállított zóna shp fájl (3.3.1. és 3.3.2. ábra), mint vektoros réteget importáltam a QGIS-be. Így megjelent a tábla zónatérképe a zónák egyedi azonosítóival a QGIS-ben (3.3.3. ábra).



3.3.1. ábra A betöltött shp fájlból megjelenített zónaerőtérkép



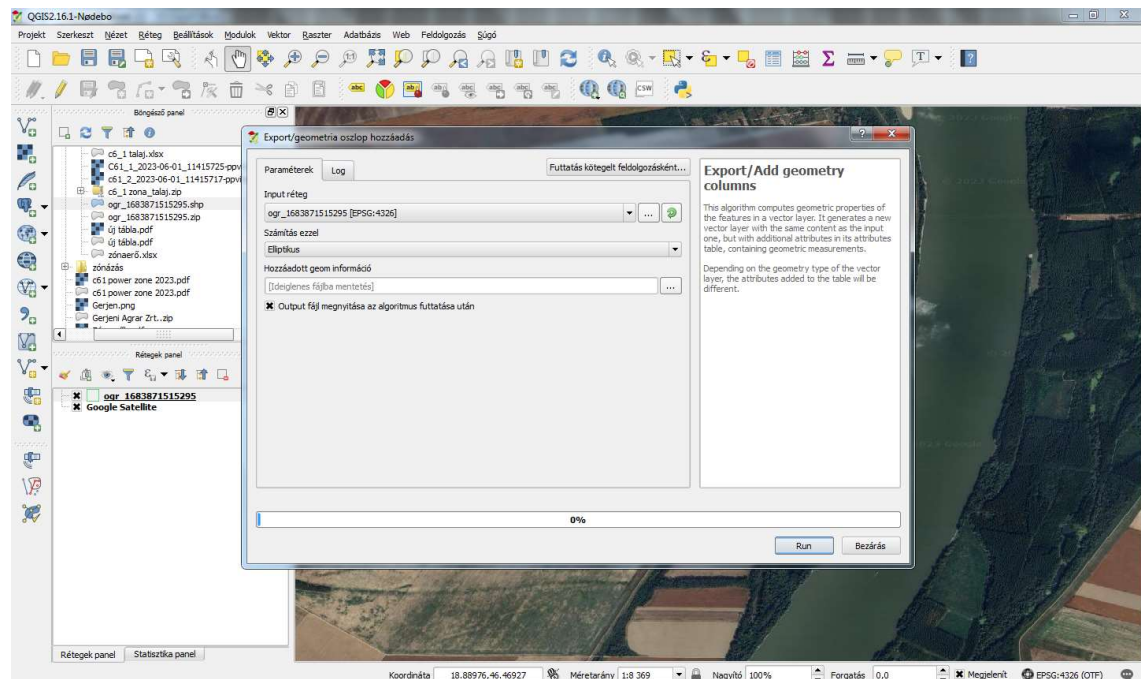
3.3.2. ábra Zónaerőtérkép a zónaerőkkel



3.3.3. ábra Zónatérkép a QGIS-ben a zónák egyedi azonosítóival

Ahhoz, hogy a helyspecifikus tápanyag felhasználást pontosan ki tudjuk számolni, előbb meg kell határozni az egyes zónák méretét.

A zónák méretének meghatározását a QGIS-ben végeztem, a Vektor / geometriai eszközök / geometriai oszlop hozzáadása funkcióval (3.3.4. ábra).



3.3.4. ábra A zónák méretének meghatározás a QGIS szoftverben

A zónák területe adat bekerült, mint új attribútum, ezt a létrejött réteget MS Excel formátumban exportáltam a további számításokhoz, valamint a területet hektárra konvertáltam.

Meghatároztam, hogy mennyi NKP hatóanyag kellene homogén, illetve differenciált kijuttatás esetén. Mindkét verzió esetén a tervezett alaphozamot 10 t/ha-ban – a gazdaság növénytermesztési gyakorlatát figyelembe véve – határoztam meg zónánként. Kiszámoltam a homogén tápanyagszükségletet 10 t/ha hozamra vetítve (3.3.1. táblázat).

A 3.3.1. számú táblázat mutatja a számított zónaméreteket és a kukorica fajlagos tápanyagigényét. A táblán meghatározott 40 zóna hektárban mért területét a táblázat második oszlopában tekinthetjük meg.

3.3.1. táblázat A számított zónaméretek és a kukorica fajlagos tápanyagigénye

HOMOGÉN											
ZSSZT	terület hektár	fajlagos			tervezett hozam t/ha	10 tonnára vetített			10 tonnára a zóna teljes		
		N igény	P igény	K igény		N igény	P igény	K igény	N igény	P igény	K igény
1	4,49	25	11	22	10	250	110	220	1122,5	493,9	987,8
2	2,80	25	11	22	10	250	110	220	700	308	616
3	1,24	25	11	22	10	250	110	220	310	136,4	272,8
4	2,03	25	11	22	10	250	110	220	507,5	223,3	446,6
5	3,85	25	11	22	10	250	110	220	962,5	423,5	847
6	1,34	25	11	22	10	250	110	220	335	147,4	294,8
7	3,41	25	11	22	10	250	110	220	852,5	375,1	750,2
8	1,99	25	11	22	10	250	110	220	497,5	218,9	437,8
9	2,73	25	11	22	10	250	110	220	682,5	300,3	600,6
10	0,89	25	11	22	10	250	110	220	222,5	97,9	195,8
11	3,31	25	11	22	10	250	110	220	827,5	364,1	728,2
12	1,92	25	11	22	10	250	110	220	480	211,2	422,4
13	2,13	25	11	22	10	250	110	220	532,5	234,3	468,6
14	3,87	25	11	22	10	250	110	220	967,5	425,7	851,4
15	3,80	25	11	22	10	250	110	220	950	418	836
16	4,32	25	11	22	10	250	110	220	1080	475,2	950,4
17	2,47	25	11	22	10	250	110	220	617,5	271,7	543,4
18	1,96	25	11	22	10	250	110	220	490	215,6	431,2
19	1,87	25	11	22	10	250	110	220	467,5	205,7	411,4
20	2,15	25	11	22	10	250	110	220	537,5	236,5	473
21	3,99	25	11	22	10	250	110	220	997,5	438,9	877,8
22	2,97	25	11	22	10	250	110	220	742,5	326,7	653,4
23	2,91	25	11	22	10	250	110	220	727,5	320,1	640,2
24	1,59	25	11	22	10	250	110	220	397,5	174,9	349,8
25	3,01	25	11	22	10	250	110	220	752,5	331,1	662,2
26	2,23	25	11	22	10	250	110	220	557,5	245,3	490,6
27	3,93	25	11	22	10	250	110	220	982,5	432,3	864,6
28	2,83	25	11	22	10	250	110	220	707,5	311,3	622,6
29	2,42	25	11	22	10	250	110	220	605	266,2	532,4
30	2,75	25	11	22	10	250	110	220	687,5	302,5	605
31	1,10	25	11	22	10	250	110	220	275	121	242
32	2,43	25	11	22	10	250	110	220	607,5	267,3	534,6
33	2,42	25	11	22	10	250	110	220	605	266,2	532,4
34	1,98	25	11	22	10	250	110	220	495	217,8	435,6
35	2,92	25	11	22	10	250	110	220	730	321,2	642,4
36	2,03	25	11	22	10	250	110	220	507,5	223,3	446,6
37	1,93	25	11	22	10	250	110	220	482,5	212,3	424,6
38	1,99	25	11	22	10	250	110	220	497,5	218,9	437,8
39	1,72	25	11	22	10	250	110	220	430	189,2	378,4
40	2,68	25	11	22	10	250	110	220	670	294,8	589,6
ZSSZT:	Axiál által használt zónaszámozás					Tábla össz NPK igénye (kg):			24 477,5	10 770,1	21 540,2

Forrás: Saját szerkesztés

Szakirodalmi adatok alapján [17] minden elvárt 1t/ha kukorica főtermény eléréséért 25kg Nitrogén (N), 11kg Foszfor (P), illetve 22kg Kálium (K) hatóanyag igénnyel, valamint az összes műtrágya igény meghatározásához a zónák méretével számolok. Az így kialakult táblázatban szemléltettem, hogy az egyes zónák hány kilogramm hatóanyagot kapnának homogén kijuttatás esetén.

Hasonló számítást elvégeztem a differenciált tápanyag kijuttatás modellezésére is. Az átlag hozamot itt is 10 t/ha-ban határoztam meg, melyet differenciált kijuttatással szeretnénk elérni. Itt a már előzőekben még homogénnek tekintett zónák változatlanok, de már figyelembe vesszük a köztük rejlő terméspotenciálban lévő különbségeket is.

A műholdas hozammérésre alapozott zónázási módszer korábban ismertetett egyik erőssége, hogy több év visszamenőleges hozammérés alapján a tervezett évre és tervezett kultúrára testreszabott ún. zónaerőket, vagy termőképességi indexeket határoz meg. Ezzel fejezi ki és számszerűsíti az egyes zónák termőképességét. Ennek megfelelően, ebben az esetben a 10 t/ha-os átlag hozamot, minden esetben a szolgáltató által kiszámolt zónaerővel korrigáltam. Ezáltal, minden zónára meghatároztam az arra aktuálisan érvényes tervezett hozamot. Ennek tápanyag igényét a homogén változatnál alkalmazott számítással és alap adatokkal azonos módon végeztem (3.3.2. táblázat). A tápanyag igényt kifejeztem ha-ra vetítve, illetve a zónák méretét figyelembe véve összmenyiségben is mindkét megközelítés – homogén és differenciált – esetén.

Ahhoz, hogy a két módszer tápanyag igénye közti különbség költség vonzatát ki tudjam számolni, a zónákra kijuttatandó hatóanyagok árát is bevontam a számításba. A gazdaság által jellemzően használt műtrágyák, illetve azok korábbi konkrét beszerzései során tapasztalt, valamint az interneten aktuálisan elérhető árak alapján kis szórással, mindhárom tápelem esetében 900 Ft/kg hatóanyag árat láttam reálisnak. A számítások során tehát mindhárom tápelem esetén ezzel az árral számoltam, emiatt a három tápelem mennyiségét összevontan kezeltem.

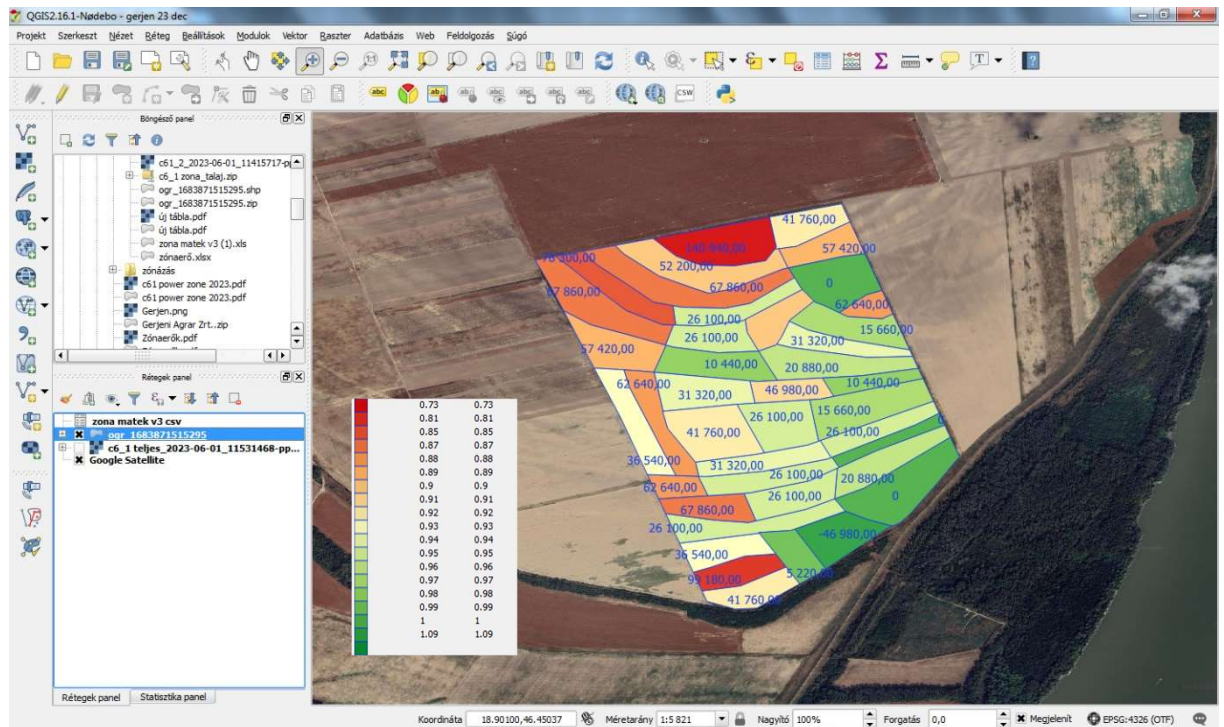
A számítások során fontos paraméter a ténylegesen elért, illetve elérhető hozam. Mivel hozammérés 2023-ban nem történt, ebből nem tudtam kiindulni. A 10t/ha tervezett termésszintet a gazdaság korábbi gazdálkodási gyakorlata alapján határoztam meg. Az elemzések alapján azonban kérdésessé vált, hogy ennek mi a realitása. Az idő közben a szolgáltatótól megkapott zónaerők azt mutatják, hogy a terület ennél gyengébb termőképességű. Tekintve, hogy utóbbi módszer több év kalibrált hozammérésére épül, a számításoknál a műholdas hozammérésre alapozott zónázási módszerrel meghatározott termésszintet tekintettem reális tény hozamnak.

3.3.2. táblázat Differenciált tápanyag-kijuttatás

HETEROGÉN													
ZSSZT	terület hektár	fajlagos			tervezett hozam t/ha	zónaerő	zónaerőkkal korrigált tervezett hozam	heterogén			Zóna teljes		
		N igény	P igény	K igény				N igény	P igény	K igény	N igény	P igény	K igény
1	4,49	25	11	22	10	1	10,00	250	110	220	1122,5	493,9	987,8
2	2,80	25	11	22	10	0,96	9,60	240	105,6	211,2	672	295,68	591,36
3	1,24	25	11	22	10	1	10,00	250	110	220	310	136,4	272,8
4	2,03	25	11	22	10	0,95	9,50	237,5	104,5	209	482,125	212,135	424,27
5	3,85	25	11	22	10	0,97	9,70	242,5	106,7	213,4	933,625	410,795	821,59
6	1,34	25	11	22	10	0,98	9,80	245	107,8	215,6	328,3	144,452	288,904
7	3,41	25	11	22	10	0,96	9,60	240	105,6	211,2	818,4	360,096	720,192
8	1,99	25	11	22	10	0,94	9,40	235	103,4	206,8	467,65	205,766	411,532
9	2,73	25	11	22	10	0,97	9,70	242,5	106,7	213,4	662,025	291,291	582,582
10	0,89	25	11	22	10	0,88	8,80	220	96,8	193,6	195,8	86,152	172,304
11	3,31	25	11	22	10	1	10,00	250	110	220	827,5	364,1	728,2
12	1,92	25	11	22	10	0,89	8,90	222,5	97,9	195,8	427,2	187,968	375,936
13	2,13	25	11	22	10	0,92	9,20	230	101,2	202,4	489,9	215,556	431,112
14	3,87	25	11	22	10	0,73	7,30	182,5	80,3	160,6	706,275	310,761	621,522
15	3,80	25	11	22	10	0,9	9,00	225	99	198	855	376,2	752,4
16	4,32	25	11	22	10	0,87	8,70	217,5	95,7	191,4	939,6	413,424	826,848
17	2,47	25	11	22	10	0,85	8,50	212,5	93,5	187	524,875	230,945	461,89
18	1,96	25	11	22	10	0,95	9,50	237,5	104,5	209	465,5	204,82	409,64
19	1,87	25	11	22	10	0,9	9,00	225	99	198	420,75	185,13	370,26
20	2,15	25	11	22	10	0,95	9,50	237,5	104,5	209	510,625	224,675	449,35
21	3,99	25	11	22	10	0,87	8,70	217,5	95,7	191,4	867,825	381,843	763,686
22	2,97	25	11	22	10	0,89	8,90	222,5	97,9	195,8	660,825	290,763	581,526
23	2,91	25	11	22	10	0,98	9,80	245	107,8	215,6	712,95	313,698	627,396
24	1,59	25	11	22	10	0,91	9,10	227,5	100,1	200,2	361,725	159,159	318,318
25	3,01	25	11	22	10	0,95	9,50	237,5	104,5	209	714,875	314,545	629,09
26	2,23	25	11	22	10	0,94	9,40	235	103,4	206,8	524,05	230,582	461,164
27	3,93	25	11	22	10	0,92	9,20	230	101,2	202,4	903,9	397,716	795,432
28	2,83	25	11	22	10	0,94	9,40	235	103,4	206,8	665,05	292,622	585,244
29	2,42	25	11	22	10	0,88	8,80	220	96,8	193,6	532,4	234,256	468,512
30	2,75	25	11	22	10	0,93	9,30	232,5	102,3	204,6	639,375	281,325	562,65
31	1,10	25	11	22	10	0,88	8,80	220	96,8	193,6	242	106,48	212,96
32	2,43	25	11	22	10	0,95	9,50	237,5	104,5	209	577,125	253,935	507,87
33	2,42	25	11	22	10	0,95	9,50	237,5	104,5	209	574,75	252,89	505,78
34	1,98	25	11	22	10	0,87	8,70	217,5	95,7	191,4	430,65	189,486	378,972
35	2,92	25	11	22	10	0,95	9,50	237,5	104,5	209	693,5	305,14	610,28
36	2,03	25	11	22	10	0,93	9,30	232,5	102,3	204,6	471,975	207,669	415,338
37	1,93	25	11	22	10	0,81	8,10	202,5	89,1	178,2	390,825	171,963	343,926
38	1,99	25	11	22	10	0,92	9,20	230	101,2	202,4	457,7	201,388	402,776
39	1,72	25	11	22	10	0,99	9,90	247,5	108,9	217,8	425,7	187,308	374,616
40	2,68	25	11	22	10	1,09	10,90	272,5	119,9	239,8	730,3	321,332	642,664
ZSSZT: az Axiál által használt zónaszámozás								Tábla össz NPK igénye (kg):			23 737,2	10 444,3	20 888,7

Forrás: Saját szerkesztés

A kiszámolt, zónánkénti összesített megtakarítást felvittem a QGIS szoftverbe (3.3.5. ábra). Ebből a területegységre (ha) vonatkozó megtakarítást az attribútum táblázat „Mező kalkulátor” funkciójával számoltam ki.



3.3.7. ábra Zónaerő térkép az elérhető, területegységre (ha) vetített megtakarítás értékeivel

A CPI térképen látott, a tábla bal oldalán látszó jelentősen gyengébb hozamú rész azt sugallta, hogy az a terület valamilyen tekintetben eltérően lett művelve, mint a tábla többi része. Felmerült, hogy más fajtát vetettek, esetleg eltérő időben, vagy más tápanyag visszapótlásban részesült. Megkeresésemre a gazdaság rendelkezésemre bocsátotta a vizsgált tábla kartonját. Ebből kiderült, hogy ősz végén szervesztrágyát kapott 81,5 ha terület, 40 t/ha dózisban, kivéve a tábla bal oldala. A táblán tehát a korábbi tervekhez képest drasztikusan más művelés került megvalósításra. A terület képes lett a tervezett átlagosan 10 t/ha hozam elérésére, de ehhez nagy mennyiségű szervesztrágyát használtak fel, mely a differenciált kijuttatás tervezésekor, illetve a zónaerők meghatározásakor nem volt ismert. Figyelemre méltó ugyanakkor, hogy 10 t/ha fölé így sem ment a hozam. Ez a műholdas hozammérésre alapozott zónázás pontosságát erősíti meg, valamint azt, hogy a homogén megközelítésben a tábla termőképességét valóban túlértékeltek.

Ez a tény a CPI-n látott jelenséget megmagyarázza. Ugyanakkor, a korábbi mintázat, a korábbi heterogenitás részben ezek után is megmaradt. Ez pedig azt sugallja, hogy a területen nem csak a tápanyag ellátottság formálja a hozamot.

Mégis, szerettem volna képet kapni arról, hogyan alakult a zóna-alapú gazdálkodás eredményessége, illetve a tábla hozama a zónázás után. Ez többféle módszerrel vizsgálható, leginkább a hozammérést tudnánk erre használni. De a hozamtérkép hiánya miatt ezt a vizsgálatot nem tudtam elvégezni.

Az NDVI térkép alapú elemzések sem jelentettek megoldást, mivel ennek a korrelációja a hozammal igen gyenge [11], ezért a Trimble Power Zone módszerét választottam, mert ez elérhető volt számomra.

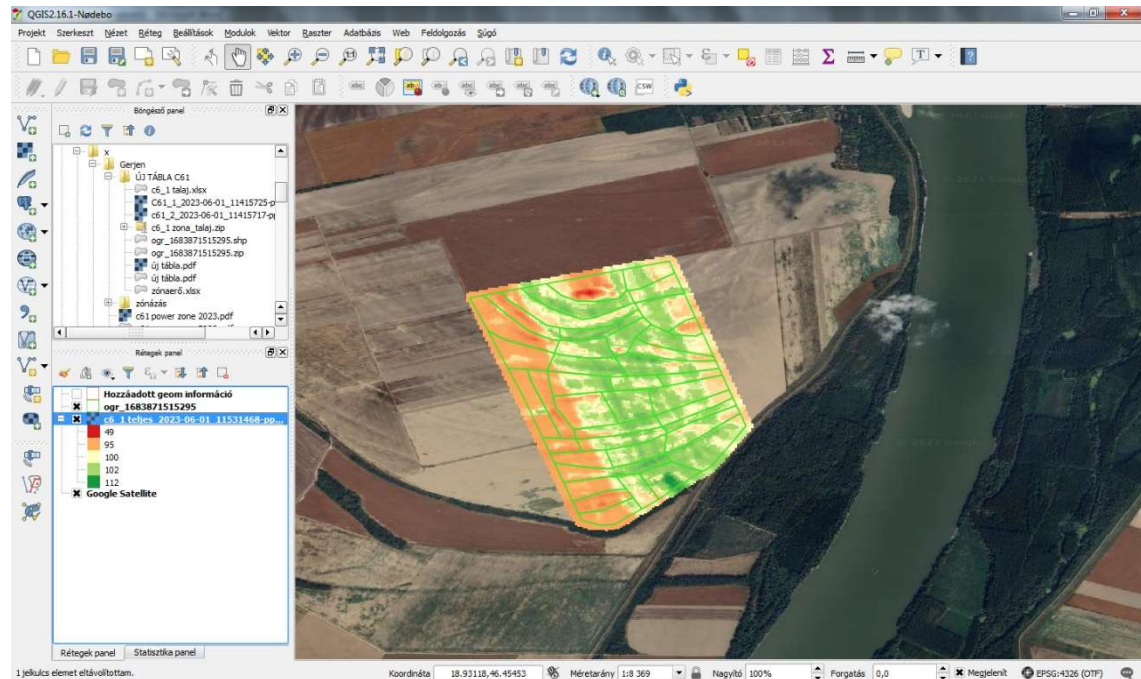
Ahogy az korábban tárgyalásra került, a Power Zone a hozam abszolút (t/ha) mérésére nem alkalmas, de nagy mennyiségű műholdas felvételre alapozva képes egy-egy év növényi hozamának relatív becslésére. Azaz, százalékos formában jelzi a táblán belüli eltérő hozam szinteket, a tábla átlagához képest.

A Trimble Power Zone módszerével a 2023. év CPI (Crop Productivity Index – termőképességi index) térképe tif formátumban előállításra került (3.3.8. ábra).

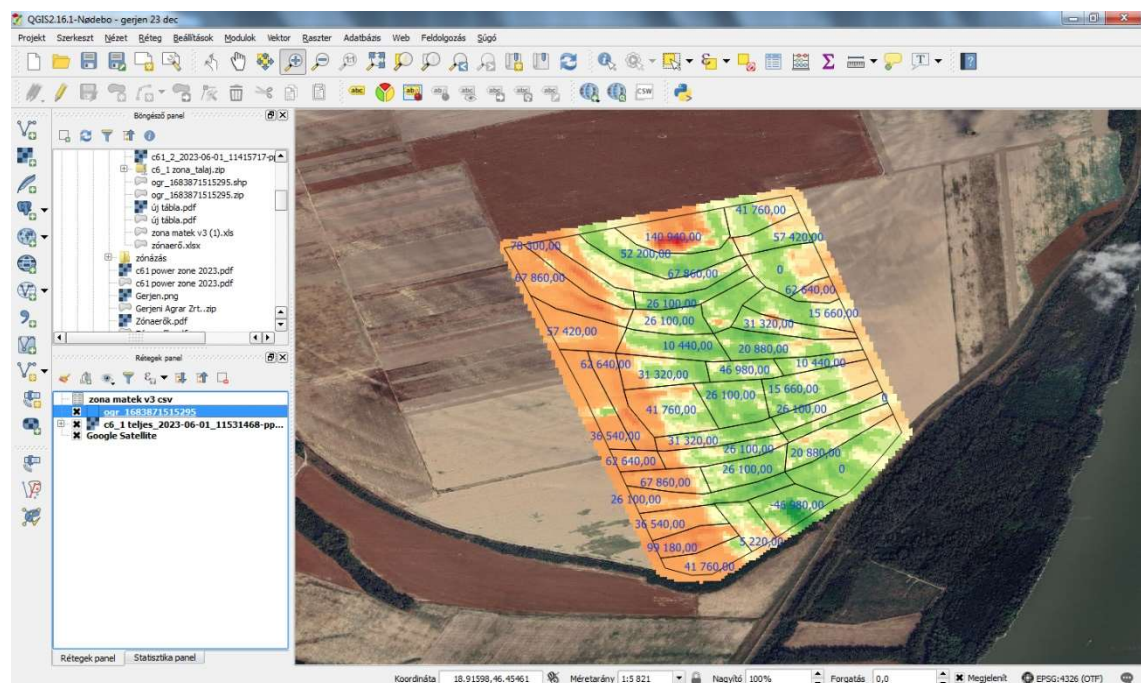


3.3.8. ábra A tábla 2023. évi CPI térképe

Ezt, mint raszter réteget importáltam a QGIS szoftverbe (3.3.9. ábra).



3.3.9. ábra A 2023. évi CPI térkép a terület zónatérképével



3.3.10. ábra 2023. évi CPI térkép a zónakontúrokkal és az elérhető, területegységre (ha) vetített megtakarítás értékeivel

4. EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A homogén és differenciált kijuttatásra vonatkozó számításokat összehasonlítva az látszik, hogy 3 zóna kivételével a differenciált kijuttatás kevesebb tápanyag, illetve műtrágya felhasználását javasolja. Ennek elődleges oka, hogy a műholdas hozammérésre alapozott módszer alacsonyabb termésszintet javasol, mint az általam kitűzött 10t/ha. A módszer által meghatározásra kerültek az egyes zónákhoz tartozó zónaerők.

Ezek megmutatják, hogy hány százalékát tudja a zóna az elvárt hozamnak, így az egyes területekre kiszámítjuk a korrigált tervezett hozamunkat. Ha ezek megvannak, így újra tudjuk számítani az NPK kijuttatási terveinket.

Azt észre kell vennünk, hogy mind termésátlag tervben, mind inputanyag felhasználásban különbség alakult ki a hagyományos és a precíziós kijuttatással tervezett gazdálkodásban. A két eljárás táblázatait egyesítve kiszámíthatók az egyes zónákra és az egész táblára vetített különbségek. Ezeket 4.1. táblázatban foglaltam össze.

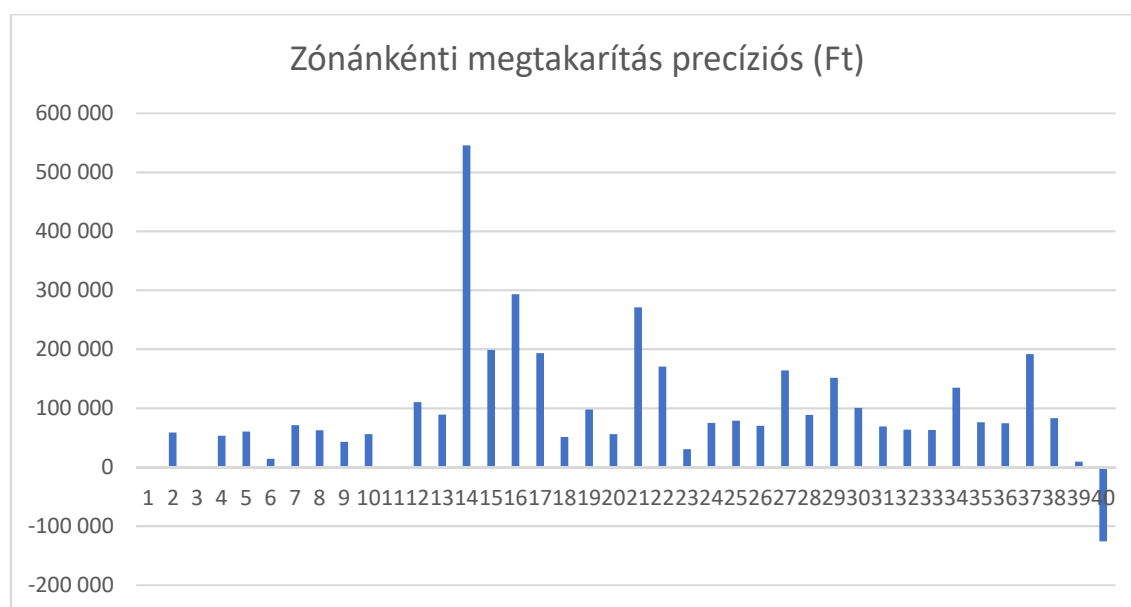
Láthatjuk, hogy a zónák nagy része nem alkalmas a 10 t/ha tervet teljesíteni, inkább kicsit alatta van a potenciáljuk, viszont az 1, 3 és a 11-es zóna pontosan ilyen adottságokkal rendelkezik, itt nincs is különbség a hagyományosan és precíziósan kijuttatandó NPK mennyiségek között. Említésre méltó még zónaerők tekintetében, hogy a 40-es zóna, mely a tábla legjobb része, nagyobb hozam elérésére is alkalmas lehet, mint a 10t/ha célhozam.

4.1. táblázat A homogén és differenciált tápanyagkijuttatás eredménye

ZÓNÁNKÉNTI ÖSSZEHASONLÍTÁS																	
ZSSZT	terület hektár	tervezett hozam			homogén tápanyag igény (kg/zóna)			heterogén tápanyag igény (kg/zóna)			homogén - heterogén igény (kg/zóna)			összes műtrágya megtakarítás (N+P+K)	Feltételezett hozamkiesés	megtakarítás Ft/zóna	megtakarítás Ft/ha
		homogén	zónaerővel korrigált	különbőség	N	P	K	N	P	K	N	P	K				
1	4,49	10	10,00	0,00	1 122,5	493,9	987,8	1 122,5	493,9	987,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0	0,0
2	2,80	10	9,60	0,40	700,0	308,0	616,0	672,0	295,7	591,4	28,0	12,3	24,6	65,0	1,12	58 464	20 880,0
3	1,24	10	10,00	0,00	310,0	136,4	272,8	310,0	136,4	272,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0	0,0
4	2,03	10	9,50	0,50	507,5	223,3	446,6	482,1	212,1	424,3	25,4	11,2	22,3	58,9	1,02	52 983	26 100,0
5	3,85	10	9,70	0,30	962,5	423,5	847,0	933,6	410,8	821,6	28,9	12,7	25,4	67,0	1,16	60 291	15 660,0
6	1,34	10	9,80	0,20	335,0	147,4	294,8	328,3	144,5	288,9	6,7	2,9	5,9	15,5	0,27	13 990	10 440,0
7	3,41	10	9,60	0,40	852,5	375,1	750,2	818,4	360,1	720,2	34,1	15,0	30,0	79,1	1,36	71 201	20 880,0
8	1,99	10	9,40	0,60	497,5	218,9	437,8	467,7	205,8	411,5	29,9	13,1	26,3	69,3	1,19	62 327	31 320,0
9	2,73	10	9,70	0,30	682,5	300,3	600,6	662,0	291,3	582,6	20,5	9,0	18,0	47,5	0,82	42 752	15 660,0
10	0,89	10	8,80	1,20	222,5	97,9	195,8	195,8	86,2	172,3	26,7	11,7	23,5	61,9	1,07	55 750	62 640,0
11	3,31	10	10,00	0,00	827,5	364,1	728,2	827,5	364,1	728,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0	0,0
12	1,92	10	8,90	1,10	480,0	211,2	422,4	427,2	188,0	375,9	52,8	23,2	46,5	122,5	2,11	110 246	57 420,0
13	2,13	10	9,20	0,80	532,5	234,3	468,6	489,9	215,6	431,1	42,6	18,7	37,5	98,8	1,70	88 949	41 760,0
14	3,87	10	7,30	2,70	967,5	425,7	851,4	706,3	310,8	621,5	261,2	114,9	229,9	606,0	10,45	545 438	140 940,0
15	3,80	10	9,00	1,00	950,0	418,0	836,0	855,0	376,2	752,4	95,0	41,8	83,6	220,4	3,80	198 360	52 200,0
16	4,32	10	8,70	1,30	1 080,0	475,2	950,4	939,6	413,4	826,8	140,4	61,8	123,6	325,7	5,62	293 155	67 860,0
17	2,47	10	8,50	1,50	617,5	271,7	543,4	524,9	230,9	461,9	92,6	40,8	81,5	214,9	3,71	193 401	78 300,0
18	1,96	10	9,50	0,50	490,0	215,6	431,2	465,5	204,8	409,6	24,5	10,8	21,6	56,8	0,98	51 156	26 100,0
19	1,87	10	9,00	1,00	467,5	205,7	411,4	420,8	185,1	370,3	46,8	20,6	41,1	108,5	1,87	97 614	52 200,0
20	2,15	10	9,50	0,50	537,5	236,5	473,0	510,6	224,7	449,4	26,9	11,8	23,7	62,4	1,08	56 115	26 100,0
21	3,99	10	8,70	1,30	997,5	438,9	877,8	867,8	381,8	763,7	129,7	57,1	114,1	300,8	5,19	270 761	67 860,0
22	2,97	10	8,90	1,10	742,5	326,7	653,4	660,8	290,8	581,5	81,7	35,9	71,9	189,5	3,27	170 537	57 420,0
23	2,91	10	9,80	0,20	727,5	320,1	640,2	713,0	313,7	627,4	14,5	6,4	12,8	33,8	0,58	30 380	10 440,0
24	1,59	10	9,10	0,90	397,5	174,9	349,8	361,7	159,2	318,3	35,8	15,7	31,5	83,0	1,43	74 698	46 980,0
25	3,01	10	9,50	0,50	752,5	331,1	662,2	714,9	314,5	629,1	37,6	16,6	33,1	87,3	1,51	78 561	26 100,0
26	2,23	10	9,40	0,60	557,5	245,3	490,6	524,1	230,6	461,2	33,5	14,7	29,4	77,6	1,34	69 844	31 320,0
27	3,93	10	9,20	0,80	982,5	432,3	864,6	903,9	397,7	795,4	78,6	34,6	69,2	182,4	3,14	164 117	41 760,0
28	2,83	10	9,40	0,60	707,5	311,3	622,6	665,1	292,6	585,2	42,5	18,7	37,4	98,5	1,70	88 636	31 320,0
29	2,42	10	8,80	1,20	605,0	266,2	532,4	532,4	234,3	468,5	72,6	31,9	63,9	168,4	2,90	151 589	62 640,0
30	2,75	10	9,30	0,70	687,5	302,5	605,0	639,4	281,3	562,7	48,1	21,2	42,3	111,7	1,93	100 485	36 540,0
31	1,10	10	8,80	1,20	275,0	121,0	242,0	242,0	106,5	213,0	33,0	14,5	29,0	76,6	1,32	68 904	62 640,0
32	2,43	10	9,50	0,50	607,5	267,3	534,6	577,1	253,9	507,9	30,4	13,4	26,7	70,5	1,22	63 423	26 100,0
33	2,42	10	9,50	0,50	605,0	266,2	532,4	574,8	252,9	505,8	30,3	13,3	26,6	70,2	1,21	63 162	26 100,0
34	1,98	10	8,70	1,30	495,0	217,8	435,6	430,7	189,5	379,0	64,4	28,3	56,6	149,3	2,57	134 363	67 860,0
35	2,92	10	9,50	0,50	730,0	321,2	642,4	693,5	305,1	610,3	36,5	16,1	32,1	84,7	1,46	76 212	26 100,0
36	2,03	10	9,30	0,70	507,5	223,3	446,6	472,0	207,7	415,3	35,5	15,6	31,3	82,4	1,42	74 176	36 540,0
37	1,93	10	8,10	1,90	482,5	212,3	424,6	390,8	172,0	343,9	91,7	40,3	80,7	212,7	3,67	191 417	99 180,0
38	1,99	10	9,20	0,80	497,5	218,9	437,8	457,7	201,4	402,8	39,8	17,5	35,0	92,3	1,59	83 102	41 760,0
39	1,72	10	9,90	0,10	430,0	189,2	378,4	425,7	187,3	374,6	4,3	1,9	3,8	10,0	0,17	8 978	5 220,0
40	2,68	10	10,90	-0,90	670,0	294,8	589,6	730,3	321,3	642,7	-60,3	-26,5	-53,1	-139,9	-2,41	-125 906	-46 980,0
össz:	102,40				tápanyag megtakarítás a teljes táblán						1 862,9	819,7	1 639,3	4 321,8	74,51	3 889 631	
																zónán belüli hektárra vetített megtakarítás:	37 985

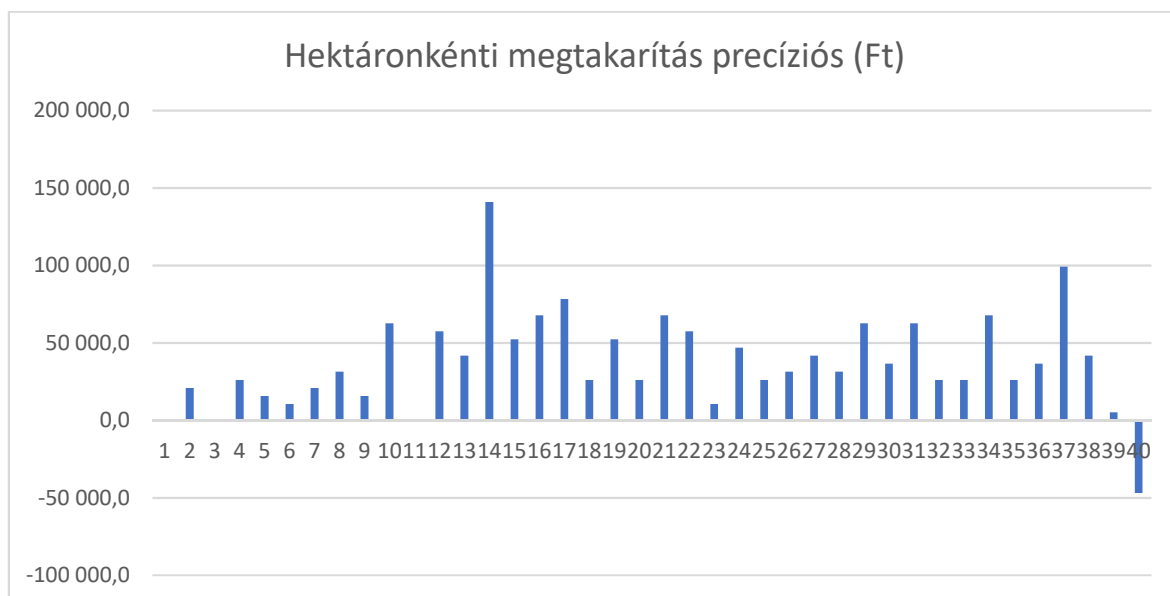
Forrás: Saját szerkesztés

Szemléltetésképp az alábbi diagrammban (4.1. ábra) láthatjuk mekkora zónánkénti megtakarításokat érhetünk el a differenciált kijuttatás esetén. A 40-es zóna esetén ez negatívba megy át, mivel az az egyetlen zónánk, mely 10t/ha feletti hozamra is képes a műholdas becslések szerint. Ennek alapján itt a többlethozamnak megfelelő növelt inputanyagot kell kijuttatnunk, hogy realizálhassuk is ezt az elvárt magasabb termésszintet, mellyel maximálisan kihasználhatjuk a zónában rejlő képességeket. A 14-es zónában önmagában már több, mint fél millió forintos összegű inputanyagot takaríthatunk meg, mely egyébként csak extra költséget jelentene, hiszen a termésátlagban már ez a felesleges dózis nem okozna érdemi növekményt.



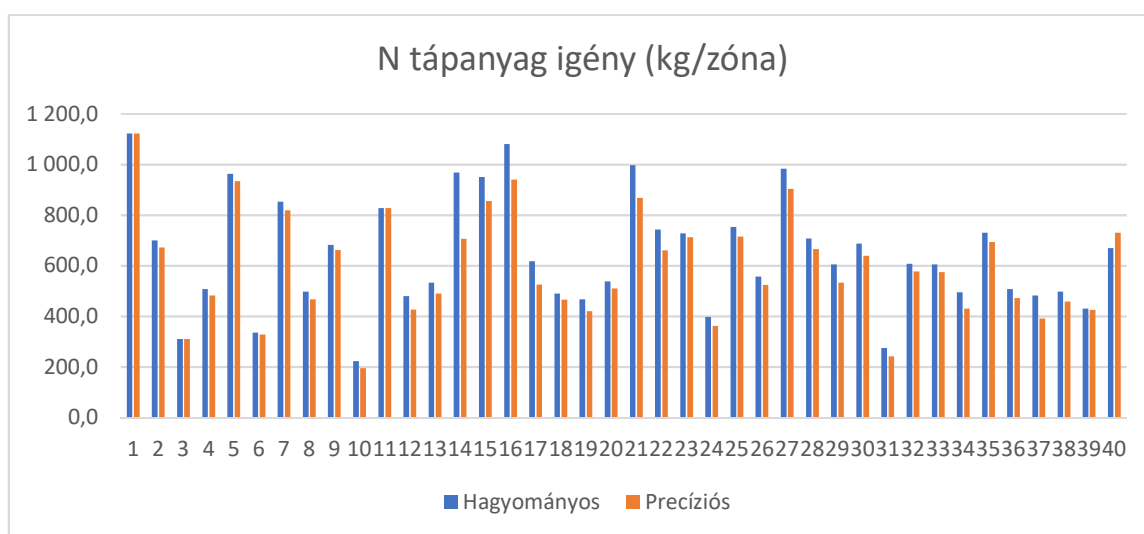
4.1. ábra. Zónánkénti megtakarítás differenciált kijuttatás esetén
Saját számítások

A 4.2. ábrán bemutatom, hogy az egyes zónákban, mennyi a hektáronkénti NPK megtakarítás forintosítva. Ez a grafikon fordítottan arányos a zónaerővel, így értelemszerűen a leggyengébb 14-es zónában legmagasabb a megtakarítás mértéke. Az 1-es, 3-as, 11-es zónákban, mivel a zónaerők alapján pont 10t/ha termésátlag került meghatározásra, itt nem tapasztalunk különbséget a homogén és heterogén tápanyaggazdálkodás között.

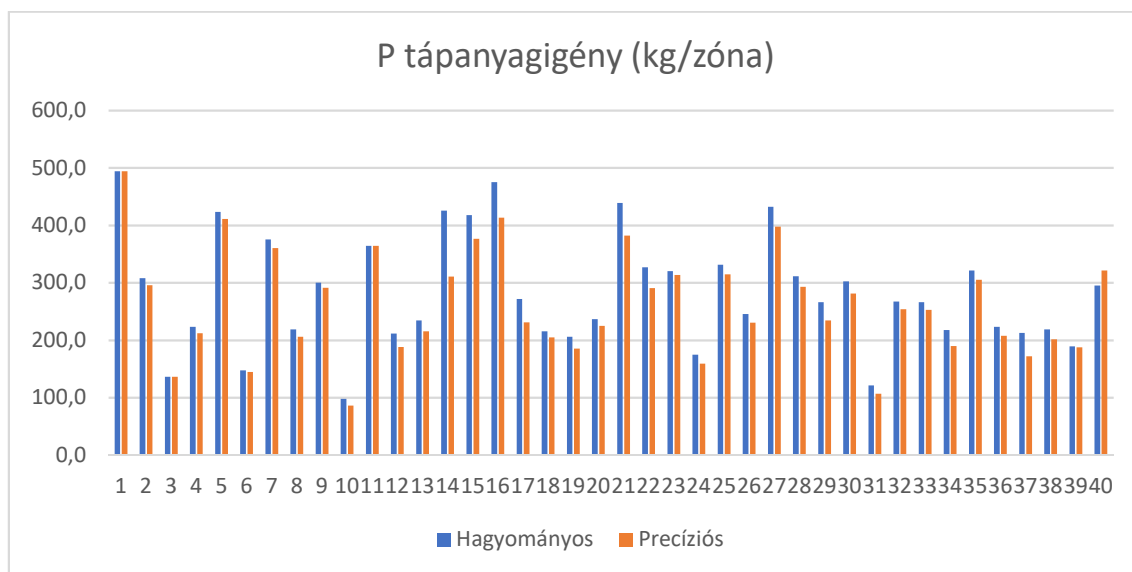


4.2. ábra. Zónán belüli területegységre jutó megtakarítás differenciált kijuttatás esetén
Saját számítások

A következő diagrammokon (4.3. – 4.4. – 4.5. ábrák) párhuzamba állítottam a zónánkénti NPK kijuttatási terveket. Kék színnel jelzett oszlopok a hagyományos, piros színnel jelzett oszlopok a precíziós eljárás alapján kiszámolt kijuttatási mennyiségeket mutatják. Itt is szemléletesen megmutatkozik, mely zónákban a legnagyobb a műtrágya megtakarítás mértéke. Láthatjuk, hogy a legnagyobb megtakarítás egy zónában, több mint negyed tonna nitrogén, majdnem 230 kg kálium és több, mint 1 mázsa foszfort jelent.

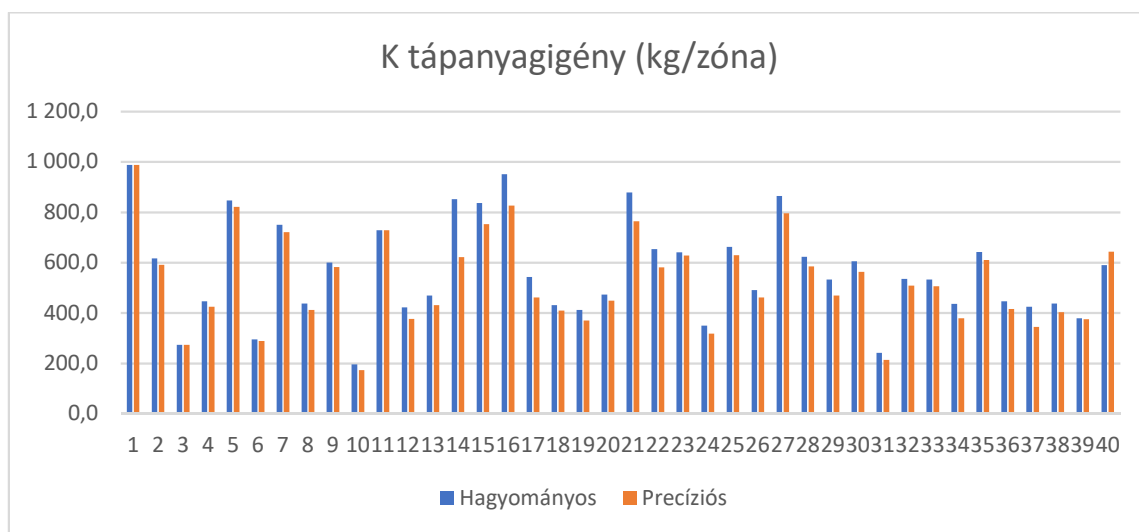


4.3. ábra. Zónánkénti nitrogén kijuttatási tervek



4.4. ábra. Zónánkénti foszfor kijuttatási tervek

Saját számítások



4.5. ábra. Zónánkénti kálium kijuttatási tervek

Saját számítások

Összességében a differenciált kijuttatási tervvel kalkulálva jelentős inputanyag megtakarítás érhető el. Ez jelen esetben az egész táblára tekintve nagyságrendileg 1,9 t nitrogén, 0,8 t foszfor, és több mint 1,6 t kálium hatóanyag megtakarítást jelent. Ez számszerűsítve, ha az NPK hatóanyagokat 900Ft/kg áron számítjuk, akkor 3.889.631. Ft

megtakarítást jelent a vállalat számára. Érdemes még megemlíteni, hogy mivel a tábla adottságai a gyakorlati tapasztalatok alapján sem homogének, így nagyobb eséllyel ad pontos képet a precíziós tervezés, így annak megvalósulási százaléka jóval magasabbnak tekinthető.

Azonban azt is fontos megjegyezni, hogy ebben a modell számításban a talaj tápanyag ellátottságában lévő különbségekkel nem számoltunk. De meg kell jegyezni, hogy az ebben lévő különbségek - akár eltérő, de akár hasonló hozampotenciálú zónák között is - további eltérést okozhatnak a tápanyag igényben, ezáltal a költségekben, illetve a potenciális megtakarításban. A megtakarítás egészen pontos számításához mindenképpen javaslom figyelembe venni a zónák tápanyag ellátottságát.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A precíziós technológia a termesztés gazdaságosságának fokozására törekszik, miközben csökkenti a környezet terhelését a környezetkímélő gazdálkodásnak köszönhetően. A klímaváltozás kihívások elé állítja mind a növénytermesztéssel, mind pedig az állattenyésztéssel foglalkozó gazdákat. Nemcsak az időjárás viszontagságaival kell a termelőknek megküzdeniük, hanem az energiaárak robbanásszerű emelkedésével is.

A precíziós technológiának köszönhetően az input anyagokat optimálisan lehet kijuttatni a szántóföldre, csak akkora mennyiséget amennyire a növénynek szüksége van. Ezáltal a termelésben felhasznált input anyag mennyisége csökken, a gazdaságosság pedig nő. A fenntartható mezőgazdaság célja a hatékonyság növelése, az ökoszisztéma károsítása nélkül, úgy, hogy közben a ráfordított költségeket csökkenti a tudatos gazda.

Dolgozatomban a helyspecifikus tápanyagkijuttatás hatékonyságát vizsgáltam kukoricában. A bevezetésben körvonalaztam a fenntartható mezőgazdaság jelentőségét, felhívva a figyelmet a precíziós növénytermelés fontosságára a hagyományos mezőgazdasági termelés negatív hatásainak a kiküszöbölésére.

A kutatás célja az volt, hogy kimutassam jár-e előnnyel a differenciált tápanyag kijuttatás. Megadott zónaerők alapján meghatározásra került a differenciált tápanyag igény, amit összehasonlítottam a 10 t/ha hozamra tervezett homogén kijuttatás tápanyag igényével. Mivel a differenciált műtrágyázás nem valósult meg, ezért modell számítás formájában próbáltam a célkitűzéseimet megvalósítani. Ebben a modell számításban a talaj tápanyag ellátottságában lévő különbségekkel nem számoltam.

Különböző táblázatokban szemléltettem mekkora zónánkénti megtakarításokat érhetünk el a differenciált kijuttatás esetén, ha pontosan meg tudjuk határozni a zónánkénti termőképességet. Ehhez nyújt segítséget a különböző szolgáltatók zónalehatárolási módszere. A cég a Cosima módszert választotta, mert ennek az eljárásnak az egyik nagy előnye, hogy a hozamok évekre visszamenőleg is feltérképezhetőek. Ezzel a műholdas hozammérési technológiával áttérve a precíziós művelésre, 3-5 év hozammérését spórolhatja meg a gazdálkodó.

6. SUMMARY

Precision technology strives to increase the economy of cultivation, while reducing the burden on the environment thanks to environmentally friendly farming. Climate change presents challenges to both crop and livestock farmers. Producers not only have to contend with weather conditions, but also with the explosive increase in energy prices.

Thanks to the precision technology, the input materials can be optimally applied to the field, only in the amount that the plant needs. As a result, the amount of input material used in production decreases, and the economy increases. The aim of sustainable agriculture is to increase efficiency, without damaging the ecosystem, so that in the meantime the costs are reduced by the conscious farmer.

In my thesis, I examined the effectiveness of site-specific nutrient application in corn. In the introduction, I outlined the importance of sustainable agriculture, drawing attention to the importance of precision crop production to eliminate the negative effects of traditional agricultural production.

The purpose of the research was to show whether differentiated nutrient application is beneficial. Based on given zone strengths, the differentiated nutrient requirement was determined, which I compared with the nutrient requirement of the homogeneous application planned for a yield of 10 t/ha. Since the differentiated fertilization was not implemented, I tried to achieve my objectives in the form of a model calculation. In this model calculation, I did not take into account the differences in the nutrient supply of the soil.

In various tables, I have illustrated how much savings can be achieved per zone in the case of differential application, if we can accurately determine the productivity per zone. The zone delimitation method of various service providers helps with this. The company chose the Cosima method, because one of the great advantages of this procedure is that the returns can be traced even years back. By switching to precision cultivation with this satellite yield measurement technology, the farmer can save 3-5 years of yield measurement.

7. IRODALOMJEGYZÉK

[1]

SINKA A. (2009): A PRECÍZIÓS NÖVÉNYTERMELÉS EXTERNÁLIS HATÁSAI AZ AGÁRDI FARM KFT. ESETÉBEN. GAZDÁLKODÁS. 53. (5.) 429-432 p.

[2]

BRIQUEL, V. ET AL. (2001): LA MÉTHODE IDEA (INDICATEURS DE DURABILITÉ DES EXPLOITATIONS AGRICOLES): UNE DÉMARCHE PÉDAGOGIQUE. INGÉNIERIES, 25 (2) 29–39.

CSETE, L. – LÁNG, I. (2009): A VIDÉK FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉSE: A VIDÉK FEJLŐDÉSÉNEK FENNTARTHATÓSÁGA – HÉTKÖZNAPI MEGKÖZELÍTÉSBEN. MTA TÖRTÉNETTUDOMÁNYI INTÉZET, MTA TÁRSADALOMKUTATÓ KÖZPONT, BUDAPEST, 171p.

LÁNG ET AL., 1995 LÁNG I.-CSETE L.-JOLÁNKAI M. (1995): „AGRO-21” FÜZETEK – AZ AGRÁRGAZDASÁG JÖVŐKÉPE. „AGRO-21” KUTATÁSI PROGRAMIRODA, BUDAPEST, 124.

FARKASNÉ FEKETE, M. – MOLNÁR, J. – SZŰCS, I. (2004): FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS ÉS MÉRÉSI LEHETŐSÉGEI A MEZŐGAZDASÁGBAN. PP. 1–5. IN: KOVÁCSNÉ GAÁL, K. (SZERK.): AGRÁRTERMELÉS – HARMÓNIABAN A TERMÉSZETTEL. XXX. ÓVÁRI TUDOMÁNYOS NAPOK, 2004. OKTÓBER 7. ELŐADÁSOK ÉS POSZTEREK ÖSSZEFOGLALÓ ANYAGA. MOSONMAGYARÓVÁR, 262 p.

FEHÉR, I. – BEKE, J. (2013): THE RATIONALE OF SUSTAINABLE AGRICULTURE. IUSTUM AEQUUM SALUTARE, 9 (3) 73–87

VALKÓ, G. – FEKETE-FARKAS, M. (2014): MEASUREMENT OF SUSTAINABILITY OF AGRICULTURE. PP. 196- 205. IN: UGRÓSDY, GY. – MOLNÁR, J. – SZŰCS, I. (SZERK.): THE EVALUATION OF NATURAL RESOURCES. AGROINFORM PUBLISHING AND PRINTING LTD, BUDAPEST, 329 p.

[3]

USDA, 1999. SUNN HEMP: A COVER CROP FOR SOUTHERN AND TROPICAL FARMING SYSTEMS. USDA-NRCS, SOIL QUALITY INSTITUTE, AGRONOMY TECHNICAL NOTE No. 10

[4]

EU (2012): SUSTAINABLE AGRICULTURE FOR THE FUTURE WE WANT.
[HTTP://EC.EUROPA.EU/AGRICULTURE/EVENTS/2012/RIOSIDE-EVENT/BROCHURE_EN.PDF](http://ec.europa.eu/agriculture/events/2012/rioside-event/brochure_en.pdf),
 UTOLSÓ ELÉRÉS: 2013. AUGUSZTUS 30., 8 P.

[5]

LÁNG ET AL., 1995 LÁNG I.-CSETE L.-JOLÁNKAI M. (1995): „AGRO-21” FÜZETEK – AZ
 AGRÁRGAZDASÁG JÖVŐKÉPE. „AGRO-21” KUTATÁSI PROGRAMIRODA, BUDAPEST, 124.

[6].

GYULAI BALÁZS, KEMÉNY PÉTER: [HTTPS://AGRARAGAZAT.HU/HIR/PRECIZIOS-ELJARASOK-A-
 NOVENYTERMESZTESBEN/](https://agraragazat.hu/hir/precizios-eljarasok-a-novenytermesztásban/)

[7]

TAKÁCSNÉ GYÖRGY K. (2003) PRECÍZIÓS NÖVÉNYVÉDELEM, MINT ALTERNATÍV
 GAZDÁLKODÁSI STRATÉGIA. GAZDÁLKODÁS. 2003. XLVII. ÉVF. 3.SZ. 18-24.P.

TAKÁCS-GYÖRGY – REISINGER P. – TAKÁCS E. – TAKÁCS I. (2008): ECONOMIC ANALYSIS OF
 PRECISION PLANT PROTECTION BY STOCHASTIC SIMULATION BASED ON FINITE ELEMENTS
 METHOD. JOURNAL OF PLANT DISEASES AND PROTECTION. STUTTGART. SPECIAL ISSUE XXI.
 181-186 PP.

[8]

TAKÁCS I. (2000): GÉPKÖR – JÓ ALTERNATÍVA? GAZDÁLKODÁS. XLIV. 4. 44-55. P

BARANYAI ZS. – TAKÁCS I. (2007): CSALÁDI GAZDASÁGOK VERSENYKÉPESSÉGE BÉKÉSBEN.
 GAZDÁLKODÁS. LI. 20. SZÁMÚ KÜLÖNKIADÁSA. 139-145. P.

[9]

GYÖRFFY, B. (1999): A BIOGAZDÁLKODÁSTÓL A PRECÍZIÓS MEZŐGAZDASÁGIG. III.
 NEMZETKÖZI TUDOMÁNYOS SZEMINÁRIUM, DEBRECEN, 63-69.P.

[10]

LÁNG V. – VERES ZS. (2018): PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS E-BOOK 2018.

[11]

[HTTPS://ISPRS-ANNALS.COPERNICUS.ORG/ARTICLES/IV-3-W2-2020/59/2020/ISPRS-ANNALS-IV-3-W2-2020-59-2020.PDF](https://isprs-annals.copernicus.org/articles/IV-3-W2-2020/59/2020/isprs-annals-iv-3-w2-2020-59-2020.pdf)

[HTTPS://WWW.GROCENTRE.IS/STATIC/GRO/PUBLICATION/1095/DOCUMENT/BOLDBAATAR2022.PDF](https://www.grocentre.is/static/gro/publication/1095/document/boldbaatar2022.pdf)

FRANTISEK JURECKA - PETR HLAVINKA -VOJTECH LUKAS - MIROSLAV TRNKA - ZDENEK ZALUD (2016): CROP YIELD ESTIMATION IN THE FIELD LEVEL USING VEGETATION INDICES. JURECKA.DOCX (MENDELNET.CZ)

[12]

[HTTPS://WWW.KITE.HU/TUDASTAR/TERMOKEPESSEG-ALAPIAN-TORTENO-TECHNOLOGIAI-TERVEZES-ADATBOL-INFORMACIO-INFORMACIOBOL-ERTEK/238](https://www.kite.hu/tudastar/termokepesseg-alapjan-torteno-technologiai-tervezes-adatbol-informacio-informaciobol-ertekek/238)

[13]-[14]

[HTTPS://IKRAGRAR.HU/BLOG/PRECIZIOS-SZAKTANACSADAS-FINOMRA-HANGOLVA](https://ikragnar.hu/blog/precizios-szaktanacsadas-finomra-hangolva)

[15]

[HTTPS://WWW.AXIAL.HU/GPS/SZOLGALTATASOK](https://www.axial.hu/gps/szolgalatasok)

[16]

MAGYARORSZÁG KISTÁJAINAK KATASZTERE 1. MÁSODIK ÁTDOLGOZOTT ÉS KIBŐVÍTETT KIADÁS SZERKESZTETTE DÖVÉNYI ZOLTÁN MTA FÖLDRAJZTUDOMÁNYI KUTATÓINTÉZET BUDAPEST, 2010 111-114.o.

[17]

[HTTPS://DTK.TANKONYVTAR.HU/BITSTREAM/HANDLE/123456789/8537/12](https://dtk.tankonyvtar.hu/bitstream/handle/123456789/8537/12/GABONANOEVENYEK_TERMESZTESE.PDF?SEQUENCE=12&ISALLOWED=Y)
[GABONANOEVENYEK_TERMESZTESE.PDF?SEQUENCE=12&ISALLOWED=Y](https://dtk.tankonyvtar.hu/bitstream/handle/123456789/8537/12/GABONANOEVENYEK_TERMESZTESE.PDF?SEQUENCE=12&ISALLOWED=Y)

8. ÁBRAJEGYZÉK

- 3.1.1. ábra** Paks városa a Duna jobb partján épült.
- 3.1.2. ábra** [<https://jelenletatermeszetben.hu>]
- 3.2.1. ábra** A Paksi Dunamenti Zrt. földjei [Itineris WayQuest program]
- 3.2.2. ábra** A 2022/23 évi csapadék és hőmérséklet adatok a gerjéni telephelyen
- 3.3.1. ábra** A betöltött shp fájlból megjelenített zónaerőtérkép
- 3.3.2. ábra** Zónaerőtérkép a zónaerőkkel
- 3.3.3. ábra** Zónatérkép a QGIS-ben a zónák egyedi azonosítóival
- 3.3.4. ábra** A zónák méretének meghatározás a QGIS szoftverben
- 3.3.5. ábra** Hektáronkénti megtakarítás számítása a QGIS-ben
- 3.3.6. ábra** A zónánként elérhető megtakarítás térképi ábrázolása
- 3.3.7. ábra** Zónaerő térkép az elérhető, területegységre (ha) vetített megtakarítás értékeivel
- 3.3.8. ábra** A tábla 2023. évi CPI térképe
- 3.3.9. ábra** A 2023. évi CPI térkép a terület zónatérképével
- 3.3.10. ábra** 2023. évi CPI térkép a zónakontúrokkal és az elérhető, területegységre (ha) vetített megtakarítás értékeivel
- 4.1. ábra.** Zónánkénti megtakarítás differenciált kijuttatás esetén
- 4.2. ábra.** Zónán belüli területegységre jutó megtakarítás differenciált kijuttatás esetén
- 4.3. ábra.** Zónánkénti nitrogén kijuttatási tervek
- 4.4. ábra.** Zónánkénti foszfor kijuttatási tervek
- 4.5. ábra.** Zónánkénti kálium kijuttatási tervek

9. TÁBLÁZAT JEGYZÉK

3.2.1. táblázat A cég 2023. évi termés hozam adatai

3.3.1. táblázat A számított zónaméretek és a kukorica fajlagos tápanyagigénye

3.3.2. táblázat Differenciált tápanyag-kijuttatás

4.1. táblázat A homogén és differenciált tápanyagkijuttatás eredménye