



A precíziós mezőgazdaság szerepe a környezeti vállalatirányításban

Pechmann I., Tamás J.

Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék, Debrecen, 4032 Böszörményi út 138.

ÖSSZEFOGLALÁS

A precíziós mezőgazdaság gyakorlata az 1992-es első amerikai konferenciától számítva közel egy évtizedes múltra tekint vissza. A környezet menedzsment rendszereket leíró szabványok is hasonlóan rövid gyakorlati múlttal rendelkeznek. Mindkét területet módszertanilag és alkalmazható technológiák szempontjából egyaránt hatékonyan inspirálta az információ technológiában folyamatosan nyomon követhető, igen gyors fejlődés. Ezek a tények indokolják azt, hogy mind a precíziós mezőgazdaság, mind a környezet menedzsment rendszerek (KMR) területén viszonylag kevés gyakorlati tapasztalattal rendelkezünk. Vizsgálatainkban egy konkrét mezőgazdasági közép vállalkozás tényadatait, illetve saját mérési eredményeinket felhasználva próbáltuk a két rendszer együttes bevezethetőségének határfeltételeit meghatározni: a szükséges erőforrásokat, a várható kockázati tényezőket, gazdasági és természeti előnyöket. Kidolgozásra került a vizsgálati terület 1:10000 arányú talajinformációs térképe, amelyhez pontszerű (gyomfelvételezés, tápanyagforgalom, vízforgalmi, ökológiai vizsgálat), illetve nem pontszerű (légi felvételek, szintvonalas térképek) információs adatbázisokat rendeltünk. A nagy részletességű adatállomány, melyet térinformatikai környezetbe integráltunk az üzemviteli adatokkal kiegészítve megbízható alapot nyújt arra, hogy egy táblán belül a termőhely heterogenitását akár méteres pontossággal, valós időben is nyomon követhessük intelligens szenzorok segítségével. A terület vízforgalmán és a gyomfelvételezésén keresztül mutatunk be elemzéseket. Ez a részletes és nagy pontosságú digitális adatállomány teszi lehetővé azt, hogy a termelési folyamatokat néhány méteres kiterjedésű, homogénnek tekinthető termőhelyre vonatkoztatva térben és időben tudjuk nyomon követni. A szigorodó minőségbiztosítási és a növekvő agrár-környezetvédelmi elvárások kézenfekvővé tették a környezeti menedzsment és a környezet, mint élő rendszer terhelhetőségének elemzéséhez komplex indikátorok kidolgozásának szükségességét. Az ipari zárt rendszerek nagyarányú és hatékony kontroll funkcióihoz hasonlóan lehetővé válik a nyitott mezőgazdasági környezetben is az anyag- és energiaáramlási folyamatok szántóföldi elemzése, a termelés általunk is bemutatni kívánt táblaszintű életciklus-elemzése.

(Kulcsszavak: precíziós mezőgazdaság, térinformatika, környezeti menedzsment rendszer, életciklus-elemzés)

ABSTRACT

The role of the precision agriculture in an environmental management system

I. Pechmann, J. Tamás

University of Debrecen, Department of Water and Environmental Management, Debrecen, H-4032 Böszörményi u. 138.

The practical precision agricultural system has a 10 years past since 1992, the date of the first American conference. The standards of the environmental management systems (EMS) have a same short practice time. Both of the two research area were effectively inspired by

the fast develop of the information technology. These are the reasons, why we haven't got enough practical experiences in these research areas. In this study we tried to define the possibility of common introducing of the two systems in a given agricultural Inc. using it's data and our own measuring. We looked for the frame conditions, the needy resources, the potential risks factor, the economical and natural advantages of the common installing. The soil-information system of the investigated area with 1:10000 scale and the Life Cycle Assessment (LCA) of the produced plants were prepared. The results shows, that the detailed geographical information data complemented by the data of the LCA give enough information to follow the changes in the natural and the cultured environment. Using this data the economical and environmental advantage can be established. It was demonstrated by a calculation of difference between the environmental and economical impacts of traditional (extensive) and on the geographical information data based tilling.

(Keywords: precision agricultural, geographical information system, environmental management system, life cycle assessment)

BEVEZETÉS

A globális mezőgazdasági világpiacon már rövidtávon sem hagyhatja figyelmen kívül egy termelő sem egy új termelési rendszer kialakulását, mely alapjaiban befolyásolja a jelen és még inkább a közeljövő mezőgazdaságát.

A fejlett világ mezőgazdasági válságának kezelésére számos rész vagy teljes megoldási alternatíva jelent meg, amely megoldással biztatott: biogazdálkodás, alacsony ráfordítású termelés stb. Ezek egyik fő problémája, hogy alkalmazhatóságuk termőhelyi, természetstechnológiai vagy gazdasági okok miatt korlátozott. A térbeli gondolkodásnak, nagy hagyománya van hazánkban, mind a gyakorlatban, mind a tudományos kutatásban. Elég csak néhány nevet megemlíteni mindenekelőtt *Kreybig Lajosét, Stefanovits Pálét, Sarkadi Jánosét, Bocz Ernőét, Láng Gézáét, Győrffy Béláét, Várallyay Györgyét, Németh Tamásét*, akik már évtizedekkel ezelőtt felhívták a figyelmet a magyar termőhelyek és ezen belül főleg a talajok mozaikosságára, térbeli változatosságára.

A termőhelyek részletes elemzésében igazi áttörést az Információs Társadalom és az Információs Technológia (IT) megjelenése, illetve tömegessé válása jelenti. Ennek az Információs Társadalomnak a mezőgazdasági szakterületen a leképeződése az un. *precíziós mezőgazdaság (PM)*.

A precíziós mezőgazdaság meghatározó elemei: a nagy pontosságú folyamatos helymeghatározás, az elemzés térinformatikai és távérzékelési eszköztára és a magas szinten automatizált terepi munkavégzés (*1. ábra*).

Mire számíthat egy átlagos termelő a precíziós mezőgazdaság bevezetésétől? Elsősorban a hatékonyság növekedésre, és a ráfordítási költségek csökkenésére. A hatékonyság azáltal növekszik, hogy csökkennek a veszteségek, mivel a gazdálkodónak jobb döntéstámogatási információs rendszer áll a rendelkezésére.

Ez a PM információs rendszer a környezet menedzsment rendszerek (KMR) kiépítésének képezheti alapját. A KMR kiépítésének első lépése az adott termelési folyamat környezeti hatótényezőinek és azok potenciális hatásának felmérése, mérlegelése. Ezek ismeretében valósítható meg a KMR két legfontosabb alapelve, a folyamatos mérés - nyomon követés, illetve az ezzel párhuzamosan végzett folyamatos javítás - fejlesztés.

A KMR kiépítéséhez nyújt segítséget az életciklus-elemzés (Life Cycle Assessment, LCA), melynek lényege, hogy a vizsgált termelési rendszeren belül meghatározza a termelés folyamán felhasznált anyagok, energiák, valamint a kibocsátott

szennyező anyagok, hulladékok mennyiségét és minőségét. Az így kapott adatok alapján becsülhetők a termelés környezeti hatásai.

1. ábra

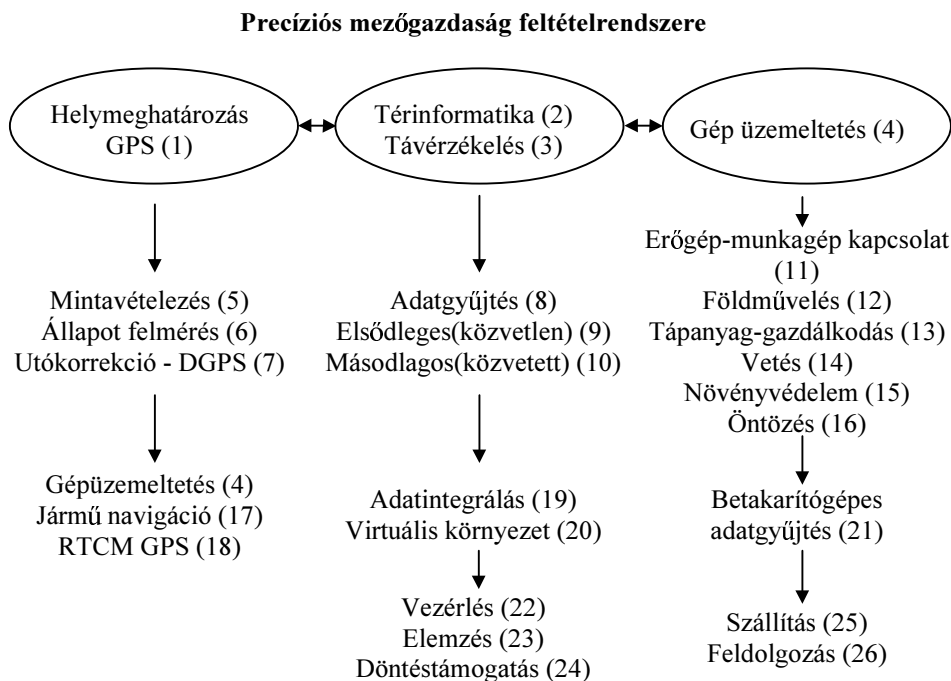


Figure 1: The conditions of precision agricultural system

Position determination(1), GIS(2), Remote sensing(3), Machine operation(4), Sampling(5), Impact assement(6), Differential GPS correction(7), Data aquisition(8), Primary (direct)(9), Secondary (indirect)(10), Power machinery(11), Tillage(12), Fertilisation(13), Sowing(14), Crop protection(15), Irrigation(16), Vechicle navigation(17), Real time differential GPS correction(18), Data integration(19), Virtual environment(20), Online data collection from harvesting(21), Control(22), Analysis(23), Decision support(24), Transporting(25), Food processing(26)

Ez az ipari szektorban viszonylag egyszerű feladat, mivel a termelés főleg zárt rendszerben történik. Részfolyamatai, inputjai és outputjai azonosíthatók és számszerűsíthetők.

A mezőgazdaságban a műveletek leírása bonyolultabb, mivel a termelés nyílt rendszerben folyik, és jelentős mértékben függ a környezetében lejátszódó folyamatoktól. Bár a környezeti változásokat kiváltó hatótényezőket (növényvédőszer, füstgáz kibocsátás stb.) könnyen azonosíthatjuk, az ezek eredményeként bekövetkező hatásfolyamatok már nehezebben becsülhetők, és a környezeti elemekben okozott kár pedig csak kivételes esetekben számszerűsíthető. Ezért a mezőgazdaságban egy KMR bevezetése átgondolt, alapos méréseket kíván.

A hagyományos táblaszintű termelésnél a precíziós termelési rendszer bevezetése sokkal részletesebb ismereteket kínál. A területen végbemenő természetes és mesterséges

folyamatokat a GPS-hez kapcsolt szenzorokkal végzett mérések alapján a térinformatikai elemzések teszik követhetővé. Ennek révén csökkenteni lehet a környezetterhelést, és jobban szervezhető a munkafolyamatok, tehát hatékonyabb lesz a termelés.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálati terület

A Tedej Rt. tulajdonában az un. Pusztai terület részét képező 880 ha-os kiterjedésű terület Kelet-Magyarországon Hajdúnánás és Hajdúdorog között, Hajdúnánás-Tedej település határán található (2. ábra). A gazdasági alapadatokat 1992-től vezetjük folyamatosan, míg az életciklus-elemzés 1999. 10. – 2000. 10. közötti időszakra készült el. Az így kapott digitális adatokat GIS alapú talajinformációs rendszerrel egészítettük ki.

2. ábra

A Pusztai terület és a táblák kiosztása

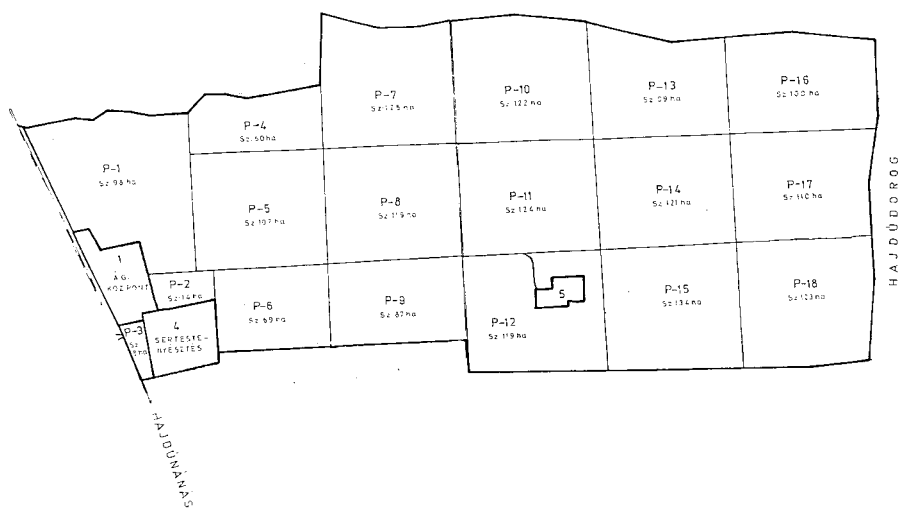


Figure 2: The Pusztai area and the its dividing in cultivated fields

A digitális alapadatok előállítása

A TEDEJ Rt. területén műholdas helymeghatározáson (GPS) alapuló az alapoktól megújult talajinformációs (Land Information System - LIS) rendszert hoztunk létre. A talajinformációs rendszer munkafázisai az alábbiak:

- terepi mintavételi stratégia - terepbejárás,
- GPS helymeghatározás - kódolt mintavétel,
- minta előkészítés – analitika,
- grafikai állományok digitális elkészítése,
 - digitalizálás,
 - szkennelés,
 - szerkesztés,
 - topológia építés,

- numerikus állományok relációs adatbázisba rendezése,
 - kódolás, osztályba sorolás,
 - normalizálás, kulcsok kiosztása, azonosítók,
- adattáblák kapcsolása.

A térképészeti munka során a helyszíni talaj felvételezése és adat gyűjtése esetén kezdeti lépés a felméréndő terület bejárása, természeti adottságainak és gazdasági viszonyainak megismerése. Szükséges, a feltérképezendő területen a talajszelvények helyeinek kijelölése, a feltárt talajszelvények helyeinek pontos rögzítése a térképen. A mintavételezés során meg kell határozni a talajfoltot jellemző pontokat.

A helyszíni felvételezést a genetikus üzemi talajtérképezés módszerkönyvében leírtak alapján végeztük és a területen 74 talajszelvényt tártunk fel. A mintavételezéssel egy időben a talajszelvények pontos, háromdimenziós helymeghatározását a TRIMBLE Geoexplorer II. típusú GPS helymeghatározó rendszer segítségével végeztük. A vevőkészülék passzív rádiótechnikai eszköz, mely maga állítja elő a PRN kód dekódolásához szükséges jeleket. Az alrendszer másik komponense egy GPS referenciaállomás a valós idejű, illetve differenciális utófeldolgozáshoz szükséges TRIMBLE GPS Pathfinder Community Base Station (helye a Debreceni Egyetem), mely a terepen végzett méréssel egy időben gyűjti, illetve sugározza a korrekciós adatokat a helymeghatározás pontosságának növelésére. A 3D koordinátagyűjtés (geokódolás) mellett a minta regisztrációt és az azonosítást is a helyszínen végeztük.

Az alkalmazott térképi rendszerek között meghatározó a vizsgált terület digitális domborzati modelljének elkészítése. A digitális domborzati modell (DDM) segítségével tudjuk majd a talajtérképet és kartogramjait elkészíteni, vagyis a talajfoltok lehatárolását elvégezni. A DDM elkészítését a területről rendelkezésünkre álló topográfiai papírtérképek digitalizálásával kezdtük. Az objektumok egyesítése során a félméteres szintvonalakat a méteres szintvonalakhoz rendeltük. A raszteres rendszerben a szintvonalakból megépítettük a terület DDM-jét az (IDV) távolsággal fordítottan arányos interpoláció segítségével. A vizsgált terület digitális domborzati modelljét a 3. ábra mutatja.

A DDM alapján elvégeztük a félméteres, illetve dm-es szintvonalak szétválasztását. Ezzel a technikával olyan alaptérképet állítottunk elő, ahol minden mintavételi ponthoz külön poligon tartozik, illetve azokhoz a kisebb poligonokhoz, melyek nem tartalmaznak mintavételi pontokat, a legközelebbi hasonló magasságban elhelyezkedő pont tulajdonságait rendeljük hozzá.

A térbeli objektumok helymeghatározására szolgáló adatállományokon túl, a rendszer legfontosabb adatait a mintázott talajszelvények laborvizsgálataiból, a helyszíni vizsgálatokat rögzítő jegyzőkönyvekből (talajrétegek elhatárolása, talajtípus, talajhibák, talajvíz mélysége, termőréteg vastagság meghatározása stb.) kaptuk.

A különböző kartogramok (pl. humuszréteg vastagság és humusztartalom, mészállapot, kémhatás, szikesedés stb.) kialakításához létre kellett hoznunk további adattáblákat a szelvényekre vonatkozó származtatott, ill. kódolt információk, valamint a helyszíni jegyzőkönyvek adatainak számára.

A talajszelvény (mintavételi pont) GPS koordinátákkal azonosított pontszerű objektum, amely 2 dimenziós térképen adatbázisként modellezhető - nem térképezhető objektum. Összetett modellekben végesdifferenciál hálózat vagy 8 fa modellekkel a 3D heterogenitása leírható, de ezek egyelőre a precíziós mezőgazdaság számára túl költségesek (szennyezés terjedési, illetve agrár-környezetvédelmi feladatok megoldása során már alkalmazásuk megfontolandó).

A talajtérképezés alapfeladata, hogy ehhez a pontszerű objektumhoz kiterjesztést rendeljünk, vagyis lehatároljuk azt a területet (poligont), amely az adott pont jellemzőit

megbízhatóan reprezentálja. Ennek megfelelően térbeli kapcsolatot alakítunk ki a két réteg között, vagyis a befogadó objektum (talajfolt) megkapja a befogadott objektum (mintavételi pont) összes attributív adatait. A létrehozott integrált térinformatikai környezet lehetővé tesz tetszőleges logikai lekérdezést a helyre és annak tulajdonságaira.

3. ábra

A terület digitális domborzati térképe

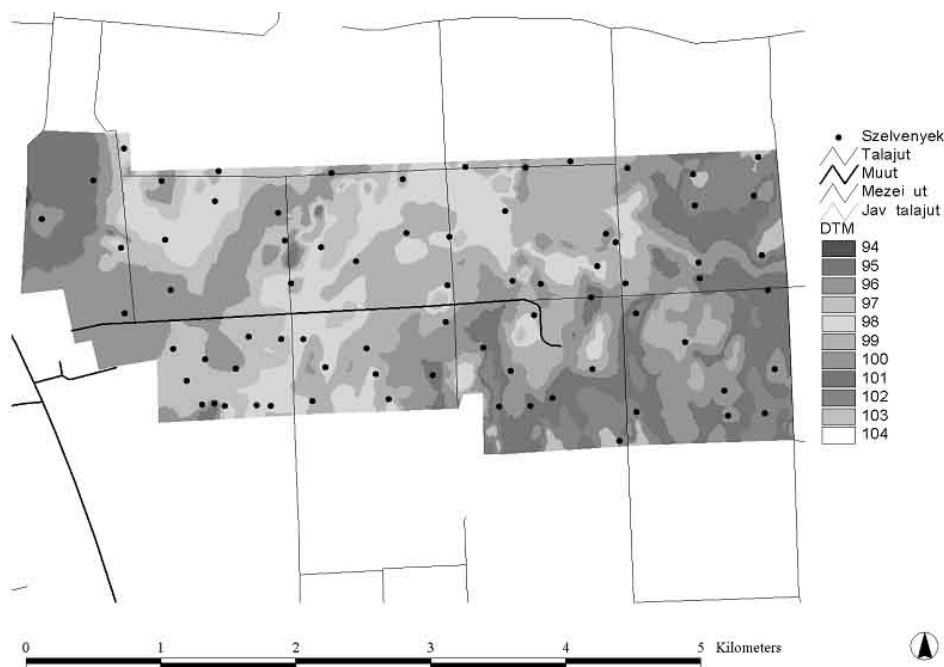


Figure 3: The digital relief map of the area

Az táblaszintű életciklus-elemzés metodikája

Az KMR rendszerek egyik kardinális elemét – mint arra már fent utaltunk – az életciklus elemzés (LCA) képezi. A bölcsőtől a sírig terjedő termékpálya térben és időben a termőhelyhez kötődik. Az anyag és energia áramokat a növénytermesztési térben hagyományosan táblaszinten határozták meg. A közös digitális alapok integrálása révén az általunk végzett Precíziós Mezőgazdasági rendszer és a KMR összekapcsolása a minőségbiztosítási rendszerek számára új fejlődési pályát jelent, amelynek kezdeti eredményeit a táblaszinten végzett életciklus-elemzés alapján mutatjuk be.

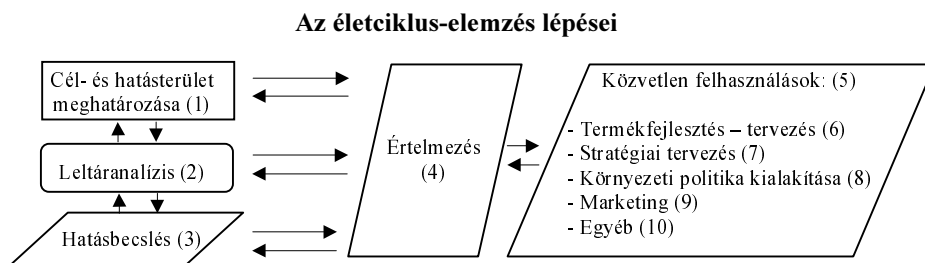
Az életciklus elemzés szabványkereteit a Nemzetközi Szabványügyi Hivatal (ISO) 14040-49 szabványcsaládja tartalmazza (Cascio et al., 1996). A vizsgálati szabványok alapján az *életciklus*: (MSZ ISO 14040, 1997) egy termék hatásrendszerének egymás után következő, egymáshoz kapcsolódó szakaszai, a nyersanyag beszerzéstől vagy a természeti erőforrás keletkezésétől az újrahasznosításig vagy az ártalmatlanításig.

Az *életciklus-elemzés* (Life Cycle Assessment): (MSZ ISO 14040, 1997) egy termék hatásrendszeréhez tartozó bemenet, kimenet és a potenciális környezeti hatások összegyűjtése, ill. értékelése annak teljes életciklusa során.

Az elemzés abból a felismerésből indul ki, hogy minden termék, folyamat és szolgáltatás minden egyes életciklus lépcsője környezeti, ill. gazdasági hatásokkal jár (Tamaska, 2000). Így ha meghatározzuk ebben az esetben a termesztés folyamán felhasznált anyagok, energia, valamint a közben kibocsátott szennyező anyagok, hulladékok mennyiségét és minőségét, megbecsülhetők azok környezeti hatásai (Andensam et al.).

Ennek megfelelően az életciklus-elemzés lépései a következők (4. ábra).

4. ábra



Andensam et al. (2000)

Figure 4: Steps in the Life Cycle Assessment

Assignment of the goals and border of analysis(1), Analysis of inventory(2), Effect evaluation(3), Interpretation(4), Direct application(5), Designing(6), Strategy planning(7), Elaboration of environmental policy(8), Marketing(9), Other(10)

A folyamatnak a fenti ábra alapján három kulcslépése van:

- a célnak megfelelő idő- és térbeli keretek megválasztása (1),
- a környezeti leltár készítése (2), és
- a kapott adatok alapján készült hatásértékelés (3).

(1) A célok és a hatásterületek meghatározásakor fontos, hogy azok világosan megfogalmazottak legyenek (Moerschennr & Lücke, 1998).

A cél: a Tedej Rt. számára feltárni a termesztés azon pontjait, ahol nyersanyag megtakarításra, hulladékcsökkentésre, illetve a környezet-terhelés mérséklésére van lehetőség.

Ennek érdekében az elemzés kritériumait az ISO 14041 szabvány adta. Az adatforrások pedig az Rt. által vezetett táblatorzskönyv, a területen alkalmazott munkagépek műszaki leírásai, illetve személyes interjúk voltak.

A célok és a hozzáférhető adatforrások alapján kijelöltük a hatásterületet, megadtuk a térbeli és időbeli kereteket.

- *Időbeli keret:* a vetést megelőző talajelőkészítő-munkáktól (1999. 10.) a termény betakarításáig (2000. 10.)
- *Térbeli keret:* a Tedej Rt. (Hajdúnánás) tulajdonában és kezelésében lévő terület (880 ha).

Az elemzésünk figyelembe vett és igyekezett számszerűsíteni:

- minden olyan munkafolyamatot, mely a megadott területen, a kijelölt időkeretek között elvégzésre került,
- minden olyan hulladékot, emissziót, mely a táblákon keletkezett,
- minden olyan nyersanyagot, amely a táblákon felhasználásra került.

Nem foglalkozik viszont a táblák területén kívül a termesztés kiszolgálása során keletkező hulladékokkal (pl.: növényvédőszer-göngyöleg), emissziókkal, illetve az itt felhasznált nyersanyagokkal (pl.: műtrágya keverőüzem alapanyagai). A vizsgálati keretben megjelölt elvek alapján a rendszer határait a 5. ábra szemlélteti.

5. ábra

A szántóföldi növénytermesztés vizsgálat táblaszintű részfolyamatai

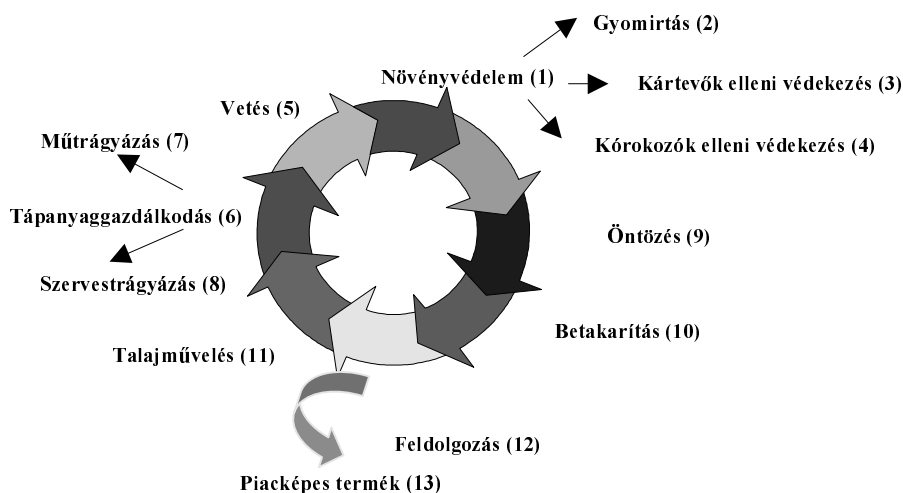


Figure 5: The experimental fields of the analysed operations of field plant production

Seeding(1), Plant protection(2), Chemical weed control(3), Herbicide treatment(4), Pesticide treatment(5), Irrigation(6), Harvesting(7), Processing(8), Marketable product(9), Tilling(10), Organic manuring(11), Feedstuff management(12), Artificial manuring(13)

Ezek a keretfeltételek megegyeznek az egyes növények életciklus-elemzésének rendszerhatáraival, azzal a kitétellel, hogy itt a betakarításnál keletkező szármaradvány mennyiségi adatai, valamint kezelése is számszerűsítésre került.

(2) A leltáranalízis alkalmával történik meg az adott terület anyag és energia áramainak (nyersanyag-, energia-, víz-felhasználás stb.) a céltól függően áttekintő jellegű, vagy részletes feltárása, valamint az input-output mérlegek elkészítése.

Az elemzés mennyiségi számításainak alapját jelen esetben a TEDEJ Rt. által vezetett táblatorzskönyv és személyes interjúk adták.

(3) A hatásbecslés az életciklus-elemzés harmadik fázisa, melynek során az alábbiakat végeztük el:

- meghatározásra kerültek a hatáskategóriák,
- megtörtént az osztályozás: a leltár adatok hozzárendelése a hatáskategóriákhoz,
- a jellemzés: azaz a leltár adatainak modellezése a hatáskategórián belül, és
- az értékelés/súlyozás: az eredmények relatív fontosságának megállapításához.

EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

Térbeli elemzések

Az 6. ábrán vonallal jelöltük a régi genetikus lehatárolásokat. Megfigyelhető, hogy a régi lehatárolások csak részben követik az általunk a DDM alapján lehatárolt talajtérkép kontúrait.

6. ábra

Az új és régi genetikus talajtérkép

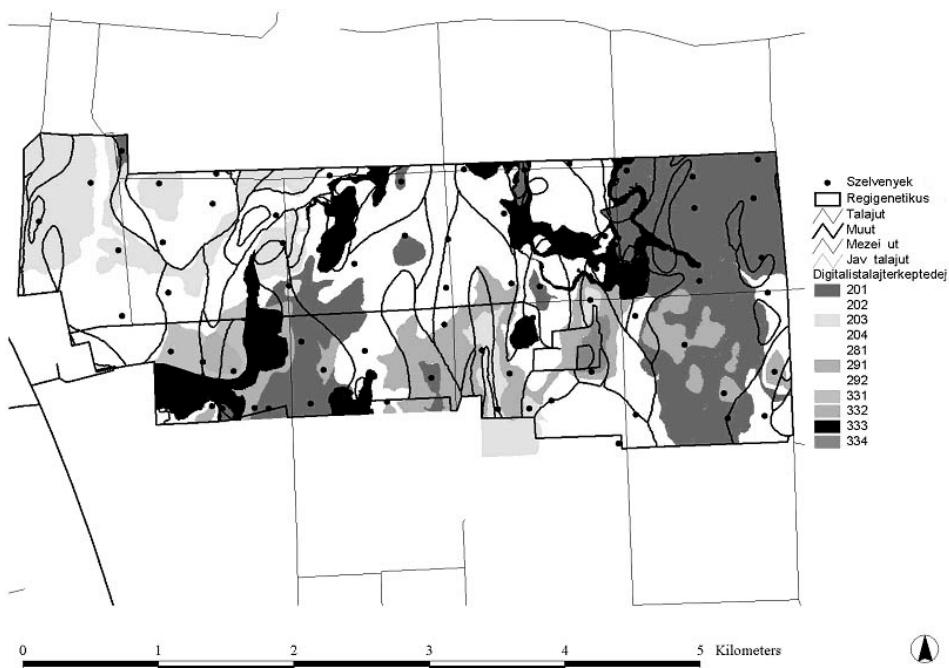


Figure 6: The new and the old genetical soil-map

Valamennyi növénytermesztési beavatkozás térben történik. A térbeli becsléseken alapuló mintavételi és beavatkozási stratégiák kialakítása során érdemes digitális környezetben többféle modellel kísérletezni, hogy a legelfogadhatóbb eredményt kapjuk. Gyakorlatban ez legtöbbször a mintavételezési és a monitoring stratégiánk átértékelését jelenti, amely a termőhelyhez igazodó egyre precízebb technológiát eredményezi. Az 5. ábrán mészlepedékes csernozjom talaj pH mintavételi térképét mutatjuk be.

A 7. ábra felső sorában balról kezdve 1-2-5-10 m-es képzetes rácsot alakítottunk ki a kereszttel jelölt mérési pontok körül. Alattuk a mérési pontok és a becsült felület standard szórás felületeit határoztuk meg. A mérési pontok körül a legkisebb a mérési hibák szórása. A 10 m-es terepi hálóra generált 1 m-es rács látványos részletességgel írja le a pH terepi változásait, de nyilván a legnagyobb hibával is. A 10 m-es képzetes rács táv esetében a legkisebb a hiba szórása és pontosan lehatárolható a térbeli bizonytalanság térbeli nagysága.

Összefoglalva, különböző térbeli modelleket alkalmazhatunk a jelenségek folyamatos felszínének leírására. Azonos modellben is eltérő bizonytalansággal becsülhetők a vizsgálati tér különböző részei. Nagy elemzési hibát azzal követhetünk el, ha feltételezzük, hogy adatállományunk tökéletesen írta le a jelenséget. A becslési elemzésekhez hozzá kell rendelnünk annak bizonytalansági értékeit, illetve az alkalmazás korlátait is.

7. ábra

Azonos pH mintavételi pontokra képzett eltérő rácssűrűség és a becsült felület standard szórás térképei

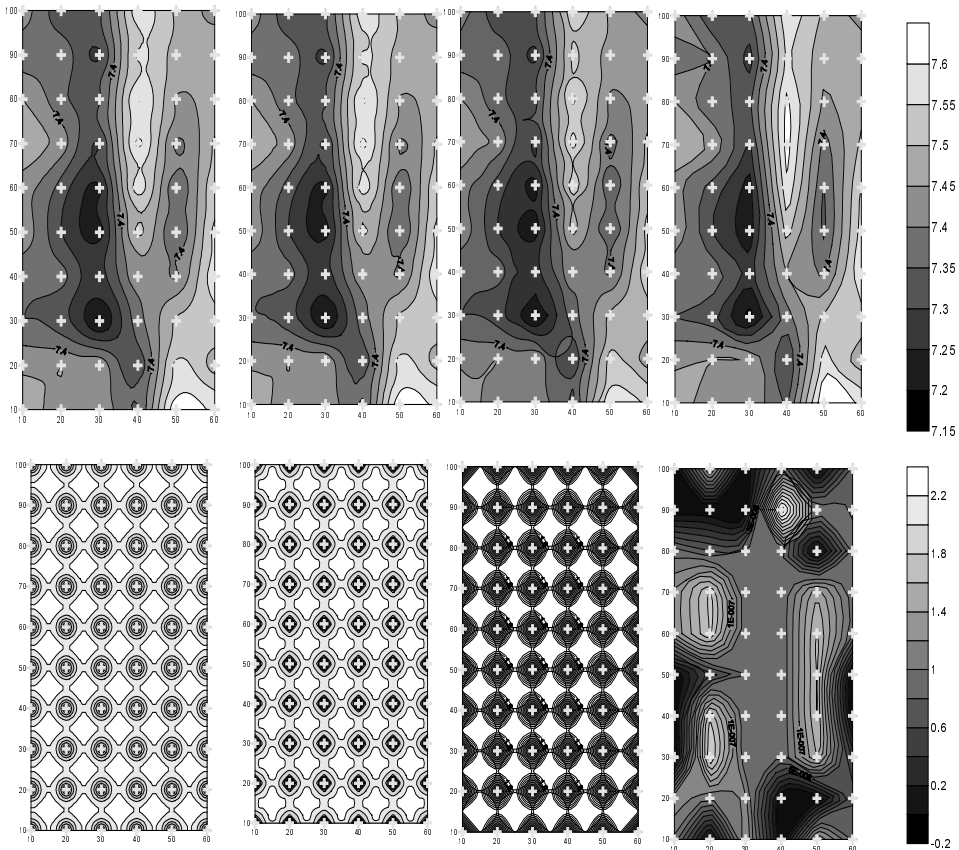


Figure 7: On the same pH sampling points prepared different grid density and the standard deviation map of the established surface

A táblaszintű életciklus-elemzés eredményei

A táblaszintű elemzésen belül elkészült a terület anyag- és energiamérlege. A segédüzem energiamérlegét a táblatorzskönyvi adatok normál hektárra átszámolt mennyiségei alapján adtuk meg. Az 1. táblázatban a P8-as tábláról készült összesített táblázatot közöljük.

1. táblázat

A P6-os tábla összesített anyagmérlege 1999/2000

Szántóföldi növénytermesztés (1)			
Táblaméret (2): 121 ha, Termesztett növény (3): Kukorica (4) 60 ha, Őszibúza (5) 60 ha, Vetetlen (6) 1 ha			
Anyagmérleg (7)		Energiamérleg (8)	
Alapanyagok (9)	Mennyiség/ha (10)	Tevékenység (11)	Gázolaj l/ha (12)
Szervestrágya – 95%szarvasmarha(13)	-	Szervestrágya szórás-szállítás (14)	-
Növényvédőszer (15)			
Kukorica (4)			
Acenit 50EC	1,00 l		
Acetoklor	61,48 g		
Merlin	0,12 l		
Őszi búza (5)		Növényvédelem szórás-szállítás (19)	8,30
Vitawax 2000	0,56 l		
Karboxin	112,00 g		
TMTD	112,00 g		
Flamenco	1,25 l		
Fluquinkonazol	125,00 g		
Karate 2,5 EC	0,30 l		
Labda-cihalotrin	7,50 g		
Műtrágya (15)		Műtrágyázás szórás-szállítás (20)	3,90
N	341,90 kg		
P	231,90 kg		
K	289,80 kg		
Vetés (16)			
Kukorica (4)		Vetés (16)	2,39
DK-527	67,00 emag		
Őszibúza (5)			
MV Pálma I	247,20 kg		
Öntözés (17)	72,73 m ³	Talajművelés (21)	59,52
Betakarítás (18)			
Kukorica (4)	1,75 t	Betakarítás (22)	19,43
Őszibúza (5)	4,97 t		
		Összesen (23)	93,54

Table 1: Accumulative material and energy balances of experimental field number P8

Field plant production(1), Size of the experiments field(2), Produced plant(3), Maize(4), Winter wheat(5), Unseeded area(6), Material balance(7), Energy balance(8), Starting material(9), Volume(10), Activity(11), Diesel(12), Cattle dung(13), Cattle dung distribution(14), Pesticid(15), Sowing(16), Irrigation(17), Harvesting(18), Plant protection(19), Fertilizing(20), Tillage(21), Harvesting(22), Total(23)

Az összesített táblázatokból meghatároztuk a hatáskategóriákat és hozzájuk rendeltük az egyes adatokat. A környezeti hatások becslése jelenleg még csak a munkagépek okozta emisszióra történt meg. *Gulyás* (1990) alapján a füstgáz mennyiségét fizikai normál állapotban az alábbiak alapján számoltuk.

$$V = V^n_0 + L_0 (m-1) \text{ (Nm}^3\text{/kg)}$$

ahol:

V= a füstgáz mennyisége fizikai normál állapotban - Nm³/kg

Vⁿ₀= az elméleti füstgázmennyiség fizikai normál állapotban - Nm³/kg

L₀= elméleti levegőszükséglet fizikai normál állapotban – Nm³/kg

m= légfeszültség tényező

Moser és Pármái, (1992) nyomán meghatároztuk táblaszinten az egy hektárra eső füstgáz kibocsátást, különös tekintettel a CO-ra és a PAH vegyületekre (2. táblázat).

2. táblázat

A munkagépek által okozott füstgázemisszió táblaszinten

Tábla (1)	Gázolaj (2) l/ha	Emisszió (3) Nm ³ /kg		
		Füstgáz (4)	CO	PAH
P5	202,21	1907,85	66,77	47,70
P6	173,38	1635,84	57,25	40,90
P8	93,54	882,55	30,90	22,06
P9	141,07	1331,00	46,56	33,28
P11	113,28	1068,80	37,41	26,72
P12	180,66	1704,53	59,66	42,61
P14	83,93	791,88	27,76	19,80
P15	87,37	824,34	28,85	20,61

Table 2: Smog emission of agricultural machines on experimental fields

Number of experimental fields(1), Diesel(2), Emission(3), Smog(4)

Az eredményekből látható, hogy a P8-as táblán éppúgy, mint az egész művelt területen, jelentős a füstgázkibocsátás. Jelen vizsgálatok alapján a termesztés egyik fő környezeti hatásfaktorának tekinthető.

Kutatásaink egyik távlati célja annak megvizsgálása, hogy a precíziós művelési rendszer bevezetése – tehát a táblákon elvégzett gépi munkák méteres léptékű tervezése milyen mér-tékben befolyásolná az üzemanyag kibocsátását, s ezzel közvetve a füstgáz-szennyezést.

A térbeli elemzések és a táblaszintű életciklus-elemzés eredményeinek összevetése

Kutatásaink kezdetén rendelkezésünkre állt egyrészt Magyarország 1:100000 léptékű Agrotopográfiai talajgenetikai térképe (8. ábra), melyet a Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete *Krelybig Lajos* 1:25000 léptékű talajgenetikai térképe alapján készített el. Másrészt a Tedej Rt. területéről (1500 ha) készült 1:10000 méretarányú talajgenetikai térkép (9. ábra). Erre a térképre vittük fel a GPS-sel támogatott méréseinket, és rajzoltuk meg azok alapján a terület aktuális talajgenetikai térképét (10. ábra). A területen 74 mintavételi pontot vettünk fel, és minden szelvényben a C-szintig meghatároztuk a talajtani jellemzőket (*Olvasztó*, 2000).

8. ábra

1:100000 méretarányú Agrotopográfiai térkép

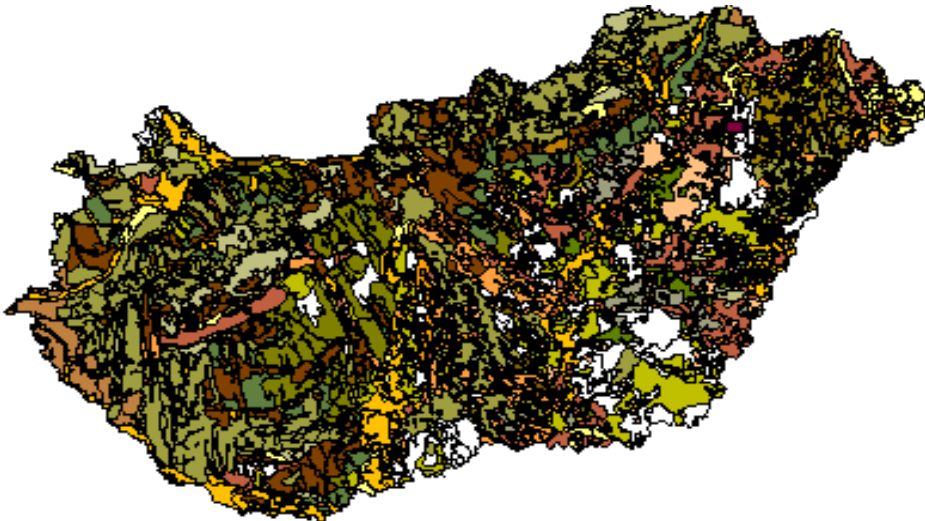


Figure 8: The Agrotopological map with 1:100000 scale

9. ábra

1:10000 méretarányú talajgenetikus térkép a Tedej Rt. területéről (1500 ha)

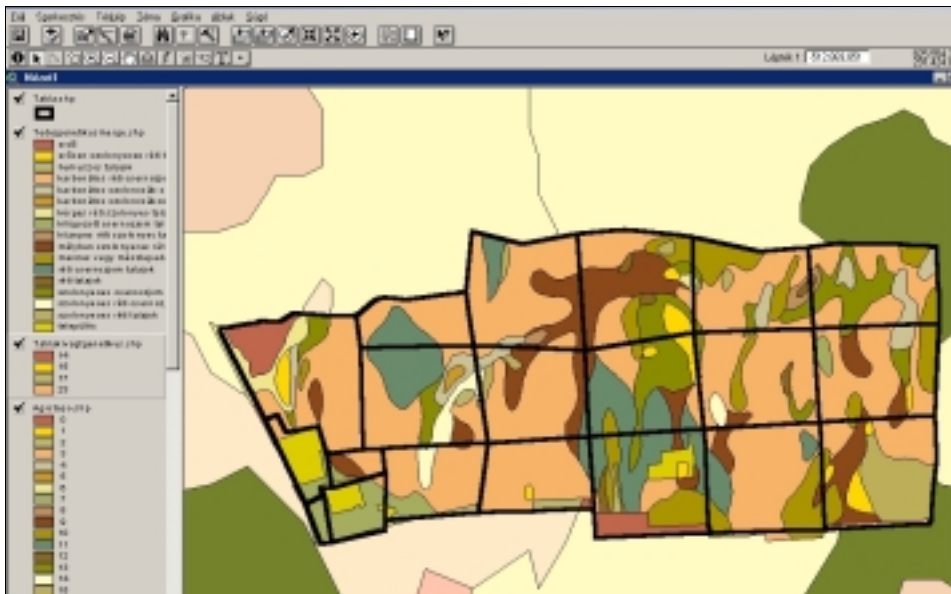


Figure 9: The genetical soil-map of the Tedej Inc. With scale 1:10000 (1500 ha)

10. ábra

A vizsgálati terület (880 ha) GIS alapú talajgenetikus térképe



Figure 10: The GIS genetical soil-map of the investigated area (880 ha)

Az Agrotopo Tedej-re vonatkozó részletét (11. ábra), valamint a Tedej Rt. területéről készült régi és új talajgenetikus térképeket összehasonlítva az látható, hogy míg az Agrotopo 4 talajféleséget különít el a területen, addig a korábbi talajgenetikus térkép 70 poligont tartalmaz, tehát ennyi talajtani típus különíthető el rajta. Az új, GIS alapú térképen pedig már 128 poligont – talajféleséget – tudunk elkülöníteni. Elmondható tehát, hogy az aktualizált térkép sokkal mélyebb információ tartalommal bír, mint bármely elődje.

A GIS alapú térképből kiválasztottuk a talajtaniilag legheterogénebbnek mondható táblát (121 ha), melyet az Rt. táblakiosztásának alapján a P8 kóddal jelöltünk. Ezen a táblán helyszíni, 3T rendszerű talajnedvességi és –tömörödöttségi mérések, illetve az adott talajtípusok Arany-féle kötöttségi száma alapján 3 különböző művelést igénylő területet tudunk elkülöníteni (12. ábra):

- sekély művelés – tárcsa, fogas (világos szürke),
- középmély művelés – középmély és mély szántás (közép szürke),
- középmély lazítás (sötét szürke).

A területen 1999-2000-ben a táblát kettéosztva csemegekukoricát és őszi búzát termesztettek. Az életciklus-elemzés adataiból kitűnik (3. táblázat), hogy a területen 1999-2000 között nem tettek különbséget a tábla talajféleségei között, egységesen művelték mind a 121 ha-t.

A talajtani és a talajművelő eszközök adatait figyelembe véve megtervezük a P8-as tábla optimális talajművelési rendszerét, melyet a 13. ábra vázol fel. Ennek alapján a területen 55 ha-on tárcsázást, 55 ha-on szántást, 10 ha-on pedig mélylazítást kellett volna elvégezni.

11. ábra

A Tedej Rt. területén a táblakiosztás az Agrotopográfiai 1:100000 méretarányú térképen

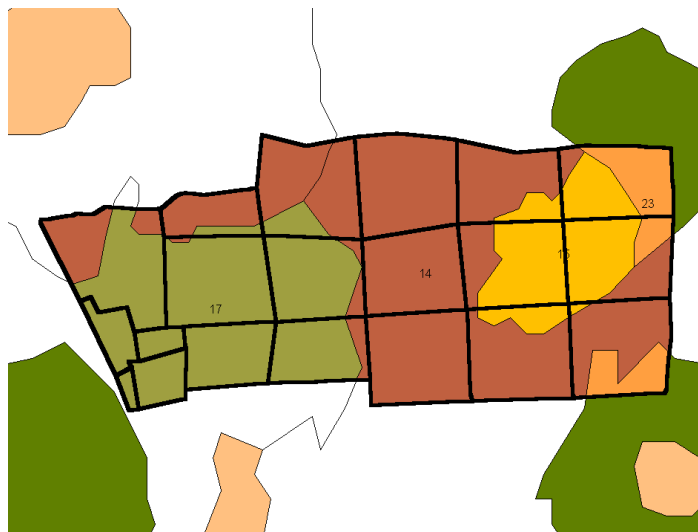


Figure 11: The cultivated fields of Tedej Inco the Agrotopological map with 1:1000000 scale

12. ábra

A P8-as tábla a talajtani adottságok alapján elkülönített 3 művelési egysége

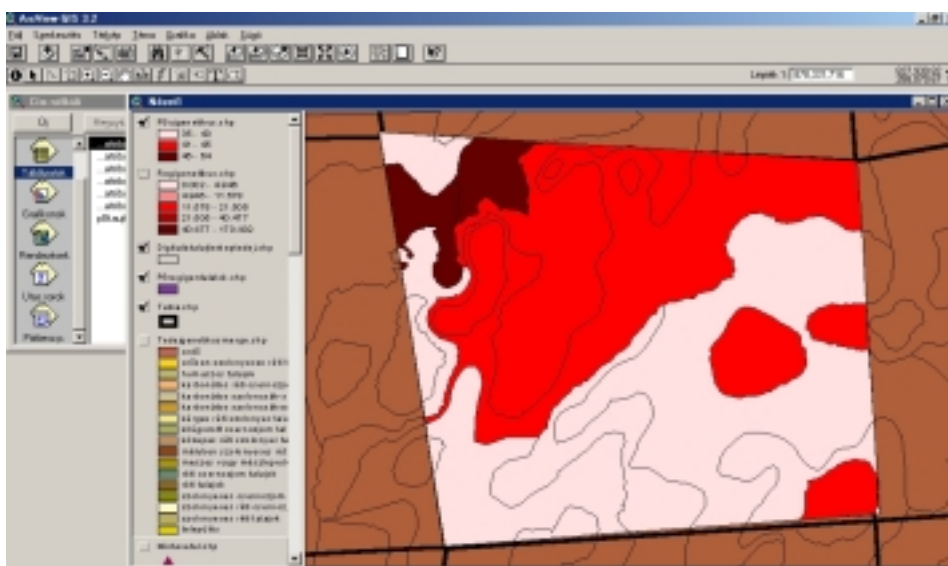


Figure 12: The three tilling unit on the field P8 segregated by the different soils facilities

13. ábra

A P8-as tábla talajtani tulajdonságokon és a talajművelő eszközök művelési szélességén alapuló művelési terve

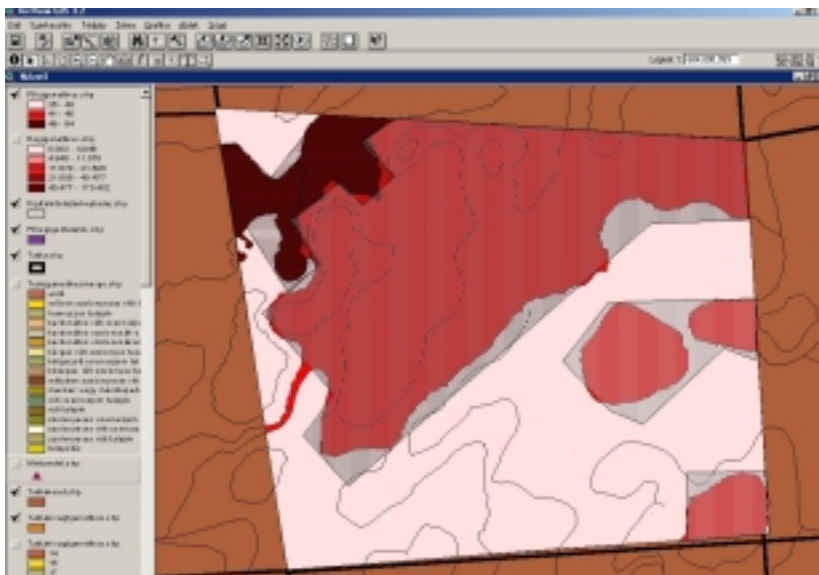


Figure 13: The tilling plan of the field P8 based on soils facilities and the cultural wideness of the tilling machines

A 13. ábra alapján megterveztük a megosztott P8-as tábla művelési rendszerét, külön kukoricára, és külön őszi búzára, ill. hozzárendeltük a felhasznált üzemanyag, továbbá kibocsátott füstgáz értékeket (4. táblázat).

A 3. és 4. táblázat összehasonlításakor látszik, hogy míg a kukoricánál környezeti szempontból eredményes volt a művelés módosítása – hiszen csökkent a felhasznált üzemanyag, és a kibocsátott füstgáz mennyiség –, addig a búzánál az Rt. által alkalmazott rendszer volt környezeti szempontból hatékonyabb.

3. táblázat

A P8-as tábla talajművelési munkái, az eközben felhasznált üzemanyag mennyiség, és a ha-onként kibocsátott füstgáz mennyisége 1999-2000 között

P8 1 - csemege kukorica (1)				
Időpont (2)	Talajművelés típusa (3)	Megmunkált terület (4) ha	Felhasznált üzemanyag (5)	Kibocsátott füstgáz (6) Nm ³
1999.10.31.	Tárcsázás tarlón (7)	120,00	1321,20	12465,52
1999.10.31.	Mélylazítás (8)	60,00	1710,00	16133,85
1999.10.31.	Tárca (9)	180,00	1981,80	18698,28
1999.10.31.	Vetés és kiszolgálás (10)	60,00	199,20	1879,45
Összes füstgáz kibocsátás/ha (16)				819,62

Folytatás a következő oldalon

Folytatás az előző oldalról

P8 2 - őszi búza (7)

1999.11.05.	Tárcsázás tarlón (7)	120,00	1321,20	12465,52
1999.11.05.	Boronálás, Szántáselmunkálás (12)	61,00	301,34	2843,14
2000.04.23.	Simító (13)	61,00	237,29	2238,83
2000.04.27.	Kombinátor (14)	86,00	424,84	4008,37
2000.05.04.	Vetés és kiszolgálás (10)	91,00	396,76	3743,43
2000.06.25.	Sorközkultivátor (15)	15,00	65,40	617,05
Összes füstgáz kibocsátás/ha (16)				431,94

Table 3: The tilling works of field P8, the amount of the used fuel and the emitted smog between 1999-2000

Maize(1), Date(2), Type of tilling(3), Cultivated area(4), Used fuel(5), Emitted smog(6), Disking(7), Deep disintegration(8), Disk(9), Sowing(10), Winter wheat(11), Harrow(12), grubber(13), Cultivator(14), Inter-row cultivator(15), Total smog emission(16)

4. táblázat**A P8-as tábla talajtani tulajdonságokon alapuló talajművelési terve a felhasznált üzemanyag és a kibocsátott füstgáz mennyiségével****P8 1 – csemege kukorica (1)**

Talajművelés típusa (2)	Megmunkált terület (3) ha	Felhasznált üzemanyag (4)	Kibocsátott füstgáz (5) Nm ³ /ha
Tárcsázás tarlón (6)	120,00	1321,20	12465,52
Mélylazítás (7)	10,00	285,00	2688,98
Szántás (8)	28,00	585,20	5521,36
Tárcsázás (9)	22,00	242,22	2285,35
Tárcsázás (9)	180,00	1981,80	18698,28
Vetés és kiszolgálás (10)	60,00	199,20	1879,45
Összes füstgáz kibocsátás/ha (16)			725,65

P8 2 – őszi búza (11)

Tárcsázás tarlón (6)	60,00	660,60	6232,76
Szántás (8)	27,00	564,30	5324,17
Tárcsázás (9)	33,00	363,33	3428,02
Boronálás, szántáselmunkálás (12)	61,00	301,34	2843,14
Simító (13)	61,00	237,29	2238,83
Kombinátor (14)	86,00	424,84	4008,37
Vetés és kiszolgálás (10)	91,00	396,76	3743,43
Sorközkultivátor (15)	15,00	65,40	617,05
Összes füstgáz kibocsátás/ha (16)			473,93

Table 4: The tilling plan of the field P8 based on soils facilities with the amount of used fuel and emitted smog

Maize(1), Type of tilling(2), Cultivated area(3), Used fuel(4), Emitted smog(5), Disking (6), Deep disintegration(7), Moldboard plow(8), Disk(9), Sowing(10), Winter wheat(11), Harrow(12), Grubber(13), Cultivator(14), Inter-row cultivator(15), Total smog emission (16)

KÖVETKEZTETÉSEK

Az eredmények tükrében megállapítható, hogy a precíziós termelési rendszer bevezetését megelőző, térinformatikai módszerekkel támogatott terepi vizsgálatok adatai pontosak, térben és időben visszakereshetők, könnyen és térben hűen reprodukálhatók, térképen megjeleníthetők. A területen lejátszódó termelési és természeti folyamatok térben és időben modellezhetők, a változások hatékonyan nyomon követhetők. Azonban anyag és energia mérleg – tehát a termelés részletes input-output elemzése – nélkül a környezetben bekövetkező változásokhoz az azokat előidéző termelési folyamatok nem társíthatók.

A környezet menedzsment rendszerek bevezetésének első és kardinális lépése a környezeti hatótényezők és hatások felmérése, számszerűsítése, az okozott károk feltérképezése. Ehhez anyag és energiaforgalom szempontjából kielégítő adatokat nyújt a területen folyó növénytermesztés táblaszintű életciklus-elemzése, ám nem hatékony azok térben és időben való elhelyezésében, megjelenítésében és a várhatóan bekövetkező károk modellezésében, becslésében.

A környezeti menedzsment rendszerek fenntartásának és hatékony működésének feltétele a folyamatos és reprodukálható mérés, nyomon követés és a folytonos javítás, fejlesztés, mely segítségével a termelés környezeti hatékonysága növelhető. Ehhez azonban elengedhetetlen a termelés színhelyének, környezetének alapos ismerete.

A fent említett három problémakör együttes megoldásához kínál egy alternatívát a precíziós termelési rendszer és a környezet menedzsment rendszer együttes, egymásra támaszkodó bevezetése. A precíziós mezőgazdaság a termelés hatékonyságát hivatott növelni, azáltal, hogy optimalizálja a nyersanyagok (víz, műtrágya, vetőmag, növényvédőszer stb.) felhasználását, gazdaságosabbá téve ezzel a növénytermesztést.

A KMR a környezeti hatékonyság javítására törekszik, s célja, hogy minimalizálja a természetes erőforrások (víz, talaj), és a nyersanyagok (vetőmag, műtrágya, peszticidek) felhasználását, csökkentve ezzel a környezeti terhelést.

A fentiek alapján elmondható, hogy a két rendszer – bár eszközeiben különbözik – célja ugyanaz: hatékonyabb, kevésbé környezetterhelő termelés.

Kutatásunk jövőbeni célja, hogy gyakorlatban is bizonyíthassuk: a két rendszer együttes bevezetése a növénytermesztést hatékonyabbá teszi, környezeti terhelését csökkenti.

IRODALOM

- Adensam, H., Ganglberger, E., Gupfinger, H., Wenisch, A. (2000). Wieviel Umwelt braucht ein Produkt. Studie zur Nutzbarkeit von Ökobilanzen für Prozess- und Produktvergleiche. 30-52.
- Gulyás L. (1992). In Barótfi, I. Környezettechnika kézikönyv. Környezet-technika Szolgáltató Kft. Budapest. 1992. 57-59.
- Cascio, J., Woodside, G., Mitchell, P. (1996). ISO 14000 Guide, The New International Environmental Management Standard, McGraw-Hill, New York. 3-81.
- Moerschner, J. Lücke, W. (1998). Stoffströme bei der landwirtschaftlichen Produktion von Nahrungsmitteln. Im Druck: Internationale Sommerakademie St. Marienthal, Stoffstrom-management.
- Olvasztó L. (2000). GPS alapú digitális talajtérképezési technikák. Szakdolgozat, Debrecen, 2000.
- Moser M., Pármai Gy. (1992). A Környezetvédelem alapjai. Tankönyvkiadó, Budapest. 137-139.

Tamaska L. (2001). Az Életciklus-elemzés, mint környezeti menedzsment eszköz alkalmazása. In: Juhász Cs. (2001). környezeti minőségbiztosítás. (Környezetminőség és menedzsment távoktatási program kialakítása és fejlesztése. 1. modul, DE ATC 2001) 111-134.

Levelezési cím (*corresponding author*):

Pechmann Ildikó

Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Mezőgazdaságtudományi Kar
Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

*University of Debrecen, Centre of Agricultural Sciences, Faculty of Agronomy
Department of Water and Environmental Management*

H-4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

Tel.: 36-52-508-444/8182, Fax: 36-52-508-456

e-mail: ipechmann@gissserver1.date.hu