



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT

Precíziós gazdálkodás bevezetésének gazdaságossági elemzése a területek heterogenitásának függvényében

OE-AMK
2021

Hallgató neve: Rehberg József
Hallgató törzskönyvi száma: T000650/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Rehberg József

Szaktervezési száma: SZD21040616392570

Törzskönyvi száma: T000650/FI12904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: precíziós gazdálkodási szakmérnök

Specializáció:

A dolgozat címe: Precíziós gazdálkodás bevezetésének gazdaságossági elemzése a területek heterogenitásának függvényében

A dolgozat címe angolul: The Economics of the Implementation of Precision Farming with Respect to Soil Heterogeneity

A feladat részletezése:

Irodalom alapján foglalja össze az agráriumban folyó technológia váltását és az ehhez kapcsolódó nemzetközi trendeket! Térjen ki a precíziós gazdálkodás bevezetésének egyes aspektusaira, felmerülő kérdéseire egy közepes méretű gazdaság esetén! A gazdaság rövid bemutatása, jellemzése. Műholdas felvételek osztályozásával végezze el a gazdasághoz tartozó egyes táblák heterogenitási vizsgálatát! Mutassa be a heterogenitás térképezésének módszertanát, eredményét és szerepét a racionális gazdaságossági döntésben a következő szempontok figyelembe vételével:

- táblaszintű heterogenitás meghatározása és mértékének kiértékelése
- táblaszinten a heterogenitás mértékéből következő precíziós gazdálkodás bevezetése esetén várható megtakarítás ill. többletbevétel prognosztizálása
- a precíziós gazdálkodás bevezetésével üzemi szinten várható megtakarítási ill. többletbevétel prognosztizálása
- a precíziós gazdálkodás bevezetésének ill. működtetésének költségelemzése
- készítsen tervet az üzemi szinten várható megtakarításról ill. többletbevételről a precíziós gazdálkodás költségei alapján!

Intézményi konzulens neve: Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata

A kiadott téma elővívési határideje: 2023. december 15.

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2021. 11. 11.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

[Signature]

belső konzulens

[Signature]

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

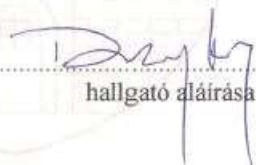
HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott szigorló hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem.

Egyéb jelentős segítséget nem vettem igénybe.

Az elkészült szakdolgozatban/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: 2021. november. 22



.....
hallgató aláírása

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS.....	7
1.1. Problémafelvetés	7
1.2. Kitűzött célok.....	8
 2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	9
2.1. A precíziós gazdálkodás.....	9
2.2. A precíziós gazdálkodás ökonómiai kérdései	16
 3. A VIZSGÁLT TERÜLETEK BEMUTATÁSA.....	21
3.1. A gazdaság bemutatása	21
3.2. A vizsgált területek kiválasztása, talajtani és éghajlati adottságai.....	22
3.2.1. A vizsgált területek kiválasztása	22
3.2.2. A vizsgált területek talajtani adottságai	23
3.2.3. A vizsgált területek éghajlati adottságai.....	26
 4. A HETEROGENITÁS A MEZŐGAZDASÁGBAN	27
4.1. A heterogenitás értelmezése a szántóföldi növénytermesztésre.....	27
4.2. A talajok heterogenitása.....	27
4.2.1. A talajok heterogenitásának hatásai	28
4.3. A topográfiai heterogenitás	28
4.3.1. A terület formája	28
4.3.2. A terület nagysága.....	28
4.3.3. A domborzati viszonyok	29

5. PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS HELYSPECIFIKUS MŰVELETI LEHETŐSÉGEI A VIZSGÁLT TERÜLETEKEN	30
5.1. Helyspecifikus talajművelés	30
5.2. Helyspecifikus vetés	30
5.3. Helyspecifikus tápanyag-visszapótlás	30
5.4. Helyspecifikus növényvédelem.....	31
 6. A HELYSEPCIFIKUS PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS BEVEZETÉSEHEZ SZÜKSÉGES TECHNIKAI HÁTTÉR TÖBBLETKÖLTSÉGEI A HAGYOGYOMÁNYOS GAZDÁLKODÁSHOZ VISZONYÍTVA AZ ELSŐ 5 ÉVBEN.....	32
6.1. 800 hektár szántóföldi növénytermesztéshez szükséges géppark költségei hagyományos gazdálkodás esetén.....	32
6.2. 800 hektár szántóföldi növénytermesztéshez szükséges géppark és kiegészítő szolgáltatások költségei helyspecifikus precíziós gazdálkodás esetén	33
6.3. A helyspecifikus gazdálkodás többletköltségei az első 5 évben.....	35
 7. A GAZDASÁGOSSÁGI ELEMZÉSHEZ FELHASZNÁLT HETEROGENITÁSI JELLEMZŐ KIVÁLASZTÁSA ÉS AZ ALKALMAZOTT MÓDSZER KIDOLGOZÁSA	37
7.1 A gazdaságossági elemzéshez felhasznált heterogenitási jellemző kiválasztása	37
7.2. A gazdaságossági elemzéshez alkalmazott módszer kidolgozása	38
 8. EREDMÉNYEK	40
8.1. A heterogenitás mértékének kiértékelése a kiválasztott táblákra vonatkoztatva	40

8.2. A vizsgált táblák helyspecifikus gazdálkodással realizálható többletjövedelemének számszerűsítése	56
8.2.1. Kiindulási adatok.....	56
8.2.2. Számszerűsített eredmények táblánként.....	57
8.2.3. Összesített számszerűsített eredmények.....	59
8.3. Kiértékelés	59
 9. KÖVETKEZTETÉSEK.....	 60
9.1. A számítási módszer.....	60
9.2. Alternatív számítási módszer	62
 10. ÖSSZEFOGLALÁS.....	 63
 11. SUMMARY	 65
 12. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	 67
 13. IRODALOMJEGYZÉK	 68

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

„A jó kezdet fél siker” (Lucius Anneaus Seneca (Krisztus után 1 – 65))

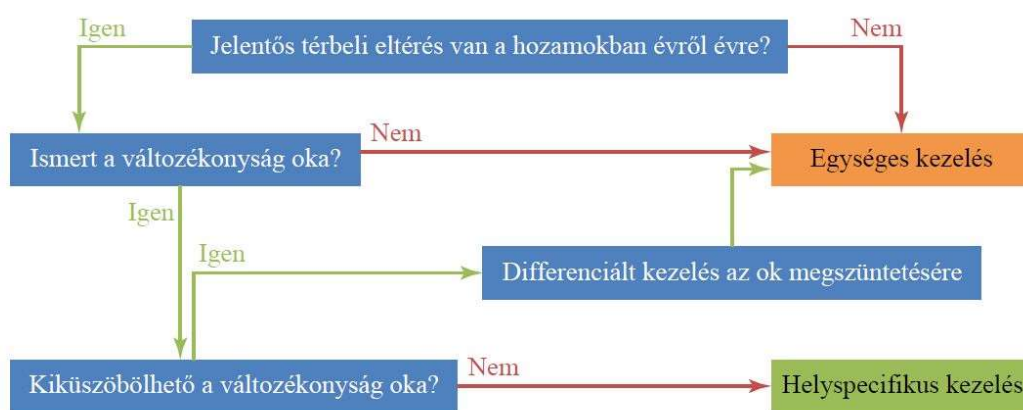
1.1 Problémafelvetés

A gazdálkodó többsége a helyspecifikus precíziós gazdálkodás kapcsán szükségszerűen előbb-utóbb szembesül a kérdéssel: „bevezessem-e?”

A következő kérdés is adja magát: „miből induljak ki?”

Ha hozamtérképezéssel ellátott kombájnnal rendelkezik, több évre visszamenőleg megvannak az adatai, a hozamtérképező rendszer hitelesítését is minden esetben elvégezték, valamint a talajvizsgálatok mintavételezési pontjai is georeferáltak, akkor rendelkezik kiindulási adatbázissal. A hozamtérkép, mint integratív, összegző adat és a talajvizsgálatok eredményei, jó kiindulást biztosítanak a döntéshez.

A döntési mechanizmust ebben az esetben jól szemlélteti az alábbi folyamatábra:



1. ábra: A hozamtérképek szerepe a helyspecifikus növénytermesztés bevezetésében

Forrás: Adamchuk et al. (2007) alapján készült a NAIK AKI Fenntarthatósági Kutatások Főosztályán (2020)

A gyakorlatban azonban, ha van is a gazdaságban hozamtérképezéssel ellátott kombájnn, annak az előírásoknak megfelelő hitelesítését nem mindig végzik el, ill. a gépkezelő a

betakarítás során nem minden esetben jár el kellő gondossággal.

További esetleges lehetőség a talaj-vezetőképességmérések által létrehozott adatbázisok alkalmazása. Ez azonban ökológiai és ökonómiai okok miatt nagyobb méretekben nem terjedt el.

Ezért a gyakorlatban a helyspecifikus precíziós gazdálkodás bevezetésekor széleskörben a műholdfelvételek alapján képzett különféle indexek segítségével létrehozott zónatérképek alkalmazása kínál megoldást.

Függetlenül attól, hogy hozamtérképek, talajvezetőképesség-mérés vagy műholdfelvételekből készült zónatérképek állnak rendelkezésre, fel kell, hogy merüljön az alábbi kérdés:

Az adott gazdálkodási kereteimen belül van-e ökonómiai létjogosultsága a precíziós gazdálkodás bevezetésének?

1.2 Kitűzött célok

Dolgozatom célkitűzése, a fenti kérdés megválaszolása egy 800 hektár szántóterületen gazdálkodó gazdaság esetében. Ennek során, korábbi adatok, hozamtérképek, georeferált talajvizsgálati eredmények, valamint a gazdaságossági kérdést ezek hiányában megközelítő irodalom hiányában saját magam által kidolgozott módszert kell választanom. Ezért a Trimble Power Zone segítségével, a teljes gazdaságot jól reprezentáló kb. 310 hektárról előállított Termőképességi Index (CPI - Crop Productivity Index) által jelzett heterogenitásból kiindulva kísérletet teszek a teljes gazdaságra vetítve a precíziós helyspecifikus gazdálkodás bevezetésének várható hasznának és a bevezetés költségeinek elemzésére. Végül ennek eredményeként, a gazdaságosság kérdésének megválaszolására.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A precíziós gazdálkodás

1949-ben Németországban egy gazdálkodó 10 ember élelmiszerszükségletét termelte meg, 2016-ban 135 emberét. Kb. 100 évvel ezelőtt a búza átlagtermése 1,85 tonna/hektár volt, 2008 - 2013 átlagában 7,57 tonna. Az 1900-as évek elején, az akkor már fejlett iparral rendelkező országban, 38% dolgozott a mezőgazdaságban, ami az 50-es évekre 24%-ra, a 2000-es évek elejére pedig szűk 2%-ra csökkent (https://www.bauernhof.net/fakt_4/).

Ezek a folyamatok hasonló arányban más országokban, így nálunk is, lejátszódtak.

De mi történt?

Megjelentek az egyre nagyobb teljesítményű traktorok és betakarító gépek. Ezzel egyidejűleg a tudományos kutatások következtében hatékonyabb művelési eljárások és nagyobb hozamú fajták terjedtek el. A növényvédelem és a tápanyag-visszapótlás területén is hatalmas fejlődés ment végbe, mind az alkalmazott inputanyagok, mind pedig a kijuttató eszközök terén is.

A modern technológia alkalmazása és egyidejűleg annak költséghatékony üzemeltetése kikényszerítette a gazdálkodók által művelt területek növekedését, koncentrációját.

A mezőgazdaság fejlődésének új szakasza bontakozott ki az 1980-as évek második felétől kezdődően. Ekkor jelentek meg a betakarítógépekben az első GPS alkalmazáson alapuló hozamtérképező rendszerek. Ezzel vált először lehetségessé térkép formájában annak megjelenítése, ami a gazdálkodók előtt már korábban is ismert volt: A betakarított mennyiség egy táblán belül is jelentős eltéréseket mutathat.

Ezzel megkezdődött az adatalapú helyspecifikus gazdálkodás kialakulása.

A 2000-es évek elején jelentek meg a GPS támogatott automata kormányzási rendszerek.

A mai értelemben vett, precíziós helyspecifikus gazdálkodás az RTK rendszerek elterjedésével és költségeinek csökkenésével, a térinformatika fejlődésével, az érzékelési

és távérzékelési technológiák fejlődésével, a műholdak spektrális felvételeinek felbontásának javulásával, valamint polgári célú rendelkezésre bocsátásával vett igazán lendületet.

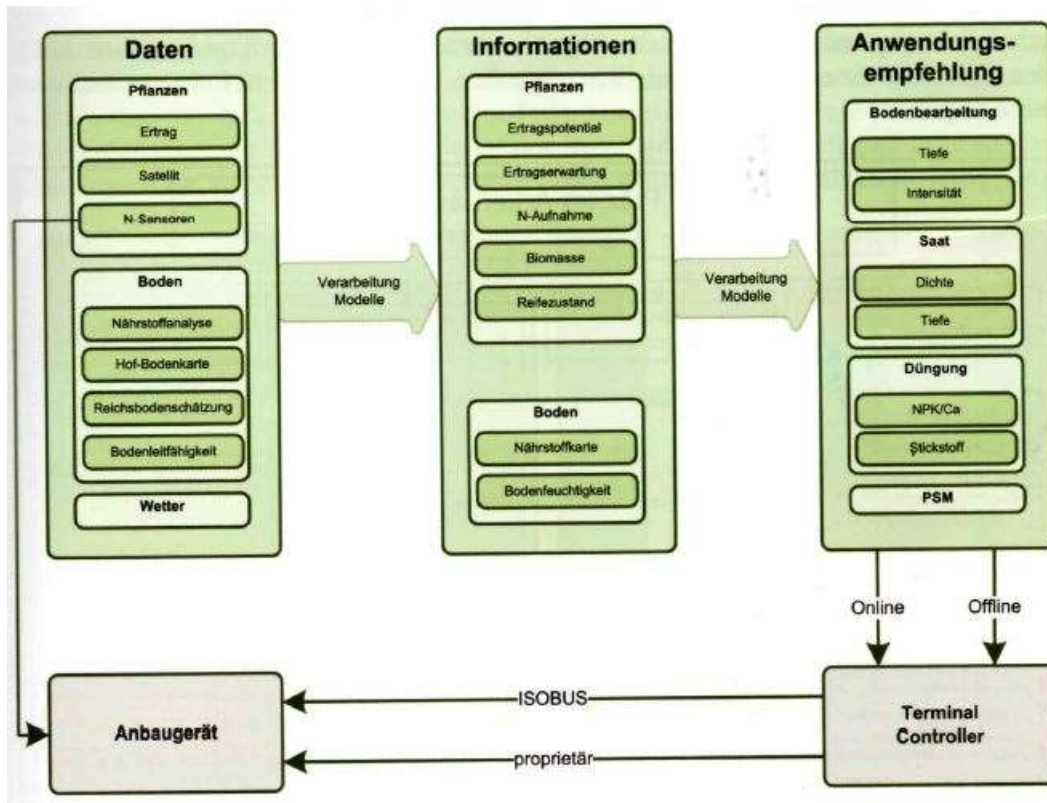
A 2000-es évek első évtizedének közepére kialakult és elfogadottá vált a precíziós gazdálkodás fogalma, amit a Nemzetközi Precíziós gazdálkodási Egyesület (ISPA) 2019-ben így fogalmazott meg: „A precíziós mezőgazdaság olyan irányítási stratégia, ami összegyűjti, feldolgozza és elemzi az időbeli, térbeli és egyedi adatokat, és más információkkal kombinálja, hogy becsült változékonyság alapján támogassa a gazdálkodói döntéseket a mezőgazdasági termelés hatékonyabb erőforrás-felhasználása, termelékenysége, minősége, jövedelmezősége és fenntarthatósága érdekében.” (ISPA, 2019)

A precíziós gazdálkodáson Dr. Borovics Attila (2018) megközelítésében a gyakorlatban olyan „termőhely-specifikus, GPS-helymeghatározáson alapuló, információtechnológiai eszközökkel támogatott növénytermesztési rendszert értünk, amelyben a térben változó talajtulajdonságok és termőhelyi viszonyok ismeretében, a termesztett növény igényeihez alkalmazkodva, az adatok korszerű térinformatikai módszerekkel történő feldolgozásával és figyelembe vételével, helyspecifikusan tervezhetőek a szükséges agrotechnikai beavatkozások a fenntarthatóság biztosítása, a környezet- és a termőföld védelme, valamint a jövedelmezőség érdekében.”

A hagyományos gazdálkodás során is bizonyos mértékben helyspecifikus gazdálkodás folyt, ahol a hozameltérésre vonatkozó tapasztalat generációról generációra szállt. Azonban az egyes gazdálkodók által megművelt területek gazdasági szükségszerűség okozta növekedésével, a táblaméretetek növekedésével és a gazdálkodók számának csökkenésével az ilyen módon történő információátvitel lehetetlenné vált. Ezért szükségszerűen tanúi lehetünk a tapasztalat alapú gazdálkodásról az információ és tudásalapú gazdálkodásra és döntéshozatalra történő áttérésnek.

Ennek az áttérésnek az eszközei a digitalizáció, az adatgyűjtés és az információtechnológiai megoldások elterjedése, azok szakszerű alkalmazása, valamint ezek összegzéseként, ahol gazdaságilag racionális, a helyspecifikus gazdálkodás.

A precíziós helyspecifikus növénytermesztést Patrik Ole Noack foglalta össze folyamatábra formájában (2. ábra):



2. ábra: Helyspecifikus növénytermesztés

Forrás: Noack (2018)

Noack a helyspecifikus gazdálkodást folyamatát három fő csoportra osztotta:

1. Adatok (Daten) gyűjtése, amely a következő alcsoportokat foglalja magában:

a) Növényekről (Pflanzen) begyűjtött adatok, amelyek adatforrási a következők lehetnek:

- Hozam (Ertrag)
- Műholdfelvételek (Satellit)
- Nitrogénérzékelők (N-Sensorok)

b) Talajról (Boden) nyert adatok, amelyek adatforrásai a következők lehetnek:

- Tápanyaganalízis (Nährstoffanalyse)
- Talajtérkép (Hof-Bodenkarte)
- Talajértékelés (talajértékszám) (Reichsbodenschätzung)
- Talaj-vezetőképesség (Bodenleitfähigkeit)

c) Időjárási adatok (Wetter)

2. Ezekből az adatokból feldolgozási modellek (Verarbeitung Modelle) segítségével információk (Informationen) jönnek létre, amelyek a következőképpen csoportosíthatók:

a) Növényekre (Pflanzen) vonatkozó információk:

- Hozampotenciál (Ertragspotencial)
- Várható hozam (Ertragserwartung)
- Nitrogénfelvétel (N-Aufnahme)
- Zöldtömeg (Biomasse)
- Érési állapot (Reifezustand)

b) Talajra (Boden) vonatkozó információk:

- Tápanyagtérkép (Nährstoffkarte)
- Talajnedvesség (Bodenfeuchtigkeit)

3. Ezekből az információkból feldolgozási modellek (Verarbeitung Modelle) segítségével alkalmazási ajánlások (Anwendungs-empfehlung) jönnek létre, amelyek a következőképpen csoportosíthatók:

a) Talajművelésre (Bodenbearbeitung) vonatkozó ajánlások:

- Művelési mélység (Tiefe)
- Művelési intenzitás (Intensität)

b) Vetésre (Saat) vonatkozó ajánlások:

- Tőszám (sűrűség) (Dichte)
- Mélység (Tiefe)

c) Talajerő visszapótlásra (Düngung) vonatkozó ajánlások:

- NPK/Ca
- Nitrogén

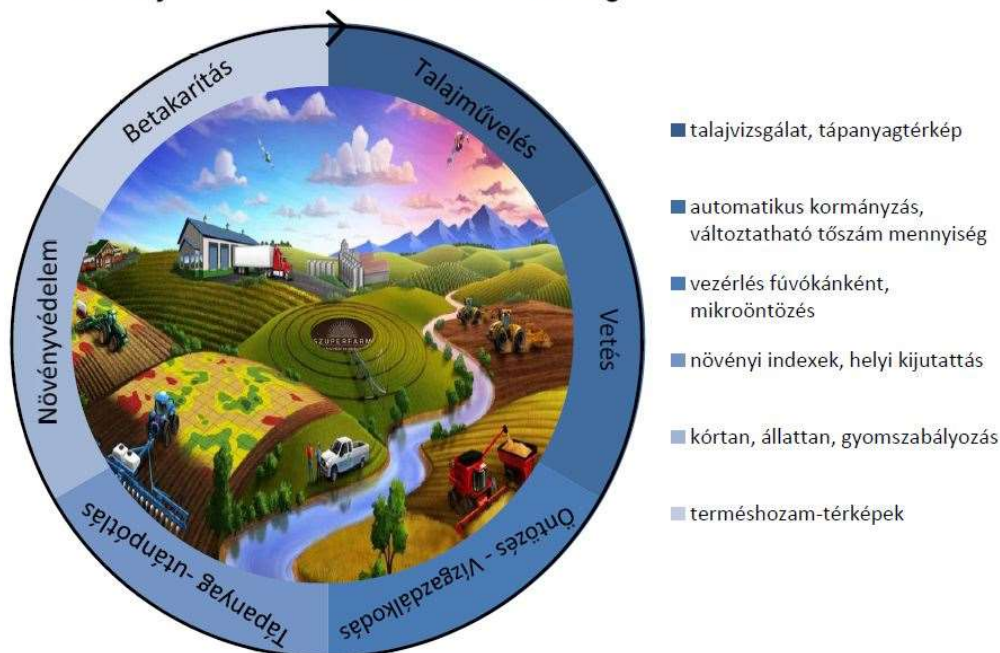
d) Növényvédő szerre (PSM) vonatkozó ajánlások

Az ajánlások (kijuttatási térképek) online vagy offline juttathatók el a vezérlő terminálhoz, amely a végrehajtáshoz ISOBUS-on vagy saját rendszeren keresztül továbbítja azt a munkagép vezérlőegységéhez.

A nitrogén érzékelők esetében bizonyos technológiáknál az adatok közvetlenül jutnak a munkagép vezérlőegységébe, amely az adatok feldolgozása után megvezérli a munkagépet (pl. Next GreenSeeker).

Dr. Borovics Attila (2018) megközelítésében a precíziós gazdálkodás szántóföldi növénytermesztést folytató gazdaságokban a talajelőkészítéstől a betakarításig terjedő alaptevékenységre vonatkozik (3. ábra).

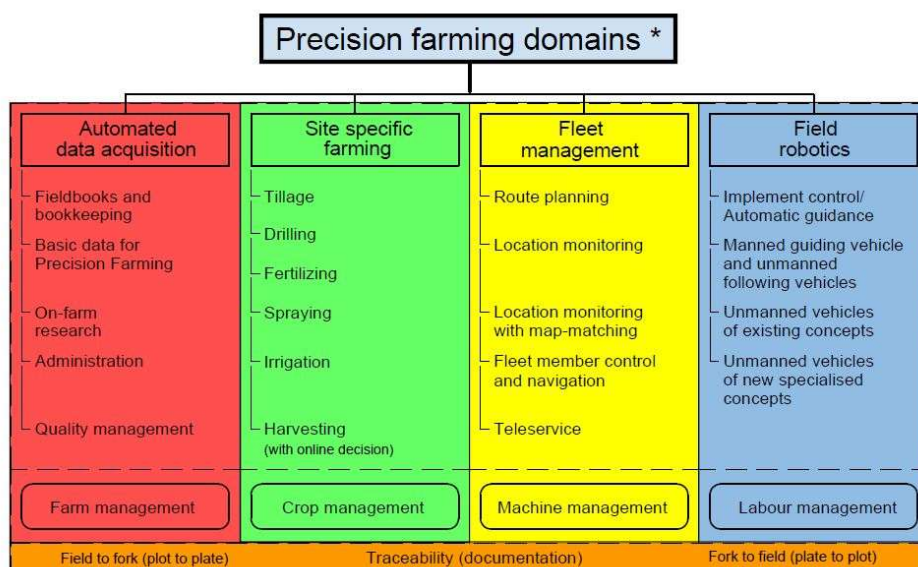
○ A talaj-előkészítéstől a betakarításig



3. ábra: A precíziós gazdálkodás területei

Forrás: Dr. Borovics (2018)

A precíziós gazdálkodás Prof. i.R. Dr. Hermann Auernhammer értelmezésében többet jelent, mint helyspecifikus gazdálkodás (4. ábra)



4. ábra: A precíziós gazdálkodás területei

Forrás: Auernhammer (2011)

A precíziós gazdálkodás részének tekinti az automatikus adatgyűjtést, a helyspecifikus gazdálkodást, a flottamenedzsmentet és a jövőbe mutató automatikus robotmunkavégzést, valamint annak menedzsmentjét is.

1. táblázat: A helyspecifikus szántóföldi precíziós gazdálkodás főbb elemei és azok eszközei

Adatgyűjtés eszközei	Adattárolás és feldolgozás eszközei	Megvalósítás eszközei
- Műholdak (spektrális felvételek) - Drónok (nagyfelbontású felvételek, spektrális felvételek) - Nitrogén-érzékelők - Betakarítógépek hozamtérképezéssel - Talajszkennerek (talaj elektromos vezetőképességének mérése) - Talajmintavevők - Meteorológiai állomások	- Számítógépek - Szerverek - Felhőalapú megoldások - Kiértékelő szoftverek - GIS-szoftverek - Vállalatirányítási szoftverek	- Műholdas helymeghatározó rendszerek (GNSS) - RTK-rendszerek - GNSS-érzékelővel, automata kormányzással, megfelelő monitorral felszerelt erőgép - Differenciált kijuttatásra alkalmas vetőgépek - Differenciált kijuttatásra alkalmas növényvédelmi gépek - Differenciált kijuttatásra alkalmas talajerő-visszapótló gépek

A gazdaságos termeléshez és az egyre szigorodó környezetvédelmi előírások betartásához szükséges döntések meghozatalához, a rendelkezésre álló adatmennyiség robbanás szerű növekedése, a befolyásoló tényezők sokasága és azok komplex egymásra hatása miatt szükségessé válik a precíziós gazdálkodásban is a mesterséges intelligenciák alkalmazása. Ezek bizonyos területeken már alkalmazásra kerültek ill. fejlesztésük és

adatokkal történő feltöltésük (Deep Learning) már folyamatban van.

Ez a technológia forradalmasítja a távérzékelés által begyűjtött adatok kiértékelését, az IOT rendszerek működését, a munkavégző robotok és a drónok alkalmazásának lehetőségeit, a növényvédelmet és az adat- és gazdaságmenedzsmentet.

A precíziós gazdálkodásban a következő 10 évben nagyobb változások várhatóak, mint az eltelt 30 – 40 évben, azaz a következő években végbemenő változások sokkal mélyrehatóbbak lesznek az eltelt néhány évtized változásainál. Várhatóan a mezőgazdaság egy olyan iparrá válik, amely automata robotgépekkel szántóföldön termel.

2.2. A precíziós gazdálkodás ökonómiai kérdései

A precíziós gazdálkodás ökonómiájával mélyrehatóan aránylag kevés irodalom foglalkozik olyan módon, hogy az a gazdálkodók számára a precíziós gazdálkodás bevezetésének gazdaságosságával kapcsolatos kérdéseire választ adna. A legtöbb precíziós gazdálkodással foglalkozó mű nem, vagy csak érintőlegesen érinti ezt a kérdést.

Patrick Ole Noack a Precision Framing, Smart Framing, Digital Farming Grundlagen und Anwendungsfelder (2018) című könyvében a következőket írja: „Hogy egy gazdaság számára a precíziós gazdálkodás eszközeinek alkalmazása megéri-e, olyan tényezőktől is függ, amelyek nehezen számszerűsíthetők.”

A másik problémát a precíziós technológiának, annak területeinek és a technológia költségeinek rendkívül dinamikus változása jelenti. Ehhez járul az inputanyagok (műtrágya, üzemanyagok, növényvédőszer) költségeinek, valamint a termények árának folyamatos változása. Ezért egy mai döntés-előkészítéséhez akár már 5 évvel korábbi művek és tanulmányok gyakran csak korlátozottan vagy nem használhatók.

Például Prof. Dr. Tamás János Precíziós mezőgazdaság (2002) című tanulmánya a „Költség és jövedelem viszonyok a precíziós mezőgazdaságban“ fejezetében 1997-es angliai adatokat használ. Ugyan ez a probléma merül fel Jess Lowenberg-BeBoer Economics of Precision Farming: Payoff in the Future című 1997-ben megjelent tanulmányával.

Markus Gandorfer (2005) doktori disszertációjában csak a nitrogén-műtrágyázást, mint az egyik legnagyobb olyan költségtényezőt, amelyre a precíziós gazdálkodás jelentős hatással bír, vizsgálta. A vizsgálatai során arra az eredményre jutott, hogy a technológia bevezetése 800 ha felett (Break-Even) rentábilis.

Jól mutatja a technológia árainak gyors változását, hogy a Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland 2019-es vitáiratában ezt a gazdaságméretet már csak 250 hektárra becsüli.

2020-ban jelent meg a NAIK Agrárgazdasági Kutatóintézet gondozásában Gaál Márta és Illés Ivett szerkesztésében A precíziós szántóföldi növénytermesztés helyzete és ökonómiai vizsgálata című tanulmány, amelyben részletesen foglalkoznak ökonómiai kérdésekkel.

Módszerük az összehasonlítás és annak statisztikai kiértékelése. Hasonló adottságú, hasonló méretű, azonos gazdasági formában működő hagyományos és helyspecifikus szántóföldi növénytermesztést végző gazdálkodók ill. azonos gazdálkodók a helyspecifikus gazdálkodás előtti és utáni eredményei kerültek kiértékelésre. A vizsgálatokat a négy fő terményre végezték el: búza, kukorica, napraforgó és őszi repce.

A hagyományos és precíziós gazdálkodást végző gazdaságok ágazati mutatóinak összehasonlítása a 2. táblázatban látható eredményt hozta.

2. táblázat: A precíziós gazdaságok ágazati mutatói a hagyományos szántóföldi növénytermesztőkhöz képest a vizsgált három év átlagában

Ágazati mutatók	százalék			
	Őszi búza	Kukorica	Napraforgó	Őszi káposztarepce
Hozam	+8	+6	+3	+7
Termelési érték	+8	+5	+5	+7
Szűkített költség	+6	+5	+2	+7
ebből: vetőmagköltség	-5	-5	-1	+5
műtrágyaköltség	+12	+14	+11	+4
növényvédőszer-költség	+3	+3	+4	+9
gépköltség	+7	+5	-3	+10
Termelési költség	+8	+6	+2	+7
Fedezeti hozzájárulás (szűkített)	+8	+6	+5	+7
Ágazati eredmény (szűkített)	+10	+6	+7	+6
Ágazati eredmény (szűkített, korrigált)	+11	+7	+4	+7
Főtermék önköltsége	-3	-4	-3	-4
Költségarányos jövedelem (szűkített)	+3	+1	-6	-1
Költségarányos jövedelem (szűkített, korrigált)	+5	+2	+2	0

Forrás: Tesztüzemi adatok alapján készült a NAIK AKI Fenntarthatósági Kutatások Főosztályán (2020)

A táblázat adatai alapján jó látható, hogy a precíziós technológiát alkalmazó gazdaságok ágazati eredménye az összes növény esetében magasabb (búza: +11%, kukorica: +7%, napraforgó: +4%, őszi káposztarepce +7%), mint a hagyományos technológiát alkalmazó gazdaságok esetében. Ami elgondolkodtató, hogy a költségarányos jövedelem +3, +1, -6, ill -1%-százalékkal változott.

Ha a precíziós gazdálkodás és a hagyományos gazdálkodás közötti tőkeigényt (precíziós gazdálkodás többletköltsége) kb. 5%-os megtérüléssel lehet befektetni, akkor a kapott kamatokkal, ill. hitel esetén a hitel kamatterheivel érdemes lenne a precíziós gazdálkodás eredményét korrigálni.

A gazdálkodók (24 gazdaság) precíziós gazdálkodás előtti 3 évének, és a bevezetést követő 3 évének összevont összehasonlítása a 4 növényre vonatkozóan a 3. táblázatban található eredményeket hozta.

3. táblázat: A precíziós gazdaságok főbb ágazati mutatóinak alakulása a vizsgálatokban

	százalék			
Vizsgálat	Őszi búza	Kukorica	Napraforgó	Őszi káposztarepce
Hozam				
2016/2017-es gazdasági év (kontrollcsoporthoz viszonyítva)	+19	+15	+8	+14
Precíziós gazdálkodásban eltöltött utolsó három év (kontrollcsoporthoz viszonyítva)	+8 ^{a)}	+6	+3	+7
Üzemen belül (precíziós gazdálkodásban eltöltött utolsó három év a technológia alkalmazását megelőzőhöz viszonyítva)	+24 ^{a)}	+25 ^{a)}	+16 ^{a)}	+23 ^{a)}
Szűkített költség				
2016/2017-es gazdasági év (kontrollcsoporthoz viszonyítva)	+12	+24	+17	+16
Precíziós gazdálkodásban eltöltött utolsó három év (kontrollcsoporthoz viszonyítva)	+6	+5	+2	+7
Üzemen belül (precíziós gazdálkodásban eltöltött utolsó három év a technológia alkalmazását megelőzőhöz viszonyítva)	+26 ^{a)}	+19 ^{a)}	+14 ^{a)}	+29 ^{a)}
Ágazati eredmény (szűkített, korrigált)				
2016/2017-es gazdasági év (kontrollcsoporthoz viszonyítva)	+26	+8	+1	+13
Precíziós gazdálkodásban eltöltött utolsó három év (kontrollcsoporthoz viszonyítva)	+11 ^{a)}	+7	+4	+7
Üzemen belül (precíziós gazdálkodásban eltöltött utolsó három év a technológia alkalmazását megelőzőhöz viszonyítva)	+22 ^{a)}	+30 ^{a)}	+18 ^{a)}	+17

^{a)} A jelölt eltérések statisztikailag igazolhatók.

Forrás: Tesztüzemi adatok alapján készült a NAIK AKI Fenntarthatósági Kutatások Főosztályán (2020)

„A számított mutató alapján a kukoricatermesztők tapasztalták a legnagyobb növekedést (átlagosan 29,9%), da az őszi búza termesztők ágazati eredménye is meghaladta a 20 százalékot (+22,3 százalék) a vizsgált időszakban. Őket követték a napraforgó-termesztők 18,3 százalékkal, majd az őszi káposztarepce-termesztők 16,8 százalékkal. Az őszi káposztarepce kivételével a vizsgált növénykultúrák mindegyikében statisztikai vizsgálatokkal is igazolható volt a korrigált ágazati eredményben tapasztalt növekedés. A legtöbb mutató esetén a precíziós technológia alkalmazását megelőzően nagyobb szórás figyelhető meg, ami a precíziós technológiák egyfajta stabilizáló hatását mutatja.” (Gaál et. al., 2020)

Más utat választott Marc Scheidel a Die Potentiale des Precision Farming zur Optimierung von Ertrag und Kraftstoffverbrauch (A precíziós gazdálkodás potenciálja a hozam és a tüzelőanyag-felhasználás optimalizálására) című könyvében.

Marc Scheidel három tábla betakarítógéppel 9 év során felvett hozamtérképeinek és a talaj elektromos vezetőképesség-méréseinek eredményeiből, valamint a táblák

topográfiajából számolt vissza a várható megtakarításokra (inputanyagok, üzemanyag) ill. többletbevételre. Ezeket az eredményeket számszerűsítette és hasonlította össze a helyspecifikus precíziós gazdálkodás többletköltségeivel.

Bár a táblák relatívan kis mérete miatt (4,65, 7,02 és 5,87 hektár) a táblák topográfiajából (alakjából) adódó megtakarítási potenciál (átfedéssel művelt területek a fordulókban) aránylag magasabb, mint nagyobb táblák esetén, viszont a kis méretből adódó feltételezhetően kisebb ökológiai heterogenitás és az abból adódó megtakarítási ill. többletbevételi potenciál lényegesen alacsonyabb.

Ennek ellenére arra a következtetésre jutott, hogy az üzemanyag-megtakarítás potenciálja viszonylag alacsony, ezzel szemben a legnagyobb potenciállal a hozamoptimalizálás rendelkezik.

A precíziós gazdálkodás gazdaságosságával nagyon átfogóan és részletesen foglalkozik C. Sekhar, A. Vidhyavathi az Economics of precision farming című művében, amely gazdálkodási adatok kiértékelésén alapul. Azonban az indiai ökológiai viszonyok, a gazdaságok struktúrája és az ott termesztett növények miatt az adatok nem, vagy nehezen alkalmazhatók a közép-európai viszonyokra.

Dr. Frank Lorenz és Klaus Münchoff a Teilflächen bewirtschaften Schritt für Schritt című művében egy 920 hektáros gazdaság esetében 10 év távlatában talaj elektromos vezetőképesség-mérés és georeferált talajmintavételek alapján az alaptrágyázásra koncentrálva 3,5 EUR/hektár megtakarítást mutatott ki.

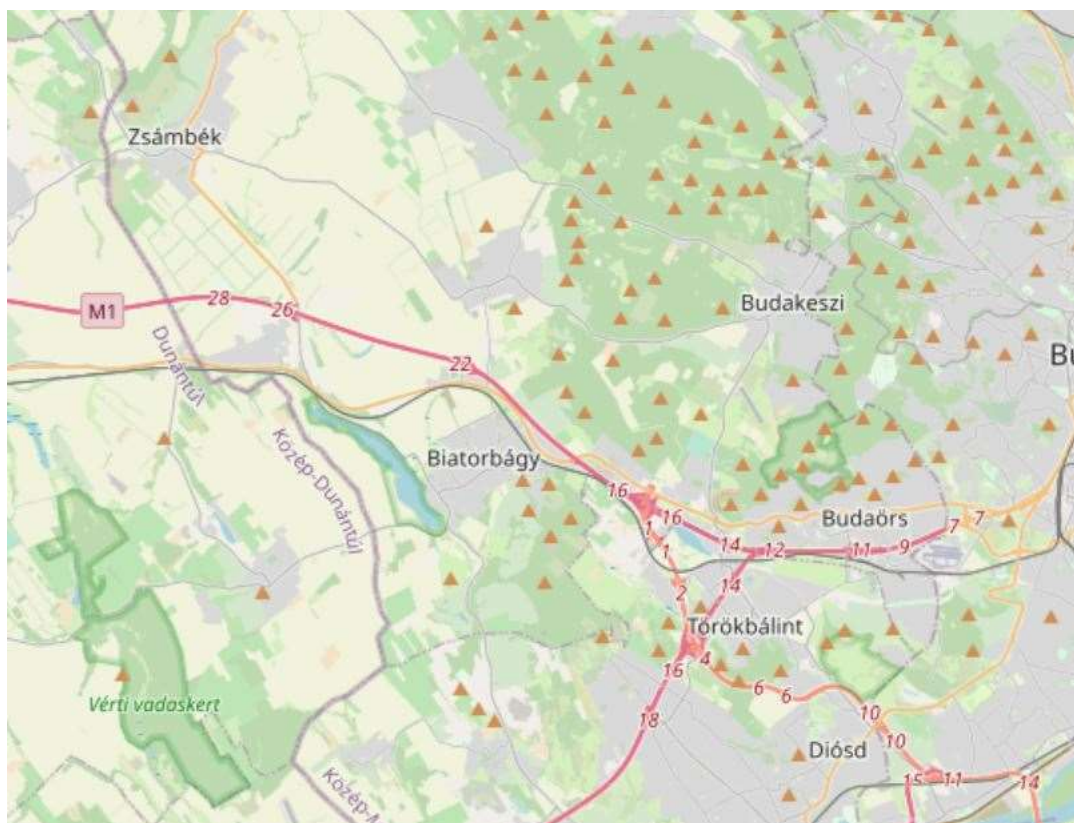
Sajnos olyan irodalmat nem találtam, amely a gazdaságosság kérdését nem már valamilyen formában meglévő gazdálkodási adatbázis alapján közelítette volna meg.

Marc Scheidel kivételével, az általam megismert és ismertetett irodalom további problémája, hogy a precíziós gazdálkodás ökonómiai kiértékelése során egyik sem foglalkozik a területek tényleges heterogenitásának hatásával és annak összefüggéseivel a precíziós gazdálkodás gazdaságosságának tekintetében.

3. A VIZSGÁLT TERÜLETEK BEMUTATÁSA

3.1. A gazdaság bemutatása

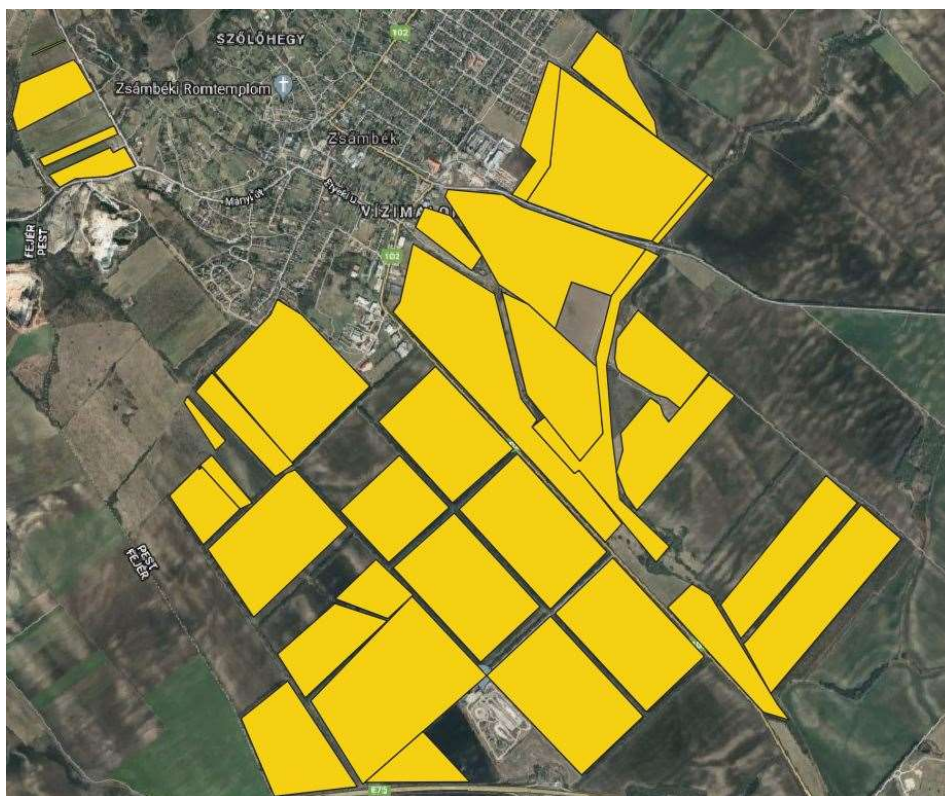
A vizsgált területek Zsámbékon, a közép-magyarországi régióban Budapesttől kb. 35 km-re nyugati irányban, a róla elnevezett medence észak-nyugati részén található.



5. ábra: Zsámbék elhelyezkedése

Forrás: OpenStreetMap

Művelője a Zsámbéki Mezőgazdasági Szövetkezet. A Szövetkezet 870 hektáron dolgozik, amiből 800 hektár szántó.



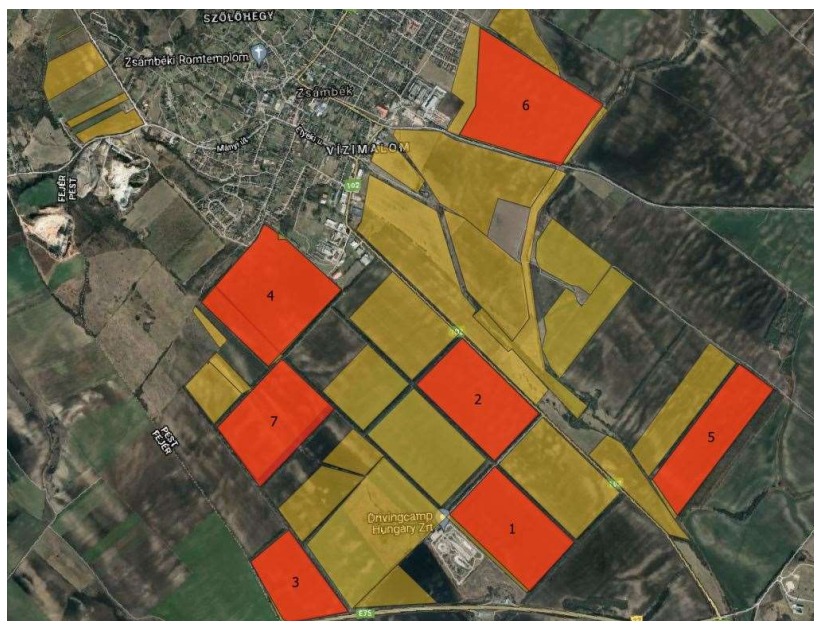
6. ábra: A Szövetkezet által művelt területek

Forrás: Saját szerkesztés a Google Maps és QGIS felhasználásával

3.2. A vizsgált területek kiválasztása, talajtani és éghajlati adottságai

3.2.1. A vizsgált területek kiválasztása

A vizsgálandó területek kiválasztásánál arra törekedtem, hogy lehetőleg jól reprezentálják a gazdaság teljes területét, ezért lehetőleg egyenletesen osztottam el azokat, de figyelembe vettem a területek topográfiai és talajtani adottságait is.



7. ábra: A vizsgált területek elhelyezkedése

Forrás: Saját szerkesztés a Google Maps és QGIS felhasználásával

3.2.2. A vizsgált területek talajtani adottságai

A kiválasztott területek túlnyomó részének talajtani adottságai az AGROTOPO-adatbázis adatai alapján a következők (4. táblázat, 8. ábra):

4. táblázat: A vizsgált területek túlnyomó részének talajtani adottságai

Megnevezés	Kódszám értéke	Talaj tulajdonságai
Genetikai talajtípus	13	mészlepedékes csernozjom
Talajképző közet	2	lössös üledék
Fizikai talajtulajdonságok	3	vályog
Agyagásvány összetétel	2	illit, klorit
Vízgazdálkodási talajtulajdonságok	3	jó víznyelésű és vízvezető-képességű
Kémiai talajtulajdonságok	3	felszíntől karbonátos talajok
Talaj szervesanyag készlete	5	300 - 400 tonna/hektár
Termőréteg vastagság	5	> 100 cm
Talajértékszám	3	71 - 80

Forrás: Saját szerkesztés az AGROTOPO adatbázis felhasználásával



8. ábra: A vizsgált területek túlnyomó része és annak talajtani adottságai az AGROTOPO adatbázisban

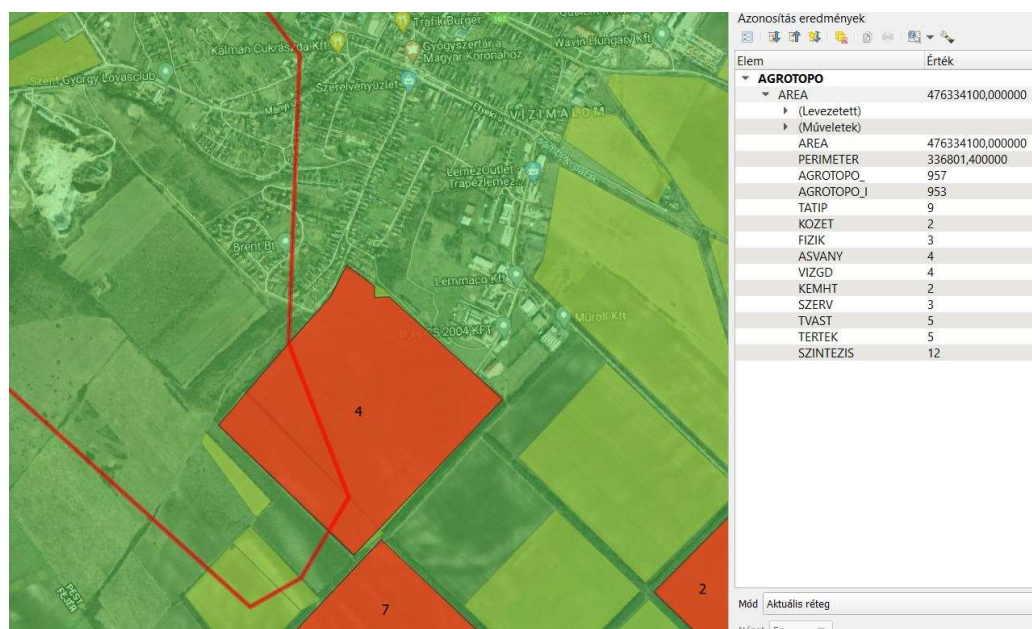
Forrás: Saját szerkesztés a Google Maps, AGROTOPO adatbázis és QGIS felhasználásával

Talajtani szempontból a kiválasztott területek közül, csak a 4-es számmal jelölt terület észak-nyugati része tér el (5. táblázat, 9. ábra). Ez a vizsgált 310 hektárból kb. 16 hektár területet érint, ami a teljes vizsgált terület 5,16%-a. Ezért kijelenthető, hogy a gazdaság vizsgált területei talajtani szempontból nagymértékben homogének.

5. táblázat: 4-es számmal jelölt terület észak-nyugati részének talajtani adottságai

Megnevezés	Kódszám értéke	Talaj tulajdonságai
Genetikai talajtípus	9	Ramann-féle barna erdőtalajok
Talajképző közet	2	lössös üledék
Fizikai talajtulajdonságok	3	vályog
Agyagásvány összetétel	4	illit klorit, szmektit
Vízgazdálkodási talajtulajdonságok	4	közepes víznyelésű és vízvezető-képességű
Kémiai talajtulajdonságok	2	gyengén savanyú talajok
Talaj szervesanyag készlete	3	100 - 200 tonna/hektár
Termőréteg vastagság	5	> 100 cm
Talajértékszám	5	51 - 60

Forrás: Saját szerkesztés az AGROTOPO adatbázis felhasználásával



9. ábra: A 4-es számú vizsgált területek észak-nyugati része és annak talajtani adottságai az AGROTOPO adatbázisban

Forrás: Saját szerkesztés a Google Maps, AGROTOPO adatbázis és QGIS felhasználásával

3.2.3. A vizsgált területek éghajlati adottságai

Éghajlata mérsékelt meleg és mérsékelt száraz. Sokévi átlagban a napsütéses órák száma 1930. Nyáron 770 óra, télen 180 óra körüli napfénytartam a valószínű.

Az évi átlaghőmérséklet 9,7 - 10,0 °C közötti, a nyári félévben pedig 16,0 - 16,5 °C körüli.

Április 10 - 15. és október 16-18. között a napi középhőmérséklet a 10 °C-ot meghaladja. A csapadék évi átlaga 550 - 600 mm körül van, ebből a vegetációs időszakra kb. 330 mm jut. Leggyakoribb szélirányok a nyugati és az észak-nyugati, az átlagos szélesség 3 m/s körüli.

4. A HETEROGENITÁS A MEZŐGAZDASÁGBAN

4.1. A heterogenitás értelmezése a szántóföldi növénytermesztésre

Mivel a szakdolgozat tárgya szántóföldi növénytermesztésre használt területek heterogenitásának vizsgálata, ezért a szakdolgozat keretében heterogenitáson csak a szántóföldi növénytermesztésre hatással lévő jellemzők hasonlóságát ill. eltérését értem.

4.2. A talajok heterogenitása

A talajok esetében egy adott mért jellemzőt értéke szerint csoportokba összefoglalva (cluster) olyan csoportokat alakítunk ki, amelyek egy adott csoporton belül önmagukban közel azonos értékkel rendelkeznek (homogének), viszont ugyanazon jellemző más csoportjaihoz képest értékükben heterogének.

A talajok heterogenitása a helyspecifikus gazdálkodás szempontjából egy adott jellemző azonos értékű csoportjainak eltéréseiben és azok felületkiterjedésében értelmezhető.

A talajok főbb jellemzői a heterogenitás szempontjából

- talajtípus
- talajszerkezet
- termőréteg vastagsága
- pórustérfogat
- vízgazdálkodás
- tömörség
- levegőkapacitás
- hőkapacitás
- szervesanyagtartalom (humusztartalom)
- pH-érték (kémhatás)

- tápanyagellátottság

4.2.1. A talajok heterogenitásának hatásai

A talajok egyes jellemzőinek változása gyakran szorosan kapcsolódik más jellemző változásához. Ezért egy jellemző változása és annak hatása a termelésre a legtöbb esetben nem értékelhető ki önmagában.

A jellemzők heterogenitásának legfőbb hatásai a művelésre és annak eredményességére:

- talajművelés módja és teljesítményigénye
- műveletek elvégezhetőségének időpontja
- szükséges agrotechnológiai műveletek
- műveletek költsége
- tápanyag-visszapótlás
- tápanyagok hasznosulása
- terméseredmények.

4.3. A topográfiai heterogenitás

4.3.1. A terület formája

A terület optimális formája egy szabályos négyszög, mert hagyományos gazdálkodás esetén elvileg így kerülhető el a művelés során az átfedésszerű művelés. Egy szabálytalan alakú vagy csúcsban végződő, ill. háromszögalakú tábla esetében a közel átfedésmentes kijuttatás csak helyspecifikus gazdálkodásra alkalmas gépekkel kerülhető el.

4.3.2. A terület nagysága

A terület nagysága alapvetően befolyásolja a hasznos munkaidőt, ezzel a hatékonyságot és legvégül az agrotechnológiai műveletek költségeit. A tábla alakjából következő átfedések hatása a tábla méretének növekedésével csökken. A tábla méretének növekedése a fordulók relatív területének csökkenését is eredményezi. A nagyobb táblaméret nagyobb munkaszélességű gépek alkalmazását teszi lehetővé, ami további munkaidő-megtakarítást eredményez.

4.3.3. A domborzati viszonyok

A domborzati viszonyok jelentős kihatással vannak az erőgépek teljesítményigényére, a munkaműveletek minőségére és a műveletek lehetséges elvégzési irányára. Továbbá a domborzati viszonyok következménye az erodált területek kialakulása és a táblán belül a talajok vízellátottságának heterogenitása.

5. PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS HELYSPECIFIKUS MŰVELETI LEHETŐSÉGEI A VIZSGÁLT TERÜLETEKEN

5.1. Helyspecifikus talajművelés

A helyspecifikus talajművelés célja a talaj művelési intenzitásának hozzáigazítása az igényekhez.

A helyspecifikus talajművelés alkalmazásának előfeltétele pontos talajtérképek rendelkezésre állása. Ez a talaj elektromos vezetőképességének mérésével ill. georeferált sűrűmintás talajmintavétellel oldható meg.

A vizsgált területeken ezek közül egyik sem áll rendelkezésre, és elkészítésük ebben a méretben jelentős költséggel járna.

A terület talajtani adottságainak bemutatásánál jól látható, hogy a teljes terület talajtípus szempontjából az AGROTOPO adatbázisa alapján nagymértékben heterogén, és csak a 4-es sorszámú tábla észak-nyugati része tér el (lásd 9. ábra).

Ennek a technológiának a bevezetése a bevezetés költségei, a technológia (gépészeti oldal) kiforratlansága és a csekély várható eredmény miatt nem tűnik rentábilisnak.

5.2. Helyspecifikus vetés

A helyspecifikus vetés célja a kultúrnövények tőszámának a zónák termőképességéhez történő hozzáigazításával a kivetett mennyiség hatékony felhasználása és egy optimális termésmennyiség elérése.

A technológia technikai oldalról kiforrott és rendelkezésre áll. Ezért ennek alkalmazása a konkrét esetben a gazdaságossági kiértékelés eredményétől függően eldöntendő.

5.3. Helyspecifikus tápanyag-visszapótlás

A helyspecifikus tápanyag-visszapótlás célja a tényleges szükségleteknek megfelelő tápanyagkijuttatás, és ennek következményeként a részterületek alul- vagy túltáplálásának elkerülése, valamint a hatékony tápanyaghasznosulás. Ez technológia a

várható nagyobb jövedelmen (megtakarítás, magasabb hozam, megtakarítás + magasabb hozam) mellett a talajvizek nitráttartalmának csökkentésével hozzájárul a környezet védelméhez is.

Tapasztalatok szerint a helyspecifikus gazdálkodáson belül a helyspecifikus tápanyag-visszapótlás hozza a legnagyobb eredményt.

A technológia technikai oldalról kiforrott és rendelkezésre áll. Ezért ennek alkalmazása a konkrét esetben a gazdaságossági kiértékelés eredményétől függően eldöntendő.

5.4. Helyspecifikus növényvédelem

A helyspecifikus növényvédelem célja az igényeknek megfelelő növényvédőszer-kijuttatás és az átfedések elkerülése.

A technológia a gyomok sűrűségének megfelelő kijuttatáshoz a megfelelő érzékelőkkel még nem elégségesen pontos és költséges. A nagy munkaszélességek okozta esetleges átfedések elkerülésére a szakaszvezérlés technológiája kiforrott, és ezért alkalmazása a gazdaságossági kiértékelés eredményétől függően eldöntendő.

6. A HELYSEPCIFIKUS PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS BEVEZETÉSEHEZ SZÜKSÉGES TECHNIKAI HÁTTÉR TÖBBLETKÖLTSÉGEI A HAGYOGYOMÁNYOS GAZDÁLKODÁSHOZ VISZONYÍTVA AZ ELSŐ 5 ÉVBEN

A traktorok esetén a precíziós, illetve a nem precíziós közötti különbség: a differenciált kijuttatásra alkalmas funkciók a nem precíziósban nem kerültek feloldásra.

Gabona és szemeként vetőgép esetén nem precíziós gép egyszerű talajkerék hajtású gép, mely szakaszvezérlésre, illetve dózisszabályozásra nem alkalmas. A precíziós eszközök képesek a szakaszvezérlésre és a dózisszabályozásra előre megírt térkép alapján is.

Permetezőgép; műtrágyaszóró: nem precíziós eszköz sebességarányos anyagkijuttatásra képes, illetve a permetezőnél kézzel kapcsolható szakaszok vannak, a műtrágyaszórónál pedig félgépelzárás, a precíziós eszköz pedig képes a szakaszvezérlésre és a dózisszabályozásra előre megírt kijuttatási térkép alapján is.

Talajművelő gépek esetén nincs különbség precíziós és nem precíziós művelés között az 5. fejezet 5.1. pontjában említett okok miatt.

Sorközművelő: precíziós változata képes a szakaszvezérlésre, kapák kiemelése, illetve szilárd vagy folyékony műtrágya kijuttatására.

Kombájn: Nem precíziós gép automata kormányzás és hozamtérképező rendszer nélkül, a precíziós változatába hozamtérképező rendszer, illetve automata kormányzás található. Az ár a 2 db kombájnhoz 2 db gabona vágóasztalt, 1 db napraforgó asztalt és 1 kukorica vágóasztalt tartalmaz.

A gépparkok összeállítása az AXIÁL Kft által forgalmazott gépekből történt a jelenleg érvényes árakat alapul véve.

6.1. 800 hektár szántóföldi növénytermesztéshez szükséges géppark költségei hagyományos gazdálkodás esetén

Hagyományos gazdálkodás gépparkszükségletének költsége (6. táblázat):

6. táblázat: 800 hektáros szántóföldi növénytermesztéssel foglalkozó gazdaság gépparkszükséglete hagyományos gazdálkodás esetén

Megnevezés	Nem precíziós	Ár
talajművelő traktor	Fendt 936 GEN 6	255.000 EUR+ áfa
talajművelő + vető traktor	Fendt 933 GEN 6	235.000 EUR+ áfa
vető+ művelő traktor	Fendt 724 GEN 6	185.000 EUR+ áfa
ápoló traktor	Fendt 718 GEN 6	165.000 EUR+ áfa
gabona vetőgép	Sulky Tramline	40.000 EUR+ áfa
szemenkénti vetőgép	Monosem NG +	30.000 EUR+ áfa
permetezőgép	Berthoud tracker	35.000 EUR+ áfa
műtrágyaszóró	Sulky DX 20	15.000 EUR+ áfa
rövid tárcsa	Horsch Joker 8 RT	80.000 EUR+ áfa
kultivátor	Horsch Tiger 3 MT	50.000 EUR+ áfa
altalajlazító	Fralaz 5 késes	12.000 EUR+ áfa
magágykészítő	Frakomb 8000	40.000 EUR+ áfa
sorközművelő	Monosem SCD	33.000 EUR+ áfa
2 db. kombájn	Claas Trion 640	610.000 EUR+ áfa
Összesen		1.785.000 EUR+ÁFA

Forrás: Saját szerkesztés az AXIÁL Kft adatai alapján

Megjegyzés: A hagyományos gazdálkodáshoz kiválasztott traktorok is automata kormányzással rendelkeznek.

6.2. 800 hektár szántóföldi növénytermesztéshez szükséges géppark és kiegészítő szolgáltatások költségei helyspecifikus precíziós gazdálkodás esetén

Helyspecifikus precíziós gazdálkodás gépparkszükségletének költsége (7. táblázat):

7. táblázat: 800 hektáros szántóföldi növénytermesztéssel foglalkozó gazdaság gépparkszükséglete helyspecifikus precíziós gazdálkodás esetén

Megnevezés	Precíziós	Ár
talajművelő traktor	Fendt 936 GEN 6	260.000 EUR+ áfa
talajművelő + vető traktor	Fendt 933 GEN 6	240.000 EUR+ áfa
vető+ művelő traktor	Fendt 724 GEN 6	190.000 EUR+ áfa
ápoló traktor	Fendt 718 GEN 6	170.000 EUR+ áfa
gabona vetőgép	Horsch Pronto 6 dc	85.000 EUR+ áfa
szemenkénti vetőgép	Horsch Maestro 8 DV	80.000 EUR+ áfa
permetezőgép	Horsch Leeb 4 AX	60.000 EUR+ áfa
műtrágyaszóró	Sulky X40 econov	21.000 EUR+ áfa
rövid tárcsa	Horsch Joker 8 RT	80.000 EUR+ áfa
kultivátor	Horsch Tiger 3 MT	50.000 EUR+ áfa
altalajlazító	Fralaz 5 késes	12.000 EUR+ áfa
magágykészítő	Frakomb 8000	40.000 EUR+ áfa
sorközművelő	Horsch Transformer	70.000 EUR+ áfa
2 db. kombájn	Claas Trion 640	675.000 EUR+ áfa
Összesen		2.033.000 EUR+ÁFA

Forrás: Saját szerkesztés az AXIÁL Kft adatai alapján

A helyspecifikus precíziós gazdálkodás kiegészítő szolgáltatásainak költségei:

- RTK-jel díja: $6 \times 166.000 \text{ Ft/év/gép} = 996.000 \text{ Ft}$ (évente ismétlődő költség)
 - Bővített talajvizsgálat: $160 \times 4.950 \text{ Ft/minta} = 792.000 \text{ Ft}$ (5 évente ismétlődő költség)
- Megjegyzés: a mintavételi sűrűség 5 ha/minta helyett 2,5 ha/minta, ezért 160 mintavétellel több szükséges.
- Trimble Power Zone zónatérképek: $800 \times 3000 \text{ Ft/ha} = 2.400.000 \text{ Ft}$ (egyszeri költség)

- Műholdas hozammérés: $800 \times 2.500 \text{ Ft/ha} = 2.000.000 \text{ Ft}$ (évente ismétlődő költség)
- Kijuttatási terv készítése évente kétszer: $800 \times 3 \times 280 \text{ Ft/ha} = 672.000 \text{ Ft}$ (évente ismétlődő költség)
- Trimble Farmer Core – automatikus adatszinkronizáláshoz, felhő alapú adatgyűjtéshez (200.000 Ft / év, + 88 EUR / szinkronizálandó Trimble monitor): $200.00 + 6 \times 31.680 = 390.080 \text{ Ft}$ (évente ismétlődő költség)
- Informatikai eszközök: 500.000 Ft (egyszeri költség)
- Tőkeköltségek: Kamathozam. A helyspecifikus gazdálkodás kezdeti tőkeigényének és a hagyományos gazdálkodás kezdeti tőkeigényének különbségét $(739.630.080 - 642.600.000 = 97.030.080)$ 5%-os hozamú állampapírba 5 évre befektetve: 26.807.622 Ft kamatbevétel

6.3. A helyspecifikus gazdálkodás többletköltségei az első 5 évben

Megjegyzés: A teljes költség 5 évre tisztán könyvelési adat. Nem számoltam a traktorok és a kombájnok maradványértékével, valamint a munkagépek értéke is valószínűleg magasabb lesz a könyvelésben nyilvántartott amortizált értéknél. A dolgozat célját ez nem befolyásolja, mert a gazdaságossági számításhoz csak a két művelési technológia közötti különbség kerül figyelembevételre, ami valós.

Hagyományos gazdálkodás költsége az első 5 évben (8. táblázat):

8. táblázat: Hagományos gazdálkodás műszaki hátterének költségei az első 5 évben

Költségtényező megnevezése	Ár (EUR)	Ár (Ft)	Leírás (%/év)	Éves költség (Ft)	Költség 5 évre (Ft)
talajművelő traktor	255 000	91 800 000	20,0	18 360 000	91 800 000
talajművelő + vető traktor	235 000	84 600 000	20,0	16 920 000	84 600 000
vető+ művelő traktor	185 000	66 600 000	20,0	13 320 000	66 600 000
ápoló traktor	165 000	59 400 000	20,0	11 880 000	59 400 000
gabona övetőgép	40 000	14 400 000	14,5	2 088 000	10 440 000
szemenkénti vetőgép	30 000	10 800 000	14,5	1 566 000	7 830 000
permetezőgép	35 000	12 600 000	14,5	1 827 000	9 135 000
műtrágyaszóró	15 000	5 400 000	14,5	783 000	3 915 000
rövid tárcsa	80 000	28 800 000	14,5	4 176 000	20 880 000
kultivátor	50 000	18 000 000	14,5	2 610 000	13 050 000
altalajlazító	12 000	4 320 000	14,5	626 400	3 132 000
magágykészítő	40 000	14 400 000	14,5	2 088 000	10 440 000
sorközművelő	33 000	11 880 000	14,5	1 722 600	8 613 000
2 db. kombajn	610 000	219 600 000	20,0	43 920 000	219 600 000
Teljes költség 5 évre	1 785 000	642 600 000		121 887 000	609 435 000

Forrás: Saját szerkesztés az AXIÁL Kft adatai alapján

Helyspecifikus precíziós gazdálkodás költsége az első 5 évben (9. táblázat):

9. táblázat: *Helyspecifikus gazdálkodás műszaki hátterének költségei az első 5 évben*

Költségtényező megnevezése	Ár (EUR)	Ár (Ft)	Leírási kulcs (%/év)	Éves költség (Ft)	Költség 5 évre (Ft)
talajművelő traktor	260 000	93 600 000	20,0	18 720 000	93 600 000
talajművelő + vető traktor	240 000	86 400 000	20,0	17 280 000	86 400 000
vető+ művelő traktor	190 000	68 400 000	20,0	13 680 000	68 400 000
ápoló traktor	170 000	61 200 000	20,0	12 240 000	61 200 000
gabonavetőgép	85 000	30 600 000	14,5	4 437 000	22 185 000
szemenkénti vetőgép	80 000	28 800 000	14,5	4 176 000	20 880 000
permetezőgép	60 000	21 600 000	14,5	3 132 000	15 660 000
mútrágyaszóró	21 000	7 560 000	14,5	1 096 200	5 481 000
rövid tárcsa	80 000	28 800 000	14,5	4 176 000	20 880 000
kultivátor	50 000	18 000 000	14,5	2 610 000	13 050 000
altalajlazító	12 000	4 320 000	14,5	626 400	3 132 000
magágykészítő	40 000	14 400 000	14,5	2 088 000	10 440 000
sorközművelő	70 000	25 200 000	14,5	3 654 000	18 270 000
2 db. kombájn	675 000	243 000 000	20,0	48 600 000	243 000 000
RTK-jel		996 000		996 000	4 980 000
Bővített talajvizsgálat		792 000		792 000	792 000
Trimble Power Zone zónázás		2 400 000		2 400 000	2 400 000
Trimble Farmer Core		390 080		390 080	1 950 400
Műholdas hozammérés		2 000 000		2 000 000	10 000 000
Kijuttatási terv		672 000		672 000	3 360 000
Informatikai eszközök		500 000		500 000	500 000
Összes befektetett tőke 5 évre		739 630 080		144 265 680	706 560 400
Tőkeköltségek					26 807 622
Teljes költség 5 évre					733 368 022

Forrás: Saját szerkesztés az AXIÁL Kft adatai alapján

Megjegyzés: Az euróban megadott árak 360 Ft/EUR árfolyamon kerültek átszámításra.

A helyspecifikus és hagyományos gazdálkodás költségeinek különbözete az első 5 évben:

$$733.368.002 - 609.435.000 = \mathbf{123.933.002 \text{ Ft}}$$

Ez 800 hektárra vetítve azt jelenti, hogy helyspecifikus precíziós gazdálkodással 5 év alatt minden hektáron 154.916 Ft, azaz évente átlagban 30.983 Ft/ha többletbevételt kell megtermelni ahhoz, hogy a helyspecifikus gazdálkodás ne legyen veszteséges a hagyományossal szemben.

7. A GAZDASÁGOSSÁGI ELEMZÉSHEZ FELHASZNÁLT HETEROGENITÁSI JELLEMZŐ KIVÁLASZTÁSA ÉS AZ ALKALMAZOTT MÓDSZER KIDOLGOZÁSA

7.1 A gazdaságossági elemzéshez felhasznált heterogenitási jellemző kiválasztása

Mivel a döntéshez nem áll rendelkezésre semmiféle olyan korábbi adat (hozamtérképek, talajvezetőképesség-mérés, talajtérképek stb.) amelyek alapján a helyspecifikus gazdálkodás bevezetésére irányuló döntést elő lehetne készíteni, ezért olyan megoldás választása szükséges, amely gyorsan és költségkímélően teszi lehetővé a döntés meghozását.

Lehetséges kiindulás információk:

- Hozamtérképek – nem állnak rendelkezésre, kiértékelhető létrehozásuk több évig tartana.
- Talajtérképek – nem állnak rendelkezésre, talajjellenállás-mérés 800 hektáron költséges és kiértékelése még nem kiforrott.
- Műholdak spektrális felvételeinek kiértékelése – azonnal rendelkezésre áll, alacsony költséggel jár.

A fentiek alapján egy előzetes döntéshez ebben az esetben csak a műholdfelvételek kiértékelése jöhet számításba.

A műholdfelvételekből generálható zónázási megoldások közül az egyszerű NDVI-index heterogenitásán alapuló zónázási eljárás a felvételek időpontjától függő nagy szórása miatt nem alkalmas a döntéshez szükséges számítások alapjának.

Ezért a számításokhoz a Trimble által kidolgozott Power Zoning eljárással készült Crop Productivity Index (CPI – Termőképességi Index) térképek alkalmazását választottam, mert ez az eljárás több év során készült évente több felvétel alapján hozza létre a tábla átlagához viszonyított relatív termőképességi zónákat. Több év több időpontban készült felvételeinek feldolgozása csökkenti az esetleges agrotechnikai hibák ill. egy adott évben jelentkező szélsőséges időjárás miatti téves zónázás esélyét.

7.2 A gazdaságossági elemzéshez alkalmazott módszer kidolgozása

Az elemzések során abból indultam ki, hogy egy jó hagyományos gazdálkodás esetén a gazdálkodó optimális agrotechnikát alkalmazva, az inputanyagokat az átlagtermésnek megfelelő mennyiségben juttatja ki.

1. lépés:

A táblák heterogenitási tartományát a számítások egyszerűsítése céljából három részre osztottam:

1. Átlagos termőképességű zónák
2. Átlag alatti termőképességű zónák
3. Átlag feletti termőképességű zónák

1. Átlagos termőképességű zónák:

Az átlagos érték körül (100%) egy +, - 2,5 százalékos tartományt jelöltem ki, mert ez az a tartomány, ami hagyományos technológia esetén is közel optimálisan ellátott. Ezt az 5%-os (2x2,5%) sávot azért választottam, mert a tapasztalatok azt mutatják, hogy nem érdemes ennél kisebb elérésre tervezni a helyspecifikus gazdálkodást, ill. a kijuttatást végző eszközök sem képesek minden esetben ennél kisebb lépésekben szabályozni a kijuttatott mennyiséget.

Az így kialakított 97,5 és 102,5% közötti zónákat kivettem a számításból, mert itt érdemi megtakarítás nem érhető el, ill. a kijuttatások hibahatárán belül vannak.

2. Átlag alatti termőképességű zónák

A 97,5% termőképesség-index alatti zónák átlagát súlyozással kiszámítottam és a területüket összeadtam, így egy összesített átlagosnál alacsonyabb termőképesség-indexű területnagysághoz jutva.

3. Átlag feletti termőképességű zónák

A 102,5% feletti termőképesség-indexű zónák átlagát súlyozással kiszámítottam és a

területüket összeadtam, így egy összesített átlagosnál magasabb termőképesség-indexű területnagysághoz jutva.

2. lépés:

Azt feltételezve, hogy az inputanyagokból a gyengébb termőképességű területeken megtakarított mennyiség fedezi az átlag feletti termőképességű területeknél szükséges többlet inputanyagot (amit az átlagnál magasabb termőképességű és az átlagnál alacsonyabb termőképességű területek súlyozott átlagának a 100%-hoz nagyjából azonos mértékben közeleső értékei is alátámasztanak), táblánként az átlagosnál jobb termőképességű területek alapján kiszámítottam kukorica, búza és napraforgó esetére a várható többlettermés mennyiségét az átlag feletti termőképességű területek súlyozott CPI átlaga alapján. Ezt a többlettermést az elmúlt 5 év átlagáraival és a 2021-es árakkal Ft-ban fejeztem ki.

3. lépés:

Táblánként kiszámoltam a helyspecifikus gazdálkodás bevezetésének eredményét 5 évre egy egységes vetésforgónak megfelelően (kukorica-búza-napraforgó-kukorica-búza).

4. lépés:

A vizsgát területek adatait összegeztem, és visszaszámoltam 1 hektárra, így megkapva az 1 hektárra eső többletjövedelmet 5 évre. Ezt az értéket megszoroztam a gazdaság teljes területével, hogy megkapjam a teljes többletjövedelmet 5 évre az 5 év átlagáraival számolva.

Ezt a számítást elvégeztem az idei év áraival végzett számítások eredményeivel is.

5. lépés:

Összevettem a 4. lépésben megkapott értékeket a precíziós technológia bevezetésének költségeivel az 5 éves átlagra és kizárólag az idei évre vonatkozóan is.

8. EREDMÉNYEK

8.1. A heterogenitás mértékének kiértékelése a kiválasztott táblákra vonatkoztatva

Megjegyzés: Minden tábla esetében a színekódolás a következő:

- fehér: átlag alatti termőképességű zónák
- világoszöld: átlagos termőképességű zónák
- sötétzöld: átlag feletti termőképességű zónák

A termőképességi index százalékos aránya relatív, és csak az adott táblán belüli viszonyokat tükrözi.

1-es sorszámú tábla:

Kiindulási CPI- (Corp Productivity Index – termőképesség-index) és területadatok (10. táblázat):

10. táblázat: Az 1-es sorszámú tábla értéktáblázata

mzgroupid	cpi_mean	Zona_meret
1	96,7770448548...	6,53
2	99,2544283413...	1,82
2	99,2544283413...	3,59
3	100,153735632...	12,33
4	100,552680221...	1,28
4	100,552680221...	0,65
4	100,552680221...	0,69
4	100,552680221...	6,45
5	101,715447154...	4,35
6	104,477667493...	1,49
6	104,477667493...	2,35
6	104,477667493...	2,72

Forrás: Saját szerkesztés a QGIS felhasználásával



10.ábra: Az 1-es sorszámú tábla heterogenitása három zóna kialakításával

Forrás: Saját szerkesztés a Google Maps és QGIS felhasználásával

Az 1-es sorszámú tábla heterogenitásának kiértékelése (11. táblázat):

11. táblázat: Az 1-es sorszámú tábla heterogenitása

1. tábla összefoglaló adatai	Terület (ha)	Súlyozott CPI (%)	Arány %-ban
Teljes tábla	44,25		100
Átlag alatti termőképességű zónák	6,53	96,78	14,76
Átlagos termőképességű zónák	31,16		70,42
Átlagos feletti termőképességű zónák	6,56	104,48	14,82
Átlag feletti és átlagos termőképességű zónák együttes értéke	13,09	100,64	29,58

Az 1-es sorszámú tábla heterogenitása a termőképességi index szélső értékei között, amint az a 10. táblázat adatai alapján látható, aránylag szűk sávban változik (7,7%). Az átlagosnál gyengébb és erősebb termőképességű területek területe a majdnem teljesen megegyező (6,53 ill. 6,56) és az átlagtól való eltérésükben (3,22% ill. 4,4%) sincs nagy eltérés. Ennek eredményeként az átlagtól eltérő területek súlyozott teljes CPI-je 100,64%.

Ez azt jelenti, hogy ennél a táblánál várhatóan elsősorban nem a gyengébb területeken

megtakarított input anyagok hozzák a nagyobb hasznót, hanem az esetleges magasabb hozam.

2-es sorszámú tábla:

Kiindulási CPI- (Corp Productivity Index – termőkéesség-index) és területadatok (12. táblázat):

12. táblázat: A 2-es sorszámú tábla értéktáblázata

mzgroupid	cpi_mean ▲	Zona_meret
1	89,5296296296...	2,18
2	97,3567164179...	5,50
3	97,8890429958...	1,65
3	97,8890429958...	1,26
3	97,8890429958...	0,53
3	97,8890429958...	2,43
4	101,619197482...	3,22
4	101,619197482...	0,97
4	101,619197482...	5,48
4	101,619197482...	0,8
4	101,619197482...	0,52
4	101,619197482...	0,53
5	103,237579042...	9,74
6	104,553290083...	1,57
6	104,553290083...	5,14
6	104,553290083...	1,44

Forrás: Saját szerkesztés a QGIS felhasználásával



11.ábra: A 2-es sorszámú tábla heterogenitása három zóna kialakításával

Forrás: Saját szerkesztés a Google Maps és QGIS felhasználásával

A 2-es sorszámú tábla heterogenitásának kiértékelése (13. táblázat):

13. táblázat: A 2-es sorszámú tábla heterogenitása

2. tábla összefoglaló adatai	Terület (ha)	Súlyozott CPI (%)	Arány %-ban
Teljes tábla	42,92		100
Átlag alatti termőképességű zónák	7,68	95,13	17,89
Átlagos termőképességű zónák	17,39		40,52
Átlagos feletti termőképességű zónák	17,89	103,84	41,59
Átlag feletti és átlagos termőképességű zónák együttes értéke	25,57	101,23	59,48

A 2-es sorszámú tábla heterogenitása a termőképességi index szélső értékei között, a 12. táblázat adatai alapján 15,02%-os, súlyozva a 13. táblázat adatai alapján a 8,71%-os sávban változik. Az átlagosnál gyengébb és erősebb termőképességű területeknél méretben az átlag feletti zónák jelentősen nagyobbak (7,68 ill. 17,89), azonban az átlag alatti zónák súlyozott átlaga az átlagtól 4,87%-kal tér el, amíg az átlagnál jobb zónáké csak 3,84%-kal, ami azt eredményezi, hogy az átlagtól eltérő területek súlyozott teljes CPI-je csak 101,23, azaz a gyengébb területeken megtakarított input anyagok gyakorlatilag teljesen lefedhetik a nagyobb termőképességű zónák többletigényét és

esetleg megtakarítás is jelentkezhet.

Az átlagnál magasabb termőképességű zónák relatívan nagy aránya arra enged következtetni, hogy az eredmény növekedésében a várható többlettermés lesz a domináns.

3-as sorszámú tábla:

Kiindulási CPI- (Corp Productivity Index – termőképesség-index) és területadatok (14. táblázat):

14. táblázat: A 3-as sorszámú tábla értéktáblázata

mzgroupid ▲	cpi_mean	Zona_meret
1	96,0677290836...	8,08
2	98,7806372549...	7,10
3	100,174254317...	0,84
3	100,174254317...	1,05
3	100,174254317...	1,35
3	100,174254317...	1,79
4	105,967153284...	1,98
5	109,696397941...	2,14
5	109,696397941...	2,65
6	110,798780487...	1,27

Forrás: Saját szerkesztés a QGIS felhasználásával



12.ábra: A 3-as sorszámú tábla heterogenitása három zóna kialakításával

Forrás: Saját szerkesztés a Google Maps és QGIS felhasználásával

A 3-as sorszámú tábla heterogenitásának kiértékelése (15. táblázat):

15. táblázat: A 3-as sorszámú tábla heterogenitása

3. tábla összefoglaló adatai	Terület (ha)	Súlyozott CPI (%)	Arány %-ban
Teljes tábla	28,25		100
Átlag alatti termőképességű zónák	8,08	96,07	28,60
Átlagos termőképességű zónák	12,13		42,94
Átlagos feletti termőképességű zónák	8,04	109,97	28,46
Átlag feletti és átlagos termőképességű zónák együttes értéke	16,12	103	57,06

A 3-as sorszámú tábla heterogenitása a termőképességi index szélső értékei között, a 14. táblázat adatai alapján 17,7%-os sávban, súlyozva a 15. táblázat adatai alapján 13,9%-os sávban változik. Az átlagosnál gyengébb és erősebb termőképességű zónák területe méretben közel azonos (8,08 ill. 8,04 ha), azonban az átlag alatti zónák súlyozott átlaga az átlagtól 3,93%-kal tér el, amíg az átlagnál jobb zónáké 9,97%-kal, ami azt eredményezi, hogy az átlagtól eltérő területek súlyozott teljes CPI-je 103, azaz a gyengébb területeken megtakarított input anyagok ebben az esetben is valószínűleg közel lefedik a nagyobb termőképességű zónák többletigényét. Hasonlóan a 2-es számú

táblához, ennél a táblánál is, az átlagnál magasabb termőképeségű zónák relatívan nagy aránya és annak nagy mértéke (súlyozott CPI-index 109, 97%, azaz majd 10%-os eltérés), arra enged következtetni, hogy az eredmény növekedésében a várható többlettermés lesz a domináns.

4-es sorszámú tábla:

Kiindulási CPI- (Corp Productivity Index – termőképeség-index) és területadatok (16. táblázat):

16. táblázat: A 4-es sorszámú tábla értéktáblázata

mzgroupid ▲	cpi_mean	Zona_meret
1	88,0521978021...	1,08
1	88,0521978021...	1,82
2	98,6389124893...	0,76
2	98,6389124893...	3,38
2	98,6389124893...	16,13
2	98,6389124893...	0,76
2	98,6389124893...	1,11
2	98,6389124893...	8,52
3	104,491796875...	3,52
3	104,491796875...	2,98
3	104,491796875...	14,43
4	115,038709677...	0,71
4	115,038709677...	0,89

Forrás: Saját szerkesztés a QGIS felhasználásával



13.ábra: A 4-es sorszámú tábla heterogenitása három zóna kialakításával

Forrás: Saját szerkesztés a Google Maps és QGIS felhasználásával

A 4-es sorszámú tábla heterogenitásának kiértékelése (17. táblázat):

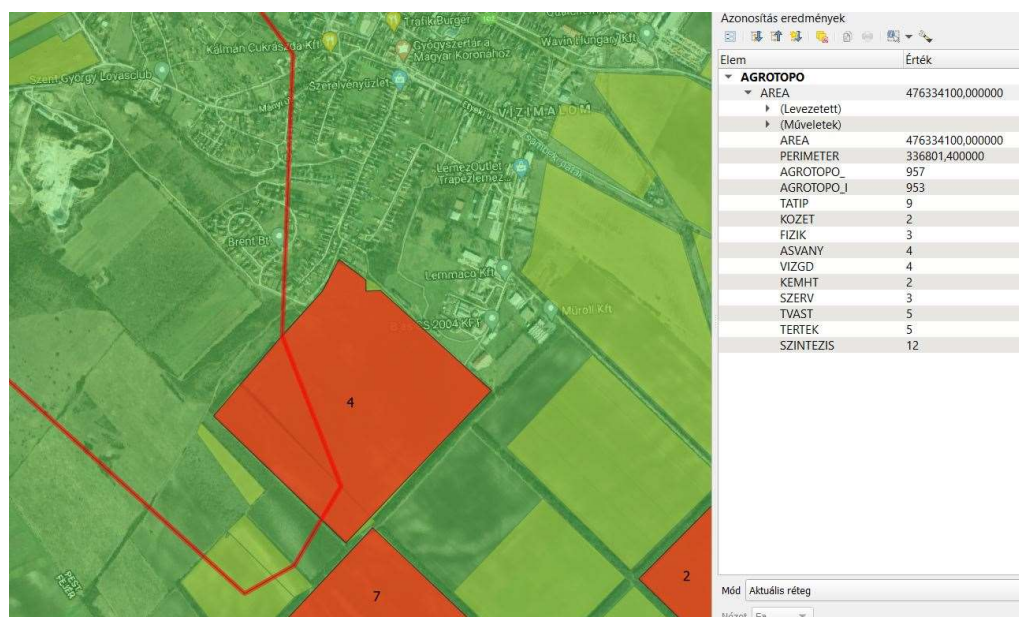
17. táblázat: A 4-es sorszámú tábla heterogenitása

4. tábla összefoglaló adatai	Terület (ha)	Súlyozott CPI (%)	Arány %-ban
Teljes tábla	56,09		100
Átlag alatti termőképességű zónák	2,9	88,05	5,17
Átlagos termőképességű zónák	30,66		54,66
Átlagos feletti termőképességű zónák	22,53	103,84	40,17
Átlag feletti és átlagos termőképességű zónák együttes értéke	25,43	102,4	45,34

A 4-es sorszámú tábla heterogenitása a termőképességi index szélső értékei között, a 16. táblázat adatai alapján, az összes vizsgált terület közül a legmagasabb értékű (26,99%), súlyozva a 17. táblázat adatai alapján a 15,79%-os sávban változik. Ennek oka egyrészt az átlagnál alacsonyabb termőképességű indexel rendelkező területek az átlaghoz képest ennél a táblánál mutatják a legnagyobb eltérést, azonban relatív kis összterületen (2,9 ha), másrészt az átlagnál magasabb termőképességű indexel rendelkező területeknél van két aránylag kis terület (összesen 2,6 ha) a fasorok mellett, amelyek CPI-indexe 115,038.

Azonban ezen kiugró értékek kis területi kiterjedése miatt az összesített súlyozott értéknél a tábla nem tér el lényegesen a többi táblától. Ezért ennél a táblánál is, a gyengébb területeken megtakarított input anyagok közel lefedik a nagyobb termőképességű zónák többletigényét. Itt is a domináns a várható többletterméshől adódó többletbevétel lesz, mert a magasabb termőképességű indexel rendelkező területek aránya 40,17%.

A gazdaság összes területe közül a 4-es számú tábla az egyetlen, amely nem homogénen mészlepedékes csernozjom, hanem az AGROTOPO adatbázis alapján az észak-nyugati sarka Ramann-féle barna erdőtalaj, amint az már a 3. fejezetben a területek ismertetésekor is bemutatásra került:



14. ábra: A 4-es számú vizsgált területek észak-nyugati része és annak talajtani adottságai az AGROTOPO adatbázisban

Forrás: Saját szerkesztés a Google Maps. AGROTOPO adatbázis és QGIS felhasználásával

Jól látható, hogy a táblán belül az alacsonyabb relatív termőképességű területek szignifikánsan a tábla azon területére esnek, ahol a rosszabb vízgazdálkodású Ramann-féle barna erdőtalaj található.

5-ös sorszámú tábla:

Kiindulási CPI- (Corp Productivity Index – termőkéesség-index) és területadatok (18. táblázat):

18. táblázat: Az 5-ös sorszámú tábla értéktáblázata

mzgroupid	cpi_mean	Zona_meret
1	95,1095890410...	0,52
2	99,1087333718...	0,57
2	99,1087333718...	1,05
2	99,1087333718...	13,45
3	99,4204425711...	3,84
3	99,4204425711...	4,26
4	102,228786251...	7,03
4	102,228786251...	0,77
5	102,748800000...	0,75
5	102,748800000...	4,36
6	111,489878542...	2,04

Forrás: Saját szerkesztés a QGIS felhasználásával



15.ábra: Az 5-ös sorszámú tábla heterogenitása három zóna kialakításával

Forrás: Saját szerkesztés a Google Maps és QGIS felhasználásával

Az 5-ös sorszámú tábla heterogenitásának kiértékelése (19. táblázat):

19. táblázat: Az 5-ös sorszámú tábla heterogenitása

5. tábla összefoglaló adatai	Terület (ha)	Súlyozott CPI (%)	Arány %-ban
Teljes tábla	38,64		100
Átlag alatti termőképességű zónák	0,52	95,11	1,35
Átlagos termőképességű zónák	30,97		80,15
Átlagos feletti termőképességű zónák	7,15	105,24	18,50
Átlag feletti és átlagos termőképességű zónák együttes értéke	7,67	104,56	19,85

Az 5-ös sorszámú tábla heterogenitása a termőképességi index szélső értékei között, a 18. táblázat adatai alapján, a 16,38%, súlyozva a 19. táblázat adatai alapján a 10,13%-os sávban változik. Azonban az átlagnál alacsonyabb termőképességű indexel rendelkező területek kis mérete miatt (0,52 ha, 1,35%) hatása az összesített súlyozott értékre (az átlag feletti és átlag alatti termőképességű zónák együttes értékei) csekély. A nagyobb termőképességű (átlag körüli +, - 2,5% sáv feletti) rész 7,15 hektár, ezért a gyengébb területeken várhatóan megtakarított input anyagok ennél a táblánál játszhatnak legkevésbé szerepet az eredmény növekedésében. Ennél a táblánál a legalacsonyabb a területre vetítve az átlag körüli sávtól eltérő területek aránya (19,85%).

6-os sorszámú tábla:

Kiindulási CPI- (Corp Productivity Index – termőkéesség-index) és területadatok (20. táblázat):

20. táblázat: A 6-os sorszámú tábla értéktáblázata

mzgroupid ▲	cpi_mean	Zona_meret
1	94,2727272727...	0,55
1	94,2727272727...	2,48
1	94,2727272727...	1,50
1	94,2727272727...	3,40
2	97,9374692269...	4,14
2	97,9374692269...	0,62
2	97,9374692269...	11,72
3	100,395417590...	9,22
3	100,395417590...	0,79
3	100,395417590...	1,55
4	101,251568739...	8,62
4	101,251568739...	0,66
4	101,251568739...	1,38
4	101,251568739...	3,71
5	104,740863787...	0,6
5	104,740863787...	2,58
5	104,740863787...	0,89
5	104,740863787...	4,97
5	104,740863787...	0,7
6	109,596412556...	2,23
6	109,596412556...	1,39

Forrás: Saját szerkesztés a QGIS felhasználásával



16.ábra: A 6-os sorszámú tábla heterogenitása három zóna kialakításával

Forrás: Saját szerkesztés a Google Maps és QGIS felhasználásával

A 6-os sorszámú tábla heterogenitásának kiértékelése (21. táblázat):

21. táblázat: A 6-os sorszámú tábla heterogenitása

6. tábla összefoglaló adatai	Terület (ha)	Súlyozott CPI (%)	Arány %-ban
Teljes tábla	63,7		100
Átlag alatti termőképességű zónák	7,93	94,27	12,45
Átlagos termőképességű zónák	43,11		67,68
Átlagos feletti termőképességű zónák	12,66	106,13	19,87
Átlag feletti és átlagos termőképességű zónák együttes értéke	20,59	101,56	32,32

A 6-os sorszámú tábla heterogenitása a termőképességi index szélső értékei között, a 20. táblázat adatai alapján, a 15,3%-os, súlyozva a 21. táblázat adatai alapján a 11,86%-os sávban változik. Az átlagnál alacsonyabb és magasabb termőképességű zónák területe méretben itt is a nagyobb termőképességű a nagyobb (7,93 ill. 12,66 ha). Az alacsonyabb termőképességű zónáknál várható megtakarítás azonban várhatóan lefedi az átlag feletti termőképességű zónák többletigényét (átlag feletti és átlagos termőképességű zónák együttes súlyozott CPI értéke: 101,56%). A domináns tényező az eredményesség javulásában az átlag feletti termőképességű zónák relatívan nagy aránya (19,87%) és viszonylag magas súlyozott CPI értéke (106,13%) lesz.

7-es sorszámú tábla:

Megjegyzés: A 7-es tábla alsó része külön volt művelve, ez a kiértékelést zavarta volna, ezért nem kerül kiértékelésre (piros csík a tábla déli részén).

Kiindulási CPI- (Corp Productivity Index – termőkéesség-index) és területadatok (22. táblázat):

22. táblázat: A 7-es sorszámú tábla értéktáblázata

mzgroupid ▲	cpi_mean	Zona_meret
1	97,8376963350...	2,89
1	97,8376963350...	7,19
1	97,8376963350...	1,06
2	99,4726477024...	1,13
2	99,4726477024...	5,29
2	99,4726477024...	0,92
3	103,082545141...	1,37
3	103,082545141...	8,54
4	103,578440808...	2,45
4	103,578440808...	1,94
4	103,578440808...	4,17

Forrás: Saját szerkesztés a QGIS felhasználásával



17.ábra: A 7-es sorszámú tábla heterogenitása három zóna kialakításával

Forrás: Saját szerkesztés a Google Maps és QGIS felhasználásával

A 7-es sorszámú tábla heterogenitásának kiértékelése (23. táblázat):

23. táblázat: A 7-es sorszámú tábla heterogenitása:

7. tábla összefoglaló adatai	Terület (ha)	Súlyozott CPI (%)	Arány %-ban
Teljes tábla	36,95		100
Átlag alatti termőképességű zónák	0	0	0,00
Átlagos termőképességű zónák	18,48		50,01
Átlagos feletti termőképességű zónák	18,47	103,31	49,99
Átlag feletti és átlagos termőképességű zónák együttes értéke	18,47	103,31	49,99

A 100% körüli +, - 2,5%-os sáv kialakítása után csak 2 termőképességi zóna maradt. Ennek megfelelően a 7-es sorszámú tábla heterogenitása a termőképességi index szélső értékei között, a 22. táblázat adatai alapján, ennél a táblánál a legalacsonyabb, 5,74%, súlyozva a 23. táblázat adatai alapján a 3,31%-os sávban a magasabb termőképességű indexel rendelkező területeknél változik. Az átlagosnál magasabb termőképességű zónák területe méretben majdnem azonos az átlagos termőképességű zónáéval (18,47 ill. 18,48

ha). Ezért az átlag feletti termőképességű zónáknál műtrágyából csekély többletigénye jelentkezhet.

Amennyiben a teljes táblát kiegészítve a más gazdálkodók által művelt területekkel együtt nézzük, akkor az alábbi zónák alakulnak ki:



18.ábra: A 7-es sorszámú tábla zónái kiegészítve a más gazdálkodók által művelt területekkel

Forrás: Saját szerkesztés a Google Maps és QGIS felhasználásával

Az ábrán, a dél-nyugati rész kivételével, jól látható, hogy a zónák a más gazdálkodók által művelt területeknél is folytatódnak, ami arra enged következtetni, hogy a zónákat nagymértékben ténylegesen a talaj termőképessége határozza meg és nem agrotechnikai hibák.

8.2. A vizsgált táblák helyspecifikus gazdálkodással realizálható többletjövedelemének számszerűsítése

8.2.1. Kiindulási adatok

Teljes vizsgált terület: 310,84 ha

Az egyes évek terményárainak ingadozását kiküszöbölése céljából 5 éves időtartam átlagával számoltam, de a számításokat az idei év áraival is elvégeztem, feltételezve azt, hogy az árak a jövőben is magas értéken maradnak.

A számításokhoz szükséges átlagos terményáradatokat a Központi Statisztikai Hivatal adatbázisából (https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_evkozi/e_qsma003a.html) a betakarítás utáni hónapi adatot figyelembe véve számítottam ki. Ahol nem állt rendelkezésre 2021-es adat a Központi Statisztikai Hivatal részéről, ott az árutőzsdei felvásárlási adatokat vettem alapul (24. táblázat).

24. táblázat: Termények árai és azok átlaga az eltelt 5 termelési ciklusban

Termény/év	2017	2018	2019	2020	2021	Átlagár
Kukorica	43500	44900	42500	53200	92600	55340
Búza	42800	50000	50100	54000	75000	54380
Napraforgó	98600	98300	101000	119800	178400	119220

Forrás: Saját szerkesztés a KSH adatbázisa és árutőzsdei információk alapján

A termésátlagok esetében is a KSH adatbázisából vett adatokat vettem figyelembe, amely értékeket tekintettel a 30 aranykoronánál magasabb átlagos minőségre, felfelé kerekítettem.

Ennek alapján a következő értékek adódtak:

- kukorica: 9,0 t/ha
- búza: 6,0 t/ha
- napraforgó: 3,0 t/ha

8.2.2. Számszerűsített eredmények táblánként

1-es számú tábla:*25. táblázat: Az 1-es számú tábla többletjövedelmei helyspecifikus gazdálkodás esetén*

Termesztett növény	Többlettermés (t)	Többletbevétel átlagárral (Ft)	Többletbevétel/ha	Többletbevétel 2021-es árral (Ft)	Többletbevétel/ha (2021)
kukorica	2,64	146 374	3 308	244 926	5 535
búza	1,76	95 890	2 167	132 250	2 989
napraforgó	0,88	105 112	2 375	157 289	3 555
kukorica	2,64	146 374	3 308	244 926	5 535
búza	1,76	95 890	2 167	132 250	2 989
Többletbevétel 5 év/ha			13 325		20 602

2-es számú tábla:*26. táblázat: A 2-es számú tábla többletjövedelmei helyspecifikus gazdálkodás esetén*

Termesztett növény	Többlettermés (t)	Többletbevétel átlagárral (Ft)	Többletbevétel/ha	Többletbevétel 2021-es árral (Ft)	Többletbevétel/ha (2021)
kukorica	6,18	342 155	7 972	572 526	13 339
búza	4,12	224 147	5 222	309 139	7 203
napraforgó	2,06	245 704	5 725	367 670	8 566
kukorica	6,18	342 155	7 972	572 526	13 339
búza	4,12	224 147	5 222	309 139	7 203
Többletbevétel 5 év/ha			32 113		49 651

3-as számú tábla:*27. táblázat: A 3-as számú tábla többletjövedelmei helyspecifikus gazdálkodás esetén*

Termesztett növény	Többlettermés (t)	Többletbevétel átlagárral (Ft)	Többletbevétel Ft/ha	Többletbevétel 2021-es árral (Ft)	Többletbevétel Ft/ha (2021)
kukorica	7,21	399 239	14 132	668 043	23 648
búza	4,81	261 542	9 258	360 715	12 769
napraforgó	2,40	286 696	10 149	429 010	15 186
kukorica	7,21	399 239	14 132	668 043	23 648
búza	4,81	261 542	9 258	360 715	12 769
Többletbevétel 5 év/ha			56 929		88 019

4-es számú tábla:*28. táblázat: A 4-es számú tábla többletjövedelmei helyspecifikus gazdálkodás esetén*

Termesztett növény	Többlettermés (t)	Többletbevétel átlagárral (Ft)	Többletbevétel Ft/ha	Többletbevétel 2021-es árral (Ft)	Többletbevétel Ft/ha (2021)
kukorica	7,79	430 898	7 682	721 018	12 855
búza	5,19	282 282	5 033	389 318	6 941
napraforgó	2,60	309 430	5 517	463 029	8 255
kukorica	7,79	430 898	7 682	721 018	12 855
búza	5,19	282 282	5 033	389 318	6 941
Többletbevétel 5 év/ha			30 946		47 846

5-ös számú tábla:*29. táblázat: Az 5-ös számú tábla többletjövedelmei helyspecifikus gazdálkodás esetén*

Termesztett növény	Többlettermés (t)	Többletbevétel átlagárral (Ft)	Többletbevétel Ft/ha	Többletbevétel 2021-es árral (Ft)	Többletbevétel Ft/ha (2021)
kukorica	3,37	186 603	4 829	312 242	8 081
búza	2,25	122 244	3 164	168 597	4 363
napraforgó	1,12	134 001	3 468	200 518	5 189
kukorica	3,37	186 603	4 829	312 242	8 081
búza	2,25	122 244	3 164	168 597	4 363
Többletbevétel 5 év/ha			19 454		30 078

6-os számú tábla:*30. táblázat: A 6-os számú tábla többletjövedelmei helyspecifikus gazdálkodás esetén*

Termesztett növény	Többlettermés (t)	Többletbevétel átlagárral (Ft)	Többletbevétel Ft/ha	Többletbevétel 2021-es árral (Ft)	Többletbevétel Ft/ha (2021)
kukorica	6,98	386 523	6 068	646 767	10 153
búza	4,66	253 212	3 975	349 226	5 482
napraforgó	2,33	277 565	4 357	415 346	6 520
kukorica	6,98	386 523	6 068	646 767	10 153
búza	4,66	253 212	3 975	349 226	5 482
Többletbevétel 5 év/ha			24 443		37 792

7-es számú tábla:*31. táblázat: A 7-es számú tábla többletjövedelmei helyspecifikus gazdálkodás esetén*

Termesztett növény	Többlettermés (t)	Többletbevétel átlagárral (Ft)	Többletbevétel Ft/ha	Többletbevétel 2021-es árral (Ft)	Többletbevétel Ft/ha (2021)
kukorica	5,50	304 492	8 241	509 505	13 789
búza	3,67	199 474	5 398	275 111	7 445
napraforgó	1,83	218 658	5 918	327 198	8 855
kukorica	5,50	304 492	8 241	509 505	13 789
búza	3,67	199 474	5 398	275 111	7 445
Többletbevétel 5 év/ha			33 196		51 324

8.2.3. Összesített számszerűsített eredmények (32. táblázat)

32. táblázat: Többletjövedelmek a teljes gazdaságra vetítve

Tábla	Többletbevétel 5 év/ha 5 év átlagával	Többletbevétel 5 év /ha 2021-es árakkal
1	13 325	20 602
2	32 113	49 651
3	56 929	88 019
4	30 946	47 846
5	19 454	30 078
6	24 443	37 792
7	33 196	51 324
Súlyozott átlag (Ft/5 év/ha)	28 466	44 011
800 hektár/5 év	22 772 800	35 208 800

8.3. Kiértékelés

A helyspecifikus gazdálkodás bevezetésének gazdaságossági számítására általam használt módszer összesített számszerűsített eredményei (33. táblázat):

33. táblázat: Helyspecifikus precíziós gazdálkodás bevezetésének gazdaságossági mutatói

	Többletbevétel 5 év átlagával (Ft)	Többletbevétel 2021-es árakkal (Ft)
	22 772 800	35 208 800
Helyspecifikus precíziós gazdálkodás többletköltsége (Ft)	123 933 022	123 933 022
Különbözet 5 évre vetítve (Ft)	-101 160 222	-88 724 222
Különbözet 1 évre vetítve (Ft)	-20 232 044	-17 744 844
Különbözet 1 évre és 1 hektárra vetítve (Ft)	-25 290	-22 181

Amint a fenti táblázatból is látható, az általam használt módszer alapján, bár a helyspecifikus precíziós gazdálkodás bevezetésével többletjövedelem érhető el (5.693 Ft/év/ha ill. 8.802 Ft/év/ha), az adott gazdaság viszonyai között a helyspecifikus gazdálkodás bevezetésének többletköltségei nem fedezik az így elért többletbevételeket.

9. KÖVETKEZTETÉSEK

9.1. A számítási módszer

A számítási módszernél abból indultam ki, hogy az átlag alatti zónák esetében megtakarított inputanyag-költségek fedezik az átlag feletti zónák többletszükségletét, azaz a többletjövedelem elérését. Ez nem verifikált, viszont gyakorlati tapasztalatok is azt mutatják, hogy gyakran nem történik inputanyag-megtakarítás, hanem az inputanyagok hasznosulnak jobban, ami többlettermésben nyilvánul meg. Ezért, és mivel minden tábla esetében az átlag feletti és az átlag alatti termőképesség-indexű zónák összesített CPI értéke a 100% felett volt, fókuszáltam a többletbevételre.

A számításoknál nem került figyelembevételre:

- Növényvédőszer-megtakarítás:

A helyspecifikus növényvédelem kivételt képez, mert a növényvédelem esetében minden zónában megtakarítás érhető el. Ez a megtakarítás akár 30-70% is lehet (forrás: https://www.proplanta.de/agrar-nachrichten/agrarwirtschaft/einsparungen-durch-precision-farming-variieren-stark_article1578820402.html). Ez jelentősen javíthatja a helyspecifikus gazdálkodás megtérülését (lásd 34. táblázat), azonban további befektetéseket és szolgáltatások igénybevételét igényli, amelyeket a költségoldalon ezért nem vettem figyelembe.

34. táblázat: A termesztett növények inputanyag-költségszerkezete

	Vetőmag (%)	Műtrágya (%)	Növényvédőszer (%)	Összesen (%)
Búza	9	20	11	40
Kukorica	13	16	9	38
Napraforgó	10	13	14	37

Forrás: Béládi et al. (2017)

- Az átfedésses művelés hatása

Mivel mindkét technológia költsége automata kormányzással került kiszámításra, csak a fordulókban ill. szabálytalan táblaformák miatt vetésnél, növényvédelemnél és tápanyag-visszapótlásnál jelentkezik megtakarításként a precíziós technológia által kínált szakaszvezérléssel elkerülhető többszörös kijuttatás ill. átfedésses művelés. Ennek a megtakarításnak mértéke nagymértékben függ a tábla alakjától és méretététől. Ennek kiszámítása a táblák geometriai formájának és a munkagépek munkaszélességének ismeretében lehetséges, de mivel a gazdaság átlagos táblaméretei aránylag nagyok (átlag kb. 40 ha) és közel négyszög formájúak, ez a hatás alapvetően nem változtatta volna meg az eredményt.

- A technológia több mint 5 éves használata

A számításnál tisztán a könyveléstechnikai gépamortizációt (20 ill. 14,5%) alkalmaztam, ami nagy amortizációs költségeket okozott. Amennyiben az erőgépeket ill. a kombájnokat tovább mint 5 évig használják (ami a legtöbb esetben megfelel a valóságnak), az jelentősen befolyásolta volna az eredményeket. Esteleg érdemes lenne egy egységes 10 éves használattal számolni. Azonban ebben az esetben a számításba be kellene venni a megnövekedő javítási költségeket, amire ismereteim szerint nem állnak rendelkezésre megbízható adatok.

- Részleges helyspecifikus gazdálkodás

Nem vizsgáltam annak lehetőségét és gazdaságossági kihatását, hogy a csak a tápanyag-visszapótlást, mint a legnagyobb költségtényezőt és a gyakorlatban már elterjedt pozitív eredményeket mutató helyspecifikus szemenkénti vetést (kukorica, napraforgó) valószínűsítem meg, és így csökkentem a gépesítés költségét.

- Támogatáspolitikai

A számításoknál nem vettem figyelembe a jelenlegi támogatáspolitikai (pl. a mezőgazdaság digitális átállásához kapcsolódó precíziós fejlesztések támogatása) hatását, amely 40 ill. 50%-os ártámogatást biztosít a precíziós technológia bevezetésére. Ennek figyelembevétele alapvetően megváltoztatta volna az eredményt.

- Környezetvédelmi haszon.

Nem, vagy nagyon nehezen számszerűsíthető, de mivel a gazdaság nitrátérzékeny területen fekszik, ezért a nitrátbemosódás elkerülése alapvető szempont. A kijuttatott nitrátmennyiség csökkentésének ill. a felesleges kijuttatás elkerülésének alapvető eszköze a helyspecifikus gazdálkodás.

9.2. Alternatív számítási módszer

Az általam a Trimble által kifejlesztett termőképességi indexen és feltételezésen (az egyik oldalon megtakarított inputanyagok a másik oldalon fedezik a nagyobb termőképességű területek többletigényét és a nagyobb termőképességű területek %-os termőképességi indexüknek megfelelő többlettermést hoznak) alapuló számítási módszer helyett megfelelőbb kiindulási alap lett volna a Cosima Kft által kínált, Csornai Gábor által kifejlesztett módszer, ami képes nagy pontossággal visszamenőleg növénykultúránként megbecsülni a zónánkénti termésátlagot. Ezen adatokból, a rendelkezésre álló tapasztalatokból és adatokból kiindulva pontosabban prognosztizálható lett volna növénykultúránként a várható megtakarítás ill. többletbevétel.

Továbbá a várható megtakarítás pontosabb becsléséhez szükség lenne a termőképességi index (CPI) vagy a Cosima módszere alapján kialakított zónák szerinti talajvizsgálatokra, mert a CPI-index, a kombájnos hozammérés és a Cosima féle műholdfelvétel-kiértékelésen alapuló hozamtérképek is kissé leegyszerűsítve "leíró" információk, amelyek megmondják, hogy mi van, a talajvizsgálatok pedig "magyarázó" információk, amelyek megmondják, hogy miért, valamint azt is, hogy ezen tudok-e és esetleg hogyan változtatni. A helyesen végzett talajvizsgálatok nélkül nem értelmezhetők megfelelően a kimeneti (terméshozam) adatok, ill. téves kijuttatási tervek készülhetnek, amelyek nem a megfelelő választ adják a hozamkülönbségekre.

10. ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozatom célkitűzése egy 800 hektáron gazdálkodó szövetkezet gépparkjának cseréje előtt tisztán gazdaságossági szempontok alapján a helyspecifikus precíziós gazdálkodás gazdaságosságának eldöntése volt. Korábbi adatok hiányában (hozamtérképek, georeferált talajvizsgálati eredmények) a Trimble Power Zone Termőképességi Index (CPI - Crop Productivity Index) heterogenitását választottam a számításaim alapjául. Az az eredmény, hogy a helyspecifikus gazdálkodás gazdaságossága az adott talajadottságok mellett kérdéses, már a számítások elvégzése előtt is, a kiinduló adatok alapján is látható volt.

Ezt jól mutatja a 35. táblázat:

35. táblázat: Átlag alatti és feletti termőképességű zónák súlyozott CPI-indexeinek különbsége (%)

Tábla sorszáma	Súlyozott CPI-indexek különbsége (%)
1	7,7
2	8,71
3	13,9
4	15,79
5	10,13
6	11,86
7	3,31

Az átlagos (nem súlyozott) kb. 10,2 %-os termőképességi index különbség alacsonynak számít. Ennek megfelelően ezzel a megközelítéssel alacsony a helyspecifikus gazdálkodás többletjövedelem-potenciálja.

Ezalól csak a 3-as számú tábla kivétel, ahol az átlagostól eltérő zónák összesített súlyozott CPI-értékének (103) és azok összesített relatív területének (57,06%) szorzata a legmagasabb, a 2021-es átvételi árakkal számolva a hektáronkénti átlagos többletbevétel 17.604 Ft/ha, azaz több, mint kétszerese az átlagnak. Kukorica esetében pedig 23.648 Ft/ha ami már közelíti a 6. fejezetben kiszámított 30.983 Ft/ha megtérülési küszöbértéket.

A számítások eredményei a nagyfokú egyszerűsítések ellenére egyértelműen jelzik, hogy a precíziós gazdálkodás teljes spektrumára történő fejlesztés az adott területen gépvásárlási támogatások nélkül nagy valószínűséggel nem térül meg. Annak eldöntésére, hogy milyen mélységben érdemes a helyspecifikus precíziós gazdálkodást bevezetni, kiegészítő adatok ill. információk alapján (pl. zónák szerinti georeferált talajvizsgálatok) további elemzések szükségesek.

11. SUMMARY

The aim of the paper was the calculation of the financial pay-off of site-specific precision farming in an agricultural cooperative cultivating 800 hectares before the modernisation of its machinery fleet. As prior data was not available (yield maps, spatial soil analysis) I based my studies on the heterogeneity of the Trimble Power Zone CPI Index (CPI - Crop Productivity Index). The outcome of the study was that the implementation of site-specific precision farming does not financially pay off at the given parameters. The final result, that the implementation of side-specific precision farming does not pay off on the investigated area, was visible from the conducted data prior to the calculations.

Table no. 35. puts it as follows:

Table 35: Differences between weighted CPI indices of zones below and above average yield potential. Deviation in percentage (%).

Number of fields	Differences of weighted CPI indices (%)
1	7,7
2	8,71
3	13,9
4	15,79
5	10,13
6	11,86
7	3,31

The average (non-weighted) yield potential index difference of 10,2 % is low. Due to this circumstance, site-specific precision farming is not likely to increase the profit significantly.

Only field no.3. states a difference, where the product of the cumulated weighted CPI value (103) of the zones deriving from the average and their relative share of the overall investigated fields (57,06%) is the highest. With the underlying market prices of 2021, the average profit increase is at 17.604HUF/ hectare, which is double the average. When cultivating maize, this value increases to 23.648 HUF/hectare, approaching the calculated return of investment benchmark of 30.983 HUF/hectare in chapter 6.

Even despite the simplistic calculations, it becomes visible that the implementation of precision farming at the full scale does not pay off without government subsidies on the

investigated field unit. There is more need for studies to determine how deep farms should get involved into site-specific precision farming based on further data (e.g: spatial soil analysis).

12. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani konzulensemnek Verőné Dr. Wojtaszek Małgorzatanak nem csak a szakdolgozatomhoz, hanem a teljes képzés során nyújtott tanácsokért és segítségért, valamint külső konzulensemnek Dr. Mesterházi Péter Ákosnak hasznos tanácsaiért, szakmai támogatásáért és útmutatásaiért.

Külön köszönetet szeretnék mondani Csornai Gábornak szakmai tanácsaiért és a sok hasznos információval szolgáló hosszúra nyúlt esti beszélgetésekért.

Köszönettel tartozom Simon Zsoltnak az AXIÁL Kft-től a gépesítési listák összeállításában adott segítségért, az AXIÁL Kft munkatársainak és az AXIÁL Kft-nek a CPI-indexek elkészítésében nyújtott segítségükért.

13. IRODALOMJEGYZÉK

Béládi Katalin, Kertész Róbert, Szili Viktor: A főbb mezőgazdasági ágazatok költség- és jövedelemhelyzete, Agrárgazdasági Kutató Intézet, Budapest, ISSN 2063-2843, 2017

Borovics Attila: Percíziós gazdálkodás innovációs forradalom a mezőgazdaságban, 2018

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland: Chancen und Risiken der Digitalisierung in der Landwirtschaft Diskussionspapier des BAK1 Landwirtschaft, Hannover, 2019

C. Sekhar, A. Vidhyavathi: Economics of precision farming, MJP Publishers, Chennai, India, ISBN 978-81-8094-359-1, 2018

Dr. Frank Lorenz, Klaus Münchoff: Teilflecken bewirtschaften Schritt für Schritt, DLG-Verlag GmbH, Frankfurt am Main, ISBN (13) 978-3-7690-2040-3, 2015

Dr. Weisz Miklós: A búzatermesztés jövedelmi helyzete, Agronapló, <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2013/03/szantofold/a-buzatermesztes-jovedelmi-helyzete>, 2013

Gaál Márta, Humenyik Noémi, Illés Ivett, Kiss Andrea: A precíziós szántóföldi növénytermesztés helyzete és ökonómiai vizsgálata, NAIK Agrárgazdasági Kutatóintézet, Budapest, ISBN 978-963-491-613-0, 2020

Központi	Statisztikai	Hivatal:
https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_evkozi/e_qsma003a.html		

Kurt Menke: Discover QGIS 3.x, Locate Press LLC, Chugiak, AK, USA, ISBN 978-0998547763, 2019

Lowenberg-BeBoer, Jess, "Economics of Precision Farming: Payoff in the Future" (1997). Soil Science News and Views. 16. https://uknowledge.uky.edu/pss_views/16

M.sc. Max Bieber Prof. Dr. sc. agr. Rainer Langosch Prof. Dr. habil. Sandra Rose-Meierhöfer: Ausgewählte ökonomische Effekte von Satellitenortungssystemen im

Ackerbau, Hochschule Neubrandenburg, 2017

Marc Scheidel: Die Potentiale des Precision Farming zur Optimierung von Ertrag und Kraftstoffverbrauch, Amazon Distribution GmbH, Leipzig, ISBN 978165765795, 2020

Markus Gandorfer: Bewertung von Precision Farming dargestellt am Beispiel der teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung, Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues der Technischen Universität München, 2005

Patrick Ole Noack: Precision Farming, Smart Farming, Digital Farming Grundlagen und Anwendungsfelder (2018), Wichmann, Berlin – Offenbach, 2018-12, ISBN 978-3-87907-645-1

Prof. Dr. Tamás János Precíziós mezőgazdaság, Szaktudás Kiadó Ház Zrt, Budapest, ISBN 9633563399, 2002

Prof. i.R. Dr. Hermann Auernhammer: Precision Farming: Nutzen für die nachhaltige Landbewirtschaftung und den Ökolandbau, Innovations-Workshop II, Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL) 17. Oktober 2011

https://www.bauernhof.net/fakt_4/

https://www.proplanta.de/agrar-nachrichten/agrarwirtschaft/einsparungen-durch-precision-farming-variieren-stark_article1578820402.html