

DEBRECENI EGYETEM
AGRÁRTUDOMÁNYI CENTRUM
MEZŐGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR
VÍZ- ÉS KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁSI TANSZÉK

INTERDISZCIPLINÁRIS AGRÁR - ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYOK
DOKTORI ISKOLA

Doktori iskola vezető:

Prof. Dr. Nagy János

MTA doktora

Témavezető:

Dr. habil. Tamás János

mezőgazdasági tudományok kandidátusa

Agrár-környezetvédelmi indikátorok gyakorlati alkalmazásának lehetőségei a szántó-
földi növénytermesztésben

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

Készítette:

Csókáné Pechmann Ildikó

doktorjelölt

Debrecen

2005

TARTALOMJEGYZÉK

1 BEVEZETÉS.....	4
2 CÉLKITŰZÉSEK.....	6
3 SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	7
3.1 Környezeti mutatók kialakítása a mezőgazdaságban	11
3.2 A környezeti indikátorok fogalomrendszere, típusai.....	14
3.3 A térinformatika és távérzékelés szerepe az agrár-környezetvédelemben	16
3.3.1 A térinformatika szerepe az agrár-környezetvédelemben.....	16
3.3.2 A távérzékelés szerepe az agrárkörnyezetvédelemben	18
3.4 Specifikusan az agrárszektorra kidolgozott mutatórendszerek ismertetése	19
3.4.1 A talaj	20
3.4.1.1 Talajvesztés erózió, defláció révén.....	22
3.4.1.2 Felgyorsult szervesanyag-lebontás okozta állapotromlás	22
3.4.1.3 A biodiverzitás csökkenése	23
3.4.1.4 Talajtömörödés.....	23
3.4.1.5 Sófelhalmozódás	23
3.4.1.6 Szennyezettség	24
3.4.2 A víz	25
3.4.2.1 Tápanyagterhelés.....	26
3.4.2.2 Növényvédőszer terhelés.....	27
3.4.2.3 Vízmennyiség.....	27
3.4.3 A levegő	28
3.4.4 Ökoszisztémák – biodiverzitás.....	29
3.4.4.1 Élőhelyhálózatok /élőhelyek egységessége/.....	31
3.4.4.2 Fajösszetétel	34
3.4.4.3 Genetikai sokféleség	34
3.4.5 A táj	35
3.4.5.1 Változatosság, természetesség	36
3.4.5.2 Kulturális sajátságok	37
4 ANYAG ÉS MÓDSZER.....	38
4.1 A mintaterület bemutatása	38
4.2 A környezeti információs rendszer felépítése	39
4.2.1 Térképi adatállományok feldolgozása.....	39
4.2.2 A távérzékelés felvétel általános adatai.....	39
4.2.3 Gazdálkodási adatok	40
4.2.4 A természeti erőforrások állapotára vonatkozó adatok gyűjtése.....	41
4.2.4.1 A talaj	42
4.2.4.2 Táj és élővilág	44
4.3 Az agrár-környezetvédelmi mutatórendszer kidolgozása.....	46
4.3.1 A háttéradatok hozzárendelése az egyes indikátorcsoportokhoz	47
4.3.2 Az egyes indikátorcsoportokhoz tartozó mutatók kiválasztása	47
4.3.2.1 A talaj	48
4.3.2.2 A víz	51
4.3.2.3 A levegő	53
4.3.2.4 Ökoszisztémák – biodiverzitás.....	54

4.3.2.5 A táj	61
4.4 Az eredmények értelmezése	64
5 EREDMÉNYEK.....	66
5.1 A gazdasági adatok feldolgozása során kapott eredmények	66
5.2 Az indikátorcsoportok jellemzése és azokon belül az indikátor értékek megállapítása	67
5.2.1 A talaj szerkezetromlásának értékelése.....	67
5.2.2 A szikesedési tulajdonságok távérzékelt adatok alapján történő meghatározása	70
5.2.3 Ökoszisztémák állapota - biodiverzitás.....	75
5.2.3.1 A termesztett növények térképezése hiperspektrális felvétel elemzésével.....	75
5.2.3.2 Biomassza vizsgálatok távérzékelt adatforrások alapján	78
5.2.3.3 A természetes vegetáció vizsgálata távérzékelt módszerekkel	79
5.2.3.4 Élőhely- fragmentációs folyamatok értékelése	84
5.2.4 Táj	87
5.2.4.1 Változatosság, természetesség	87
5.3 A levegő.....	89
5.4 A víz	90
6 KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	92
6.1 Következtetések.....	92
6.2 Javaslatok	94
7 ÖSSZEFOGLALÁS.....	98
7.1 Új tudományos eredmények	98
7.2 Gyakorlatban hasznosítható eredmények	99
8 KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS	100
9 SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	101
10 FÜGGELÉK.....	111
10.1 Az ECNC által javasolt agrár-környezetvédelmi indikátorok.....	112
10.2 A környezetinformációs rendszerre vonatkozó ábragyűjtemény	126

1 BEVEZETÉS

A termőföld megművelése, és a cél, hogy a felnövő gabona terméséből, a legeltetett állat adta húsból, tejből megéljen, s növekedjen a család, a törzs, egyidős a társadalom kialakulásával. A mezőgazdaság fejlődése végigkísérte az emberiség fejlődését, s a történelem során a jó termőföld mindig drága kincs volt. Elég csak végigtekinteni hazánk történelmében. A mindenkori magyar önállósodási-, de a reformtörekvések egyik alappillére is mindig a saját földtulajdon és a terményhez való jog képezte.

A termőföld szeretete, megbecsülése napjainkban is tovább él, hiszen mezőgazdasági területeink, a szántóföldek, szőlők-gyümölcsösök, gyepek és erdőterületek, mint termőeszközök ma is családok tízezreinek megélhetését biztosítják.

A gazdasági értékeken túl a hazai földművelés évszázados hagyományai révén a magyar tájnak mára már vitathatatlanul szerves részévé váltak az agrárökoszisztémák, melyekhez kapcsolódó élőhelyek flórája és faunája helyenként komoly természeti értéket képvisel.

Rajtunk múlik, hogy ezzel az erőforrással miként gazdálkodunk, a vidék versenyképessége miként alakul, és nem utolsósorban, hogy milyen mértékben tudjuk kihasználni a csatlakozás után hazánkat is megillető Európai Unió támogatásait.

Vegyük számításba, hogy milyen lehetőségeink vannak.

Az 1992-ben a CAP¹-reform keretében elfogadott 2078/92 EU tanácsi rendelet paradigmaváltást hozott az Unió, de egész Európa mezőgazdasága számára is. A rendelet újraértékelte az agrárszektor elsődlegesen élelmiszertermelő szerepét, s e helyett egy többfunkciós agrármodellt vezetett be. Az új agrárpolitika értelmében a mezőgazdaságnak a közpénzekből eredő támogatások fejében a termelési feladatok mellett környezeti és társadalmi, foglalkoztatottsági feladatokat is el kell látnia.

Így, az új elvek szellemében lassan átalakul az Unió támogatási rendszere is. A hagyományosan mennyiség alapú támogatások (I. pilléres kifizetések) csak azon, jó termőterületű gazdaságok számára lesznek elérhetők, ahol a kielégítő mennyiség és minőség megtermelése nem igényel drasztikus beavatkozást, elérhető extenzív módon is.

Fokozatosan csökken emellett a 20 ha-fölötti birtokméretű üzemek támogatása is. Az így felszabaduló költségvetési forrásokból pedig az agrárkörnyezetvédelmi és vidékfejlesztési törekvéseket fogja támogatni az Unió (II. pilléres kifizetések). Ezen változások azt vetítik előre, hogy a kisebb méretkategóriába tartozó birtokok, a vidékfejlesztési

¹ Common Agricultural Policy – Közösségi Agrárpolitika

támogatások tartós és növekvő súlyú elemei lesznek a közös agrárpolitikának.

A magyar gazdák számára azonban a csatlakozással együtt megnyíló pénzforrások csak akkor lesznek elérhetők, ha megértik a háttérben rejlő lehetőségeket, és így igénybe tudják venni a helyzetüknek leginkább megfelelő támogatási formákat.

Ahhoz azonban, hogy a gazdálkodó sikerrel pályázhasson, tisztában kell lennie földjének termőképességével, a birtokolt terület természeti értékeivel és a termelés környezeti hatásaival.

Döntéshozói oldalról pedig a támogatások felhasználásának ellenőrzéséhez elengedhetetlen követelmény a térben és időben valós, korszerű adatszolgáltatás.

A dolgozat e gyakorlati problémák megoldásaira keresi a választ.

A környezeti hatások számszerűsítésére, monitoringjára egy agrárkörnyezeti-mutatórendszer ismertetésével kíván segítséget nyújtani.

Az adatszolgáltatási nehézségeket pedig egy EU-konform, térinformatikai és távérzékelési technológiákra alapozott környezeti információs rendszer kiépítésének bemutatásával igyekszik megkönnyíteni.

2 CÉLKITŰZÉSEK

Ez a kutatás azzal a céllal indult, hogy módszertani támogatást nyújtson egy olyan korszerű környezetinformációs rendszer kiépítéshez, mely segítségével a gazdálkodók:

- sikeresen azonosíthatják tevékenységük környezeti hatásait, s ezzel
- lehetővé válik számukra a földhasználat eredményének és a környezeti források viszonyának elemzése, valamint
- a növénytermesztési és környezetgazdálkodási információk naprakész nyilvántartása,
- és egyben eleget tudnak tenni az Európai Unió és hazai agrártámogatások által megkövetelt adatszolgáltatási kötelezettségeknek is.

Ezzel kapcsolatban kutatásaimat négy fő irányvonal köré csoportosítottam:

I. A környezeti hatások kvantitatív módon történő meghatározása

Ezen a ponton belül egy olyan egységes, a hagyományos, terepi adatgyűjtő módszerek mellett térinformatikai alapokon nyugvó, távérzékelési technikákkal támogatott monitoring rendszer került kidolgozásra, mely segítségével gyorsan, könnyen azonosíthatók és számszerűsíthetők a szántóföldi növénytermesztés keretein belül felmerülő környezeti hatások.

II. A monitoring során nyert adatok térképi megjelenítése

Ebben a szakaszban az eltérő módszerekkel gyűjtött adatokat egységes térinformatikai környezetbe integráltam, s így azok összevethetővé, egymás függvényében modellezhetővé váltak.

III. A számszerűsített környezeti hatások értékelése

Az objektív hatásértékelés céljából olyan mutatórendszer kidolgozására került sor, mely amellet, hogy információt szolgáltat a gazdálkodónak termőföldje állapotáról és tevékenységének környezeti hatásairól, egyben segítséget is nyújt a regionális, természetvédelmi alapú támogatás hatékonyságának ellenőrzésében.

IV. A mutatórendszer tesztelése a szántóföldi növénytermesztési gyakorlatban.

Az adatgyűjtés egy mezőgazdasági középvállalkozás, a Tedej Rt. un. „Pusztai” területén, Hajdúnánás-Tedej határában folyt, a környezetinformációs- és mutatórendszer alkalmazása is ezen a területen lett tesztelve.

3 SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

Várallyai (2003) szerint a termőföld megbecsülése, ésszerű és fenntartható használata, megóvása az életminőség javításának egyik feltétele, ami társadalmi összérdek. Ez a környezetvédelem és a mezőgazdaság egyik legfontosabb közös feladata, amely az állam, a földtulajdonos és -használó, valamint az egész társadalom részéről megkülönböztetett figyelmet igényel, átgondolt és összehangolt intézkedéseket tesz szükségessé (Láng et al., 1983).

Hosszú utat tett meg az európai és a magyar mezőgazdaság, mire eljutott a fenti felismerésig.

A világ fejlett országaiban a szántóföldi mezőgazdasági termelés kezdetétől a termőföld kihasználása fokozatosan bár, de egyre intenzívebbé vált. Ez azt is jelentette, hogy az időskálán mozogva a hektáronként elérhető termésátlagok növekedése együtt járt a parlagon hagyott, illetve ugaroltatott területek részarányának csökkenésével (Németh, 1995). Az 1930-as évektől kezdődően, az intenzív növények termesztésbe vonásával, így pl. a vetésváltásra történt áttéréssel megszűnt az ugar, mely korábban a kétnyomásos gazdálkodás keretei között a szántóterületek 50%-át, míg háromnyomásos gazdálkodásnál 33%-át foglalta el (Kádár, 1992).

A termelés volumene és a termelés színvonala ugyanakkor soha nem szakítható el a rendelkezésre álló természetes és antropogén eredetű erőforrásoktól. Ez igaz a szántóföldi növénytermelés egészére is. A gazdálkodási módok változásai sem öntörvényűek voltak, minden változás mögött gazdasági, történelmi és gazdálkodási tényezők együttes változása állt (Németh, 2005). Az 1960-as évektől globálisan tapasztalható népesség növekedés intenzívebb termelésre ösztönözte a mezőgazdaságot, amihez a talajok természetes tápanyag-szolgáltató képességére hagyatkozó parlagoltatás és ugaros művelés már nem bizonyulhatott elegendőnek, lassan teret hódított az intenzív, iparszerű mezőgazdaság.

Ugyanígy gazdasági és társadalmi okok vezettek az Európai Közösség agrárpolitikájának reformjához is. A II. világháborút követően az élelmiszerhiány csökkentésére irányuló, a termelés fokozását célzó támogatási eszközök hatékonyságát jelző, a 80-as évekre telítődtek az európai élelmiszerpiacok, s még napjainkban is túltermeléssel küzd a kontinens. Ehhez társultak azok az 1970-es évektől folyamatosan erősödő környezetvédelmi és természetvédelmi folyamatok, melyek következtében az ENSZ Környezet és Fejlődés Világkonferenciáján (Rio de Janeiro, 1992) megjelenhetett a fenntartható fejlődés fogalma, amely lehetőséget szeretne adni mindenkinek az alapvető szükségletek

kielégítésére, de egyúttal örködni kíván a jövő generációk hasonló igényei felett is (Láng, 2002).

A konferencia szellemiségéhez csatlakozva, Magyarországon az AGRO 21 programban határozták meg a fenntartható mezőgazdaság elméleti és gyakorlati követelményeit (Ángyán, 1995).

Ezen folyamatok eredményeként megváltozott a hagyományosan az élelmiszerek, a növénytermesztés és állattenyésztés színterének tartott vidéki területek megítélése: ráébredtünk arra, hogy a vidék nem csupán a mezőgazdasági termelés színhelye, de biológiai és társadalmi élettér is (Buckwell Report, 1998). Ebből a megállapításból azonban egyenesen következik, hogy amennyiben a földhasználat tervezése csak és kizárólag a termelés hatékonyságának növelését tűzi ki célul, akkor az adott térség életfunkciói komolyan sérülhetnek (Baldock&Mitchell, 1995). A gazdálkodás élő és élettelen környezetének leromlása pedig nemcsak a termelés visszaesését vonja maga után, de az ott élők megélhetését is veszélybe sodorhatja (Zielkowski 1988). Különös jelentősége van ennek a felismerésnek hazánkban, ahol a mezőgazdasági tevékenység közvetve, vagy közvetlenül az ország területének 65,5%-át érinti (Ángyán, 1991).

Az agrár- és vidékpolitika új stratégiája összhangban van a természetvédelem holisztikus alapelveivel is, mely szerint a természetvédelmet nem lehet csupán a védett objektumokra – állat-, növényfajok, barlangok, vízfolyások, stb. – korlátozni, hanem egész rendszereket, a hozzájuk tartozó védőövezetekkel együtt kell védelem alá helyezni (Baldock&Beaufoy, 1993).

Magyar viszonylatban ez az igény még fokozottabban kapcsolódik a mezőgazdaság fogalmának tágabb értelmezéséhez, annak környezetgazdálkodási tartalommal való megtöltéséhez, hiszen hazánkban jelenleg 3,6 millió hektárt kitevő védett, illetve érzékeny természeti területek több mint a fele művelés alatt áll (Fekete et al. 2001).

A vidék szerepének felértékelődése, valamint a gazdálkodás és a természet- és környezetvédelmi törekvések összehangolásának növekvő igénye vezetett el végül 1992-ben a CAP-reform keretében elfogadott 2078/92 EU tanácsi rendelethez. Ennek jegyében fogalmazódik meg az európai közvélemény, illetve az agrár- és vidékpolitika mértékadó szereplői részéről, hogy a mezőgazdaság csak akkor tarthat igényt közösségi forrásokra, ha a termelési feladatok mellett környezeti és társadalmi, foglalkoztatási feladatokat is magára vállal (Ángyán et al. 1998).

Ennek a megállapításnak jegyében alakult át gyökeresen az EU támogatási rendszere is. A fent említett rendelet valamennyi tagállamban előírányozta olyan támogatási rendsze-

rek kidolgozását és bevezetését, amelyek elősegítik a környezet-, természet- és tájvédelmi célok integrálását a mezőgazdasági tevékenységekbe (ECC 2078/92).

Az új támogatási rendszer keretében elkezdődött a mezőgazdaság termelési típusú támogatásainak fokozatos leépítését célzó programok kidolgozása, és annak vizsgálata, hogy milyen mechanizmusokon keresztül lehet a felszabaduló forrásokat a mezőgazdaság ökoszociális funkcióinak támogatására átcsoportosítani, és e csatornán a gazdákhöz visszajuttatni (Ángyán et al., 2003).

E folyamat jegyében született meg az 1257/1999 számú EU tanácsi rendelet, amely a vidékfejlesztési támogatás formáiról és módszereiről rendelkezik. A rendelet az agrár-környezeti és vidékfejlesztési – a közös agrár- és vidékpolitika 2. (ökoszociális) pilléréhez kapcsolódó – intézkedéseket egységes rendszerbe foglalta. Ennek támogatott intézkedései a következők (EC No. 1257/1999):

- agrár-környezetvédelmi és tájgazdálkodási agrárrendszerek földalapú támogatása,
- kedvezőtlen adottságú területek (LFA – Less Favourable Areas) normatív földalapú támogatása,
- mezőgazdasági beruházások támogatása,
- mezőgazdasági termékek feldolgozásának és értékesítésének támogatása,
- erdőtelepítési támogatások,
- a vidéki térségek alkalmazkodásának és fejlődésének elősegítése,
- idős gazdálkodók korai nyugdíjazásának támogatása,
- fiatal gazdálkodók támogatása,
- gazdálkodók oktatása, képzése,

ahol az agrár-környezetvédelmi és tájgazdálkodási támogatások alkalmazása minden tagországban kötelező elem.

Hazánkban ennek a támogatási rendszernek földhasználati alapját a magyar zonációs program keretében indult kutatások voltak hivatottak megteremteni, melyek az elsősorban a Láng István akadémikus által vezetett agroökológiai kutatások (Láng, 1981, Láng&Csete, 1992), valamint a hazai természetvédelmi (Márkus&Nagy 1995, Fekete et al. 1997, Kelemen 1997, Tardy 1997, Borhidi 1999) és tájhasznosítási kutatások (Menyhért&Szász) eredményeit ötvözték. Az Ángyán József koordinálta program keretében született meg Magyarország Földhasználati Zónarendszere (Ángyán et al. 1999), mely Erz (1978) földhasználati piramisa alapján, a földhasználat és természetvédelem céljainak integrálásával hazánk földterületei:

- *természetvédelmi célú* területekre, azt körülvéő

- *átmeneti* területekre (extenzív agrárzónák), *valamint*
- *mezőgazdálkodási* zónákra (környezetkímélő, termőhelyhez alkalmazkodó gazdálkodás) osztotta fel.

Gyakorlati megvalósításként pedig egy olyan földhasználati koncepciót javasolt:

- melyben az extrém talajokkal borított területek kivonásra kerülnek a gazdálkodás alól, és azokat a jelenleg is meglévő természetvédelmi területekhez csatolva hazánk területén egységes biotóp-hálózat kerülne létrehozásra,
- a biotóp-hálózatok által struktúrált térben a korlátozott szűrőképességű, mezőgazdasági tevékenységre csak jelentős ráfordítással hasznosítható területek szintén kikerülnének a termelésből és természetvédelmi szempontú mezőgazdasági földhasználatra lennének átállítva, természetesen a természetvédelmi teljesítmények megfelelő honorálásával (2. pilléres kifizetések),
- minden egyéb területen pedig integrált, alkalmazkodó, környezetkímélő gazdálkodás folyna.

Ezen koncepció megvalósítására, valamint az ezzel kapcsolatos 2. pilléres, vidékfejlesztési támogatási rendszer magyarországi bevezetését előkészítendő jöttek létre olyan előcsatlakozási programok, mint a Nemzeti Agrár-Környezetvédelmi Program (NAKP) és a SAPARD² program (Ángyán, 2005). Míg az NAKP az agrár-környezetvédelmi és tájgazdálkodási rendszerek kidolgozásának és kísérleti indításának (2253/1999 (X.7.)), addig a SAPARD alapvetően a rendelet strukturális, beruházási, szerkezeti jellegű intézkedései bevezetésének kereteit teremtette meg (124/2003. (VIII. 15.)). A NAKP és a SAPARD keretében meghirdetett programokra a csatlakozás után (2004.05.01) – az előcsatlakozási programok lejártával – a gazdálkodók már a Nemzeti Vidékfejlesztési Terv (NVT) illetve az Agrár- és Vidékfejlesztési Operatív Program (AVOP) keretein belül nyújthatnak be pályázatot.

Ahhoz azonban, hogy a gazdálkodó sikerrel pályázhasson, tisztában kell lennie földjének termőképességével, a birtokolt terület természeti értékeivel és a termelés környezeti hatásaival.

² **SAPARD:** Special Accession Programme for Agriculture and Rural Development (Előcsatlakozási program a mezőgazdaság és a vidék fejlesztésére)

3.1 Környezeti mutatók kialakítása a mezőgazdaságban

A kétpilléres támogatási rendszer bevezetésével, mellyel a kedvezőtlen adottságú területek természetvédelmi célú hasznosítását, a vidék hagyományörző fejlesztését ösztönzi az Unió, a közösségi agrárpolitikában a mezőgazdálkodás hagyományos, termelés típusú értelmezésről mind inkább a környezetgazdálkodási értelmezésére tevődik át a hangsúly. Itt a gazdálkodás célja a természetes és ember alkotta környezetnek hosszabb távra szóló szabályozott hasznosítása, tervszerű fejlesztése és hatékony védelme, a természet ökológiai egyensúlyának fenntartásával és a társadalom érdekeinek figyelembevételével (Madas, 1985).

Ahhoz azonban, hogy az elsődlegesen nem környezeti érdekek által vezérelt társadalom- és gazdaságirányítási rendszerekben megfelelő politikai súlyt kapjon a környezeti és természeti érdekvédelem, és ehhez valós intézkedések társuljanak, tudni kell tényszerűen megállapítani a károsodásokat, a veszélyeket és ezek mértékét (Konkolyné, et al. 2003). Ezt a gondolatot támasztja alá az Európai Hivatal közleménye, miszerint a környezeti mutatók alapvető szerepe a kommunikációban van. Ezáltal teszik lehetővé, vagy mozdítják elő az információ cserét azon a témán belül, amelyre vonatkoznak (Smeets & Weterings, 1999).

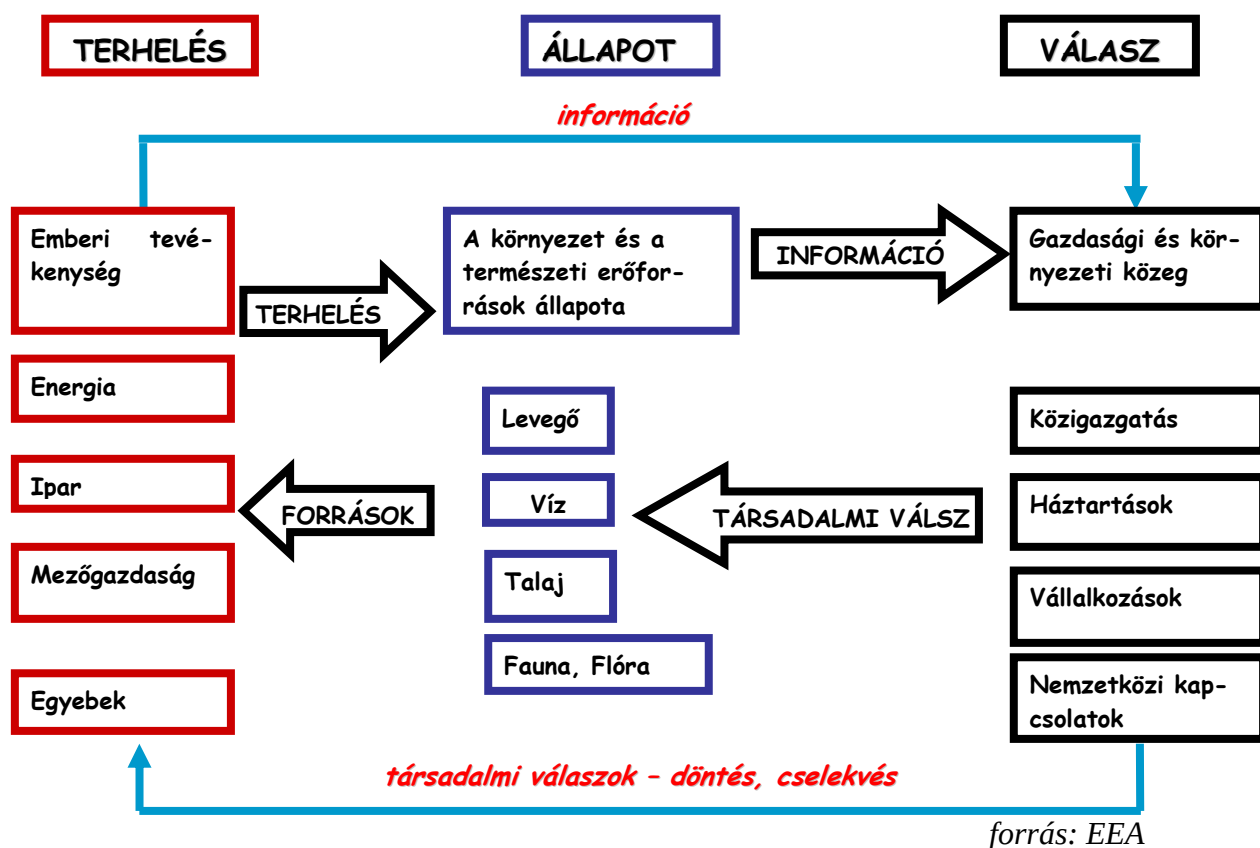
Ennek szellemében a környezet állapotának felmérésével párhuzamosan indult meg tehát a környezeti mutatók rendszerének kidolgozása, melynek keretén belül a környezeti problémát négy szempontból közelítik meg (Shah 2000):

- **környezeti elem szempontú megközelítés:** a fő környezeti elemek állapotáról – levegő, föld, víz és épített környezet – gyűjt adatokat.
- **terhelés-válasz szempontú megközelítés:** az emberi beavatkozások hatásait és az ebből következő változásokat vizsgálja.
- **forrás felmérő megközelítés:** a természeti erőforrások áramlását próbálja nyomon követni a kiaknázástól a feldolgozáson keresztül a végső használatig és végül a környezetbe való visszakerülésig.
- **ökológiai megközelítés:** a környezet állapotát az élőlények (állat, növény fajok) megjelenésében felismerhető mintázatok értékelése révén próbálja meg elemezni. Ökológiai indexeket, modelleket alkalmaz.

Az eltérő nemzeti környezeti statisztikák közös nevezőre hozásának eredményeként, elsőként az ENSZ statisztikai hivatalának égisze alatt született meg 1984-ben a FDES modell (Framework for the Development of Environmental Statistics – Modell a Környezeti Mutatók Fejlesztésére) mely a környezeti elem és a terhelés-válasz szempontú

megközelítés mód kombinációjában közelíti meg a környezetállapot értékelés kérdését (Katonáné, 2004).

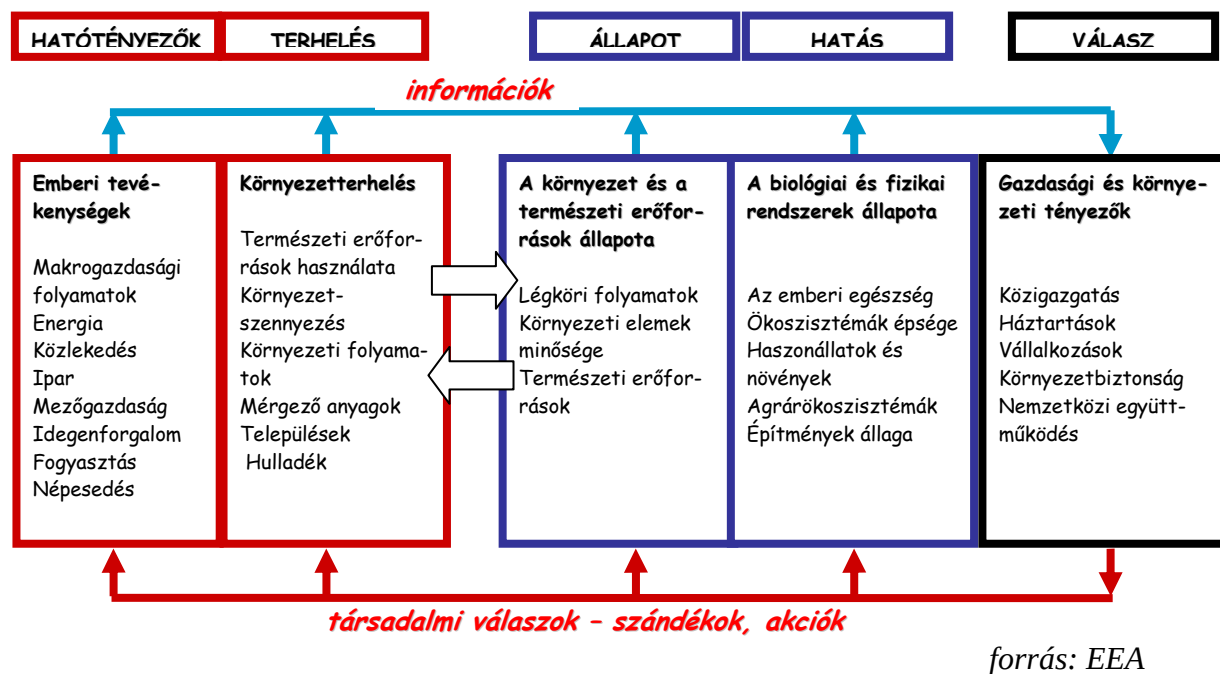
A FDES modell alapján az OECD (Organisation for Economical Co-operation and Development – Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Hivatal) is kidolgozta saját indikátor rendszerét, mely az ENSZ-hez hasonlóan a már említett négy szemléletmódból elsősorban a környezeti elemek állapotára és az emberi beavatkozás okozta terhelésre és válaszokra fektetett hangsúlyt az értékelésben. Ennek megfelelően az OECD a környezeti adatokat a terhelés-állapot-válasz (Pressure – State – Response - PSR) modell alapján rendszerezi. Ez a modell, hasonlóan a FDES-hez, azon az ok-okozati viszonyon alapul, miszerint az emberi tevékenység terheli a környezetet, a környezeti elemek, rendszerek erre állapotuk megváltozásával reagálnak. A társadalom pedig válaszol ezekre a reakciókra, mind környezeti, mind gazdasági és politikai téren (OECD, 1997). A modell logikai kereteit a 3.1. ábra mutatja be.



3.1. ábra
A PSR modell

A PSR modell továbbfejlesztése nyomán, 1994-ben készült el a kutatói és döntéshozói körökben egyaránt elfogadott DPSIR (Driving forces – Pressure – State – Impact –

Response : Ható tényezők – Terhelés – Állapot – Hatás – Válasz) modell (Katonáné, 2003). Ezt a modellt a legtöbb tagország elfogadta, és ezt használják a nemzetközi szervezetek, többek között az OECD is. A modell alapján a környezeti mutatók fogalmi keretét a 3.2. ábra mutatja be.



3.2. ábra
A DPSIR modell

A DPSIR modell alapján minden ágazat külön-külön érintett az általa kiváltott hatások értékelésében, így a mezőgazdaság is. A környezeti mutatók alkalmazásának külön hangsúlyt adott az Európai Unió közös agrár- és vidékpolitikájának 1992-es reformja, melynek jegyében csökkennek a termeléshez kötődő támogatások, és az így felszabaduló források fokozatosan átkerülnek az agrár-környezeti és vidékfejlesztési kifizetésekre. A 2078/92 és az azt kiegészítő 746/96 EU rendelet részletezi az alkalmazás szabályait, melyek alapján minden egyes tagország saját maga alakíthatta ki saját agrár-környezetvédelmi programját, melyet hazánk még a csatlakozás előtt a Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Program keretén belül kívánt megvalósítani. A program a 2253/1999.(X.7.) Kormányhatározat alapján 2000. januárjában indult el.

A program célkitűzései, támogatási prioritásai alapján egyértelmű, hogy az EU ezen túl előnyben részesíti azon termelési módokat, melyek a környezetterhelés csökkentésén túl a vidék sajátosságainak, természeti értékeinek megőrzését célozzák meg. A Közösség ebben a reformban látja a fenntartható mezőgazdaság elméletének megalapozását és

alkalmazását.

Ahhoz azonban, hogy a bevezetett reformok kedvező hatásait nyomonkövethesse, és a természet és tájvédelem jegyében kiosztott támogatások felhasználását ellenőrizhesse, az ágazatnak szintén szüksége volt környezeti mutatók kidolgozására (Piorr, 2003).

A legtöbb nemzetközi szervezet, így az EEA és az OECD is kísérletet tett agrár-környezeti indikátorok kidolgozására, ám csak ágazati szinten, és egy-egy ország teljes területére vonatkozó mutatókat állítottak fel. Ezek jelzik ugyan az ország környezeti hatékonyságát, de a táj- vagy farmszintű változások már nem regisztrálhatók.

Az első országos, regionális és farmszintű értékelést egyaránt lehetővé tevő mutatórendszer az EC (European Commission – Európa Tanács) valamint az EEA (European Environment Agency – Európai Környezetvédelmi Hivatal) támogatásában ECNC (European Centre for Nature Conservation – Európai Természetvédelmi Központ) által megvalósított ELISA (Environmental Indicators for Sustainable Agriculture – a fenntartható mezőgazdaság környezeti indikátorai) projekt (1998 április - 1999 július) keretében került kidolgozásra. (ECNC, 2000).

3.2 A környezeti indikátorok fogalomrendszere, típusai

Az indikátorok olyan dimenzió nélküli mutatók, melyek úgy mérik az adott tevékenység környezeti terhelését, hogy azzal közérthető információt nyújtanak a környezet jelen állapotáról és az alapján várható változásokról. Segítséget nyújtanak a termelés, a gazdasági reformok, a piaci szabályozások által kiváltott környezeti hatások megértésében, valamint közreműködnek a környezet-politikai döntések hatékonyságának monitoringában és értékelésében, támogatva ez által a fenntartható fejlődést és a természeti erőforrásokkal történő ésszerű gazdálkodást.

Az indikátoroknak számos feltételnek kell megfelelniük ahhoz, hogy a fenti szerepeket betöltsék (OECD, 2003):

- **politikai súly:** képesek legyenek az agrárszektor minden kockázatviselőjének, így a gazdálkodók mellett az illetékes hatóságoknak, a befektetőknek, kormányoknak egyértelmű képet adni a környezet állapotáról, az őt érő káros hatásokról, azok mérséklésének, megszüntetésének lehetőségeiről.
- **megbízhatóság:** a mérések módszertanának tudományosan megalapozottnak kell lennie, de egyben magában kell hordoznia a folyamatos fejlesztés lehetőségét is,
- **mérhetőség:** értve ez alatt az adatok hozzáférhetőségét, a mérések ismételhetségét és az adatgyűjtés költséghatékonyságát, valamint

- **értelmezhetőség:** amennyiben lényeges és közérthető információkat kell szolgáltatnia mind a politikusok, mind a széleskörű közvélemény számára.

Az indikátorokat több csoportra oszthatjuk fel attól függően, hogy miként és milyen jellegű adatokból képezzük azokat, illetve annak alapján, hogy mit jeleznek, miről szolgáltatnak információt. Az indikátorok, annak alapján, hogy miként képezzük őket, lehetnek közvetlen, közvetett, illetve aggregált indikátorok (Konkolyné et al., 2003):

- a **közvetlen indikátorok** a rendelkezésre álló információkból képzett egyszerű mutatók, pl. az ariditási index vagy a területhasználat százalékaránya.
- a **közvetett indikátorok** valamely jellemző adottság révén nyújtanak információt egy terület, vagy környezeti elem állapotáról, pl. a bioindikátorok.
- az **aggregált indikátorok** az értékelés szempontjából releváns részindikátorokból képezhetők, pl. az élőhely természetességi foka, amely több tényező függvénye továbbá az ökológiai lábnyomát összessége.

Az indikátor által nyújtott információ jellege alapján a következő csoportok különíthetők el (OECD, 2001):

- a **hatótényezők indikátorai** (driving force indicators): azon tevékenységek, folyamatok mutatóinak gyűjtőcsoportja, melyek közvetve vagy közvetlenül felelőssé tehetők a környezet állapotában bekövetkezett változásért. Pl.: közvetlen: növényvédőszer-, műtrágya-, vízhasználat stb.; közvetett: megváltozott agrártármogatási rendszer;
- **állapot indikátorok** (state indicators): olyan mutatók, melyek a fenti tevékenységek közvetett és/vagy közvetlen hatásait jellemzik, számszerűsítik, azaz a környezet állapotát írják le a vizsgálat időpontjában, illetve a
- **válasz indikátorok** (response indicators): olyan mutatók, melyek a környezet állapotában bekövetkezett változások eredményeit jelzik, tehát a „mezőgazdaság-természeti környezet rendszer választ”. Pl.: termés minőség romlás, ráfordítások emelkedése/csökkenése, kereslet csökkenése stb.

Mielőtt rátérnék a specifikusan a mezőgazdasági szektorra kidolgozott mutatórendszerek ismertetésére, szeretnék egy rövid áttekintést nyújtani a térinformatika és a távérzékelés szerepéről az európai és a magyar agrárkörnyezetvédelmben. A dolgozatomban a környezeti információs rendszer térinformatikai alapokon szerveződik, valamint az egyes környezeti hatások mutatóinak meghatározásában, számszerűsítésében a hagyó-

mányos terepi mintavételi és monitoring módszerek mellett a fent említett technológiák eszközrendszerére is támaszkodtam, így mindenképpen indokoltnak tartom ezt a rövid elsősorban módszertani kitérőt.

3.3 A térinformatika és távérzékelés szerepe az agrár-környezetvédelemben

3.3.1 A térinformatika szerepe az agrár-környezetvédelemben

A környezetvédelem fejlődésével együtt megnőtt az igény a környezetet érő hatások mind részletesebb felmérésére. Ez az igény rohamosan növekvő adatmennyiséget – a statisztikai adatokat, táblázatokat, diagrammokat, térképeket – generált, melyek feldolgozásában csak az informatika robbanásszerű fejlődése tudott új távlatokat nyitni.

Azonban az összegyűjtött adatok alapján az előnytelen hatások előrejelzésére, a szennyező források felderítésére, a szennyezés-terjedés előrejelzésére összetett modellekre volt szükség, amely mind a tudományos, mind a gyakorlati alkalmazások területén felvetette a térbeliség igényét - különösen azon ágazatokban – mezőgazdaság, bányászat, stb. –, melyek jelentős mértékben használnak fel természeti erőforrásokat.

Ezen kérdések megválaszolására jöttek létre a földrajzi információs rendszerek (GIS³), illetve térinformatikai alapú döntéstámogató rendszerek: olyan számítógépes rendszerek, melyek térbelileg vonatkoztatott geometriai adatok és a hozzájuk kapcsolódó attribútumok gyűjtésére, kezelésére és elemzésére szolgálnak (Lóki, 1996). Az információk elemzésében fontos szerepet játszik a térbeliség, megjelenítésében pedig a képi jelleg (Detrekői&Szabó, 2003).

A GIS-alapú rendszerek ezáltal lehetővé teszik, hogy a felhasználó interaktívan válaszson a megoldási alternatívák közül, érzékenységi- és idősoros elemzéseket végezzen, modellezzon (Antunes et al. 2001), valamint valószínűségi vizsgálatokat, térbeli lekérdezéseket és elemzéseket hajtson végre, mint pl. terület- és távolságmérés, átfedés-vizsgálat, puffer- és korridor-analízis (Tamás, 1997). Az adatbázis kezelő és modellező rendszerek, a GIS és az ezeket a világhálóra publikáló internetes technológia nemzetközi szabványosítása pedig lehetővé tette a globális elemzéseket.

A környezeti folyamatok térbeli modellezésének lehetősége számos alkalmazott kutatást indított el az agrárszektorban is.

Ezek egy része a precíziós gazdálkodás fogalmának megalkotásával a növénytermesztés hatékonyságának növelését tűzte ki célul, a termőhelyi adottságok térbeli modellezése

³ GIS – Geographic Information System

és az eredményeknek a táblaszintű folyamatokba történő integrálása révén (Runquist et al., 2001; Tamás, 2002). A termőhely-specifikus precíziós növénytermesztési rendszer kidolgozása a termőhelyi viszonyok és a termés részletes táblaszintű felmérését (talaj- és növényvizsgálat, terméselemzés), valamint ezek eredményeinek korszerű térinformatikai módszerekkel történő kezelését (GPS⁴, GIS, távérzékelés) kívánja meg a megfelelő agrotechnikai módszerek (talajművelés, vízháztartás szabályozás, növényi tápanyagellátás, növényvédelem) potenciális kidolgozása és adaptálása érdekében (Németh, 2003).

Az így nyert adatbázisok alapján azonban nem csupán a termelés hatékonysága, de környezeti hatásai is térben és időben is elemezhetővé váltak, megteremtve ezzel az alapot azon kutatások számára, melyek - az EU mezőgazdasági támogatásainak hatékonyabb felhasználásának érdekében - a környezeti információs és adatszolgáltató rendszerek fejlesztését tűzték ki célul (Tulloch et al., 2003).

A kutatások eredményességét mutatja, hogy napjainkban a támogatások gazdaságoknál és gazdálkodóknál történő elosztását a tagállamokban egyre inkább térképi adatbázisok útján tervezik, illetve ellenőrzik (Figuerola&Hedman, 2000).

Hazánkban ilyen integrált adatszolgáltató és agrár-információs rendszert hozott létre a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium az uniós támogatások igénybevételeinek alappilléreiként az Ügyfélregiszter, a Mezőgazdasági Parcella Azonosító Rendszer (MePAR), valamint az állatokra vonatkozó Egységes Nyilvántartási és Azonosító Rendszer (ENAR) keretében (FVM, 2003). Ezen adatbázisok térképi hátterét a MePAR keretében légi és űrfelvételek alapján, a gazdálkodók és a hivatal megbízásából a FÖMI (Földmérési és Távérzékelési Intézet) által kialakított országos szintű földterület-azonosító rendszer adja.

A magyar agrár-környezeti kutatások, így a talajtani és agrokémiai, vízgazdálkodási, növénytermesztési, növényvédelmi, műszaki-automatizálási, információs-technológiai, valamint agrárgazdasági kutatások összehangolásával pedig 2003-ban egy intelligens környezeti földminősítő rendszer, a D-e-Meter látott napvilágot. A Nemzeti Kutatási és Fejlesztési Program Keretében az MTA TAKI⁵ által vezetett konzorcium összehangolt alap- és alkalmazott kutatási és fejlesztési tevékenységével egy olyan országos termőföld információs rendszert dolgozott ki, mely magába foglalja (Gaál, et al. 2003):

- a földminőség on-line térinformatikai eszközökkel történő térképi megjelenítését,

⁴ GPS – Global Positioning System – globális helymeghatározó rendszer

⁵ MTA TAKI – A Magyar Tudományos Akadémia Talajkutató Intézete

- a földminőség és egyéb kritériumok (pl. racionális műtrágya felhasználás) alapján történő növénytermesztési modellezést,
- valamint a szántóföldi földhasználattal kapcsolatos adatszolgáltatási kötelezettségek teljesítésének támogatását, illetve az ágazati irányítással való közvetlen kommunikáció biztosítását.

Az interneten keresztül elérhető, korszerű térinformatikai háttérrel dolgozó rendszer (Vass et al. 2003) kiválóan alkalmas a földminősítéshez szükséges gazdálkodási, termőhelyi adatok naprakész nyilvántartására és elemzésére, de a termesztés ökológiai és természetvédelmi aspektusai, valamint a termelés környezeti hatásának értékelése hiányzik az alapmodellből.

3.3.2 A távérzékelés szerepe az agrárkörnyezetvédelemben

A távérzékelés alatt olyan adatnyerési eljárásokat értünk, melyek az adatokat a vizsgált a vizsgált objektummal létrehozott közvetlen fizikai kapcsolat nélkül produkálják (Sárközy, 1991). A távérzékelés fizikai alapja a többnyire szoláris eredetű elektromágneses sugárzás spektrális eloszlásának, illetve a sugárzás változásának detektálása (Curran, 1988). Az összetett sugárzás hullámhosszak szerinti felbontásával kopott eloszlási függvény a spektrum (színkép). A távérzékelte felvételek elemzésének alapja pedig azon felismerés, hogy a felszínre érkező elektromágneses sugárzást a felszín anyagi tulajdonságaitól és geometriai szerkezetétől függően bocsátja ki, vagy veri vissza (Zilinyi, 1995). A különböző felszínek, objektumok, növénytársulások a visszavert sugárzás alapján felismerhetők, a beeső és visszavert sugárzás közti különbség alapján (reflexió) következtethetünk állapotukra (Buiten&Clevers, 1993).

Így a különböző természettudományos területek (biológia, fizika, meteorológia, geológia, talajtan, növénytan, stb.) szintézisével a vizsgálni kívánt felület jellemzői és a tőle távol elhelyezkedő detektor által mért adatok, megjelenített képi információk kiértékelhetők.

Külön jelentőséggel bír a multidiszciplinaritás mellett az a tény is, hogy a mérőrendszer a felülettel nem érintkezik, így a felvételkészítés nem idéz elő állapotváltozást a vizsgált objektumban, emellett bármikor, tetszés szerinti számban ismételhető.

A távérzékelés tehát a természeti erőforráskutatások és a környezetállapot felmérések korszerű, hatékony eszköze. Ezért talán nem is meglepő a tény, hogy nemzetközi viszonylatban a mezőgazdaság a meteorológia és a bányászat mellett az egyik legnagyobb

felhasználó, hiszen az összes emberi tevékenység közül ez az ágazat használja fel a legtöbb megújuló természeti erőforrást. Emellett az űr- és légifelvételek elemzése gyakorlatilag az egyetlen módszer, amellyel regionális vagy országos méretű gyors információgyűjtésre, elemzésre és előrejelzésre van lehetőség. Segítségével a gazdálkodók naprakész információt kaphatnak termőföldjükéről: a talaj (Sommer et al. 1998, van Lynden&Mantel), a növénytakaró állapotáról (Batchelor et al., 2002; Goel et al., 2003), vízellátottságáról (Lelong et al., 1998; Bastiaanssen et al., 2000), a várható termés mennyiségéről (Gallagher&Biscoe 1978, Thenkabail, 2000), a gyomosodás mértékéről (Menges, 1985, Zwiggelaar, R., 1998), valamint kártevők (Bernardi, 2001), kórokozók kártételéről (Zhang, 2002; 2003), a fertőzés terjedéséről, gócpontjairól (Rush, 2002). Ugyanígy nyerhetők információk a művelt terület határain a természetes környezetben végbement változásokról (Nagendra et al., 2004). A túlzott műtrágya, növényvédőszer, a nem megfelelő talajművelés által a táblák határain belül és kívül okozott károkról.

A támogatások felhasználásának ellenőrzése, hatékonysága pedig a legtöbb esetben helyszíni szemle nélkül, csupán a felvételek kiértékelésével is megtörténhet.

A multispektrális felvételek térbeli és spektrális felbontásának (az érzékelt hullámsávok száma) javulásával pedig a felszín mind kisebb és kisebb részleteiben válik elemezhetővé, mely tovább javítja a fenti alkalmazások adatnyerési biztonságát és a kapott adatok megbízhatóságát, feldolgozásuk alkalmazhatóságát

Mindezek mellett a távérzékelés a GIS egyik alapvető integrált információnyerő rendszere, ami azt jelenti, hogy az űr- és légi felvételek, geometriai korrekció után tematikus fedvényként (általában raszteres – képi – állományként) átvihetők a térinformatikai rendszerekbe (Baukó, 1987). Így a távérzékeléssel nyert információk beépíthetők, modellezhetők a GIS alapú környezetinformációs rendszerekben.

A távérzékelési és GIS technikák a környezeti mutatók számszerűsítésében történő alkalmazásának értékelésére az Anyag és Módszer fejezetben, az adott indikátor tárgyalásánál kerül sor.

3.4 Specifikusan az agrárszektorra kidolgozott mutatórendszerek ismertetése

A 3.2 fejezetben a környezeti mutatókkal kapcsolatban említett kritériumokat figyelembe véve dolgozta ki az ECNC a mezőgazdasági termelés szempontjából releváns indikátorokat. A projekt összegzéseként kiadott tanulmány az OECD által a kilencvenes évek elejétől alkalmazott DPSIR modell alapján vázolta fel terhelés, állapot, valamint válasz indikátorait kifejezetten a mezőgazdasági termelésre, természetvédelmi prioritással az

alábbi környezeti elemekre és rendszerekre:

Környezeti elem:

- talaj
- levegő
- víz

Környezeti rendszer

- ökoszisztémák - biodiverzitás
- táj

A 2000-ben kiadott technikai beszámoló a függelék 10.1. alfejezetének 10.13. táblázatában látható keretek között foglalta össze a fenti elemek és a mezőgazdaság kapcsolatát.

Az indikátorokat a következőkben környezeti elemenként tekintem át röviden.

3.4.1 A talaj

A talaj a földfelszín szilárd kérgének legfelső része. Egy háromfázisú polidiszperz rendszer, melyben szilárd, cseppfolyós és légnemű anyagok találhatók diszpergált állapotban.

A talaj a levegővel és vízzel egyenértékű környezeti elem, amely egyrészt a természeti és művi környezet eleme, másrészt az anyag- és energiaáramlások igen lényeges közege. A víztől és a levegőtől azonban lényegesen eltér abban, hogy míg az előző kettő mozgó elem, addig a talaj helyhez kötött, ezért az őt ért szennyezések benne felhalmozódnak, hatásuk tartós. A talajt termékenységé teszi a földi élet nélkülözhetetlen, megújuló természeti erőforrásává. A termékenység a talaj speciális tulajdonsága, mely lehetővé teszi a víz, a levegő és a tápanyagok egyidejű jelenlétét, és képes a természetes vagy termesztett növények ökológiai igényeit kielégíteni. A talaj funkcióit Várallyay (1992) után alábbiakban foglalhatjuk össze:

- **feltételesen megújuló természeti erőforrás:** használata (primer növényi biomassza előállítás) során minősége nem csökken szükségszerűen és kivédhetetlenül, de annak fenntartása, megőrzése állandó tudatos tevékenységet követel, amelynek legfontosabb elemei az ésszerű földhasználat, agrotechnika és melioráció;
- a többi természeti erőforrás (sugárzó napenergia, légkör, felszíni és felszín alatti vízkészlet, biológiai erőforrások) hatását integrálva és átalakítva biztosít **életteret** a benne lezajló mikroorganizmus-tevékenységnek, termőhelyet a természetes nö-

vényzetnek, termesztett kultúráknak;

- **az elsődleges növényi biomassza termelés alapvető közege**, többé-kevésbé biztosítva a növények fejlődésének talajökológiai feltételeit, elsősorban a víz- és tápanyag ellátást, ily módon válva a bioszféra elsődleges tápanyagforrásává;
- hő, víz és növényi tápanyagok raktározására képes **környezeti elem**;
- a talajt érő természetes és emberi tevékenység hatására bekövetkező stresszhatások **puffer-közege**: képes azok kedvezőtlen hatásait – bizonyos határig – mérsékelni, tompítani;
- a természet hatalmas **szűrőrendszere**, amely képes a mélyebb rétegeket és a felszín alatti vízbázisokat a talajfelszínére jutó szennyezésektől megóvni.

A talajművelés célja: a talaj termékenységének fenntartása, védelme (Kreybig, 1946, Kemenes, 1964), valamint mechanikai úton, olyan talajfizikai állapot létrehozása, amely a talajban végbemenő folyamatok szabályozásával a termesztendő növény igényét optimálisan kielégíti (Sipos, 1978). E meghatározás magában foglalja a művelés közvetlen (felszín-, lazultság-, tömörödöttség-, szerkezetváltozások) és közvetett (víz-, levegő-, hőgazdálkodásban bekövetkezett változások) hatásait is. Ha e célok közül bármelyik háttérbe szorul, akkor hosszú távon eredményes gazdálkodás nem folytatható (Birkás et al. 2003).

A következő táblázat (3.1) azokat a hatásokat foglalja össze, melyek a talajt a mezőgazdasági termelés révén érik:

3.1. táblázat
A mezőgazdasági termelés által kiváltott hatások a talaj esetében

JELENSÉG	LEÍRÁS
Talajvesztesség erózió révén	Az erózió az egyik legjelentősebb agrár-környezeti hatás, mely a talajt érheti a termelés során. Európában mezőgazdaságilag művelt talajok 12%-a (115 millió ha) van kitéve erózióknak és 4,4% (42 millió ha) deflációnak (UNEP-EEA, 2000)
➤ erózió	Csökken a vízviszatarító képesség, tápanyag-, és humusztartalom; csökken a növényborítás, megnövelve ezzel a további erózió veszélyt, csökkenő szűrőkapacitás
➤ defláció	Növényzet károsodása, csökken a tápanyag, humusztartalom, megnövelve ezzel a további defláció-kockázatot, porszennyezés
Talajtömörödés	Felmérések alapján 4% (33 millió ha) a teljes szántóföldterületből tömörödött talaj
Felgyorsult szervesanyag-lebontás okozta állapotromlás	A talaj felső rétege pufferkapacitása révén jelentős; a talajnedvesség megkötése és megtartása éppúgy, mint a szerkezet stabilitása szintén a szervesanyag-tartalom függvénye
Szennyezettség	A talaj jelentős pufferkapacitással bír többek közt: ➤ a nehézfémek megkötése, illetve ➤ a növényvédőszer lebomlási idejének módosítása révén
A biodiverzitás csökkenése	A talaj biodiverzitásának megőrzése létfontosságú a termőképesség és a pufferkapacitás fenntartásához
Túlzott tápanyagbevitel	A talaj pufferoló hatása révén nem kimondottan arra jelent veszélyt, sokkal inkább kimosódás, diffúzió révén a többi környezeti elemre (víz, levegő).
Sófelhalmozódás – Másodlagos szikesedés	Európa mezőgazdaságilag művelt talajainak becsült adatok alapján 0,64%-a (3,8 millió ha) áll a szikesedés különböző szintjén

A 3.1. táblázat alapján a következőkben a szántóföldi növénytermesztést kísérő, meghatározó környezeti hatásokhoz kapcsolódó indikátorok kerülnek áttekintésre.

3.4.1.1 Talajvesztesség erózió, defláció révén

Stefanovits (1977) szerint az erózió azon pusztító jellegű folyamatok összegzése, amelyek hatására a talaj felső rétege vagy fokozatosan elvékonyodik, vagy gyorsan pusztul, ezáltal termékenysége leromlik, esetleg mezőgazdasági művelésre alkalmatlanná válik. Napjainkban az intenzív mezőgazdasági termelés esetenként helytelen gyakorlata a talajerózió felgyorsulásában is megjelenik (Láng et al. 1995), amelynek elkerülése és nyomon követése fontos környezeti érdek.

Szigorúan véve egy mezőgazdasági rendszer talajvesztesség szempontjából akkor lenne fenntartható, ha az erózió révén elveszett talaj mennyisége nem haladná meg a talajképződési folyamatok útján visszapótlódó mennyiséget. Ez a kitétel azonban gyakorlatilag nullára csökkentené az egyes talajok erózióval szembeni tűrőképességet, hiszen természetes körülmények között egy mm talajréteg visszapótlása több száz évet vesz igénybe a klimatikus körülményektől függően, nem számítva társadalmi hatásokat. Ezért néhány kutató a talajtípus termőrétegének vastagságától függően állapított meg határokat, megengedve a mélyebb talajok számára a relatíve nagyobb veszteséget (Schwermann et al., 1990).

Számos rövid és hosszú távú modellt készítettek adott területek talajvesztésének előrejelzésére (Rajkai, 2001), számítására (Kerényi 1991, Centeri, 2002), ezek közül általánosan, így hazánkban is elfogadott a Wischmeier és Smith által 1978-ban megalkotott általános talajvesztesség-becslési egyenlet. Ez azonban nem alkalmas öntözött területeken, az esőtényező bizonytalansága miatt az erózió mértékének becslésére.

3.4.1.2 Felgyorsult szervesanyag-lebontás okozta állapotromlás

A mezőgazdasági termelés hatása a szervesanyag lebontás intenzitására lehet kedvező és kedvezőtlen. Előnyösen hat a talajéletre például, ha a szármaradvány a betakarítás után kinn marad a szántóföldön, az almos trágya és/vagy komposzt használata tápanyag-visszapótlás, szerkezetjavítás céljából (Szabó, 1998, Zsembeli, 2001, Kismányoki, 2002), az ugaroltatás, vagy a szántó legelővé való átalakítása (Szalai et al., 2003).

Szintén a talaj levegőforgalmát és így az aerob lebontás zavartalanságát befolyásolja a nem megfelelő időben, talajállapotnál végzett szántás (Várallyay, 1994).

A talaj szervesanyag tartalmának (Soil Organic Content: SOC) indikátorként történő felhasználása korlátozott. A szervesanyag tartalomban bekövetkezett változások ugyanis igen lassúak. A SOC egyensúlyi szintjében az adott földhasználat következtében bekövetkezett változás csupán 150-200 év múltán érzékelhető. Földhasználat váltás után pedig több 10 évnek kell eltelnie ahhoz, hogy az előnyöket, hátrányokat megfigyelhessük (OECD, 1999). Emellett nehezen adható meg a fenntarthatósághoz elvárható szint is. A megfelelő termőképesség elérése céljából a magas tápanyagtartalom lenne üdvös, mellyel egy időben azonban megnövekedne a talajvíz szennyeződésének veszélye is.

3.4.1.3 *A biodiverzitás csökkenése*

Az egyes talajtípusokhoz más és más karakterfajok kötődnek, melyek jelzik annak minőségét, mindenkori állapotát, és az állapotban bekövetkező változásokat. A talajfauna makroszkopikus indikátorai – földigiliszták, ugróvillások, futóbogarak – könnyebben meghatározhatók, mint a talaj felületén és felső rétegében élő moszatok, zuzmók, gombák.

3.4.1.4 *Talajtömörödés*

A tömörödés természetes körülmények között is megjelenhet, elsősorban kevés szerves és szervesetlen kolloidot tartalmazó, gyakori vízborítással sújtott talajokon.

Az emberi tevékenység által okozott tömörödés folyamata a talaj szerkezetességét, víz-, hő-, és légjárhatóságát csökkentő, vagy megszüntető káros hatás, mely bekövetkezhet (Birkás et al., 1999):

- művelési hiba – elsősorban nedves talajon történt munkavégzés; többszöri, hasonló mélységű művelés – következtében,
- nagytestű kérődzők taposása során

3.4.1.5 *Sófelhalmozódás*

Másodlagos szikesedés elsősorban azon a területeken jelentkezik, melyek öntözésre szorulnak. Szikesedésre akkor kell számítani, ha talajvíz mélysége a kritikus talajvízszint fölé emelkedik (az a talajvízmélység, ahol a kilúgzási és sófelhalmozódási folyamatok egyensúlyban vannak). A másodlagos szikesedés hatását a talaj termőképességére Thyll nyomán (1996) a következőkben foglalhatjuk össze: a magas só tartalmú talajvíz eléri a felső termékeny réteget, ahol a Na^+ túlsúlya annak fizikai – kémiai tulajdonságának leromlását okozza. A fizikai tulajdonságok romlása a talajszerkezet leromlásá-

ban nyilvánul meg a talajkolloidok nagymértékű peptizációja következtében. A talajvíz hatására szétiszapolódik, vízáteresztő és –vezető képessége lecsökken, s így gyengül levegőforgalma. A kémiai tulajdonságok romlása annak tudható be, hogy a megkötött Na^+ -ok megnövelik a talaj pH értékét.

A fenti változások – lúgos kémhatás, leromlott szerkezet és levegőgazdálkodás – kedvezőtlenül hatnak a talaj mikroflórájára és faunájára, mellyel romlik a talaj szűrő- és pufferkapacitása, valamint termékenysége.

3.4.1.6 Szennyezettség

Nehézfémek

A talaj nehézfémtartalmának kritikus szintjét egyfelől a vizsgált fém mobilitása és a növény(ek) számára felvehetősége szabja meg, másfelől az a mennyiség, mely még nem gátolja a növényt a fejlődésben és nem toxikus a növényt fogyasztó ember, illetve állat számára. Általában elmondható, hogy a mezőgazdaság nem járul hozzá mérvadóan a talaj nehézfém szennyezettségéhez. Kivétel ez alól a kadmium (Cd), mely természetes alapú foszfátműtrágyákban jelenhet meg. Számottevő nehézfém terhelés származhat a szennyvíziszap mezőgazdasági kijuttatásából (Tamás, 1989).

Növényvédőszerek

A növényvédőszerek viselkedése a talajban alapvetően a peszticid hatóanyagától és a talajtípustól függ. A jelenleg ismert és használt növényvédőszerek közül mindegyik lebomlik kémiai vagy biológiai úton a talajban, azonban felezési idejük jelentősen eltér. Emellett a talajvízbe történő bemosódás is erőteljesen függ a hatóanyag vízzoldhatóságának mértékétől.

A peszticid használat indikátorainak kidolgozásnál azok hatásmechanizmusára kell koncentrálnunk.

Az adott hatóanyag felezési idejét (azt az időtartamot, mely alatt a hatóanyag koncentrációja felére csökken a talajban) megadva, becsülhető annak veszélyessége az élővilágra.

Az indikátorok kiválasztásához ad útmutatót a függelék 10.2. ábrája.

Túlzott tápanyagbevitel

Ez a típusú terhelés elsősorban nem is a talajt, mint környezeti elemet károsítja, sokkal inkább a kimosódás, diffúzió révén a vízkészleteket és levegőt, közvetetten pedig az

élővilágot és a tájat.

Nitrogén

Két alapvető veszély rejlik a talajok magas nitrát tartalmában: a felszíni és felszínalatti vizekbe történő kimosódás és a denitrifikációs folyamatok révén, diffúzióval a légkörbe való kerülés.

Nitrát-kimosódás

A talaj természetes nitráttartalmát is figyelembe véve ad különböző talajtípusok és termesztett növények esetében nitrogénmérleg számításra javaslatot Németh (1996).

N₂O és NH₃ kibocsátás

A N₂O a talajban lejátszódó denitrifikációs folyamatokból származik, míg a NH₃ főként a hígtrágya és szennyvíziszap öntözéses kijuttatásból ered. A kiöntözött szennyvíz és trágya azonnali beszántása, vagy öntözés helyett közvetlen a talajba történő injektálása jelentősen csökkentheti az NH₃ emissziót (Lal, et al. 1995).

A N₂O mennyiségének mérésére jelenleg nincs kialakult monitoring rendszer. Hozzávetőleges adatokat szolgáltat Németh fent említett tanulmányában adott műtrágyaadagok N₂O emissziójára, azonban további kutatások szükségesek az értékek racionalizálására.

Az NH₃ kibocsátás mennyiségi becslésére sincs még kidolgozott formula. A bioindikáció tűnik a legérzékenyebb jelzőmechanizmusnak. A hígtrágyával, illetve szennyvíziszappal öntözött területek moha és zuzmó fajai tűnnek alkalmas indikátoroknak, azonban ezen a területen is további kutatások szükségesek.

Foszfátok

A különböző szerves foszfátformák immobilisak a talajoldatban, így kimosódásuk csupán erózió útján történhet. A foszfáatterhelés elsősorban az élővizeket veszélyezteti, mivel azokban általában limitáló faktor, s a víztérbe kerülése nagymértékű eutrofizációt okozhat.

Az talajt, mint környezeti elemet ért hatások ECNC által javasolt indikátorait a függelék 10.1 fejezetének 10.2-3. táblázata sorolja fel.

3.4.2 A víz

Vízkészletünket három tevékenységünk veszélyezteti jelentős mértékben: a mezőgazdaság, az ipari termelés és a háztartásokból kikerülő szennyeződések. A következő táblázat (3.2) azokat a hatásokat, jelenségeket foglalja össze, melyek a felszíni és felszín alatti vizeket éri a mezőgazdasági termelés révén.

3.2. táblázat

Agrár-környezeti hatások a felszíni és felszín alatti vizek esetében

JELENSÉG	LEÍRÁS
Mezőgazdasági vízhasználat	Általános növekedés, az öntözött területek növekvő számának okán. Hozzávetőlegesen Európa vizes élőhelyeinek 50%-a veszélyeztetett jelenleg a mezőgazdasági vízkivétel által.
Vízminőség változása	
➤ tápanyag	A nitrátdirektíva (91/676/EEC) kötelezi a tagállamokat, hogy rendszeresen mérjék a felszíni és felszín alatti vizek nitráterhelését. Magyarországon a mezőgazdasági eredetű, felszíni vizeket érő terhelés mérlege a következő (Németh, 1994): ➤ Összesen 7600t N/év terhelés, ennek legnagyobb része erózióval jut a vizekbe, melyből: ▪ 4500t a talaj természetes nitrogén tartalma ▪ 100t az adott évi műtrágyából ➤ 3000t a talajvízből a felszíni vizekbe szállított rész
➤ növényvédőszer	A mezőgazdaság a fő felhasználója a növényvédő szereknek. A tagállamoknak, így Magyarországnak is van a peszticid-terhelés nyomon követésére kiépített monitoring rendszere
➤ sófelhalmozódás – emelkedik a talajvíz sótartalma	Magas sótartalmú belvízcsatornák vizének visszajuttatása egyrészt megemeli talajvíz szintjét és sótartalmát, másrészt másodlagos szikesedést idéz elő.

A továbbiakban az egyes állapot és terhelés indikátorokat mutatom be.

3.4.2.1 Tápanyagterhelés

Ha áttekintjük a mezőgazdaság európai, de akár a hazai fejlődését az elmúlt 50 évben, jól láthatóan annak intenzifikálódásával megnőtt a termelésbe bevitt tápanyag mennyisége is. Az iparszerű állattartás nagy mennyiségű szerves trágyát termel, melynek elhelyezése, tárolása mind a mai napig gondot okoz (pl.: sertéstelepek környezetvédelmi felülvizsgálata). A jelentős mennyiségű kivitel hatására elmondható, hogy művelt talajaink telítődnek tápanyagokkal, és megnő a felszíni és felszín alatti vizekbe történő kimosódás veszélye.

A nitrogén- és foszforformák hamar utat találnak a vízkészletekhez, a felszíni vizekben eutrofizációt okoznak, a talajvizeket elszennyezve pedig az ivóvíz utánpótlást veszélyeztetik.

Ehhez a folyamathoz járul hozzá az a tény, hogy számos művelés alatt álló talajunk drénezett, valamint természetes mocsaraink, lápjaink nagy részét lecsapolták, így az édesvíz-készletekben, vizes élőhelyekben rejlő természetes raktározó és öntisztuló kapacitás jelentősen lecsökkent. Az Európai Tanács, felismerve a fenyegető veszélyt 1991-ben meghozta a Nitrát Direktívát (91/676/EEC), melyben a szerves trágyával tör-

ténő N kivített 170 kg/ha éves mennyiségben maximálta.

A tápanyagterhelés jelzésére alkalmas állapot indikátorok:

- a gazdálkodás által érintett vízfolyások, talajvízkészlet aktuális nitrát szintje
- a gazdálkodás által érintett vízfolyások, talajvízkészlet nitrát szintjében bekövetkező időbeni változások
- a vízgyűjtő területek nitrát terhelésének hatása befogadók parti régiójára (lsd. Balaton, Velencei-tó)

A vizek nitrát terhelése közvetve jelzi a területen folyó mezőgazdasági tevékenység intenzitását.

A nitrogén mérlegnél olyan közvetett hatásokat is figyelembe kell venni a kimosódáson és az erózió túl, mint pl. a redukált nitrogénformák diffúziója levegőbe, majd abszorpciója a vízfelületen, illetve a talajon, ahonnan kimosódással szintén bekerülhet a talajvízbe.

A tápanyagbevitel terhelés indikátorai:

- a szántók és más agrárterületek aránya a vízgyűjtőterületen
- a kijuttatott műtrágya, szervestrágya mennyisége, az NH_3 formájában a légkörbe távozó és a biológiai N-fixáció során lekötött N mennyiség
- nitrogén felesleg a fenti értékek alapján számított N mérleg alapján

3.4.2.2 *Növényvédőszer terhelés*

Hasonló a logika a növényvédőszer terhelés indikátorainak kiválasztásánál. Azonban köztudott, hogy számos peszticid természetes lebomlási ideje hosszú, így a táplálékláncban felhalmozódva, hosszú időn át fejti ki toxikus hatását az élővilágra, eljutva akár az emberhez, mint végső fogyasztóhoz. Ezért a vízkészletek terhelésén kívül az élőlényekben felhalmozódott hatóanyag mennyisége is informatív lehet. Azonban az aktuális terhelés objektivitása érdekében tekintetbe kell venni az egyes hatóanyagok lebomlási idejét.

Az Európai Tanács az ivóvíz Direktívája (80/778/EC) alapján a szennyezőanyagok összes mennyisége nem haladhatja meg a 0.1 g/l-t az ivóvízben

.

3.4.2.3 *Víz mennyiség*

A mezőgazdasági vízfelhasználás, vízkivétel viszonya a vizsgált terület, régió teljes vízkészletéhez jelentős információt nyújthat a vízkivétel fenntarthatóságára nézve. Fontos indikátorok lehetnek ebben a kérdéskörben a megújítható vízkészletek, a vízigény és

a vízfogyasztás mennyiségi mutatói. Hiszen a teljes vízigény mennyiségi viszonya a természetes vízkészlethez az, ami hat környezet állapotára. A kivett víz mennyiségét pedig alapvetően a vízfogyasztás határozza meg.

Továbbá az is kérdés, hogy az agrárszektor egészének szemszögéből vizsgáljuk-e a problémát, vagy a környezetben okozott változás szempontjából:

- amennyiben az elemzés szektor központú, úgy a hangsúly a modell „kiváltó folyamat – hatás – válasz” részén van, míg ha
- az okozott hatás, pl. eutrofizáció, vagy környezeti elem szempontjából vizsgáljuk a kérdést, a modell „állapot – hatás – terhelés – válasz” részére koncentrálnunk.

Az öntözött területek mérete függ a termesztett növényektől, de éppúgy függ a termesztett növény az öntözhető területek kiterjedésétől. A felhasznált víz mennyisége függ a termesztett növénytől, az öntözési technológiától és a vízgazdálkodási gyakorlattól (esőszerű öntözés, csepegtető testes rendszer, stb.). A vízkivétel terhelés indikátora itt a vízfogyasztás (a vízkivétel és a visszafolyás különbsége).

Az vizet, mint elemet ért hatások ECNC által javasolt indikátorait a függelék 10.1 fejezetének 10.4-5. táblázat sorolja fel.

3.4.3 A levegő

Bár a klímaváltozás, globális felmelegedés széles körben elismert fenyegetést jelent a földi ökoszisztémákra nézve, elfogadott az a tény is, hogy a mezőgazdasági termelés csak kis mértékben (7%) járul hozzá a legjelentősebb üvegházhatású gáz (GHG – Green House Gas), a CO₂ kibocsátásához. Ennek ellenére az igazsághoz hozzá tartozik, hogy vezető kibocsátója viszont két másik jelentős GHG-nak, a trágyázás nyomán a dinitrogén-oxidnak (N₂O) (46%) és a metánnak (CH₄) (42%) az állattartás (pontosabban a nagytestű kérődzők tartása), illetve a rizstermesztés okán. Ez azt jelenti, hogy azok az intenzív telepek, ahol jelentős a tápanyagkivétel és magas a tartott állatok száma, mérhetően hozzájárulnak a GHG kibocsátáshoz, és ezáltal a globális klímaváltozáshoz.

A következő táblázat (3.3) azokat a hatásokat foglalja össze, melyek a levegőt érik a mezőgazdasági termelés révén.

3.3. táblázat
Agrárkörnyezeti hatások a levegő esetében

JELENSÉG	LEÍRÁS
GHG Kibocsátás CH₄, N₂O	▪ nagytestű kérődzők emésztőrendszerükben lejátszódó mikrobiális folyamatok révén jelentős mennyiségű metánt termelnek ▪ a tarló égetés szintén figyelemreméltó forrása a CH₄-nak, N₂O-nak ▪ a N₂O legfőbb forrása a földekre kijuttatott szerves és műtrágyák.
Szénforgalom	A mezőgazdasági művelés alá vétel és a tarlóégetés jelentős mennyiségű szerves eredetű szenet szabadít fel a talajból
Üvegházhatású gázok megkötése Fotoszintézis	Adott területen a biomassza növekedés jelentős CO ₂ megkötést eredményez
A globális felmelegedésben betöltött szerep Global Warming Potential (GWP)	A kibocsátott és megkötött metán és nitrogén-oxid mennyiség átszámítható ekvivalens mennyiségű CO ₂ -á. Így molekula tömeg alapján súlyozva minden gáz esetében kiszámítható hozzájárulása a globális felmelegedéshez

A mezőgazdaság kibocsátója de egyben elnyelője is az üvegházhatású gázoknak. A főbb tevékenységek, melyek kibocsátást eredményeznek az állattartás, a tápanyag-utánpótlás, fosszilis tüzelőanyagok használata (gépi munkák), égetés, rizstermesztés. A CO₂ megkötésnél elsősorban a termesztett kultúrák jelentősek, illetve a fosszilis üzemanyagot kiváltó „biobenzin”.

Az üvegházhatású gázok mezőgazdasági kibocsátásának folyamatát függelék 10.2 alfejezetének 10.4. ábrája mutatja be.

A levegőt, mint környezeti elemet ért hatások ECNC által javasolt indikátorait a függelék 10.1 alfejezetének 10.6-7. táblázat sorolja fel.

3.4.4 Ökoszisztémák – biodiverzitás

A biodiverzitás (biológiai sokféleség) magába foglalja a térben és időben együtt élő állat és növényfajok sokszínűségét a nagytestű növényevőktől a mikrobákig. Ennek alapján elmondható, hogy egyetlen élőlény, beleértve az embert, sem élhet elzártan az őt körülvevő élő és élettelen környezettől.

A mezőgazdaság széleskörű elterjedése a termelés évszázadain keresztül rajzolta át Európa élőhely térképét. Az elsődleges, természetes fás vegetáció, mely egykor a kontinens 60-65%-át borította, mára nagyrészt eltűnt, néhány hegyvidéki területet nem számítva a kontinens északi részére húzódott vissza. Jelentősen csökkentve ezzel a hozzájuk kötődő állat és növényfajok természetes életterét. A következő táblázat (3.4) azokat a hatásokat, jelenségeket foglalja össze, melyek az ökoszisztémákat és ezzel együtt a biológiai sokféleséget éri a mezőgazdasági termelés révén.

3.4. táblázat
Agrár-környezeti hatások a biodiverzitás esetében

JELENSÉG	LEÍRÁS
Élőhelyhálózatok /élőhelyek egységessége/ Térszerkezet	Legkevesebb 25 a habitat direktívában (92/43/EEC) felsorolt élőhelyek közül szorosan kötődik az agrár-ökoszisztémákhoz A jellegzetes agrár-táj elemeinek megléte, változatossága sérül az intenzív gazdálkodás révén.
Az élőhelyek kiterjedése	Természetes élőhelyek és művelt területek mozaikossága. A művelt területek kiterjedése az, ami jelentősen befolyásolja a sokféleséget.
Kapcsolat az egyes élőhelyek között	A nagy kiterjedésű táblák, felaprózzák a korábban összefüggő természetes élőhelyeket. Kisebb, izolált habitatok sokkal érzékenyebben reagálnak a külső hatásokra.
Fajösszetétel Fajok megjelenése/eltűnése	Az agrár-ökoszisztémákhoz számos állat és növényfaj kötődik (pl. konkoly). A földhasználat változásával párhuzamosan megjelenésük, eltűnésük a bekövetkezett változások jelzésként szolgálhat a környezetterhelés mértékéről, esetleges visszaeséséről..
Fajgazdagság	Különös jelentőséggel bír az indikátorok között, minél több faj képviselteti magát a területen, annál stabilabb a vizsgált élőközösség, annál több és károsabb hatást tud elviselni, semlegesíteni. A különböző diverzitási indexek a fajok számán túl azt is figyelembe veszik, hány egyed képviseli az adott fajt a területen.
Populációk	A populációkban felismerhető különböző tendenciák: az egyedsűrűség csökkenése, az elterjedés visszaszorulása, egyes területeken az egyedek hirtelen elszaporodása, amennyiben kellő ismeretekkel rendelkezünk a vizsgált faj viselkedési mintázatairól, ökológiai igényéről, a szemmel fel nem ismerhető változásokról árulkodhat az adott környezeti elem.
Karakterfajok	A karakterfajok egy-egy társulás jellegzetes fajai, melyről a társulás azonnal beazonosítható, és melyek jelzik a társulás stabilitását. Mikor ezek a fajok visszaszorulnak, mások lépnek a helyükbe, akkor a társulás szerkezete van átalakulóban. Mely ismerve a társulás és a karakterfajok ökológiai igényeit szintén információt szolgáltat a környezeti elem állapotváltozásáról.
Genetikai sokféleség	A mezőgazdaság egyre intenzívebbé válásával, valamint a termesztett fajok és még inkább a fajták számának csökkenésével, a termesztett növények génspektruma beszűkült, csökkentve ezzel a természetes védekezés lehetőségeit a kár- és kórokozók ellen.
Természetközeli arár-élőhelyek Agrár-élőhelyek	Valamely környezeti hatás következtében a populációk génkészletének beszűkülése (palacknyak effektus), fajok kihalása révén ezek a területek sebezhetővé válnak az újabb hatásokkal szemben Itt is a genetikai sokféleség a kulcs a termékeny és költséghatékony fenntartható mezőgazdasághoz

Mint a táblázatban látható, a sokféleséghez kötődő indikátorok az élőhelyek kiterjedésében, a fajok összetételében és a genetikai diverzitásban bekövetkezett változások megfigyelésén alapulnak.

Bár azok a folyamatok, melyek biológiai sokféleség hanyatlásához vezetnek elég alaposan ismertek, a jelenségek mögött rejlő komplex összefonódások a biotikus és abiotikus környezettel mégis nehezen megfoghatók a laikusok számára. Ezért ebben a mutatócsoportban arra kell törekedni, hogy olyan indikátorokat válasszunk meg, melyek könnyen interpretálhatók mind a szakmai, mind a politikai döntéshozatal folyamatába.

3.4.4.1 Élőhelyhálózatok /élőhelyek egységessége/

Habitat – élőhely – olyan fizikailag és biológiailag egyaránt jól körülhatárolható terület, mely otthona egy adott egyednek, vagy egy populációnak (Májér, 1994). Az Európai Unió területére több mint 2500 élőhely lett megállapítva, ebből 200 van felsorolva az Európai Tanács (EC) által kiadott 92/43 Élőhelyvédelmi Irányelvben (Habitat Directiva). Ezek közül 25 habitat kötődik szorosan a mezőgazdasági területekhez.

Számos, természetvédelmi szempontból értékes terület, a korábban rajta folytatott, általában extenzív mezőgazdálkodás eredménye. Az ezen a területen élő fajok jelenlétét nem csupán az élőhely típusa és kiterjedése, de a mindenkori földhasználati mód is befolyásolja.

Ezért ehhez a jelenséghez három fontos indikátor tartozik:

- az élőhely szerkezeti **összetettsége**, melyet a területen egyidejűleg jelenlévő földhasználati típusok száma fémjelez,
- a **kiterjedése**,
- illetve az egyes élőhelyek közötti **kapcsolat** megléte/hiánya.

Szerkezeti összetettség

A nagy mértékű biológiai sokfélesége egyik kulcsfontosságú minőségi jellemzője a vizsgált élőhelyek szerkezeti összetettsége (Moser et al., 2002). Ahhoz, hogy a javasolt indikátorok jelentőségét megértsük, alkalmazhatóságát felismerjük, néhány fogalom magyarázatra szorul.

Térszerkezet: a természetes, természetközeli és ember által átalakított nem természetes élőhelyek térbeni rendszere. Ennek a rendszernek a természetes tulajdonsága a különböző habitat-típusok mozaikossága, azaz természetes körülmények közt is különböző élőhelytípusok váltják egymást. A térszerkezetet alkotó természetes szigeteket magterületekre és élőhely-töredékekre oszthatjuk fel.

Magterületek azok, melyek méretüknél és ökológiai tulajdonságaiknál fogva folyamatosan képesek megfelelő feltételeket teremteni a legtöbb, ott megtalálható faj populációjának stabilitásához.

Élőhelytöredékek bár természetesek, csak korlátozott számú faj populációjának igényét képesek kielégíteni. (Gyulai, 1996)

Mivel a földhasználat szorosan kötődik mind a természeti adottságokhoz, mind a társadalmi-gazdasági tényezőkhez, folyamatosan változik. A múltban a változatos hasznosítású agrár-táj volt jellemző, melynek mozaikossága számos élőhely kialakulására nyújt

tott lehetőséget. (erdő – szántó - füves és vagy/fás legelők-mező). Ez a változatosság sok állat és növény faj számára biztosított megfelelő termő, táplálkozó, fészkelő, búvó helyet. A mezőgazdaság iparszerűvé válásával ez a nagymérvű variancia elkopott, az egyre kiterjedtebb monokultúrák feldarabolták a korábban egységes természet-közel élőhelyek hálózatát, megakadályozva az egyedek vándorlását az egyes élőhelyek közt. Ennek megfelelően ez az indikátor három mutatócsoportot ölel fel, melyeknek ismerete vezet el a végső értékig, mely alapján összehasonlíthatók az egyes területek térbeli szerkezetességük alapján.

➤ *szegélytársulások diverzitása:*

Az egyes foltok (élőhelyek, társulások, tájképi elemek, földhasználati módok) közötti átmenetek gazdaságát, megjelenésük szabályosságát, egyenletességét mutatja meg adott területen, a térbeli változatosságot indikálva ez által. Értéke annál magasabb, minél változatosabbak ezek az átmenetek, és annál kisebb, minél több az azonos határsáv.

➤ *a tájkép változatossága:*

Ez az indikátor a különböző foltok elemzését teszi lehetővé, információt nyújt a táj különböző funkcionális alegységeiről. Értéke akkor magas, ha szegélytársulások száma megegyezik az összes határsáv számával; alacsony, ha a határsávok száma 1.

➤ *térbeli összetettség:*

A változatosság maga nem elég a térbeli összetettség kifejezésére. A táj térbeli összetettsége az egyes egységek kombinációja, melyek egy adott mozaikon belül, meghatározott fragmentációval, szegélytársulás diverzitással és változatossággal rendelkeznek. Pl. két terület közül, melyek változatosságukban azonosak, az a terület kap magasabb értéket, ahol a határsávok diverzitása magasabb.

Az élőhely kiterjedése

Talán ezek a legegyszerűbben értelmezhető környezeti indikátorok. Az élőhelyek méretének, alakjának változása könnyen térképezhető, nyomon követhető távérzékelési technológiákkal (Sommer, et al., 1998, Rounsevell et al., 2003).

Hazánkban is történtek ilyen irányú törekvések. A NAKP keretein belül kijelölésre kerültek az Érzékeny Természeti Területek, valamint a szerzők számos javaslatot tettek az ezeken a területeken folyó mezőgazdálkodás fenntarthatóságának érdekében (Vajnáné et al., 2003).

A Nemzeti Biodiverzitás Monitoring Rendszer (NBMR) keretében (Fekete, 1997) ké-

szült el a hazai élőhelyek átfogó listája. Ezen rendszerek megbízható adatforrásokat és módszertani segítséget jelentenek az egyes élőhelyek minőségi értékeléséhez.

Ennél az indikátor csoportnál fontos megjegyezni, hogy egyedül az élőhely kiterjedése, alakja nem ad pontos képet annak stabilitásáról. Ahhoz, hogy ez az adatunk informatív legyen az egyes élőhely jellemzéshez hozzá kell tartozzon annak fajösszetételére, és a társulásra jellemző karakterfajok jelenlétére vonatkozó adatok.

Kapcsolatok az egyes élőhelyek között

A feldarabolódás egyike a biodiverzitás kulcsfontosságú indikátorainak. Mielőtt áttérnénk az élőhelyek összetettségét, stabilitását minősítő indikátorokat, szükségesnek tartok néhány fogalmat megmagyarázni.

A térszerkezet fogalmára visszautalva természetes állapotban, adott terület mozaikossága magában rejti azt a tény is, hogy a más típusú élőhelyek elszigetelik a két hasonló élőhelyet. Ezeket az izoláló tényezőket le kell küzdeniük a valamilyen oknál fogva helyváltoztatásra kényszerült egyedeknek. Ez ökológiai-, illetve zöld folyosókon keresztül valósulhat meg.

Ökológiai folyosók (ecological corridors): a faj egyedeinek élet- és szaporodási feltételeit kielégíteni képes, azonos, vagy különböző élőhelyeket összekötő tér azon része, amelyen keresztül az összeköttetés megvalósulhat.

Az ökológiai folyosó lehet:

- **természetes, folyamatos** – homogén természetes élőhelyek sorozata
- **elsődleges ugródeszkák** (stepping stones) – megszakított, de hasonló élőhelyek sorozata, melyeken lépésben haladhat a migrációra kényszerült egyed, és
- **másodlagos ugródeszkák** – megszakított, különböző természetes élőhelytípusok sorozata.

A zöld folyosók ezzel szemben mesterségesen kialakított, nem komplex és önfenntartó rendszerek, pl.: utat kísérő árok, fa, vagy bokorsor, öntözőcsatorna, stb. ennek ellenére szintén hozzájárulhatnak bizonyos fajok elterjedésének, migrációjának elősegítéséhez. A zöld folyosók belső oldalukon összegyűjtik és a megfelelő átvezetésekig terelik az ott közlekedő állatokat.

Sokat vitatott kérdés, egy agrártevékenység uralta területen milyen arányban legyenek jelen a természetközeli, és természetes élőhelyek. Smeding (1995) szerint azon művelt területek mérete, melyek érzékeny természeti területek mellett fekszenek, nem haladhatja meg a 8 ha-t, míg Schotman (1998) optimálisan 1.000-2.000 m hosszúságú a tér leg-

alább két irányába kiterjedt fa- vagy bokorsorokat javasol 25 ha-onként, de legalább 80%-át a tábla hosszának, kisebb tábláknál ez az érték minimum 33%.

A művelés alól kivett területek, és a fa-, illetve bokorsorok aránya jelentős mértékben függ azonban a terület tájképi jellegétől is. Ott ahol pl. a természetes, vagy természetközeli élőhely füves puszta, vagy fennsík, ott a fák jelenléte tájidegen, így nem előírható.

3.4.4.2 Fajösszetétel

Az egyes fajok a biológiai sokféleség fő tényezői (Claridge et al., 1997). Könnyen azonosítható elemek, ezért előszeretettel alkalmazzák őket a biodiverzitás mértékének kifejezésére. Fontos tényező emellett, hogy Európában az elmúlt évtizedekben jelentősen csökkent az egyes élőhelyekhez kötődő fajok száma, különösen igaz ez az agrár élőhelyek terén. Ez a faj- és egyedszám visszaesés nagyrészt az életterek beszűkülésével, a megnehezdedő táplálékszerzéssel, illetve az iparszerű mezőgazdálkodás térhódításával, a korábbi extenzív gazdaságok megszűnésével magyarázható. Ezért az egyes fajok populációjának folyamatos felvételezése kulcsfontosságú az agrár élőhelyek változatosságának értékelésben.

A fentiek alapján tehát három változó kapcsolódik ehhez a témakörhöz, mely jól jelzi a vizsgált terület biológiai sokféleségének értékét (Bernáth et al. 1981; Gaston, 1996):

- a fajgazdagság egy adott területen, a vizsgálat időpontjában jelenlevő fajok számát adja meg;
- a faji diverzitás (sokféleség) mely a fajszaám és az egyes fajokon belüli egyedszám összefüggését mutatja meg, illetve
- az egyes fajok populációinak mérete, mely kifejezhető egyedszámban, költő párok számában stb.

3.4.4.3 Genetikai sokféleség

A mezőgazdaság iparszerűvé válása és specializálódása során a termelők genetikailag válogatott, módosított haszonnövény és állatfajtákat kezdtek alkalmazni abból a célból, hogy a termés jó minőségű és egységes legyen kielégítve ezzel az akkori piaci igényeket. A hagyományos, kevésbé produktív ám genetikailag rugalmasabb, sokszínűbb fajták lecserélése az egyes termesztett fajokon belüli változatosság csökkenéséhez vezetett. A genetikai uniformitás révén csökken a populáció fennmaradásának esélye, ha valamely környezeti tényezőben hirtelen változás lép fel. Csökken ugyanis a valószínűsége

egy olyan kedvező génkombináció létrejötte, mely képes elviselni, alkalmazkodni az újonnan kialakult feltételekhez. Az ilyen típusú egységesség sokkal érzékenyebbé teszi az egyes termesztett fajtákat pl. az újabb betegségekkel, kór- és károkozókval szemben, hosszú távon előrevetítve a még túlzóbb növényvédőszer és tápanyag felhasználást.

A fenti nem kívánatos folyamatok bekövetkeztének elkerülésére Lawrence et al. (1995) és Gray (1996) minimum 172 egyedet tart elegendőnek. Szerintük azok a populációk, ahol az egyedszám nem éri el ezt a kritikus értéket a genetikai erózió (génállomány csökkenés) vannak kitéve. Haszonnövények vad változatainak természetes populációi számára biztosított a fennmaradás, ha kb. hat populáció, egyenként minimum 30 egyeddel található legalább 10-15 km² belül.

A fentiek alapján a szakirodalom két változót javasol ehhez mutatócsoporthoz:

- A természetközeli élőhelyek genetikai sokfélesége, mely az agrárkultúrákat kísérő élőhelyek biodiverzitását mutatja meg. Értéke nagymértékben függ a területen alkalmazott gazdálkodási technológiától, s így jó mérőszáma a környezetterhelés mértékének.
- A haszonnövények és -állatok genetikai sokfélesége, mely a termesztett fajok számán belül a különböző tradicionális és új fajták arányát mutatja meg, s így alkalmas az agrárökoszisztéma stabilitásának mérésére.

Az ökoszisztémákat - biodiverzitást, mint környezeti rendszert ért hatások ECNC által javasolt indikátorait a függelék 10.1 alfejezetének 10.8-10. táblázat sorolja fel.

3.4.5 A táj

A táj nem más, mint az emberi társadalom és kultúra és a természeti környezet kölcsönhatásának eredménye. A táj egyben tehát olyan földrajzilag körülhatárolható egység, mely magán viseli a helyi kulturális, gazdasági és ökológiai sajátosságok jellegét. S mivel a háttérben lejátszódó társadalmi és természeti folyamatok folyamatosan alakítják azt, a táj egy dinamikus rendszernek tekinthető (Wascher, 1998).

A tájban rejlő komplexitás és multifunkcionalitás révén a tájkép kialakulása szorosan összefonódik magával az mezőgazdasági tevékenységgel. Ha megfordítjuk a fenti meghatározást, tekinthetjük a tájat mintegy a helyi mezőgazdasági gyakorlat és a kulturális, történelmi hagyományok kölcsönhatásának eredményeként. A kihívás e mutatócsoport kialakítása során az, hogy megtaláljuk azokat jelenségeket, melyek képesek felfedni táj és a földhasználat közötti kapcsolatrendszer.

Ennek következtében, döntéshozói szempontból három típusát különböztetjük meg a táj

funkcióinak:

- társadalmi /élettér/,
- ökológiai /szabályozó/, valamint
- gazdasági /termőképeség/ funkció

A függelék 10.1 alfejezetének 10.1. táblázata foglalja össze Bastian (1996) nyomán, miben is állnak pontosan ezek a funkciók.

A szerepkörök összetettsége is mutatja, hogy igen nehéz olyan indikátorokat találni, melyek képesek ezt a komplexitást leegyszerűsíteni, és egyben a döntéshozók és a közvélemény számára is érthetők, alkalmazhatók.

A 3.5. táblázat azokat a hatásokat, jelenségeket foglalja össze, melyek összekapcsolják a tájkép jellegét a mezőgazdasági tevékenységgel.

3.5. táblázat
Agrár-környezeti hatások a táj esetében

JELENSÉG	LEÍRÁS
Változatosság - Természetesség	Táblaméret, védősávok, pufferzónák megléte. Változatos, a helyi adottságokhoz alkalmazkodó termesztési technológiák. Sokszínű és sokrétű földhasználat
Egységesség	A ténylegesen egységes táj legfőbb sajátossága, hogy ebben az állapotban minden tevékenység és folyamat térben és időben harmonikusan van jelen.
Kulturális sajátosságok	A táj értéke abban mérhető, hogy felismerhetők-e benne a háttérben meglévő helyi történelmi és kulturális hagyományok, fellelhető-e benne a történelmi és kulturális folytonosság érzete.

3.4.5.1 Változatosság, természetesség

Az indikátorok kidolgozásánál elsősorban a tájkép elemeire, mint szerkezeti egységekre kell koncentrálni. A tájképi elemek változatossága adja meg a tájkép összetettségét, a táj értékelésében a következő lépcsőfokot.

Három feltétel teljesülése/nem teljesülése alapján indikálhatjuk az összetettséget: a tájban fellelhető **diverzitás**, **rendezettség** és **szerkezetesség** vizsgálatával.

A **diverzitás** a tájképi elemek változatossága, beleértve a természetes elemeket, művelt területeket (szántók, kertek, ültetvények) a történelmi, kulturális örökségeket, az egyéb épített környezetet.

A **rendezettség** itt inkább antropogén és mesterséges aspektusban jelentkezik. Minél nagyobb a rendezettség foka, annál nagyobb az emberi kéz behatása területen, annál inkább tervezett a táj. A mezőgazdasági tevékenységre utalva, a rendezettség magas szintje gyakran együtt jár a terület intenzív művelésével, agrokémiai és technikai kontrolljával.

A helyi földhasználati hagyományoktól, természeti adottságoktól függően a magas fokú

rendezettség értékelhető előnyként és hátrányként is.

Az igazán **szerkezetes** táj fő ismérve, hogy minden egyes eleme egyedi, mással nem helyettesítő funkcionális egység. Az az állapot, amelyet talán a táj harmonikusságaként fogalmazhatnánk meg. Jellemző a harmónia, a szerkezetesség hiánya, pl. azokra területekre, ahol a földhasználatot elsősorban gazdasági megfontolások irányítják. Ilyenek a turisztikai, szórakoztató központok, a tengerparti üdülőhelyek, vidéki területek, melyek jelentős befektetések színterei stb. Inkább a táj formai jellegzetességére, mint vizuális értékére ad választ.

Itt meg kell jegyeznünk, hogy egy esztétikai szempontból elfogadott táj nem biztos, hogy ökológiailag is kielégítő állapotban van, s ugyanígy lehet, egy a közvélemény számára „unalmas” táj is természetvédelmi szempontból kimagasló értékű.

3.4.5.2 *Kulturális sajátosságok*

A táj értékén jelentősen emel annak történelmi jellege, különösen, ha a társadalmi-kulturális fejlődés nyomon követhető benne (sajátos földhasználati módok, hagyományos építészet).

Amennyiben a jelenlegi földhasználat összhangban van a táj természeti adottságaival és történelmi-kulturális örökségeivel, harmonikusnak mondható. Ha a terület hasznosítása bármilyen eltérést mutat ezektől a hagyományoktól, az összhang megtörik, a tájkép értéke csökken.

Ennél az indikátor csoportnál számításba kell venni modernizáció és a történelmi-kulturális értékek közötti feszültségeket. Az egyes táblákat, művelt területeket elválasztó határok – kökerítések, sövények, fasorok – sem egységesek, régióként változhatnak. A falvak, települések megjelenési változatai, a szállítási útvonalak is részét képezik a kulturális sajátosságoknak.

A tájat, mint környezeti rendszert ért hatások ECNC által javasolt indikátorait a függelék 10.1 alfejezetének 10.11-12. táblázata sorolja fel.

A mezőgazdaság környezeti hatásait tehát már tudományos alapokon, széleskörben feltárták. A hatások rendszerezésére, értelmezésére kidolgozásra kerültek mutatórendszerek, azonban hiányzik a nyert információk visszaforgatása, felhasználása a mindennapi farmgyakorlatban. Hiányzik egy olyan egységes mutatórendszer, mely segítségével mind a gazdálkodók, mind a döntéshozók folyamatos visszacsatolást kapnának a termés környezeti hatékonyságáról.

4 ANYAG ÉS MÓDSZER

Ahhoz, hogy a célkitűzésekben megfogalmazott feladatok megoldhatók legyenek, egymásra épülő és összehangolt adatgyűjtési, adatfeldolgozási és fejlesztési tevékenységekre volt szükség.

Az adatgyűjtés tervezése az előzetes terepbejárás tapasztalati, valamint azt kiegészítendő szakirodalmi adatok alapján történt. A talajtani, domborzati, klimatikus és vegetációs adatok a vizsgálati terület gazdasági adataival együtt kerültek elemzésre. A fejlesztési feladatok pedig a környezeti információs rendszer létrehozását és a távérzékelte adatok integrálását, valamint a mutatórendszer kidolgozását és tesztelését foglalták magukba.

4.1 A mintaterület bemutatása

A háttéradatgyűjtés valamint a kiépülő rendszer tesztelése a Tedej Agrártermelő és Szolgáltató Rt. (Hajdúnánás-Tedej, Fő út 9., 4085, Hajdú-Bihar) un. „Pusztai” területén valósult meg. A vizsgálati terület mintegy 1500 ha mezőgazdasági művelés alatt álló szántó terület volt (függelék: 10.2. alfejezet 10.1. ábra), melynek földrajzi elhelyezkedése igen érdekes, két régió határán terül el. Nyugatról a Hortobágy szikes pusztáira jellemző szoloncsák -szolonyec típusú talajok határozzák meg a gazdálkodást, míg keletről a Hajdúsági löszhát, csernozjom típusú talajai dominálnak (Tamás, 2003).

Száraz kontinentális klímájára 9,9 °C éves átlaghőmérséklet és 580 mm évi csapadékkal jellemző.

A területről 2000-ben készült el a megújított talajinformációs rendszer (Olvasztó, 2000), mely jelen munka alapját képezte (a függelék 10.2. alfejezetének 10.5 - 8 ábrái). A rendszeren belül elkészült genetikus talajtérkép alapján megállapítható, hogy a talaj változottsága okozza a területen a földhasználat mozaikos jellegét. Az intenzíven művelt részek mellett, a mélyebben fekvő területeken a Hortobágy szikeseire jellemző növényfajok formálnak degradált, de természetvédelmi szempontból jelentős társulásokat, melyek foltként ékelődnek a művelt táblákba és alkotnak refúgiumokat számos védett növény- és állatfajunk számára.

A ma már használaton kívül helyezett, földmedrű híg-trágya tó meglepően gazdag mádárvilágnak nyújt élőhelyet. A táblák mentén kialakított öntözést és belvíz elvezetést egyaránt szolgáló csatornák hálózata, megfelelő gondozás esetén zöld folyosóként szolgálhatna, mind a növényfajok, mind a mezőgazdasági területekhez kötődő rovar, madár és kisemlős fajok számára. A kutatás első lépéseként a rendelkezésre álló adatokból felépítettem a környezeti információs rendszert.

4.2 A környezeti információs rendszer felépítése

4.2.1 Térképi adatállományok feldolgozása

Ezen folyamat első lépéseként minden, a vizsgálati területről rendelkezésre álló topográfiai adat, így annak szintvonalas térképe, a 2000. augusztusában a FÖMI által készített légi felvétel, a gazdaság méretarányos helyszínrajza a táblakiosztásokkal digitalizálásra, majd beforgatásra került az Egységes Országos Vetületi Rendszer (EOV) szerint. A digitalizálást az Arc View 3.2 szoftverrel, míg a beforgatást az Erdas Imagine 8.0 szoftver felhasználásával végeztem el. Ezzel a meglévő térképi és képi adatállomány azonos vetületi rendszerbe került a talajtérképezés adataival, s így együtt megjeleníthetővé és kezelhetővé vált.

4.2.2 A távérzékelte felvétel általános adatai

A kutatás folyamán a már meglévő térképi adatbázis 2002-ben egy hiperspektrális felvétellel egészült ki, melyet az Európai Unió és a DLR finanszírozásában a német Geophysical Environmental Research Corp (GER) intézetben fejlesztett, DAIS 7915 (Digital Airborne Imaging Spectrometer) névre keresztelt 80 csatornás légi spektrométer készített .

Az új szenzor spektrális tartománya a látható fénytartománytól az infra hőtartományig terjed különböző sávokban. A térbeli felbontása 5m. 8000-12000 nm között 7 spektrális csatorna alkalmas a földi objektumok hő és emissziós értékeinek mérésére. Ezek és a 72 keskeny sávú csatorna alkalmas a 450-2450 nm között észlelhető talaj/növény interakció vizsgálatára (Kardeván et al., 2003). A DAIS 7915 a Hysens-projekt keretén belül (Müeller et al., 2001), Magyarországon először 2002.08.09-10-én készített egy hiperspektrális felvételt a Pusztai területről. A felvétel spektrális jellemzőit a 4.1. táblázat mutatja be (lásd következő oldal).

A 80 különböző hullámhosszú reflektált fényt rögzítő felvétel tulajdonképpen 80 digitális felvételt jelent, ahol minden raszteres réteg más-más spektrum tartományt rögzít. Így a különböző képek digitális összehasonlításával olyan objektumokat tudunk kiválasztani, melyek megkülönböztetése egy csatornás felvétel esetén nem lehetséges, illetve a hagyományos erőforrás figyelő műholdaknál (pl. Landsat TM, SPOT) nagyságrendileg hatékonyabb.

4.1 táblázat
A DAIS 7915 spektrális jellemzői

Hullámhossz tartomány (1)	400nm - 12.6µm, 4 spektrométer (2), 79 csatorna (3)		
400 - 1000 nm	32 csatorna	sávszélesség = 15-30 nm	detektor (5): Si
1500 - 1800 nm	8 csatorna	sávszélesség= 45 nm	detektor: InSb
2000 - 2500 nm	32 csatorna	sávszélesség = 20 nm	detektor: InSb
3000 - 5000 nm	1 csatorna	sávszélesség= 2.0 µm	detektor: InSb
8000 -12600 nm	6 csatorna	sávszélesség= 0.9 µm	detektor: MCT

Fő radiometriai paraméterek (Chang et al., 1993)

Ez a felvétel lehetőséget kínált arra, hogy a távérzékelt vizsgálatok körét kiszélesítsem, s olyan környezeti hatásokat (pl. szikesedés, vegetáció dinamika, földhasználat változása) is gyorsan és kevesebb terepi méréssel elemezhessek, melyek addig csak költséges és időigényes módszerekkel lehetett megtenni.

A hiperspektrális felvételt szintén a fent említett Erdas szoftverrel a korábbi adatállománnyal megegyező vetületi rendszerbe hoztam. Így a területről gyűjtött összes információ azonos vetületbe került, ami lehetővé tette az adatintegrálást, és a képi elemek együttes értékelését (Pechmann et al. 2003a).

4.2.3 Gazdálkodási adatok

A következő lépés a térképi adatállományokat információval való feltöltése volt. Itt első körben az Rt. által vezetett táblatörzskönyv adatai kerültek digitális feldolgozásra. A vizsgálati területen, az egyes táblákon elvégzett munkafolyamatok (talajelőkészítés-talajművelés, tápanyaggazdálkodás, növényvédelem, öntözés, betakarítás) input adatait Excel adatbázis kezelő programban dolgoztam fel. Az így nyert digitális adatállományból dBASE IV. adattáblát hoztam létre, melyet az Arc View 3.2 attribútív adatként kezelni képes, s azokat a térképi elemekhez – pl. tábla – kapcsolva a termelési adatok térben is modellezhetővé váltak.

Ennek eredményeként az egyes táblák térképi megjelenítése esetén lekérdezhető az adott egységen, a választott évben a talajművelési, tápanyag-gazdálkodási, növényvédelmi, vízgazdálkodási feladatokkal kapcsolatos munkafolyamat anyag és energia inputja (függelék 10.2 alfejezet 10.9. ábra).

4.2.4 A természeti erőforrások állapotára vonatkozó adatok gyűjtése

A természeti erőforrások felhasználásának mértékének meghatározásában alapvetően a táblatorzskönyvi adatokra és a talajinformációs rendszerre támaszkodtam. Kiegészítő vizsgálatokat végeztem emellett a talaj szikesedési, tömörödöttségi állapotára nézve, valamint elkészítettem a terület jelenlegi természetes és természet-közelű vegetációtérképét és élőhelyhálózati rendszerét.

A vízfelhasználás tekintetében az öntözésre kiadott vízmennyiség került számszerűsítésre.

Az üzemanyag felhasználás mértékét a 60/1992. (IV.1.) Korm. rendelet 1., illetőleg 1/A. számú mellékletei alapján kaptam meg, melyek tartalmazzák többek közt az egyes mezőgazdasági erőgépek üzemanyag- és kenőanyag fogyasztás mértékének számítási módját munkafolyamatonként, melyet a 4.2. táblázat közöl. A szervestrágya szállítás üzemanyag fogyasztás számítását a 4.3. táblázat szemlélteti (lásd következő oldal).

4.2. táblázat

Az egyes mezőgazdasági erőgépek üzemanyag fogyasztás mértékének területalapú számítási módja

műveletek	üzemanyag igény (l)
Gyűrű	ha x 4,94
Betakarítás	to x 5,81
cukorrépa vetés	ha x 5,19
kalászos vetés	ha x 3,32
Kombinátor	ha x 4,94
Közép-mélylazítás	ha x 11,01
kukorica vetés	ha x 4,36
Kultivátor	ha x 4,36
Mélylazítás	ha x 28,5
Műtrágyaszórás – szállítás	ha x 1,8-től 2,5-ig + tábla szervtr. szállítási értéke*
Nehézfogas	ha x 3,89
Simító	ha x 3,89
Simító és borona	ha x 4,94
Syncrogem	ha x 11,01
Szántás	ha x 20,9
Szervestrágya – szórás	ha x 4,54
Tárcsa, szántás tárcsa, szántáselmunkálás	ha x 11,01
vegyszerezés – alap	ha x 2,09
vegyszerezés – utó	ha x 2,09

* lásd 4.3. táblázat

4.3. táblázat

A szervestrágya szállítás üzemanyagigényének számítási módja

szervestrágya - szállítás		
tábla	távolság (km)	üzemanyag (l)
P1	-	-
P2	-	-
P3	6	1,678
P4	6	1,678
P5	4	1,119
P6	4	1,119
P7	6	1,678
P8	8	2,38
P9	8	2,38
P10	10	2,957
P11	10	2,957
P12	10	2,957
P14	12	3,57
P15	12	3,57
P16	14	4,129
P17	14	4,129
P18	14	4,129

A táblatörzskönyv alapján megadható minden egyes művelet esetén a munkavégzés területe, így ezek az értékek könnyen számíthatók.

4.2.4.1 A talaj

A genetikus talajtérképről megállapítható, hogy a vizsgált területen 4 talajtípus, a réti csernozjom, a csernozjom réti, a szolonyeces réti és a szoloncsákos réti talaj jelenik meg. A magasabb fekvésű, keleti részen a jobbminőségű réti csernozjom és csernozjom réti talajok az uralkodóak, a nyugati alacsonyabb fekvésű részen ellenben a mélyben sós, mélyben szolonyeces csernozjom réti talajtípus az uralkodó (függelék: 10.5. ábra).

A talajinformációs rendszeren belül elkészült a talaj felső műveleti rétegének fizikai talajfélesége (függelék: 10.8. ábra), valamint a szikes tulajdonságok kartogramja (függelék: 10.6. ábra). A térképek alapján megállapítottam, a területen a termelésből adódó környezeti hatások közül a szikes területek kiterjedésének lassú, de folyamatos növekedése, valamint a felső, művelt rétegben a talaj szerkezetének romlása a legjelentősebb probléma. Ennek következtében a talajra, mint környezeti elem állapotára ebben a két kategóriában gyűjtöttem információkat.

Sófelhalmozódás

Csillag és munkatársai bizonyították (1993), hogy megfelelő spektrális és térbeli felbon-

tás mellett, távérzékelte felvételeken elkülöníthetők a különböző sótartalmú talajok, amennyiben a növényborítás alacsony. Tóth et al. (1991), valamint Metternicht&Zinck (2003) pedig bebizonyította, hogy a szikesedési folyamatokra a felszínt borító növényi asszociáció, homogén növényállomány vegetatív tulajdonságaiból (szármagasság, biomassza) lehet következtetni. Azonban Csillag és munkatársai (1991) elsősorban laboratóriumi elemzésekre támaszkodtak, Tóth és munkatársai (1996) pedig hortobágyi és kiskunsági, természetes szikeseken végeztek vizsgálatokat. Agrárökoszisztémákra, különösen művelt területek közé ékelődő természetközeli növényzetre még nem készült ilyen irányú értékelés. Ezért a rendelkezésre álló hiperspektrális felvétel kínálta lehetőséggel élve vizsgálatot végeztem azzal a céllal, hogy megállapítsam, milyen pontossággal határozható meg távérzékelte felvételek alapján az adott terület szikesedési állapota. A célom az adott időpontban történő értékelés mellett az volt, hogy az elemzésre olyan megoldást találjak, mely a továbbiakban nem igényel a távérzékelte felvétel reflektancia értékein kívül semmilyen más adatot (terepi mérés stb.) a szikes területek kiterjedésének megállapítására.

A szikes tulajdonságok kartogramja alapján tanító területeként egy 80x100 m-es mintavételi téglalapot határoltam le az egyik legheterogénebb táblában (P_8, 121 ha, természetű növény a vizsgálati évben: csemegekukorica) (függelék 10.11. ábra).

Az adatgyűjtés során, a tanító területen belül a hiperspektrális felvétel térbeli felbontásának (5x5m) megfelelően 5x5m-es kvadrátokat jelöltünk ki és vettünk fel GPS-sel a későbbi pontos térinformatikai elemzések érdekében.

Terepi mérések:

Minden kvadrátban a következő változók kerültek felvételezésre:

- Geodéziai mérések: a vizsgálati területen magassági szintezést hajtottunk végre
- Talajtani paraméterek: a talaj elektromos vezetőképességének mérése.
- Társulástani adatok: a társulás típusa, uralkodó faj, borítás, a társulás arculatát meghatározó fajok magassága, borítása, a kopár foltok aránya

A talaj elektromos vezetőképességének mérése a MARTEK SC egyenáramú berendezését használtunk (függelék 10.10. ábra), mely négy elektródás rendszerrel működik, 1 kHz frekvenciával. A műszerrel néhány deciméter, maximum egy méter mélységig mérhető a talaj átlagos fajlagos ellenállása (Rhoades et al. 1999). A méréseket kvadrátonként kétszeri ismétléssel két mélységben, 20 cm-ként (0-40cm-ig) végeztem el. A

terepi adatok kalibrálására minden 16-ik kvadrátokból, szintén négy mélységből, 10 cm-ként bolygatott talajmintát vettem laboratóriumi elemzésre.

Laboratóriumi vizsgálatok:

A talajmintákból Búzás (1988) nyomán meghatároztam a gravimetriás talajnedvesség tartalmat 105C° -on történő hevítéssel. A légszáraz darált talajmintákkal 1:2,5 talaj:víz arányú szuszpenziót készítettem és ebben mértem a szabvány szerint a pH-t és az elektromos vezetőképességet (EC2,5).

A talaj szerkezetének leromlása

Az adatgyűjtésnél abból a felismerésből indultam ki, hogy a talaj szerkezetváltozásainak kiváltó okai közt első helyen áll a nagy súlyú mezőgazdasági gépek alkalmazása (Birkás et al., 1999). A talajművelésre vonatkozó alapadatokat, név szerint a gépi munkák típusát, a művelt terület nagyságát, az elvégzett műveletek számát a táblatörzskönyv alapján határoztam meg.

4.2.4.2 Táj és élővilág

A terület sajátos domborzatának és mozaikos talajának köszönhetően szinte minden művelési egységben megtalálhatók azok az időszakosan, de akár egész évben művelhetetlen foltok, melyeket a területre eredendően jellemző növénytársulások a folt méretétől függően erősen, vagy kisebb mértékben degradált formációi borítanak (függelék 10.12. ábra).

Ezen foltok természetvédelmi szempontból igen jelentősek. Egyrészt menedéket, ún. refúgiumokat nyújtanak az intenzív gazdálkodás révén a területről kiszorult természetes vegetációnak, másrészt pufferzónaként funkcionálnak a művelt terület határain az érintkező eltérő hasznosítású területek irányában.

Azokban a foltokban, melyek minden évben hasznosítatlanul maradnak 2001-2003 között mind tavaszi, nyári és őszi aspektusban növényteni felvételezést végeztem a Nemzet Biodiverzitás-monitorozó Rendszer keretében kidolgozott protokollt figyelembe véve. A területen a TRIMBLE Geoexplorer II. típusú GPS helymeghatározó rendszer segítségével lehatároltam a domináns társulások foltjait. Az így digitálisan is rögzített adatok szintén azonos vetületi rendszerbe kerültek, és ezáltal megjeleníthetővé váltak a rendelkezésre álló térképi állományokon.

A vegetáció térképezés adatai alkalmasak egyrészt az agrár élőhelyek természeti állapo-

tának felmérésére, másrészt a táj természetességének, a földhasználat változásának elemzésére (Tanyi et al. 2005).

A saját adatállományunk a Hortobágyi Nemzeti Parktól kapott Magyarország természetvédelmi, érzékeny természeti és ex-legre területeinek térbeli adatait tartalmazó digitális állománnyal került kiegészítésre, így a vizsgálati terület természeti érzékenységét, potenciális pufferkapacitását is elemezni tudtam.

Ehhez az elemzéshez szintén felhasználtam a hiperspektrális felvételt. A cél itt az volt, hogy minden, a területen jellemző természetett és természetes növénytársulás esetében felállítsak egy spektrális könyvtárat, melynek segítségével az egész területen beazonosíthatók az egyes vegetáció típusok. A vizsgálati területen a 2001-es évtől folyamatosan végeztem botanikai felmérést, elsősorban a szegélytársulások valamint a táblákba ékelődött talajtani adottságaik miatt művelés alá nem vonható területek esetében. A növénytani felvételezés minden évben tavaszi és nyári aspektusban készült el. A bejárásakor geodéziai GPS segítségével minden vegetációs foltot rögzítettünk koordinátahelyesen és azokon belül lehatároltuk a jellemző társulásokat. Ennek a felvételezésnek eredményeit és tapasztalatait használtuk fel a különböző hiperspektrális felvételek betanításánál. Célunk az volt, hogy olyan spektrális könyvtárat állítsunk fel, melynek segítségével ezek a területek jó megbízhatósággal beazonosíthatóak.

Tanítóterületként két foltot vontunk be az elemzésbe.

Az első folt a vizsgálati terület észak-nyugati részén fekszik (függelék, 10.16. ábra). A P_1 táblát határolja északról, korábban a tábla része volt, de erősen szikesedett talaja révén öt évvel ezelőtt végleg kivonták a művelés alól. Területének egy részét a Hortobágyi Nemzeti Park 2002-től exlege területként tartja számon, szikes lág néven. Északról egy akácültetvény határolja. A terület alkalmas a térségre jellemző növénytársulások számára menedékhely, refugium szerepét betölteni. A második folt pedig, egy a P_8-as táblába ékelődő, mély fekvésű, erősen szikesedett terület (függelék, 10.17. ábra).

A hiperspektrális felvételek feldolgozását ENVI 3.6 (Environment for Visualizing Images) segítségével végeztem el. A program a hagyományos multispektrális műholdak felvételei mellett számos hiperspektrális felvétel fogadására képes. Korszerű képfeldolgozó és geostatistikai modulokat, spektrális könyvtárakat tartalmaz.

4.3 Az agrár-környezetvédelmi mutatórendszer kidolgozása

A támogatási rendszer alapvetően természetvédelmi és környezetgazdálkodási szemlélete miatt az indikátor rendszer kidolgozása során a következő szempontokat vettem figyelembe:

A mutatórendszernek mindenképpen ki kell fejeznie a

- társadalmi és döntéshozói elvárásokat
- a gazdálkodás multifunkcionalitását
- a környezet jelenlegi állapotát, illetve a rendszer környezeti hatásokkal szembeni érzékenységét, ellenálló képességét.
- a várható hatásokat, illetve a reakció képességet
- a gazdálkodási rendszerben tervezett változtatásokkal szerezhető termelési, ökológiai, gazdasági előnyöket.

A fentieknek megfelelően a kidolgozott mutatórendszer ötvözi a gazdálkodóval szemben elvárt:

- természetvédelmi
- termeléstechológiai
- jogszabályi – rendeleti, valamint
- technikai – informatikai követelményeket

Ennek megfelelően, a rendelkezésre álló adatok alapján a környezeti elemekre és rendszerekre a következő oldalon található 4.4. táblázatban bemutatott mutatórendszer került kidolgozásra.

4.4. táblázat

A környezeti elemek, rendszerek és hozzájuk rendelt indikátor csoportok

Környezeti elemek	Indikátor csoportok
Talaj	Talajveszteség erózió révén
	➤ erózió
	➤ defláció
	Felgyorsult szervesanyaglebontás okozta állapotromlás
	A biodiverzitás csökkenése
	Talajtömörödés
	Sófelhalmozódás – másodlagos szikesedés
	Szennyeződés
	Tápanyagterhelés
Víz	Víz kivétel
	Vízminőség romlása
Levegő	Levegőminőség változása
Környezeti rendszerek	
Ökoszisztémák - biodiverzitás	Élőhelyhálózatok - /élőhelyek egységessége/
	➤ Térszerkezet
	➤ Az élőhelyek kiterjedése
	➤ Kapcsolat az egyes élőhelyek között
	Fajösszetétel
	➤ Fajgazdagság
	➤ Sokféleség
	➤ Populációk
	➤ Karakterfajok
	Genetikai sokféleség
	➤ Természetközeli agrár-élőhelyek
	➤ Agrár-élőhelyek
Táj	Változatosság - Természetesség
	Egységesség
	Kulturális sajátosságok

4.3.1 A háttér adatok hozzárendelése az egyes indikátorcsoportokhoz

A gazdálkodási adatok, a térképi állományból és a távérzékelte felvétel elemzéséből nyert további tájékoztatásokkal együtt, az egyes környezeti elemekre gyakorolt közvetett és közvetlen hatásaik alapján kerültek osztályozásra ebben a fázisban. Az adatok ismeretében elvégeztem a gazdálkodás által kiváltott környezeti folyamatok tudományos analízisét. Itt történt meg a gazdálkodási adatok térképi állományoknak való megfeleltetése. Ez a fázis készítette elő az indikátorok kiválasztásának lépését.

4.3.2 Az egyes indikátorcsoportokhoz tartozó mutatók kiválasztása

Ebben a lépésben a gyűjtött adatok jellemzése történt meg. A jellemzés számszerűsítő lépés, amely a környezetben lejátszódó folyamatok tudományos elemzésén alapul. A jellemzés célja a kategóriák indikátorokkal történő modellezése. Ezen kívül alapot adhat a kategóriákon belüli adatok összegzéséhez. Az így kapott kategória indikátorok mutatják a környezeti terhelést és a természeti erőforrásokban bekövetkezett csökkenést.

A jellemzésnek meg kell határoznia az egyes in- és outputok relatív hozzájárulását a

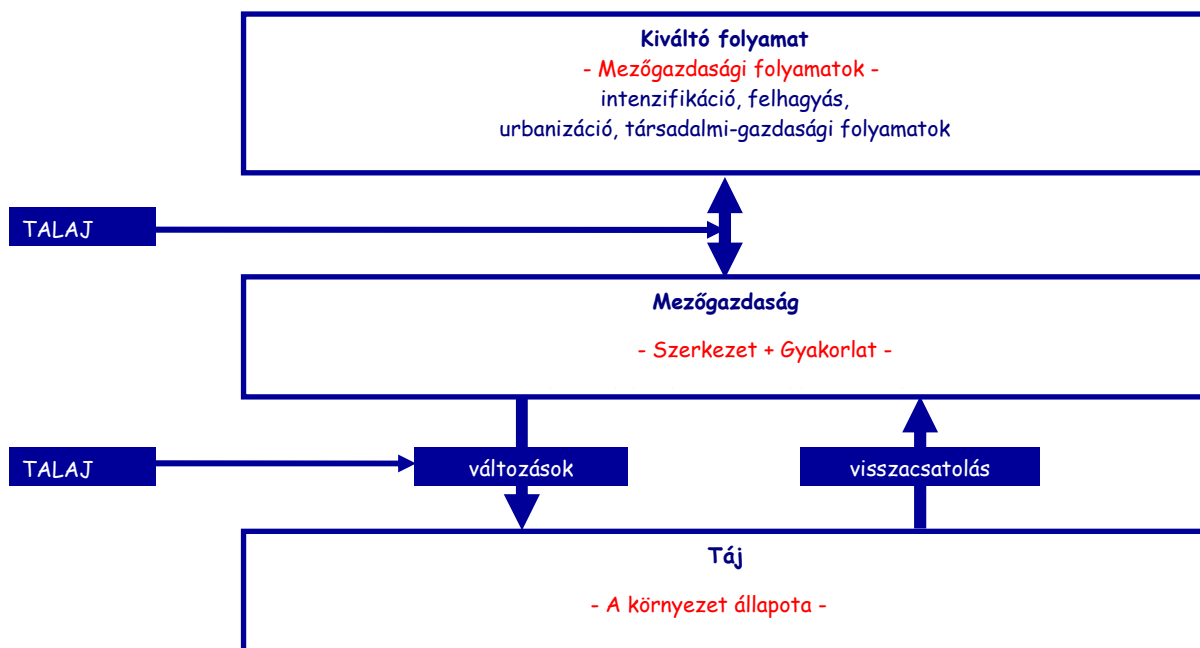
választott mutatócsoporthoz. A jellemzés egy, a különböző indikátorcsoportokra vonatkozó mennyiségi megállapítást eredményezett.

4.3.2.1 A talaj

A talaj állapotában bekövetkezett azon változások, melyek hosszú távon hatással vannak a rajta folytatott gazdálkodásra, gyakran évtizedek múltán válnak csak felismerhetővé. Az indikátorok kiválasztásánál ezt fontos szem előtt tartani, mivel a különböző földhasználati módok közötti kölcsönös kapcsolat nem teszi könnyűvé a talaj állapot és terhelési indikátorainak megállapítását, melyek így a „kiváltó ok – hatás” összefüggést könnyen a vizsgált területen adott időpontig folytatott tevékenység egészére, és nem csupán a jelenleg lejátszódó folyamatokra mutathatják meg. Ennek megfelelően két tényezőt kellett figyelembe venni az egységes mutatórendszer kidolgozása során:

- A talaj természetes szűrőrendszer, mely bizonyos határok között rugalmasan elhárítja, semlegesíti az olyan külső hatásokat, mint a savanyodás, szerves- és szervesetlen szennyeződés, szikesedés és tömörödés. Ebből a rugalmasságból eredően számos hatást képes elviselni, pufferni látható következmények nélkül. A talaj sérülése sok esetben csak akkor válik érzékelhetővé, ha a hatás időben vagy erősségben túllépi ezt a természetes pufferkapacitást.
- A talajok fenti szűrőkapacitás számos tényezőtől függ, még az egyébként szerkezetileg hasonló talajtípusok esetében is. Ilyen befolyásoló faktorok pl. a rajta folyó gazdálkodás, az abiotikus és biotikus környezet, a klíma, a domborzat, és a földhasználati hagyományok. Európai léptékben vizsgálva az egyes talajok számos fizikai, kémiai és biológiai változatban jelennek meg, akár egy kis területen belül, többé-kevésbé azonos természeti feltételek közt is. Hozzávetőlegesen 200-250 talajtípust különíthetünk el Európában. Ennek következtében korántsem biztos, hogy az egyiken fenntartható gazdálkodás folytatható a másikon is.

A talaj állapot és terhelés indikátorainak kiválasztása esetében a 4.3. ábra szolgált koncepcionális modellként.



forrás ECNC

4.1. ábra

Fogalmi modell a talaj állapot és terhelés indikátorainak kiválasztásához

A fentieket figyelembe véve a talaj szerkezetváltozásának értékelésében indikátorokként a Birkás et al. (2002) által kidolgozott igen rugalmas, könnyen alkalmazható indikátor rendszert alkalmaztam.

Az indikátorrendszer a műveléssel összefüggő legfontosabb környezeti kockázati tényezőkre készült el:

- talajtömörödés,
- rögzítés, elporosodás, vagy gyúrás, kenés
- erózió és defláció
- szervesanyag csökkenés és
- szén-dioxid kibocsátás becslése

Az indikátorrendszer alapján adott eljárás környezeti hatása, adott talajtípusnál és talajállapotnál objektíve értékelhető. Amennyiben az adott talajmunka a környezeti kárt enyhít, értékszáma -1, ha arra nézve közömbös 0, ha a kárt fokozza +1 pontszámmal értékelhető.

A talajművelés időpontját figyelembe véve, a következő oldalon lévő 4.5. táblázatban bemutatott indikátor értékekkel dolgoztam.

4.5. táblázat
Talajművelő munkák környezeti terhelésének értékei

Környezeti hatás	Tárcsa	Kultivátor	Szántás	Mélylazítás	Kombinátor	Borona	Gyűrű
Talajtömörödés	1	-1	-	-1	-1	-1	0
Kiporzás	1	-1	0	-1	-1	1	1
Erózió, defláció	1	-1	0	-1	-1	0	1
CO ₂ kibocsátás	0	-1	1	1	-1	0	0
Szervesanyag csökkenés	0	-1	1	1	-1	0	1
Összesen	3	-5	3	-1	-5	0	1

Amennyiben az 5 kockázati tényezőre gyakorolt befolyást vizsgáljuk, a környezetképességi szám -5 és +5 között változhat. A kategóriákat az alábbi táblázat mutatja.

4.6. táblázat
A környezet terhelési értékek alapján kapott eredmények kiértékelése

A művelési eljárás összhatása	A művelési eljárás környezet kímélő hatása
≥-3	Igen jó
-1, -2	Jó
0	Közepes
+1, +2	Gyenge
≥ +3	Igen gyenge

A dolgozatban annyi módosítást eszközöltem a fenti értékelésben, hogy a szerző által az egyes eljárásokhoz társított értékeket súlyfaktorként alkalmaztam, és az egyes talajmunkák területével szoroztam meg őket, táblánként értékelve így a művelési eljárás környezeti hatékonyságát. Így a módszer alkalmassá vált hagyományos és területspecifikus művelési rendszerek környezeti szempontú összehasonlítására (Pechmann et al., 2003b).

A sófelhalmozódás mértékének mérésére a távérzékelte felvételtől számított szikes területek kiterjedésének arányát alkalmaztam.

A szennyezettség esetében a környezeti leltár során gyűjtött adatok alapján a nehézfém terhelés elhanyagolható volt, így csak a növényvédőszer okozta terheléssel számoltam. Az indikátorok kiválasztásához a függelék 10.2. ábrája szolgált modellként. Mivel növényvédőszer-maradványokat sem a talajban, sem a termesztett és a természetes élőhelyek növényeiben nem volt lehetőségem mérni, ezért itt indikátorként a táblánként és a területre összesen kijuttatott hatóanyag mennyiséget használtam.

A tápanyagterhelés esetében a mutatók kiválasztásánál a függelék 10.3. ábrája szolgált alapul. Indikátorként pedig a táblánként kijuttatott tápanyagmennyiséget választottam.

A fenti megállapítások alapján a következő állapot és terhelési indikátorokkal dolgoztam (az egyes indikátorokhoz feltüntettem a lehetséges monitoring rendszereket) a talaj, mint környezeti elem szempontjából:

4.7. táblázat
A talaj állapotindikátorai

Jelenség	Indikátor	Változók	Kapcsolat más elemekkel, rendszerekkel	Adatok hozzáférhetősége
Talajtömörödés Kiporzás Talajveszteség ➤ Erózió ➤ Defláció CO₂ kibocsátás Szervesanyag veszteség	A Birkás et al. (2002) által megállapított indikátorrendszer	az egyes gépi munkák súlyozó faktorai szorozva az elvégzett munka területével	biodiverzitás, táj	táblatörzskönyv adatai alapján
Szikesedés	sófelhalmozódás	szikes területek kiterjedése, aránya	biodiverzitás, táj	távérzékelte felvételek alapján
Szennyezettség	alkalmazott növényvédőszer hatóanyagtartalma	Mg/l	biodiverzitás, táj	táblatörzskönyv adatai alapján
	kijuttatott hatóanyag/ha	Mg/ha	biodiverzitás, táj	táblatörzskönyv adatai alapján
Tápanyagterhelés	kijuttatott N mennyisége	kg/ha	biodiverzitás, táj	táblatörzskönyv alapján
	kijuttatott P	kg/ha	biodiverzitás, táj	táblatörzskönyv alapján

4.3.2.2 A víz

A felszíni és felszín alatti vizeket ért mezőgazdasági eredetű nitrát és vegyszer szennyezés mértékének megállapítására a mai napig nincs nagyüzemi táblákon hasznosítható, egzakt mérési módszere hazánkban.

Mind a talaj, mind a víz N-mérlegének, s ebből eredően terhelésének kalkulálása bizonytalan, számos tényezőtől – a közeg mikrobiológiai aktivitása, háttérszennyezettsége, N-telítettsége, a talaj típusa, időjárási viszonyok, növény tápanyag felvétele – függ, s így pontos értékek nehezen kalkulálhatók

Így a víz állapotának tápanyagterhelés szempontjából történő értékelésére indirekt indikációt alkalmaztam. Vought et al. (1995) nyomán a mezőgazdasági táblákat körbevevő természetes gyepek, illetve sövényvegetációk esetében megállapítható az a minimális szélesség, mellyel ezek a természetes pufferzónák a veszélyeztetett felszíni vizekbe történő tápanyag-bemosódást csökkenteni képesek. Syversen (1992) és Knauer&Mander (1989) eredményeivel összevetve gyepek esetében 10m-es szélesség, vagy 2-3 egyed szélességű fasor a nitrátbemosódás min. 50% de akár 75%-os csökkentésére alkalmas, elsősorban

az erózió gátlása, másodsorban a szegélyvegetáció nitrogén felvétele révén. Ugyanez a szélesség foszfor tekintetében 65-95%-os visszatartás jelent, melynek oka, hogy a foszfor a NO_3^- -tal ellentétben, a talajban kevésbé mobilis, így első sorban erózió révén kerülhet a felszíni vizekbe.

A fentiek alapján a tápanyag-gazdálkodás felszíni és felszín alatti vizek minőségére gyakorolt hatás indirekt indikátoraként a művelés alatt álló táblákat szegélyező természetközeli vegetáció típusának és szélességének megállapítását alkalmaztam.

Az előző alfejezethez kapcsolódva a felszíni és felszín alatti vizek vegyszerterheltségére is indirekt indikátort alkalmaztam. De Snoo (1999) eredményeit alapul véve feltételeztem, hogy amennyiben a tábla körül, körben 3 m-es szélességben elhagyják a permetezést, a felszíni befogadót ért terhelés 95%-kal csökkent. Ezt a protokollt alkalmazva az őszibúza esetében a szegélyben fellépő esetleges gyomosodás miatt jelentkező termés kiesés megtérül a megtakarított vegyszer révén, burgonya esetében nincs megtakarítás, cukorrépánál azonban veszteséges ez a szemléletű megközelítés.

Az eredmények alapján, a kalászosok esetében, érdemes ezt a módszert használni a felszíni vizek vegyszerterhelésének csökkentése érdekében. A növényvédelem felszíni és felszín alatti vizek minőségére gyakorolt hatásának indirekt indikátoraként, kapás növények esetében a művelés alatt álló táblákat szegélyező természetközeli vegetáció típusának és szélességének megállapítását alkalmaztam. Kalászosok esetében pedig a nem permetezett területek szélességét vettem alapul.

Ezen indikátorok mennyiségi kalkulációit és értékelését szintén a légifotó és a hiperspektrális felvétel elemzésével végeztem el.

Végül a mezőgazdasági vízkivétel mennyiségi indikátoraként a táblatorzskönyvben megadott öntözővíz mennyiséget alkalmaztam.

A vizet, mint környezeti elemet ért hatások megállapítására alkalmazott indikátorokat a 4.8. táblázat sorolja fel (lásd következő oldalon).

4.8. táblázat
A víz állapotindikátorai

Jelenség	Indikátor	Változók	Kapcsolat más elemekkel, rendszerekkel	Adatok hozzáférhetősége
Mezőgazdasági vízkivétel	Öntözővíz	Öntözővíz mennyisége	biodiverzitás, táj	Táblatörzskönyv adatai alapján
Vízminőség ➤ tápanyagterhelés	1. kijuttatott tápanyag	mennyiség	biodiverzitás, táj	Táblatörzskönyv adatai alapján
	2. szegélyvegetációk	Szélessége, típusa		Távérzékelte felvételek alapján
➤ vegyszerterhelés	1. kijuttatott hatóanyagok	Mennyiség/ha	biodiverzitás, táj	Táblatörzskönyv adatai alapján
	2. szegélyvegetációk	Szélessége, típusa	biodiverzitás, táj	Távérzékelte felvételek alapján
	3. nem permetezett területek	Szélessége		

4.3.2.3 A levegő

A mezőgazdaság levegőminőséget befolyásoló hatásait a függelék 10.4. ábrája mutatja.

A vizsgálati területen a szerves trágya tápanyag-gazdálkodásban való felhasználása igen szűk körű, illetve kérdéses tartás pedig jelentéktelen az Rt.-nél, így a metán és dinitrogén-oxid emisszió elhanyagolható környezeti faktor ebben az esetben.

Az intenzív talajművelés eredményeként alkalmazott, jelentős mértékű gépi munka azonban a talajszerkezetre gyakorolt hatásán túl, jelentős füstgázemisszió forrás. A gépi munka hatásának indikálására Gulyás (1992) nyomán a füstgáz mennyiségét fizikai normál állapotban az alábbiak alapján számítottam ki és alkalmaztam indikátorként.

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

ahol: V = a füstgáz mennyisége fizikai normál állapotban - nm³/kg

Vⁿ₀ = az elméleti füstgáz mennyiség fizikai normál állapotban - nm³/kg

L₀ = elméleti levegőszükséglet fizikai normál állapotban – nm³/kg

m = légszükséglet tényező

Az így kapott adatok alapján Moser&Pármai (1992) nyomán meghatároztam táblaszinten az egy hektárra eső füstgáz kibocsátást, különös tekintettel a CO-ra, NO_x és a PAH vegyületekre.

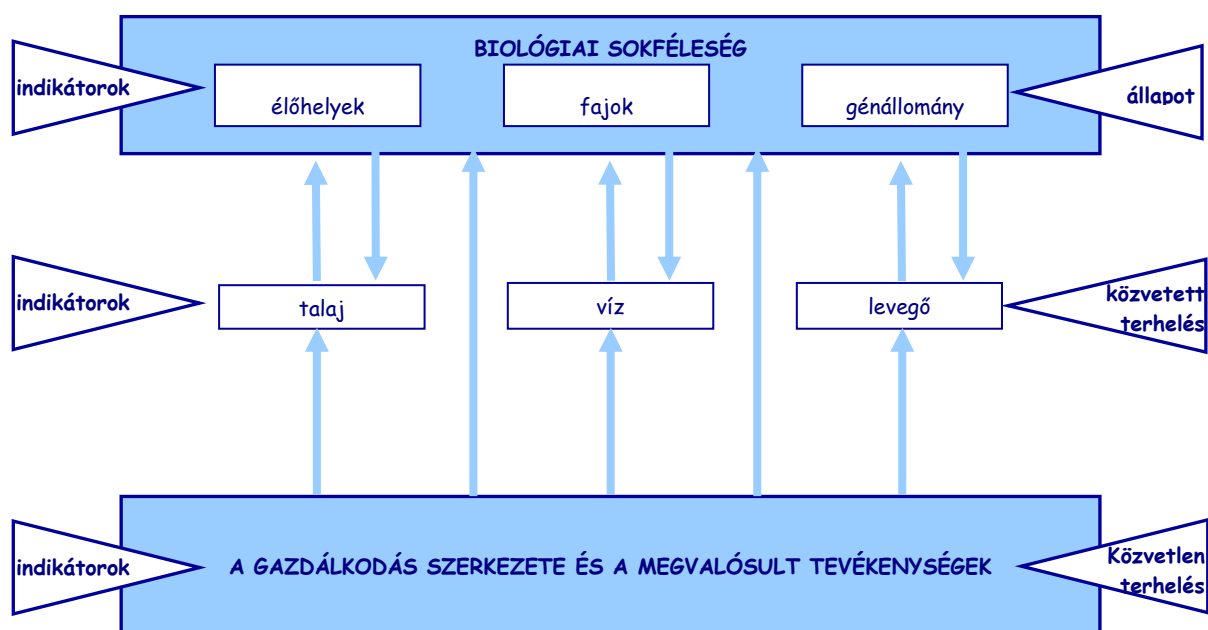
A levegő esetében egyedüli mutatóként a területegységenként kibocsátott füstgáz mennyiségét alkalmaztam indikátorként.

4.3.2.4 Ökoszisztémák – biodiversitás

A sokféleséghez kötődő indikátorok az élőhelyek kiterjedésében, a fajok összetételében és a genetikai diverzitásban bekövetkezett változások megfigyelésén alapulnak.

Bár azok a folyamatok, melyek a biológiai sokféleség hanyatlásához vezetnek elég alaposan ismertek, a jelenségek mögött rejlő komplex összefonódások a biotikus és abiotikus környezettel mégis nehezen megfoghatók a laikusok számára. Ezért ebben a mutatócsoportban arra kell törekedni, hogy olyan indikátorokat válasszunk meg, melyek könnyen interpretálhatók mind a szakmai, mind a politikai döntéshozatal folyamatába.

Ebben az indikátorcsoportban a mutatók kiválasztásához a 4.4. ábra szolgált modellként.



forrás ECNC

4.2. ábra

Fogalmi modell a biodiversitás állapot és terhelés indikátorainak kiválasztásához

Élőhelyhálózatok

Az ökoszisztémák ökológia állapotára vonatkozó indikátorokat a rendelkezésre álló adatok szabta keretek közt választottam ki. Ebben az esetben az egyes indikátorcsoportokhoz rendelt adatok alapját a vegetációtérképezés valamint a távérzékelte felvételek elemzése, valamint a területszámítások adták.

A térbeli összetettség indikátorcsoport három mutatót foglal magába, melyeknek ismerete vezet el a végső értékig, mely alapján összehasonlíthatók az egyes területek térbeli szerkeszetességük alapján.

Szegélytársulások diverzitása (boundary diversity):

Az egyes foltok (élőhelyek, társulások, tájképi elemek, földhasználati módok) közötti átmenetek gazdagságát, megjelenésük szabályosságát, egyenletességét mutatja meg adott területen, a térbeli változatosságot indukálva ez által. Értéke annál magasabb, minél változatosabbak ezek az átmenetek, és annál kisebb, minél több az azonos határsáv. Amennyiben a szegélytársulások száma nagy a területen, akkor jelentős mértékű a biológiai sokféleség is.

A szegélytársulások diverzitási értéke (H_b) a Shannon diverzitási index segítségével számítható (Rescia, 1997):

$$H(b) = -\sum p_i \times \log_2 p_{i/j}$$

ahol: $p_{i/j}$ – az egyes szegélytársulások számának (i) aránya a határsávok összmenyiségéhez viszonyítva

Azért nem a különböző foltok számával operál a képlet, mert a szegélytársulások megléte, és minősége egyrészt információt szolgáltat a rajta keresztül kapcsolódó foltok ökológiai állapotáról, másrészt, maguk is speciális élőhelyként szolgálva jobban kifejezik a biológiai sokféleség mértékét a területen.

A tájkép változatossága (landscape heterogeneity) $H(l)$:

Ez az indikátor a különböző foltok elemzését teszi lehetővé, információt nyújt a táj különböző funkcionális alegységeiről. Maximális értékét akkor veszi fel, ha a szegélytársulások száma megegyezik az összes határsáv számával; legalacsonyabb, ha a határsávok száma 1.

A Shannon index ebben az esetben egy adott területen a szegélytársulások diverzitását fejezi ki, ahol a meglévő szegélytársulások száma N , az elérhető legnagyobb diverzitás $\log_2 n$, ahol n a különböző határsáv típusok száma.

Számítása a fenti képlet továbbvitelével:

$$H(l) = H(b) / \log_2 N$$

$H(l)$ maximuma 1-nél van, mikor $N=n$.

Térbeli összetettség

A változatosság maga nem elég a térbeli összetettség kifejezésére. A táj térbeli összetettsége az egyes egységek kombinációja, melyek egy adott mozaikon belül meghatározott fragmentációval, szegélytársulás változatossággal rendelkeznek. Pl. két terület kö-

zül, melyek változatosságukban azonosak, az a terület kap magasabb értéket, ahol a határsávok diverzitása magasabb. Azaz annak a területnek magasabb a térbeli komplexitása, amelyiknek nagyobb a $H(b)$ értéke.

A térbeli összetettség (szerkezetesség), $C(s)$ értéke tehát a fentiek alapján:

$$C(s) = H(b) \times H(I) = H(b)^2 / \log_2 N$$

Az élőhelyek kiterjedése, valamint a kapcsolatok megléte az egyes élőhelyek között, éppúgy, mint a táj természetes szerkezetessége és sokfélesége területszámítások illetve a távérzékelte felvétel elemzése révén kerültek kiszámításra.

Az adatok minőségét, interpretálhatóságát figyelembe véve a következő indikátorokat javaslom ezen az indikátor csoporton belül (4.9. táblázat):

4.9. táblázat

Az élőhelyhálózatok ökológiai állapotának értékelésre javasolt indikátorok

Jelenség	Indikátor	Változók	Kapcsolat más elemekkel, rendszerekkel	Adatok hozzáférhetősége
Térbeli összetettség	1. az élőhelyeket elválasztó határok	diverzitás index	Táj	- légifelvételek - földhasználati, növényföldrajzi térképek alapján széleskörű adatbázis
	2. a határok típusai, számuk		Táj	
	3. a művelt és nem művelt területek aránya – beleértve a szegélytársulásokat		Táj	
	4. a lineáris élőhelyek (sövények, fasorok, nádas sávok) hossza			
Az élőhely kiterjedése	1. a mezőgazdasági tevékenységhez kapcsolódó élőhelyek kiterjedése	a természetközeli területek kiterjedése		- élőhelytípusok a Nemzeti biodiverzitás-monitoring rendszer alapján - ÉTT adatbázisai
	2. természetes élőhelyek a művelt területek közé ékelődve	a táblákba ékelődött természetvédelmi területek kiterjedése		
Kapcsolat az egyes élőhelyek között	1. kapcsolat az értékes természetes és természetközeli élőhelyek között	- ökológiai folyosók megléte - hossza - minősége		- légifelvételek - földhasználati, növényföldrajzi térképek alapján - CORINE adatbázis NATURA 2000 programba felvett és jelölt területek listája
	2. kapcsolat a fenti területek és a Natura 2000 program élőhelyei közt			
	3. az élőhelyek sokfélesége	diverzitás indexek		

Fajösszetétel

A fajok számos indikátor szerepet tölthetnek be. Mint *ökológiai indikátorok* megjelenésükkel, eltűnésükkel, fiziológiai állapotukkal jelezhetik a környezet terhelését, mutathatják meg előre jövőbeni nem kívánt minőségi változásokat. Az ökológiai indikáció alaplogikája az, hogy a populációk elterjedését, kiterjedését, stabilizációját az őket körülvevő abiotikus (domborzat, klíma, stb.) és biotikus (versengés, préda-táplálék kapcsolatok) környezeti tényezők szabják meg (Májner, 1994). Tehát ha a populáció szerkezete megváltozik, mindig valamilyen környezeti változást sejtet a háttérben. Pl. szitakötő fajok alkalmazása a biológiai vízminősítés terén (Dévai, et al. 2001), illetve fakopáncs fajok alkalmazása az erdők állapotának jelzésére (Angelsam & Mikusinski, 1994).

Mint *érték indikátorok* információt nyújtanak az adott életközösség (társulás) stabilitásáról, természeti értékéről. Ennek alapja, hogy az úgynevezett karakter fajok adott biotikus és abiotikus jellemzőkkel rendelkező társulásokhoz kötődnek, így meglátjuk a társulás stabilitását, míg hiányuk, invazív fajokkal való helyettesítésük az életközösség sérülését, természetességének hanyatlását jelzi. Pl. nitrofil gyomok megjelenése erdőszegélyekben a terület erőteljes zavartságára, a nitrogén talajbani feldúsulására enged következtetni.

Van azonban néhány jelentős korlátozó tényező, mely határt szab a fajok indikátorként való felhasználásának:

- A gyűjtött *adatok minősége* befolyásolja az eredmények objektivitását, ezért törekednünk kell arra, hogy a monitoring módszertana tudományosan megalapozott legyen, és adatgyűjtés tervezésénél vegye figyelembe az egyes fajok viselkedésbeli, életciklusbeli sajátosságait.
- Az indikátor fajok *kiválasztása*, az adott folyamat jelzésére való alkalmasságának *értékelése* megbízható adatok alapján igen nehézkes, lévén igen kevés ez irányú kísérletet végeztek eddig el. Nem beszélve arról, hogy akár egy életközösségen belül is végtelen a populáció-populáció közti kölcsönhatások száma. Szakirodalmi adatok és/vagy hosszú időtartamú megfigyelések tapasztalatai alapján lenne előnyös kiválasztanunk a jelző fajokat, ahhoz, hogy biztosak lehessünk abban, tényleg a kérdéses folyamatot indikáljuk, minimálisra csökkentve az esetleges zavaró tényezők számát.
- A megfigyelések *optimális feltételeire* szintén nagy hangsúlyt kell fektetnünk, hisz a társulások térben és időben fejlődnek (szukcesszió), míg el nem érik a záró formációt, melynek fajösszetétele jelentősen különbözhet a köztes állapotok-

ban megfigyelttől. De változnak az életközösségek szezonálisan, elsősorban a klimatikus viszonyoknak megfelelően is (aspektus) Igaz, ekkor fajösszetételben nem történik változás, de életciklusuk, vegetációs periódusuk alapján az egyes évszakokban más és más fajok kerülnek előtérbe, uralják a társulást.

- Végül, de nem utolsó sorban tekintettel kell lennünk a felmérés *térbeli* lépték megválasztására is. Más szempontok kerülnek előtérben egy farmszintű elemzésnél, mint akár egy regionális vagy nagyobb, országos méretű felmérés esetén. Pl. az ökológiai folyosók meglétét, az élőhely hálózatoságát nincs értelme pár 10 ha-os táblákon elemezni, annál nagyobb jelentősége van egy több ezer ha-os gazdaság esetében.

A fajösszetétel elnevezésű indikátor csoporton belül három alcsoportot alkalmaztam: a fajgazdagságot, a faji sokféleséget és a populációk ökológiai állapotát.

Fajgazdagság

Nagy általánosságban elmondható, hogy minél nagyobb az adott élőhelyen ez előforduló fajok száma, annál nagyobb az adott terület biológiai sokfélesége. Kivételt képeznek azok az ökológiaileg értékes területek, melyek valamilyen abiotikus vagy biotikus tényező folytán eredendően fajszegények, pl. sztyeppék, magashegyi legelők, mocsarak. Jelentősebb hátránya ennek az indikátornak, hogy néhány negatív hatás átmeneti diverzitás növekedést eredményezhet. Pl. magas nitrogén terhelés során, a kezdeti időszakban a természetes társulásalkotók együtt vannak jelen a nitrofil gyomokkal, egészen addig, míg az utóbbi el nem nyomja az előbbit. Tehát ennél az indikátornál nem elég a fajszámot nézni, de az egyes fajokat aszerint kell figyelembe venni, hogy adott társulásra nézve specifikusak, avagy közömbösek-e.

Faji sokféleség

A diverzitási indexek a fajszám mellett az egyes fajok ritkaságát, vagy éppen tömegességét is figyelembe veszik. A mezőgazdaság hatásának nagyléptékű értékelésénél éppen ezért nem alkalmazható biztonsággal. Kisebb gazdaságok, táblaméretek esetén, a területen meglévő természetes, természetközeli élőhelyek stabilitását hivatott inkább értékelni. Itt is tekintetbe kell venni, hogy az egyes fajok mennyire kötődnek az adott társuláshoz.

Populációk

A megfigyelés fő tárgyát itt a populációk időbeni és térbeli szerkezetének változása adja. A kiterjedés és a populáción belüli egyedsűrűség változásának különböző kombinációi alkalmasak indikációra.

Az *egyedsűrűség csökkenése* bekövetkezhet egy populáción belül úgy is, hogy térbeli kiterjedése nem változik. Ez felléphet az életkörülmények megromlása révén, pl. túlzott növényvédőszer használat, intenzív legeltetés, mely csökkenti az élőhely eltartóképességét, de nem okozza az élőhely tényleges degradációját.

A földrajzi *kiterjedés csökkenése* jelentkezhethet úgy is egy populáció életében, hogy az egyedsűrűség közben változatlan marad. Rendszerint ez történik a rezervátumokban, természetvédelmi területeken fennmaradt fajok populációival.

A probléma akkor válik súlyossá, mikor az *élettérvésztés az egyedsűrűség csökkenésével jár együtt*. Ez igen gyorsan a populáció visszaszorulásához, eltűnéséhez vezethet. Ez a folyamat bekövetkezhet a fent említett két eset bármelyikében, ha a zavaró hatás időben folytonos, esetleg még intenzívebbé válik, illetve, ha a területvesztés maradandó.

A fenti folyamatok drasztikus méretűvé válása esetén következhet be az egyedek *kis területen történő koncentrálódása*. Ez a jelenség szoros összefüggésben van a korábban említett élőhely fragmentációval, mely során a korábban egységes élőhelybe olyan akadályok épülnek be, melyek a legtöbb faj számára átjárhatatlanok. Az ilyen korlátok (barriers) megakadályozzák a génkicserélődéshez elengedhetetlen vándorlást (migráció), beszűkítve ezzel nem csak az adott populáció életterét, de genetikai változatosságát (palacknyak effektus, genetikai drift), mely a faj alkalmazkodásának, s így túlélésének záloga.

A fentiek alapján azt kell mondanunk, hogy az objektív értékelés érdekében a fajszámmal kapcsolatos indikátoroknak mind térbeli kiterjedésre, mind egyedsűrűség adatokra kell támaszkodnia. Ha ezek az adatok hiányoznak a populáció demográfiai tulajdonságainak (születési/halálozási ráta) és viselkedés mintázatának ismeretében pótolhatók, jó közelítéssel becsülhetők.

Kulcs indikátor lehet még a veszélyeztetett, vagy védett fajok populációinak megléte/hiánya a területen. Ezen fajok aránya, populációinak stabilitása jó jelzője úgy a terület természetességének, mint a biológiai sokféleségnek is.

A fentiek alapján a fajösszetétel indikátor csoporton belül a 4.10 táblázatban (lásd a következő oldalon) bemutatott indikátorokat alkalmaztam.

4.10. táblázat

A faji diverzitás állapotának értékelésre alkalmazott indikátorok

Jelenség	Indikátor	Változók	Kapcsolat más elemekkel, rendszerekkel	Adatok
Populáció szintű jelenségek	1. a visszaszoruló, az állandó egyedszámú és a növekvő populációk aránya	területarány		a vegetáció térképezés során nyert adatok alapján
Fajgazdagság	2. fajszám			
Indikátor fajok	3. karakter fajok megléte	karakter fajok száma az össz-fajszámhoz viszonyítva		
	4. karakter és társulásközömbös fajok aránya			
	5. invazív fajok jelenléte	invazív fajok száma az össz-fajszámhoz viszonyítva		

Genetikai sokféleség

Szakirodalmi adatok, valamint az alfejezet elején bemutatott modell alapján két mutatócsoportot választottam ki:

A természetközeli élőhelyek genetikai sokfélesége, mely az agrárkultúrákat kísérő élőhelyek biodiverztiását mutatja meg. Értéke nagymértékben a függ a területen alkalmazott gazdálkodási technológiától, s így jó mérőszáma a környezetterhelés mértékének.

A haszonnövények és –állatok genetikai sokfélesége, mely a termesztett fajok számán belül a különböző tradicionális és új fajták arányát mutatja meg, s így alkalmas az agrárökoszisztéma stabilitásának mérésére.

A genetikai sokféleség mutató csoporton belül alkalmazott indikátorokat a következő oldalon található 4.11. táblázat tartalmazza.

4.11. táblázat

A természetes és művelt területeken a genetikai diverzitás állapotának meghatározására alkalmazott indikátorok

Jelenség	Indikátor	Változók	Kapcsolat más elemekkel, rendszerekkel	Adatok
A természet-közi élőhelyek aktuális genetikai sokfélesége	1. a mezőgazdasági területekhez kötődő élőhelyek, életközösségek genetikai sokfélesége	Shannon diverzitási index	élőhelyhálózatok fajösszetétel táj	vegetáció térképezés, távérzékelt felvételek
	2. sövények hossza	ha/teljes farmterület	táj élőhelyhálózatok	vegetáció térképezés, távérzékelt felvételek
A haszonnövények genetikai sokfélesége	3. a haszonnövények sokfélesége	fajták száma, aránya	táj	táblatorzskönyv
	4. trendek a haszonnövények, - azon belül a fajták számának változásában	Növekedés vagy csökkenés tapasztalható	táj	táblatorzskönyv
	5. érzékeny természeti területek kiterjedése	jelentősebb genetikai sokféleségű területek/ teljes	táj	vegetáció térképezés, távérzékelt felvételek
		elhanyagolható genetikai sokféleségű területek / teljes	táj	vegetáció térképezés, távérzékelt felvételek
	6. védett génállományú haszonnövények száma	faj-, fajta szám	fajösszetétel táj	táblatorzskönyv
	7. hagyományosan termesztett, tájjellegű növények aránya	faj-, fajta szám	fajösszetétel táj	táblatorzskönyv

4.3.2.5 A táj

Változatosság, természetesség

A táj komplexitása kulturális és természetes sajátságaiból egyaránt adódik. Állapotindikátorait ennek megfelelően az alábbi két csoportba soroltam be:

Természetesség

A táj alapvető sajátságát természetes adottságai határozzák meg, úgy is, mint geomorfológiája, klímája, talajtípusai, topográfiája és hidrológiája. Még abban az esetben is, ha a táj arculata a mezőgazdasági tevékenység nyomait viseli magán, a tevékenységek szoros összefüggést mutatnak a természeti adottságokkal.

Szerkezetesség

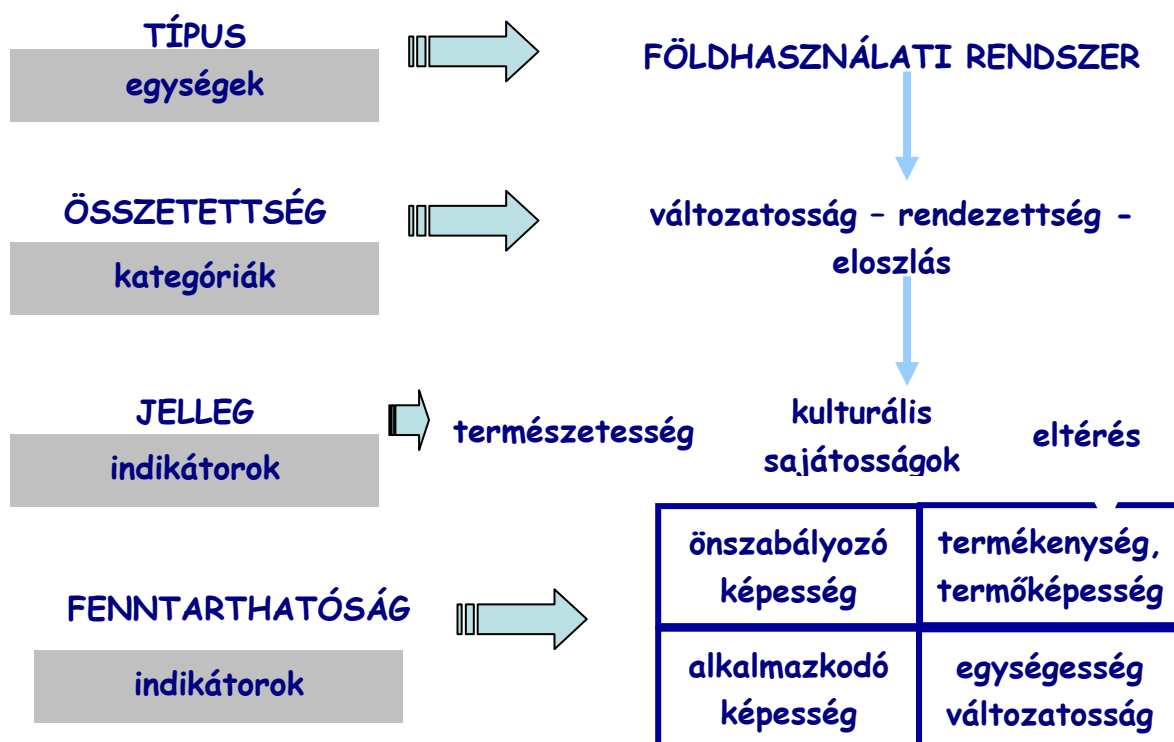
Amennyiben földhasználat típusa tekintetbe veszi a táj természeti adottságait, akkor a szerkezetessége igen magas szintű lesz, növelve ezzel a vizuális, esztétikai értéket is.

Elemzésében segítséget nyújtanak a földhasználati adatbázisok mellett a természetes folyosók, felszíni vízfolyások szerepének beazonosítása, összevetése a jelenleg a területen folytatott tevékenységgel. Az elérhető talajinformációs térképek alapján megállapítható, hogy mely területek termékenyek, s melyek alkalmatlanok művelésre.

Diverzitás

A táj zártsága/nyitottsága egyike alapvető sajátosságainak. A természeti adottságok ismeretében meghatározható a jellemző növénytakarulás. Ennek megjelenése alapvetően befolyásolja a nyitottság/zártság, s így a tájba illő földhasználati módok kérdését is. Egy nyílt homoki gyeptől pl. nem várható el facsoportok megjelenése, mint ahogy egy erdős puszta esetében sem esztétikus a kitaposott, agyonlegeltetett gyeplétele.

Az elemzésben felhasználható adatbázisok megegyeznek a fenti kategóriánál említettekkel. Az alábbi folyamat ábra (4.3. ábra) nyújt módszertani segítséget az egyes földhasználati típusok tájba illő, illetve tájidegen voltának elemzéséhez, melyet az ide tartozó indikátorok kiválasztásánál is alapul vettem.



forrás ECNC 2000

4.3. ábra

Fogalmi modell a táj állapot és terhelés indikátorainak meghatározására

Mivel számos egymással összefonódó hatás hozható kapcsolatba a földhasználat intenzitásával, ezért ezt az alcsoportot a tájhoz tartozó indikátor csoportokon belül tűnik a legmegfelelőbbnek tárgyalni. Javasolt, távérzékeléssel is megállapítható indikátorok:

- Öntözött területek aránya az összes mezőgazdasági művelés alá vont területre vetítve

Az öntözött területek aránya és a felhasznált víz mennyisége jó közelítést ad a mezőgazdasági vízhasználatra az adott területre vonatkoztatva. Arányából következtetések vonhatók le az erózió várható mértékére, a növényvédőszeres talajbani transzportjára, a szikesedés mértékére, a természetes élőhelyek vízellátottságára, a táj sokféleségére, valamint szerkezetességére, egységességére nézve.

- Gabonafélék hozama

A gabonafélék hozamának ismerete kiválóan jelzi az adott területen a gazdálkodás intenzitását. Farmszinten az adatok a gazdaság táblatorzskönyvéből, míg regionális szinten a farmregisztrációs adatbázis alapján nyerhetők (MEPAR). Az értékek ismeretében következtetések vonhatók le a területen a defláció várható mértékére, a talaj szennyezettségére, tápanyag-gazdálkodás intenzitására, vízfelhasználásra, víz- és levegőminőségre, biológiai és genetikai sokféleségre a termesztett növények körében, valamint a táj változatosságára, egységességére és kulturális sajátosságaira nézve.

- Táblák, gazdaságok – ahol 50%-os vagy több a termesztett gabonafélék aránya – mérete az összes mezőgazdasági művelés alá vont területre vetítve

A gabonafélék megoszlása a többi termesztett növényhez képest jól jelzi az adott területen a gazdálkodás monotonitását. A gazdálkodás egysíkúsága előre vetíti mind az agrár-, mind a természetes ökoszisztémák környezeti érzékenységét. Farmszinten az adatok a gazdaság táblatorzskönyvéből, míg regionális szinten a farmregisztrációs adatbázis alapján nyerhetők. Kapcsolódási pontjai megegyeznek az előző indikátoréval.

- A teljes területen a művelt területek aránya

Ez a mutató a különböző földhasználati módok versengésének mértékét jelzi a terület limitált természeti erőforrásaiért. Aránya alapján becsülhető a gazdálkodás erőforrásigénye, és annak viszonya a területen rendelkezésre álló erőforrásokhoz. Információforrás regionális szinten lehet a CORINE adatbázis. Az értékek ismeretében következtetések vonhatók le a defláció várható mértékére, a talaj szennyezettségére, vízfelhasználásra, víz- és levegőminőségre, tápanyag-

gazdálkodás intenzitására, az élőhelyek mozaikosságának mértékére, valamint a táj változatosságára, egységességére és kulturális sajátosságaira nézve.

- A gyepek aránya az összes mezőgazdasági művelés alá vont területre vetítve

Ez az indikátor a különböző gazdálkodási típusok megoszlását jelzi a területen. Információforrás regionális szinten lehet a CORINE. Arányából következtetések vonhatók le a területen a talajvédelem helyzetére, az élőhelyek sokféleségére, kiterjedésére, a populációk diverzitására, valamint a tájváltozatosságára, egységességére és kulturális sajátosságaira nézve.

A következő oldalon található 4.12. táblázat mutatja a tájra, mint környezeti rendszerre alkalmazott indikátorrendszert.

4.4 Az eredmények értelmezése

A következő, s egyben utolsó fázisban az indikátorértéket értelmeztem, és az elemzések eredményei tükrében minden egyes indikátor csoporton belül értékeltem a gazdálkodás adott környezeti elemre kifejtett környezeti hatását. Ezen belül a legfontosabb feladatok voltak

- a lényeges környezeti tényezők megállapítása,
- az értékelés, valamint
- következtetések levonása és az ajánlás voltak.

4.12. táblázat

A táj állapot és terhelés indikátorai

Jelenség	Indikátor	Változók	Kapcsolat más elemekkel, rendszerekkel	Adatok hozzáférhetősége
Természetesség				
Természetes szerkezetesség	1. meg felel-e a földhasználat mód a terület természeti adottságainak	földhasználat típusa; talajtani adottságok domborzat hidrológia klimatikus viszonyok	talaj víz	CORINE adatbázis genetikus talajtérképek ÉTT adatbázis
	2. természetközeli élőhelyek aránya területegységre lebontva			NBMR, CORINE adatbázisa ÉTT adatbázis
	3. természetes élőhelyek aránya területegységre lebontva			NBMR, CORINE adatbázisa
	4. összeköttetés a hasonló tájalelemek közt	Földhasználati formák száma		
	5. a jellegzetes élőhelytípusok aránya (természetes vagy mesterséges)	méret % a művelt területhez képest	biodiverzitás	FÖMI légifelvétel adatbázis
Természetes sokféleség	1. a nyílt és zárt tájegységek aránya	szántóföld – gyeperdőterület aránya		
	2. adott művelési módhoz kapcsolódó fajok száma területegységre lebontva			
	3. az élőhelyek sokfélesége		biodiverzitás	
	4. a földhasználat változatossága	a típusok száma és kiterjedése	biodiverzitás	
	5. a növényzet sokfélesége	természetes földhasználat aránya		
	6. nyílt vízfelületek	százalékos területaránya		
	7. domborzat	a különböző domborzati formák változatossága		
Természetbe illő tájgazdálkodás	A földhasználat intenzitása	öntözött/öntözetlen területek aránya	biodiverzitás	Táblatorzskönyv, Biomassza indexek Vegetációs és természetkép
		gabonafélék hozama		
		gabonafélék aránya a területen	biodiverzitás	
		művelt területek aránya		
		gyepterületek aránya	biodiverzitás	

5 EREDMÉNYEK

5.1 A gazdasági adatok feldolgozása során kapott eredmények

A táblaszintű elemzésen belül elkészült a terület táblaszintű anyag- és energiamérlege, melyeket World dokumentumban, táblázatos formában véglegesítettem. A területi korlátozások miatt csupán a 2001-2002-as évek adatait alapján a P8-as tábláról készült összesített táblázatot mutatom be (5.1. táblázatban).

5.1. táblázat

A P8-as tábla anyag- és energia mérlege 2000/2001

Táblaméret: 121 ha

Termesztett növény: Őszi búza 121 ha

Vetetlen 0 ha

Szántóföldi növénytermesztés			
Anyagmérleg		Energiamérleg	
Alapanyagok	Mennyiség/ha	Tevékenység	Gázolaj l/ha
Szervestrágya – 95%szarvasmarha	-	Szervestrágya szórás-szállítás	27,24
Növényvédőszer			
Secator	0,34 l	Növényvédelem szórás-szállítás	4,18
amidozulfuron	0,017 g		
hodoszulfuron-metil natrium	0,0042 g		
mefenpir-dietil	0,042 g		
Kolfugo S	1,958 l		
karbendazim	97,933 g		
kén	1371,074 g		
Fendona	0,119 l		
alfa-metrin	0,011 g		
Alto Combi	0,5 l		
karbendazim	150 g		
cpirokonazol	60 g		
Műtrágya			
N	176,9	Műtrágyázás szórás-szállítás	2,51
P	71,9		
K	89,8		
Mésziszap			
Vetés			
MV Optima 1(68,5 ha)		Vetés	0,04
MV Madrigal 1 (24,5 ha)			
Mezőföld E (10 ha)	- emag		
MV Optima E (10 ha)	- emag		
Kísérlet (8 ha)			
Öntözés	44 m ³	Talajművelés	47,65
Betakarítás			
MV Madrigal	3,15to	Betakarítás	37,00
Mezőföld	8,42 to		
MV Optima	7,34 to		
Kísérlet	5,17 to		
		Összesen	118,62

Ezek a táblázatok, mint ahogy a példa is mutatja, számszerű információt nyújtanak az adott táblán, a vizsgált termelési év alatt elvégzett munkálatokról.

A táblázatok adatai alapját képezték pl. vegyszerterhelés számításának, hiszen hektárra lebontva tartalmazzák az adott év alatt felhasznált vegyszermennyiséget és annak hatóanyag tartalmát.

Az Excel táblázatokot dBASE IV. adattáblává konvertálva, a légifelvételen megjelenít-

hettem pl. a hatóanyagok táblánkénti, mennyiségi megoszlását, ami nagy segítséget nyújt pl. a vegyszerterhelés szempontjából különösen veszélyeztetett felszíni vizek, természetes vegetációk leválogatásához (függelék 10.13. ábra).

A tápanyagterhelés esetében a környezeti leltár tartalmazta táblánként a kivitt N, K, és P mennyiséget, ami alapján ellenőrizhető egyfelől a Nitrát Direktíva betartása, másrészt szintén térképen, domborzati modellel, belvíztérképpel együtt ábrázolva (függelék 10.14. ábra), kiválaszthatók a felszíni erózió és a nitrát-bemosódás által leginkább veszélyeztetett területek.

A gépi munkák táblánkénti, hektárra lebontott értéke az üzemanyag számítás mellett alapadatként szolgált a talaj szerkezetromlásának becsléséhez.

Az öntözés mértékét alapul véve a mezőgazdasági vízkivétel számításán túl, az öntözött táblákat a domborzati modellel együtt megjelenítve megadhatók a másodlagos szikese-dés által potenciálisan veszélyeztetett területek.

A termesztett fajták megjelenítése pedig felfedi a gazdálkodásban felhasznált tájjellegű fajták arányát, illetve több év távlatában információt nyújt a haszonnövények genetikai diverzitásán túl, a fajtaválasztás trendjeiről. Ezáltal értékelhető a növénytermesztés táj-jellegű volta.

A leltárelemzés során nyert tapasztalatok alapján elmondható, a táblánként összesített anyag és energia mérlegek, amennyiben nem követjük tovább az élet-ciklus elemzés fázisait, pusztán a felhasznált anyagmennyiségeket figyelembe véve önmagukban is alkalmasak az egyes gazdálkodási típusok, de akár növényfajták termesztéséből adódó környezeti hatások összehasonlítására.

5.2 Az indikátorcsoportok jellemzése és azokon belül az indikátor értékek megá-lapítása

5.2.1 A talaj szerkezetromlásának értékelése

Az Anyag és Módszer fejezetben bemutatott indikátor rendszer alapján a 2000/2001 és a 2001/2002-es gazdálkodási évre kiszámítottam az egyes talajmunkákhoz tartozó kör-nyezetterhelési értékeket.

A számításokhoz a fentiekben megadott összhatás értékeit vettem alapul, és számítottam minden táblára hektáronkénti környezetterhelési értéket, úgy, hogy a művelt terület mé-retét szoroztam meg az egyes műveletekre vonatkozó indikátor értékekkel.

Az elemzés minden táblára elkészült itt példaként szintén a P8-as tábla elemzését muta-tom be (5.2. táblázat).

5.2. táblázat
A talaj szerkezetromlásának értékelése P8-as táblán 2001/2002

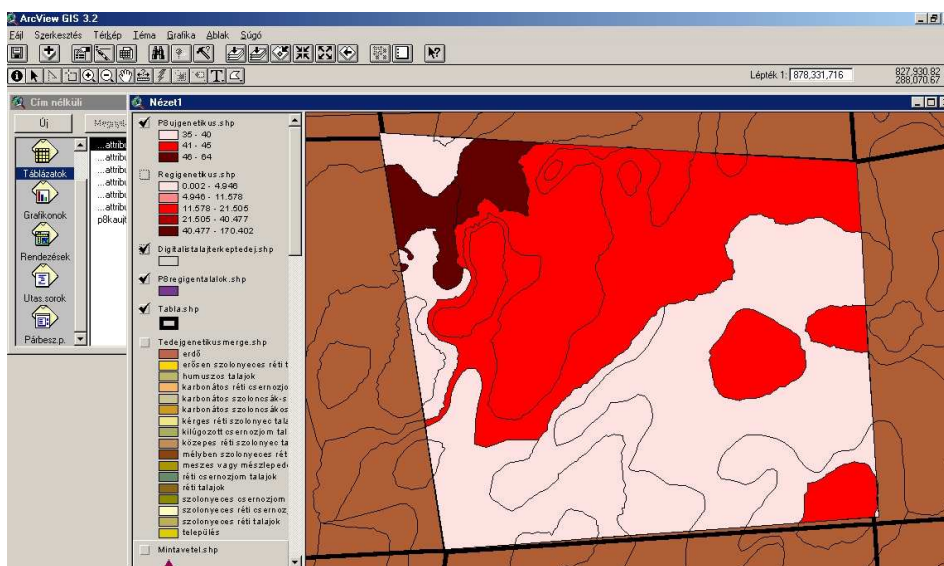
Környezeti hatások	Mélylazítás	Tárcsa	Borona	Szántás	Simító	Gyűrű	Kombinátor	Kultivátor	Vetés	Középmély-lazítás
Talajtömörödöttség		427		19		0			-121	-81
Elporosodás		427		0		38			0	-81
Erózió-defláció		427		0		0			-121	-81
CO2 kibocsátás		0		19		0			0	0
Szervesanyag csökkenés		0		19		-38			0	0
Összhatás		1281		57		0			-242	-243

Az összhatás értékek, megfelelően behelyettesítve az adatokat alkalmasak különböző technológiák környezeti hatásának összehasonlítására, de alkalmazhatók az egyes növényfajták termesztési igényeinek környezeti szempontú összevetésére is.

Példaként egy táblára elemeztem a talajspecifikus és a hagyományos, a táblát egységesen kezelő talajművelés talajszerkezetre gyakorolt hatását.

A GIS alapú térképből kiválasztottam a talajtanilag legheterogénebbnek mondható P8-as kóddal jelölt táblát. A talaj felső művelési rétegének fizikai talajfélesége kartogramja alapján 3 különböző művelést igénylő területet tudtam elkülöníteni rajta (5.1. ábra):

- vályog - sekély művelés – tárcsa, fogas (rózsaszín),
- agyagos-vályog - középmély művelés – középmély és mély szántás (piros),
- agyag - középmély lazítás (sötétbarna).

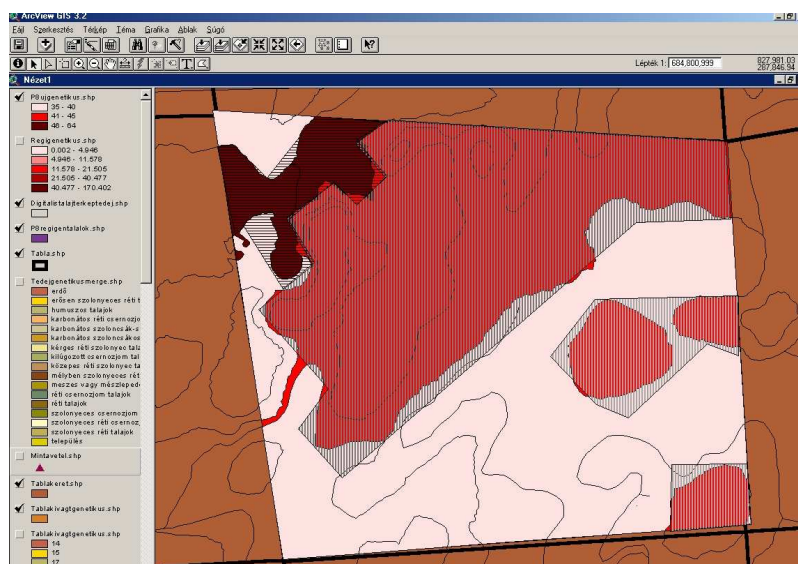


5.1. ábra

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

A táblán 1999-2000-ben a táblát kettéosztva csemegekukoricát és őszi búzát termesztet-

A talajtani és a talajművelő eszközök adatait figyelembe véve megterveztük a P8-as tábla optimális talajművelési rendszerét, melyet az 5.2. ábra vázol fel.



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

69

5.3. táblázat

A talaj szerkezetromlásának környezetterhelési mutatói hagyományos és termőhelyspecifikus művelési módok esetén

	Őszibúza helyspecifikus	Őszibúza hagyományos	Kukorica helyspecifikus	Kukorica hagyományos
tárcsázás	297	360	426	915
mélylazítás	-	-	-10	-61
szántás	81	-	84	-
borona	0	0	-	-
simító	61	61	-	-
kombinátor	-430	-430	-	-
vetés	183	183	180	180
sorköz kultivátor	-75	-75	-	-
összérték	117	99	680	1034

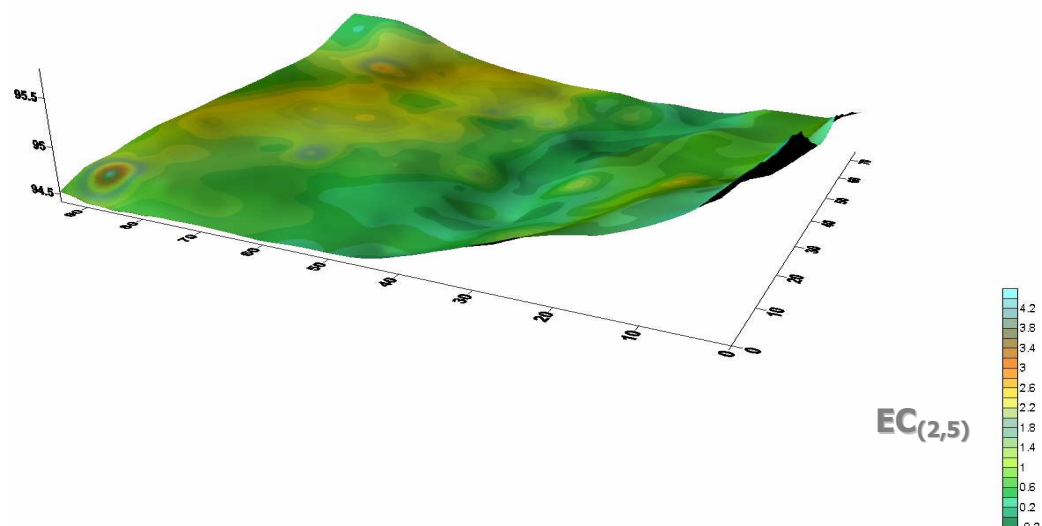
Az eredmények azt mutatják, hogy a csemegekukorica esetében, ha a művelés tekintetel van a termőhelyi adottságokra, akkor a talaj szerkezet változására gyakorolt hatást a közel a felére lehetett volna csökkenteni. Az ősibúzában azonban a területspecifikus művelés esetében, az eredeti terven felül javasolt szántás következtében nem volt lényeges különbség a két művelési mód környezetterhelése között.

A teoretikus elemzés azt mutatja, amennyiben a környezeti leltár, megfelelő talajinformációs rendszerrel a háttérben rendelkezésre áll a talajművelési munkákkal kapcsolatban, az elemzéssel pl. a területspecifikus és hagyományos művelési módok, környezeti hatékonyságuk alapján összevethetők, előre tervezhetők

5.2.2 A szikesedési tulajdonságok távérzékelte adatok alapján történő meghatározása

A terepen és a laboratóriumban mért elektromos vezetőképesség (EC – electrical conductivity) adatoknál elvégzett korrelációs számítások alapján a felső 10 cm-es rétegben mért értékek szignifikáns korrelációt mutattak ($r = 0,856$), így a továbbiakban a sótartalom becslésére az ebben a szintben mért terepi EC értékeket használtam fel.

A mintaterületen geodéziai szintezést is végeztünk, az Anyag és Módszer fejezetben már említett 5x5m-es kötésben. Így a mért sótartalom és a domborzati értékek összevethetők voltak. Surfer 8.0. geostatistikai programmal, az egyes kvadrátok koordinátáit használva közös adatként, megszerkesztettem a vizsgálati területen a sótartalom eloszlását a domborzat függvényében. A terepi mérésekből interpolált térképet az 5.3. ábrán láthatjuk (lásd következő oldal).



5.3. ábra

A sótartalom alakulása a mintaterületen a domborzat függvényében

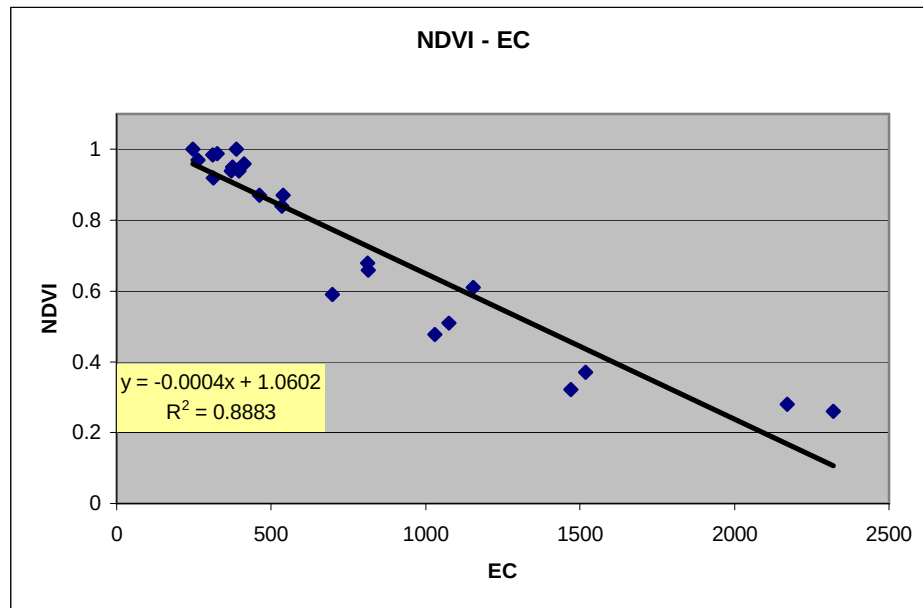
Amint az az ábráról is leolvasható, a magas sótartalmú területek a közbűlső magasságokban találhatók.

A következő lépésben a terepi adatok alapján betanítottam a távérzékelte felvételt. A kiindulási pontként elfogadtam, hogy a reflektancia értékeket jelentősen meghatározza a talaj fedettsége és a növényborítás (canopy %). Ebből kiindulva feltételeztem, hogy a szikesekre jellemző kopár foltok reflektancia értékei jelentősen eltérnek a növényzettel borított területektől, valamint a szikes területeken, a szélsőséges talajtani viszonyoknak köszönhetően, várhatóan alacsonyabb lesz a növényzet borítása. Ennek ellenőrzésére a számos talaj-és növény kapcsolatát jellemző vegetációs indexek közül Rouse és munkatársai által bevezetett (1974) normalizált vegetációs indexet (NDVI) használtam összehasonlítva annak a pixelenként számított értékeit a területen mért sótartalom értékekkel (lásd következő oldalon az 5.4. ábra).

Az NDVI index

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

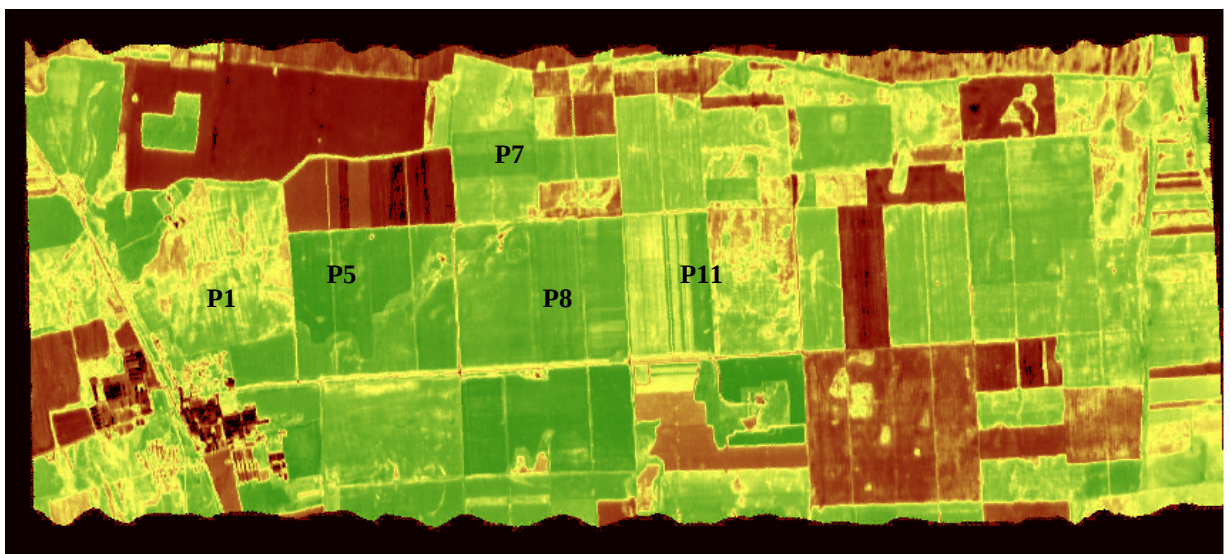
a közeli infravörös (NIR) és a vörös tartományba eső reflektancia értékek alapján adja meg a növényborítást a vizsgált területen (Ray, 1994). Értéke 1 és -1 között lehet, minél alacsonyabb ez az érték, annál nagyobb a talaj dominanciája a felvételen, tehát annál kisebb vegetáció borítás értéke.



5.4. ábra

Vezetőképesség ($\mu\text{S}/\text{cm}$) és a normalizált vegetációs index (NDVI) közötti összefüggés a mintaterületen (n=22.)

Az eredmények igazolták azt a feltételezést, hogy növekvő sótartalom mellett csökken a növényzet borítása. Az NDVI index számítását kiterjesztve a teljes területre, pusztán reflektancia adatok alapján megbecsülhető a valamilyen módon leromlott területek kiterjedése, amennyiben ez a leromlás a növényzet borítási értékének csökkenésével jár együtt (5.5. ábra).



5.5. ábra

A területre számított NDVI index az ENVI 3.6 szoftvert alkalmazva (sötétzöld=+1-es érték, sötét barna -1-es érték)

Ha összehasonlítjuk a képet a 2001/2002-es év termesztett növények térképével (függelék 10.15. ábra), valamint a természetes vegetációval fedet foltokat ábrázoló felvétellel (függelék 10.12. ábra) és a szikes tulajdonságok kartogramjával, a tarló területeket figyelmen kívül hagyva, szépen kirajzolódnak a szikes foltok (homokszín-halvány barna) a P1-es, P5-ös, P8-as, P11-es táblában, valamint a terület észak-nyugati részén.

A domborzati modell és a z NDVI index elemzésével kapott eredményeket az alábbiakban összegezhethetjük:

- a legnagyobb sótartalom a közbülső magasságoknál van,
- a természetes vegetáció esetében a fajösszetétel a termesztett növények esetében a biomassa tömeg indikálja a talaj sótartalom változását,
- növekvő sótartalommal a kopár foltok aránya nő,
- A multispektrális felvételekből készített NDVI térkép által térben jól lehatárolhatók a magas sótartalmú területek.

A fenti eredményekre támaszkodva olyan megoldást kerestem, mely alapján különösebb helyismeret nélkül, pusztán a tanítóterületre és a távérzékelte felvételre hagyatkozva kijelölhető a szikes területek helye a vizsgált területen.

A sótartalom kvadrátonkénti megállapítása után a GPS koordináták segítségével beazonosítottam a vizsgálati transzektet a multispektrális felvételen, majd az ERDAS IMAGINE 8.6 térinformatikai programmal leválogattam az egyes kvadrátoknak megfelelő pixelek reflektancia adatait. Az így kapott értékekkel és a pixelenkénti sótartalom értékekkel lineáris regressziós elemzést végeztem (5.4.táblázat).

5.4. táblázat

A reflektancia értékek és a terepen mért elektromos vezetőképesség közötti összefüggés

Coefficients ^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
12 (Constant)	4,605	,398		11,568	,000
REF40	-1,17E-02	,003	-,941	-3,826	,000
REF52	2,307E-02	,003	2,636	6,848	,000
REF5	-7,10E-02	,007	-,890	-10,245	,000
REF61	-8,79E-03	,002	-1,088	-3,607	,000
REF67	4,168E-03	,001	,476	3,279	,001
REF45	1,027E-03	,001	,199	1,997	,047

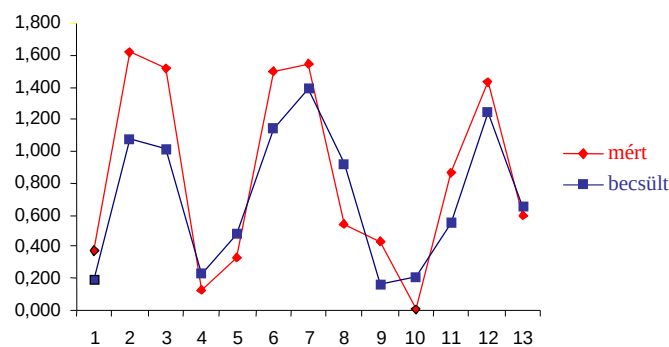
a. Dependent Variable: EC2_5

Eredményként az alábbi egyenletet kaptam:

$$EC2.5 = konstans + a1*REF40 + a2*REF52 + a3*REF5 + a4*REF61 + a5*REF67 + a6*REF46 \quad (R=0.825)$$

Az egyenlet, pusztán a hat kijelölt csatorna reflektancia értékei alapján becsüli meg az egész vizsgálati területen, pixleről pixlere a talaj sótartalmát. A 0,825 r érték azt mutatja, hogy korreláció szoros az adatok között, így becslés várhatóan megbízható lesz.

A tanító területen belül néhány kvadrátban terepi mérés nem, csak talajmintavétel történt. Ezek a kvadrátok így alkalmasak voltak a laboratóriumi eredmények alapján az algoritmus tesztelésére. Az eredményt az 5.6.ábra szemlélteti.



5.6. ábra

A mért és az algoritmus alapján becsült értékek közti összefüggés

Az ábra alapján elmondható, hogy a mért és a becsült értékek között szignifikáns különbség nem volt.

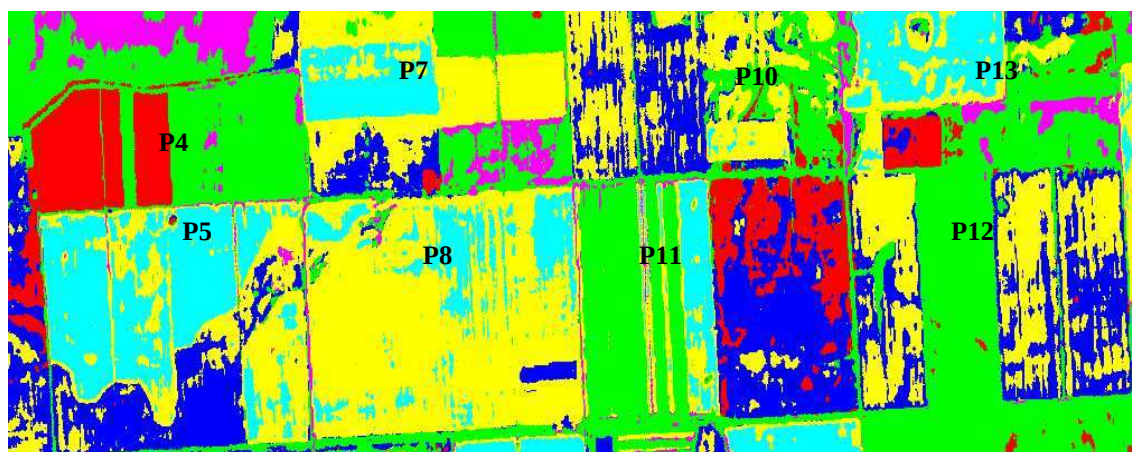
Így, az algoritmus és az NDVI index alapján kapott térkép segítségével már egyértelműen lehatárolhatóak azok a területek, ahol a szikesedés mértéke várhatóan jelentős terméskiesést fog okozni.

A következőkben szeretnék eltérni az Anyag és Módszer fejezetben tárgyalt sorrendtől, s második hatás viselőként az ökoszisztémákkal, majd harmadikként a tájjal foglalkozni. Ezt indokolja egyrészt a módszertani folytonosság, mert az indikátorok értékének számítása ezekben az alfejezetekben is távérzékelte adatok alapján történik, másrészt a levegő és a víz esetében jórészt indirekt indikációval dolgoztam, s így ezeknek a számításoknak a megbízhatósága kisebb, mint a fent említett három indikátor csoport esetében.

5.2.3 Ökoszisztémák állapota - biodiversitás

5.2.3.1 A termesztett növények térképezése hiperspektrális felvétel elemzésével

A multispektrális elemzések az ENVI 3.6 szoftver felhasználásával készültek. Első lépésként előzetes osztályozást végeztem el, melynek során a program, a reflektancia adatokat egymásnak megfelelően automatikusan végzi el a csoportosítást. Az 5.7. ábrán a csatornák reflektancia értékei alapján, a program által számított, hat logikai csoportot tartalmazó színes osztályozott kép látható.



5.7. ábra

Ellenőrizetlen osztályba sorolással (unsupervised classification) létrehozott kép

A rendelkezésre álló termesztett növények térképpel (függelék 10.15. ábra) összevetve az ábrát, a fizikai blokkokat mindenképpen elkülöníthetjük egymástól. Jól látszanak a tarló területek, melyeket a program világoszöld színnel jelölt. Érdekes, hogy a P4-es táblában a friss szántás ugyanolyan színt kapott – tehát színeképe közel állt a gyomos csemegekukorica tábla (P11) reflektancia értékeihez. A csemegekukoricát (sötétkék) és a lucernát (világoskék) is nagy biztonsággal leválogatta a modul, mely azt jelenti, hogy ennek a két termesztett növénynek spektrális jellemzői jól elkülönülnek egymástól és a többi növénytől is a felvételen.

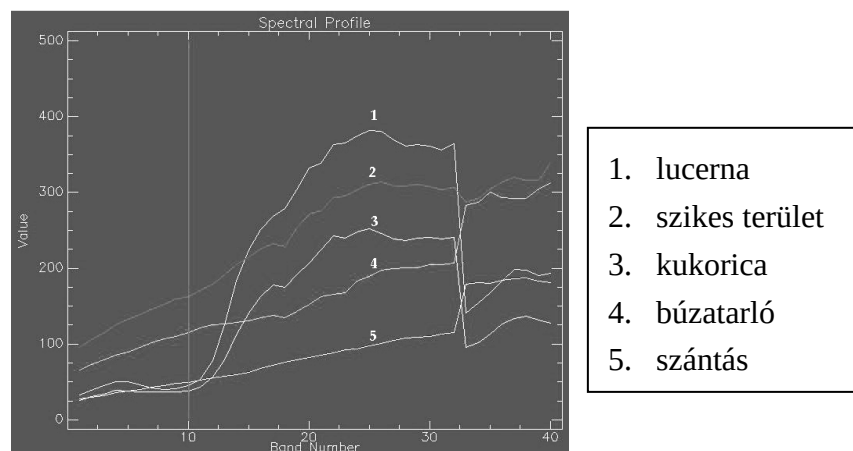
Ezután elvégeztem a területre az ellenőrzött osztályba sorolást, melynek alapjául a vegetációtérképezés adatai szolgáltak. A táblatorzskönyvek adatai és a vizsgálat idejében a terepbejárás alkalmával végzett vizsgálatok eredményeit felhasználva 1-1,5ha tanítóterületeket kerültek kijelölésre. A tanítóterületek kijelölésére raszter típusú fedvényeket (*Region of Interest*) alkalmaztam. A mezőgazdaságilag művelt mintaterületen 5 földhasználati kategóriát (lásd 5.8. ábra a következő oldalon) különítettem el (kukorica, lucerna, cukorrépa, őszebúza tarló, szántás).



5.8. ábra

Az ENVI 3.6 szoftver alkalmazása a tanítóterületek (ROI) kijelölésében

A kijelölt tanítóterületek spektrális görbéjének grafikus képét megvizsgálva látható az egyes csatornák reflektancia értékeiből adódó különbségek (5.9. ábra).

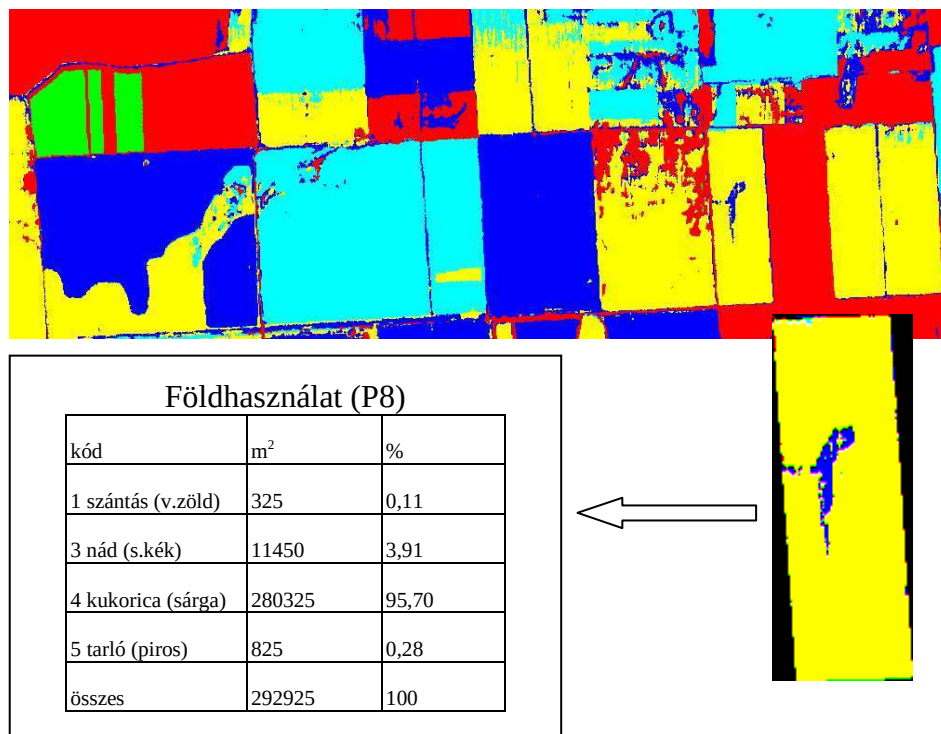


5.9. ábra

Spektrális görbék a mintaterületről 1.-40. csatorna szélességben
(1.-32.: 502-1033nm, 33.-40.: 1542-1755nm)

A tanítóterületek kijelölése után a *maximum likelihood* osztályozást alkalmaztam. Az osztályozás után egy raszteres képet kaptam, amely 5 csoportra osztja a területet. Az aktuális földhasználati kategóriákat tartalmazó *shape* - fájl segítségével meghatározható az osztályozás pontossága. Mivel a területen nem csak a keresett földhasználati kategó-

riák találhatók, a klasszifikáció alkalmával egyéb társulások is felvehetik a fenti kategóriák bármelyikét.



5.10. ábra

Mintaterület értékelés az ellenőrzött osztályba sorolással (supervised classification) létrehozott képen

A táblák egyenkénti ellenőrzésével meggyőződhetünk az osztályozás pontosságáról, illetve meghatározhatjuk a gyomfoltokat. Az osztályozott mintaterület további elemzésével ellenőrizni lehet a táblákon termesztett kultúrák összetételét, és meg lehet határozni az egyes táblák gyomosodottságát. Az 5.10. ábrán egy 29 ha-os kukoricatábla képe látható, amelyből 1,1ha gyomborítást (nád, kód:3) tudtam meghatározni. A távérzékelte felvétel esetében a gyomfolt pontos térbeli helyzete is meghatározható, GIS rendszerrel integrálva környezetinformációs adatforrásként használható. Az elemzés megbízhatóságát az 5.5. táblázatban (lásd következő oldal) bemutatott konfúziós mátrix is igazolja. A mátrixot, kérésre a program is elkészíti. Számítása során a modul a felhasználó által megadott, elsősorban helyismereti adatokon alapuló paraméterek, illetve a saját, elsősorban reflektancia adatokon nyugvó osztályozását hasonlítja össze. Az adatok igazolják, hogy a színek alapján, a térképi elemzés helyes volt, az osztályozás pontossága, a gyomos kukoricát kivéve 75% fölötti.

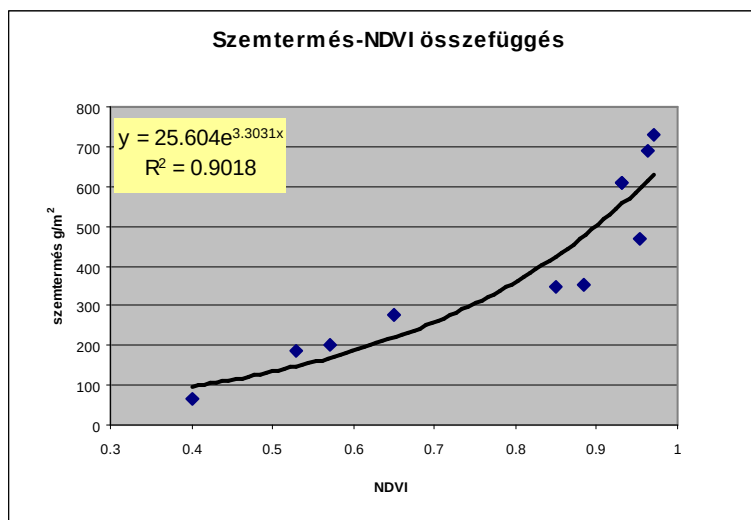
5.5. táblázat

A tedeji terület maximum likelihood osztályozásának értékelése konfúziós mátrix segítségével (kukorica 1.: alacsony tőszámú és gyomos, kukorica 2.: normál tőszámú)

Földhasználat	Tényleges pixel szám	Osztályozott összes pixel	Helyesen osztályozott pixel	Pontosság %
Lucerna	52800	58429	52100	98,67
kukorica (1,2,)	69200	53900		77,22
kukorica (1)	44380	-	38024	85,67
kukorica (2)	24740	-	15338	61,99
Cukorrépa	43980	43620	42894	97,53
búza tarló	8395	18650	8237	98,11
szántott talaj	15605	15301	15143	97,03
Összesen	189900	189900	171736	90,43

5.2.3.2 Biomassza vizsgálatok távérzékelte adatforrások alapján

A vegetációs vizsgálatok másik csoportját a biomassza számítások alkották. Haboudane (2002) munkája szolgáltatott alapot távérzékelte adatok alapján történő primer produkció becsléséhez. A jellemző vegetációs foltokból mintát vettünk és a zöldtömeg nagyságát vizsgáltuk. A búza esetében a március és június között végeztünk mintavételeket, a lerepülések időpontjában.



5.11. ábra

Termésbecslés a II. mintaterületen (A multispektrális légifotó alapján készült NDVI térkép és a szemtermés g/m² regressziós görbéje)

A szemtermés – NDVI összefüggés láthatóan egyenesen arányos, mely alkalmassá teszi a módszert termés mennyiségének becslésre adott területen (5.11. ábra).

5.2.3.3 A természetes vegetáció vizsgálata távérzékelési módszerekkel

Az Anyag és Módszer fejezetben bemutatott kettő, természetes vegetációval borított folt mindegyikén elvégeztük a vegetáció térképezést. A P1-es tábla felett elhelyezkedő területen regisztrált társulásokat az 5.6. táblázat mutatja.

5.6. táblázat

A P1-es táblát határoló természetközeli vegetációs folt növénytársulásai

Társulás típus	Uralkodó faj(ok)	Fajlista
Bolboschoeno-Phragmitetum	<i>Phragmites australis</i>	<i>Alopecurus geniculatus</i> <i>Alopecurus pratensis</i> <i>Agrostis stolonifera</i> <i>Beckmannia eruciformis</i> <i>Bolboschoenus maritimus</i> <i>Carex acutiformis</i> <i>Carex vulpina</i> <i>Cirsium arvense</i> <i>Cirsium brachycephalum</i> V <i>Phragmites australis</i>
Agrostio-Alopecuretum	<i>Alopecurus pratensis</i>, <i>Agrostis stolonifera</i>	<i>Agropyron repens</i> <i>Agrostis stolonifera</i> <i>Alopecurus pratensis</i> <i>Anchusa officinalis</i> <i>Anthemis arvensis</i> <i>Artemisia campestris</i> <i>Beckmannia eruciformis</i> <i>Bromus inermis</i> <i>Bromus mollis</i> <i>Capsella bursa-pastoris</i> <i>Carex acutiformis</i> <i>Carex vulpina</i> <i>Cirsium arvense</i> <i>Cirsium brachycephalum</i> V <i>Dactylis glomerata</i> <i>Festuca pratensis</i> <i>Festuca pseudovina</i> <i>Galium palustre</i> <i>Matricaria maritima</i> L. subsp. <i>inodora</i> (L.) Soó <i>Phalaroides arundinaceae</i> <i>Poa pratensis</i> <i>Puccinellia distans</i> <i>Ranunculus repens</i> <i>Rorippa sylvestris</i> subsp. <i>kernerii</i> V <i>Taraxacum officinale</i> <i>Veronica nagalloides</i> <i>Vicia lathyroides</i>
Artemisio santomici-Festucetum pseudovinae	<i>Artemisia santonicum</i>, <i>Festuca pseudovina</i>	<i>Androsace elongata</i> <i>Artemisia santonicum</i> <i>Cynodon dactylon</i> <i>Erophila verna</i> <i>Festuca pseudovina</i> <i>Lepidium ruderae</i> <i>Limonium gmelinii</i> V. <i>Matricaria maritima</i> L. subsp. <i>inodora</i> (L.) Soó <i>Pholiurus pannonicus</i> <i>Plantago tenuifolia</i> <i>Polygonum aviculare</i> <i>Puccinellia limosa</i> <i>Ranunculus petiveri</i> <i>Trifolium angulatum</i>
Puccinellietum	<i>Puccinellia distans</i>	<i>Matricaria chamomilla</i> <i>Myosurus minimus</i> <i>Pholiurus pannonicus</i> <i>Plantago tenuifolia</i> <i>Puccinellia distans</i> <i>Puccinellia limosa</i> <i>Rorippa sylvestris</i> subsp. <i>kernerii</i> V
Pholiuro-Plantaginetum	<i>Pholiurus pannonicus</i>, <i>Plantago tenuifolia</i>	<i>Agropyron repens</i> <i>Artemisia santonicum</i> <i>Bromus mollis</i> <i>Cerastium dubium</i> <i>Limonium gmelinii</i> V <i>Festuca pseudovina</i> <i>Pholiurus pannonicus</i> <i>Plantago tenuifolia</i> <i>Polygonum aviculare</i>
Alopecuro-Arrhenatheretum	<i>Alopecurus pratensis</i>, <i>Arrhenatherum elatius</i>	<i>Alopecurus pratensis</i> <i>Arrhenatherum elatius</i> <i>Anthemis arvensis</i> <i>Ballota nigra</i> <i>Bromus mollis</i> <i>Bromus inermis</i> <i>Chenopodium album</i> <i>Cirsium arvense</i> <i>Dactylis glomerata</i> <i>Daucus carota</i> <i>Glechoma hederaceae</i> <i>Lactuca serriola</i> <i>Lamium purpureum</i> <i>Lotus corniculatus</i> <i>Lycopus exaltatus</i> <i>Ranunculus repens</i> <i>Rubus ideaus</i> <i>Veronica hederifolia</i> ..

A ***Bolboschoeno-Phragmitetum*** társulás a szikes mocsarak kategóriájának közepesen szikes és erősen lúgos talajú, nyáron kiszáradó területeken felnövő zsiókás alegysége. Az uralkodó *Phragmites australis*, valamint a *Carex* fajok jelenléte a társulásban az élőhely zavartságára enged következtetni, ugyanakkor az *Agrostis stolonifera* és a védett *Cirsium brachycephalum* megléte jelzi az asszociáció lassú stabilizálódását.

Az ***Agrostio-Alopecuretum*** vízborította, szolonyecesező alföldi rétek jellegzetes társulása, mely sziki mocsarak körül nő fel. A területen a társulás degradációját jelzi színtettségének csökkenése, valamint a *Festuca pseudovina*, az *Agropyron repens* és a *Taraxacum officinale* jelenléte. Azonban két karakterfajának, a *Beckmannia eruciformis*, valamint az endemikus *Rorippa sylvestris* supsp. *keneri* jelenlétéből a zavarás megszűnésére, a társulás természetességének erősödésére következtethetünk.

Az ***Artemisio santomici-Festucetum pseudovinae*** a Hortobágy jellegzetes ürmös pusztáinak asszociációja, mely nem klimax növényközösség, hanem edafikus okok miatt megrekedt stagnáló szukcessziós fázis (V. Sipos & Varga, 1993). Degradációját az *Erophila verna*, valamint a *Matricaria maritima* subsp. *inodora* jelzi, de a karakterfajai közül az *Artemisia santonicum*, a *Festuca pseudovina*, valamint a *Limnium gmelini* jelenléte jelentősen növeli a társulás természetességét.

A ***Puccinellietum*** a szoloncsákos réti szolonyecen kialakuló mézpázsitos szikfokok nedvesebb élőhelyet jelző alegysége, melyet egyrészt a *Puccinellia limosa* magasra nőző, elszórtan zsombékoló állománya mellett a *Plantago tenuifolia*, *Rorippa sylvestris* supsp. *keneri* és a *Matricaria chamomilla* jelenléte is megerősít. A terület belsejében megtalálható társulásban degradációs folyamatok jelenlétére utaló nyomokat nem találunk.

A területen tavasszal rendszerint kialakuló belvízfoltok kiszáradása után jelenik meg a ***Pholiuro-Plantaginetum*** társulás, mely a padkás szikes formációk, szoloncsákos réti szolonyec talajon kialakult pontusi-pannóniai endemikus alegysége (Bodrogyó, 1980). Az *Agropyron repens* jelenléte jelzi, hogy az élőhely ökológiai viszonyai a Hortobágy padkás szikeseivel összevetve kevésbé szélsőségesek.

A területen az akácos határában található az ***Alopecuro-Arrhenatheretum*** magas szálfüves, mezofil réti társulása, melynek degradáltságát jelzi a kétszikűek dominanciája.

Összegezve megállapítható, hogy a területen a társulások képe, hierarchiája tükrözi a Hortobágy hasonló ökológiai jellemzőkkel rendelkező élőhelyeit, a mezőgazdasági tevékenység nyomán azonban jelentős a társulások degradációja. A karakter fajok jelenléte, valamint az endemikus és védett fajok száma azonban arra enged következtetni,

hogy az élőhely kiválóan betölti mind refúgium, mint puffer zóna szerepét. A művelés felhagyásával, számos a terület eredeti arculatára jellemző fajnak nyújt életteret, biztosítva ezzel a területen a biodiverzitás fenntartását, valamint földhasználati változás esetében a művelt területek eredeti társulásainak újra betelepülését.

A második mintaterület egyike volt a táblákba ékelődő, nagyobb kiterjedésű természetközeli vegetációval borított foltoknak. Ezt az élőhelyet elsősorban abból a célból vizsgáltam, hogy felderítsem az intenzív gazdálkodás milyen változásokat idézett elő a társulások összetételében. A növényteni felvételezések során az alábbi társulásokat különítettük el (lásd következő oldal 5.7. táblázat).

Az ***Achillea-Festucetum pseudivinae*** elsősorban ürmöspuszták degradációjával, gyomosodásával felnövő, másodlagosan kialakult száraz gyeptársulás. Degradációját mutatja a kétszikűek túlsúlya mellett *Festuca pseudovina* dominanciája.

Ezen a területen is megtalálható az ***Agrostio-Alopecuretum*** társulás. A fajlistát összevetve, látható, hogy itt az uralkodó faj az *Agropyron repens*, mely az élőhely szárazabb voltát hangsúlyozza. A *Cirsium* és *Carduus* fajok megléte a társulás zavartságát jelzi.

A szintén jelen lévő ***Puccinellietum*** itt fajszegényebb. Ezt a szárazabb élőhely indokolja, melyet a *Bassia sedoides* elszórt jelenléte is alátámaszt. A nedvesebb típus kiszáradására utal az *Aster tripolium* jelenléte is, valamint a kopár foltok kezdődő mohásodása.

A ***Bolboschoeno-Phragmitetum*** társulása szintén a kiszáradás jeleit mutatja karakterfajának a *Bolboschoenus maritimus* eltűnésével, fajszegénységével, valamint a kétszikűek megjelenésével.

A területen elsősorban a vízborítottság csökkenése az, ami veszélyezteti a természetes – természet-közeli társulások fennmaradását, a jelenség elsősorban területet átszelő belvízcsatornának tulajdonítható. Bár a terület az öt körbe vevő táblához viszonyítva mélyebben helyezkedik el, tápanyagterhelésre, vegyszer-szennyezésre utaló nyomot nem találtunk.

A többi táblába ékelődött folt társulástani képe nagyon hasonló a fent említett élőhelyéhez. A szárazabb helyeken sokszor az *Agrostio Alopecuretum* társulás visszahúzódik, és a *Puccinellietum* degradált formája megy át egyből a *Bolboschoeno-Phragmitetum*-ba.

Jelentős tápanyagterhelésre utaló nitrofíl gyomokat, illetve vegyszerterhelésre utaló kiegészítőket ezekben a foltokban sem találtunk, viszont a társulások kiszáradásának veszélye a csatornázás hatására mindegyik társulás esetében fenn áll kisebb-nagyobb mértékben.

5.7. táblázat

A P8-as táblába ékelődött vegetációs folt növényasszociációi

Társulás típus	Uralkodó faj	Fajlista	
Achillea-Festucetum pseudivinae	<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Artemisia vulgaris</i> <i>Achillea millefolium</i> <i>Agropyron repens</i> <i>Bromus inermis</i> <i>Cichorium intybus</i> <i>Cirsium arvense</i> <i>Carduus acanthoides</i> <i>Convulvulus arvensis</i> <i>Daucus carota</i> <i>Festuca arundinacea</i> <i>Juncus compressus</i> <i>Lactuca serriola</i>	<i>Leonurus marrubiastrum</i> <i>Linaria vulgaris</i> <i>Lotus corniculatus</i> <i>Plantago major</i> <i>Polygonum lapathyfolium</i> <i>Potentilla anserina</i> <i>Rumex stenophyllum</i> <i>Matricaria maritima</i> L. subsp. <i>inodora</i> (L.) Soó <i>Melandrium album</i> <i>Sonchus oleraceus</i> <i>Verbascum blattaria</i>
Agrostio Alopecuretum	<i>Agropyron repens</i>	<i>Poa angustifolia</i> <i>Cirsium arvense</i> <i>Achillea millefolium</i> <i>Melandrium album</i> <i>Carduus acanthoides</i> <i>Rumex stenophyllus</i> <i>Linaria vulgaris</i> <i>Bromus inermis</i> <i>Matricaria inodora</i>	<i>Thlapsi arvense</i> <i>Puccinellia limosa</i> <i>Juncus compressus</i> <i>Aster punctatum</i> <i>Rumex acetosella</i> <i>Inula britannica</i> <i>Polygonum aviculare</i> <i>Agropyron repens</i>
Puccinellietum limosae	<i>Puccinellia limosa</i>	<i>Puccinellia limosa</i> <i>Agropyron repens</i> <i>Champhorosma annua</i>	<i>Aster tripolium</i> <i>Bassia sedoides</i>
Bolboschoeno-Phragmitetum	<i>Phragmites australis</i>	<i>Lycopus exaltatus</i> <i>Juncus compressus</i> <i>Rumex stenophyllum</i>	<i>Agropyron repens</i> <i>Galium aparine</i> <i>Phragmites australis</i>
Kevert társulás a területen húzódó, időszakos belvíz-csatorna medrében és mentén.	<i>Agropyron repens</i>, <i>Phragmites australis</i>, <i>Carex vulpina</i>	<i>Phragmites communis</i> <i>Agropyron repens</i> <i>Bassia sedoides</i> <i>Calamagrostis epigeios</i> <i>Beckmannia eruciformis</i> <i>Cirsium brachycephalum</i> V <i>Symphytum officinale</i> <i>Agrostis stolonifera</i>	<i>Lycopus exaltatus</i> <i>Cirsium arvense</i> <i>Lactuca serriola</i> <i>Potentilla anserina</i> <i>Poa trivialis</i> <i>Juncus compressus</i> <i>Aster punctatum</i> <i>Rumex stenophyllus</i>

A vegetáció térképezés kapcsán felmerült, hogy a társulások pontos térbeli lehatárolásával elvégezzem a távérzékelte felvételen a természetes-természetközeli társulások természetű növényektől, illetve egymástól való elkülönítését.

Ehhez tanító területként a fent említett növényzeti foltot használtam fel. Az elemzést itt is az ENVI 3.6 szoftverrel végeztem.

Az már a természetű növények leválogatásánál kiderült, hogy a natív vegetációs foltok egyértelműen elkülöníthetők a haszonnövényektől, abban az esetben, ha azokat egy különálló osztályként kezelem.

Első lépésként az így különválogatott foltokban végeztem el a korábban lehatárolt társulások alapján az ellenőrzött osztályba sorolást, melynek eredményét a P8-as táblában található foltnál az 5.8. táblázat mutatja (lásd következő oldal).

5.8. táblázat

A P8-as tábla vegetációs foltjának konfúziós mátrixa

Társulások	pontosság (%)	pontosság (pixels)
<i>Bolboschoeno-Phragmitetum</i>	85.71	12/1
<i>Puccinellietum</i>	84.34	70/8
<i>Achillea-Festucetum pseudivinae</i>	70.00	7/1
<i>Agrostio Alopecuretum</i>	72.50	116/16
<i>Kevert társulás</i>	91.30	21/2
<i>Kukorica</i>	89.29	25/2

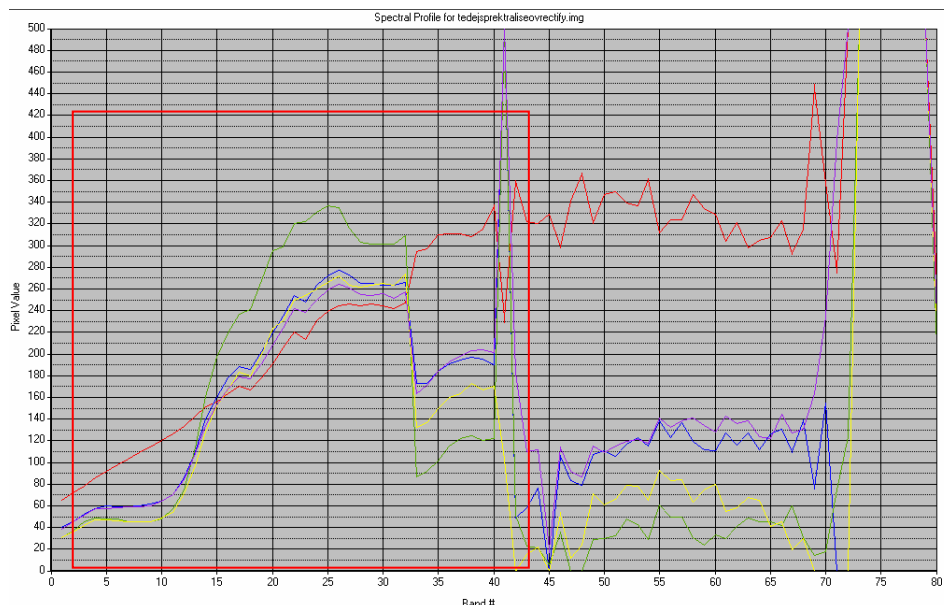
Az elemzést ezután kiterjesztettem a teljes területre, úgy hogy a már ismert termesztett kultúrák mellé az egyes társulásokat külön osztályonként adtam meg.

Az elemzés azt mutatta, hogy míg a külön leválogatott foltok esetében a természetes növénytársulásokra elkészített osztályozás megbízhatósága 70-85%-os volt, a teljes területen, a termesztett növényeket is belevéve a besorolás megbízhatósága a nativ vegetáció estén drasztikusan csökkent, gyakorlatilag minden társulást a *Bolboschoeno-Phragmitetum*-ot kivéve *Puccinellietum*-nak sorolt be.

Ennek valószínűleg az az oka, hogy az egyes társulások spektrális képe nagyon hasonló egymáshoz. Görbéiket összevetve csupán néhány a látható tartományba eső csatorna esetében van csak eltérés a reflektancia értékekben (lásd 5.12. ábra a következő oldalon). S így a termesztett növények karakteresen elkülönülő spektrális képe mellett a program nem tudta kezelni ezeket a finom különbségeket. Hozzá tartozik a kérdéshez az is, hogy felvétel augusztus elején készült, mikor ezek a társulások kiszáradt állapotban, alacsony biomasszával vannak jelen az élőhelyen, így spektrális képüket jelentősen meghatározza.

Az eredményeket figyelembe véve, valamint annak érdekében, hogy osztályba sorolásunk megbízható legyen a területen, végül a két lépcsős elemzés nyújtotta a legmegfelelőbb megoldást. Az első lépcsőben a termesztett és a természetes foltok, társulás-specifikációk nélkül kerülnek leválogatásra. Az így kapott foltok egyenként ezután már nagyobb biztonsággal elemezhetők társulás szinten.

Miután megtörtént az agrár és a természetes élőhelyek leválogatása, a vizsgálati területen az élőhelyek, élőhely hálózatok térbeli kiterjedését, állapotát, kapcsolatát mértem fel.



5.12. ábra

A P8-as tábla vegetációs foltjának társulásaihoz rendelt spektrális könyvtárak
Puccinellietum (piros) *Bolboschoeno-Phragmitetum* (zöld) *Achillea-Festucetum* (lila)
Agrostio Alopecuretum (kék), sárga: *Zea mais*

5.2.3.4 Élőhely- fragmentációs folyamatok értékelése

A leválogatott területek esetében az ArcView 3.2 szoftverrel végeztem el a területszámításokat, melyek az indikátor értékek kalkulálásának alapját szolgáltatták.

Az ehhez a témakörhöz tartozó, távérzékelte felvételek elemzésével meghatározható indikátorokat a következő oldalon látható 5.9. táblázat szemlélteti.

Az eredmények alapján elmondható, hogy a területen az intenzív művelés ellenére még mindig jelentős a természet-közeli élőhelyek kiterjedése.

Mint ahogy az indikátorokkal megállapításra került, a vizsgálati terület élőhely térképe nagymértékben fragmentált. A természetes növényvel borított foltok illetve a természetvédelmi területek között a kapcsolat nem biztosított maradéktalanul.

Az ökológiai és zöldfolyosók kijelölésekor elsősorban a vonalas élőhelyeket vettük figyelembe. Definíció szerint ökológiai folyosóként volt értékelhető a terület északi és keleti részét körbeölelő fasor, illetve a keleti részen a fasor mögött húzódó keskeny gyepsáv (5.13. ábra lásd a 83. oldalon).

5.9. táblázat

Az élőhelyfragmentációs folyamatok indikátorai

Jelenség	Indikátor	Változók	Értékek	Felhasznált adatok
ÉLŐHELYHÁLÓZATOK				
Térbeli összetettség	1. az élőhelyeket elválasztó határok	hosszarány	■ földút: 31,07% ■ csatorna: 11,64% ■ nádas-magaskórós: 6,39% ■ gyp: 23,38% ■ fasor: 21,52% ■ erdősáv: 3,68% ■ szikes folt: 2,63%	■ légi felvételek ■ földhasználati, ■ vegetációs térképek ■ táblatorzs-könyv
	2. a határok típusai, számuk			
	3. a táj változatossága	Shannon-index	-0,86	
	4. a művelt és nem művelt területek aránya – beleértve a szegélytársulásokat	területarány	művelt terület: 92,61% természetes, természet közeli vegetáció: 7,36%	
	5. lineáris élőhelyek (sövények, fasorok, nádas sávok) hossza	Hossz	A művelt táblák kerülete: 77,2 km Fasor: 15,26% Gyepsáv: 8,59% Nádas sáv: 14,62%	
Az élőhely kiterjedése	1. a mezőgazdasági tevékenységhez kapcsolódó élőhelyek kiterjedése	természetközeli területek kiterjedése	művelt terület: 91,61% természetes, természet közeli vegetáció: 7,36%	■ élőhely típusok a Nemzeti biodiverzitás monitoring rendszer alapján ■ ÉTT adatbázisai
	2. természetes élőhelyek a művelt területek közé ékelődve	természetvédelmi területek kiterjedése	Teljes terület: 1850ha Ex lege területek: 40ha – 2,20%	
Kapcsolat az egyes élőhelyek között	1. kapcsolat az értékes természetes és természetközeli élőhelyek között	■ ökológiai folyosók megléte ■ hossza ■ minősége	Nincs kapcsolat	■ légifelvételek ■ földhasználati, ■ növényföldrajzi térképek alapján ■ CORINE adatbázis
	2. kapcsolat a fenti területek és a NATURA 2000 program élőhelyei közt		Nincs ilyen a területen	NATURA 2000 programba felvett és jelölt területek listája
	3. az élőhelyek sokfélesége	Shannon-index	művelt területekhez kötődő élőhelyek kiterjedése: 136ha Sh index: 0,59	



5.13. ábra

Az élőhelyek összeköttetését jelző objektumok leválogatása a távérzékelte felvételen

Zöldfolyosóként az öntöző és belvízcsatornákat, illetve az azokat körbevevő nádas sávokat jelöltük meg elsődlegesen. Azonban, amint ez az 5.14. ábrán is látható a Hortobágyi Nemzeti Park által kijelölt ex lege területek nincsenek összeköttetésben egymással. A területen meglévő táj szerkezeti elemek nem alkotnak összefüggő biotóp-hálózatot.



5.14. ábra

A tedeji mintaterületen az egyes élőhelyek elhelyezkedése: jelenlegi állapot
fehér – ex lege területek, **sárga** – természetközeli vegetáció, **zöld** – erdőfolt, **barna** – fásor, **kék** – csatorna, **piros** – földúthálózat.

Mindazonáltal a terület jelenlegi szerkezete jól mutatja az estleges fejlesztési lehetőségeket. Amennyiben megoldható a táblákon belül és a táblák között húzódó földutak mentén 3-5 méteres gyepsávok, s így zöldfolyosók kialakítása, megvalósulna a természetes és természetközeli élőhelyek összekapcsolása.

A területen végzett biomassza számítások révén (NDVI index) a táblák területéből kiválogathatóak azok a részek, ahol a hozam valamely okokból (gyomosodás, talajtani adottságok, belvíz) alacsonyabb a termésátlagnál. Ezek a területek a talajtérkép alapján termékenység szempontjából kedvezőtlen talajú részek. Ezeket a területeket érdemes lenne a művelés alól kivonni és rajta gyepgazdálkodást folytatni.

A termőhelyi adottságokat és a meg lévő szerkezeti elemeket figyelembe véve a területen javasolt biotóp-hálózatot az 5.15. ábra szemlélteti.



5.15. ábra

Javasolt biotóp-hálózat a Tedej Rt. területén

mezőgazdasági terület (0); ökológiai folyosó (1); mezőgazdasági vízrendezés (2); infrastruktúra (3); kialakítandó vizes élőhelyek (4); meglevő vizes élőhelyek (5); kialakítandó erdősávok(6); gyepterület (7); meglevő erdősávok;

5.2.4 Táj

5.2.4.1 Változatosság, természetesség

A táj, mint környezeti rendszeren belül az egyes mutatócsoportokhoz rendelt indikátor értékek számításához az előző alfejezetekben közölt adatokat használtam fel.

Az ehhez a témakörhöz tartozó, távérzékelte felvételek elemzésével meghatározható indikátorokat az alábbi táblázat mutatja.

5.10. táblázata
A táj állapotindikátorai

Jelenség	Indikátor	Változók	Értékek	Felhasznált adatok
Természetesség				
Természetes szerkezetesség	1. meg felel-e a földhasználati mód a terület természeti adottságainak	szikes területek közül a művelés alá vont részek aránya	Teljes terület: 286,55ha Művelés alól kivett: 117,24ha	CORINE adatbázis genetikus talajtérképek ÉTT adatbázis
		művelt területeken az erózió mértéke	lsd. eróziós modell	
		belvíz veszélyeztetett területek közül a művelés alá vont részek aránya	Teljes terület: 456,25ha Művelés alól kivett: 117,24ha	talajinformációs térkép
	2. természetközeli élőhelyek aránya területegységre lebontva	területarány	5,14%	NBMR, CORINE adatbázisa ÉTT adatbázis
	3. természetes élőhelyek aránya területegységre lebontva	területarány	2,22%	NBMR, CORINE adatbázisa
	4. összeköttetés a hasonló tájelemek közt	biotóp-hálózat megléte	lsd. ökológiai folyosók	FÖMI légifelvétel-adatbázis
	5. a jellegzetes élőhelytípusok aránya (természetes vagy mesterséges)	méret % a művelt terület-hoz képest	Szikes gyepek: 2,1% Degradált kocsánytalan tölgyes: 1,9%	NBMR adatai
Természetes sokféleség	1. a nyílt és zárt tájegységek aránya	szántóföld – gyeperdőterület aránya	Szántóföld: 91,61% Gyep: 1,9 % Erdőterület: 2,1%	
	3. adott művelési módhoz kapcsolódó fajok száma területegységre lebontva	Termesztet növények biodiverzitása: Shannon-index	Kukorica: 1,06 Cukorrépa: 1,04 Őszibúza: 0,56 Lucerna: 1,39	
	4. az élőhelyek sokfélesége	Shannon-index	0,59	
	5. a földhasználat változatossága	a típusok száma, kiterjedése	Szántó: 91,6% Gyep: 1,9% Erdő: 2,1% Beépített terület: 3% Csatorna: 0,4 % Föld út: 1%	
	6. a növényzet sokfélesége	természetes földhasználat aránya	Gyepgazdálkodás: 17ha – 0,94%	
	7. nyílt vízfelületek	százalékos területaránya	Trágyató, csatorna vízfelülete: 14,48 ha – 0,8%	
	8. domborzat	a különböző domborzati formák változatossága	lsd. domborzati modell	a terület digitális domborzati modellje

az 5.10 táblázat folytatása

Jelenség	Indikátor	Változók	Értékek	Felhasznált adatok
Természetbe illő tájgazdálkodás	A földhasználat intenzitása	öntözött/öntözetlen területek aránya	63%	Táblatorzskönyv, Biomassza indexek Vegetációs és terméstérkép
		gabonafélék hozama	Őszibúza: 7t/ha Kukorica: 10,2t/ha	
		gabonafélék aránya a területen	50%	
		művelt területek aránya	91,62%	
		gyepterületek aránya	1,9%	

5.3 A levegő

A levegő, mint környezeti elem esetében, a rendelkezésemre álló adatok alapján egyetlen indikátor értéket tudtam közvetett módon számítani, a munkagépek által kibocsátott füstgáz mennyiségét Gulyás nyomán az alábbi képlettel :

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

ahol: V= a füstgáz mennyisége fizikai normál állapotban - nm³/kg

Vⁿ= az elméleti füstgázmennyiség fizikai normál állapotban - nm³/kg

L₀= elméleti levegőszükséglet fizikai normál állapotban – nm³/kg

m= légfelesleg tényező

Az így kapott adatok alapján Moser&Pármai (1992) nyomán meghatároztam táblaszinten az egy hektárra eső füstgáz kibocsátást, különös tekintettel a CO-ra, NO_x és a PAH vegyületekre (5.11-12. táblázat).

5.11. táblázat

A munkagépek által okozott füstgázemisszió táblaszinten a 2000/2001 -ben

Tábla ¹	Gázolaj ² l/ha	Emisszió ³ Nm ³ /kg		
		Füstgáz ⁴	CO	PAH
P1	135,58	1279,197	44,77191	31,97993
P2	222,26	2097,023	73,39581	52,42558
P3	77,9	734,9865	25,72453	18,37466
P4	186,49	1758,873	61,56054	43,97182
P5	210,84	1989,275	69,62464	49,73189
P6	375,21	3540,106	123,9037	88,50266
P7	2,54	23,9649	0,838772	0,599123
P8	118,62	1119,18	39,17129	27,97949
P9	112,37	1060,21	37,10738	26,50527
P10	3,65	34,44	1,205321	0,860944
P11	110,77	1045,12	36,57902	26,12787
P12	112,14	1058,04	37,03143	26,45102
P14	686,61	6478,15	226,7351	161,9537
P15	73,52	693,70	24,27946	17,34247
P18	99,39	937,71	32,81974	23,44267

5.12. táblázat

A munkagépek által okozott füstgázemisszió táblaszinten a 2001/2002 termelési évben

Tábla	Gázolaj l/ha	Emisszió Nm/kg		
		Füstgáz ⁴	CO	PAH
P1	194,66	1836,617	64,2816	45,91543
P2	282,9236	2669,384	93,42845	66,7346
P3	110,9343	1046,665	36,63328	26,16663
P4	173,4576	1636,572	57,28002	40,9143
P5	153,1049	1444,545	50,55907	36,11362
P6	181,9789	1716,971	60,09397	42,92427
P7	105,2102	992,6578	34,74302	24,81644
P8	480,0315	4529,097	158,5184	113,2274
P9	112,6187	1062,557	37,1895	26,56393
P10	109,8357	1036,3	36,27051	25,90751
P11	162,7541	1535,585	53,74578	38,38963
P12	163,823	1545,67	54,09845	38,64175
P13	116,8013	1102,02	38,57071	27,55051
P14	167,8864	1584,008	55,44029	39,6002
P15	142,1135	1340,841	46,92943	33,52102
P18	327,892	3093,661	108,2781	77,34153

Mivel az indikáció itt közvetett volt, nem mért, hanem kalkulált adatokon alapult, valamint nem lévén összehasonlítási alap, mely szerint értékelni lehetne a kapott emissziós értékeket, ezeket az adatokat nem használtam fel végső értékelésnél.

5.4 A víz

A víz, mint környezeti elem esetében a vízkivétel indikátoraként az öntözésre felhasznált mennyiséget vettem alapul (5.13-14. táblázat).

5.13. táblázat

Az öntözött táblák és az öntözésre felhasznált vízmennyiség a 2000/2001-es termelési évben

TABLANEV	MERET	DATUM	TER	ÖSSZMEN	ATLAG
p4	60	01_05-01-31	60		
p5	107	01_05-01-31	20	41427	103,5675
p8	121	01_05-01-31	121	5325	44,00826
p11	124	01_05-02-31	124	3926	31,66129
p14	121	01_05-01-31	111	16773	151,1081

5.14. táblázat

Az öntözött táblák és az öntözésre felhasznált vízmennyiség a 2000/2001-es termelési évben

TABLANEV	MERET	DATUM	TER1	ÖSSZMEN	ATLAG
p5	107	02_05_14_26	107	11835	110,61
p8	121	02_05_07_10	121	30811	254,64
p9	87	02_05_6_16	87	35365	406,49
p11	124	02_05_04_14	124	46052	371,39
p12	117	02_05_10_14	117	39941	341,38
p14	121	02_05_04_07	30	69199	571,89
p15	135	02_05_04_13	135	27498	203,69

Ha megnézzük mindkét évben az öntözött táblákat és összevetjük akár a távérzékelte adatok elemzésével kapott talajdegradációs térképpel, akár a szikes tulajdonságok megjelenésének kartogramjával, látható, hogy a P5-ös, a P8-as és a P11-es tábla annak ellenére szerepel mindkét évben az öntözött táblák között, hogy területüknek több mint 50%-án különböző mértékben megjelentek a felső termőrétegben a szikes tulajdonságok.

Tekintve azt, hogy az Rt. tél végi hóolvadás valamint a tavaszi esőzések nyomán a táblákról elvezetett belvízből fedezi öntözővíz igényének majd 30%-át, valószínűsíthető, hogy ezeken a táblákon tovább fog terjedni a másodlagosan szikesedett területek mérete, de a folyamat elérhet a jelenleg szikesedésnek még csak csekély nyomát mutató táblákat is (P9, P12, P15).

A tápanyag- és vegyszerterhelés tekintetében, akárcsak a levegőnél, a víz esetében is hiányzik az adatok értékelhetőségéhez az összehasonlítási alap. E nélkül az összesített értékek ismeretében csak azt a következtést tudom levonni, hogy az Rt. nem lépte túl a Nitrát Direktívában előírt, kiadható nitrogén mennyiséget egyik évben, egyetlen táblán sem.

A felszíni befogadók veszélyeztetettsége tekintetében, ha megnézzük a terület vegetációs térképét, a csatornák, nádasok elhelyezkedését, nem találunk megfelelő szélességű szegélyzónát egyetlen tábla esetében sem. S ha összevetjük a terület domborzat modelljét a csatornahálózattal, látható, hogy a felszíni befogadók minden esetben a táblákhoz viszonyítva mélyebben helyezkednek el, összegyűjtve így a csapadék, öntözés során erózióval mozgó tápanyagot és vegyszermaradványokat.

Megfelelő viszonyítási alap nélkül azonban ezek az információk sem értékelhetők ki objektíven, így a végső értékelésbe ezeket az adatokat sem vontam be.

6 KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

6.1 Következtetések

A Tedej Agrártermelő és Szolgáltató Rt. „Pusztai” területének sajátos természeti adottságai révén alkalmas arra, hogy bemutassam, hogyan aknázhatja ki az Rt. ezeket a természeti előnyöket a jelen agrárkörnyezet- és természetvédelmi törekvések mentén indult támogatási programok keretén belül.

A két földrajzi régió határán fekvő terület talajtanilag rendkívüli mozaikosságot mutat, mely egyrészt igen határozott korlátok közé szorítja a művelési lehetőségeket. Másrészt viszont remek lehetőséget biztosít arra, hogy megfelelően átgondolt intézkedésekkel elérhetővé váljanak az Rt. számára a Közös Agrár és Vidék Politikára épülő és növekvő költségvetésű második pillére mentén megnyíló forráskeretek.

A jelen támogatási rendszerek – a termés alapú támogatásokon túl (első pilléres támogatások) – elsősorban azon tevékenységeket igyekeznek előnyhöz juttatni, ahol a termelés a környezeti alkalmazkodás jegyében megy végbe, azaz a természeti erőforrások hasznosítása a környezeti adottságoknak megfelelő intenzitással és mértékben történik. A cél tehát egy olyan termelési rendszer kiépítése, ahol a termőterülettel szemben támasztott igények és a terület természetes adottságainak eltérése kicsi; a termelésben csak kiegészítő jellegű a mesterséges, viszont nagy a természetes erőforráshányad, ami azonban a termelés során nem csökken, de legalábbis egyensúlyban marad.

Egy ilyen termelési rendszer megteremtésének első lépése egy olyan környezetinformációs rendszer kiépítése, mely segítségével egyrészt a gazdálkodó felmérheti termőföldjének természeti adottságait, valamint a tevékenység környezeti hatásai is sikeresen azonosíthatók.

A dolgozatban bemutatott a hagyományos, terepi adatgyűjtő módszerek és a térinformatikai és távérzékelési technológiák ötvözésén alapuló, egységes monitoring rendszer alkalmas egy ilyen információs rendszerhez szükséges adatbázis felépítésére a szántóföldi növénytermesztés keretein belül.

A következőkesen könyvelt gazdálkodási adatok részletes információt nyújtanak a termelés forrás igényéről, anyag- és energia inputjáról, illetve a területen elvégzett művelési munkákról.

A természeti adottságok, a természetes erőforrások állapotának elemzésére pedig a talajtani (sótartalom, tömörödöttség, talajművelési munkák modellezése táblaszinten), a domborzati (erózió, szennyezés terjedés, veszélyeztetett területek), valamint növénytani (biodiverzitás, ökoszisztémák állapota) vizsgálatok nyújtanak megfelelő alapot.

Az eltérő módszerekkel gyűjtött adatok egységes térinformatikai környezetbe történő integrálása során pedig azok összevethetővé, egymás függvényében modellezhetővé váltak.

Tehát megfelelnek az környezeti információs rendszer azon követelményének, mely szerint az alapadatokat összevetve, egymás függvényében újraértékelve a területről új, tágabb értelmű információk nyerhetők.

Ennek egyik példája a terepi és a multispektrális felvétel elemzésével levont következtetés, mely szerint a szikes tulajdonságok fokozatosan terjednek és erősödnek az öntöző csatornák, a mélyebben fekvő, belvizes területek mentén, mely nem megfelelő öntözési és vízrendezési gyakorlatot jelez.

A tápanyag-gazdálkodás viszonylagos kiegyensúlyozottságát, illetve a növényvédőszeres ésszerű és viszonylag mértéktartó felhasználását jelzi viszont a táblákba ékelődött természetközeli vegetációval borított területeken a növénytársulások viszonylag nagy faji diverzitása (védett fajok megjelenése), és stabilitásukat jellemző állandóságuk.

Így tehát a megfelelően felépített környezeti információs rendszer alkalmassá válik hatásértékelésre, a gazdálkodás környezeti hatékonyságának mérésére.

Az objektivitás céljából azonban szükség van egy megbízható, áttekinthető mutatórendszer kidolgozására, mely egyértelmű információkat szolgáltat a kérdéses terület állapotáról mind a gazdálkodó, mind a politikai döntéshozók, mind a támogatásokat elbíráló és azok eredményességét értékelő hatóságok számára.

A dolgozatban bemutatott indikátorrendszerhez szükséges alapadatok a talaj, az ökoszisztémák, a táj teljes mértékben, a levegő és a víz esetében pedig részben előállíthatók.

A táblatorzskönyvi adatok alapján számszerűsíthető, a térinformatikai rendszerrel pedig térben megjeleníthető a műtrágya, szerves trágya, növényvédőszer felhasználás mértéke, megoszlása a területen. Ugyanígy számítható a vízfelhasználás, valamint az üzemanyag fogyasztás mértéke. A gázolaj fogyasztás mértékéből számítható a füstgázterhelés.

A talajművelési munkákra vonatkozó adatok és azok a talajtulajdonságokkal együtt történő térbeli megjelenítése alapján számítható a talaj fizikai terhelése. A talajinformációs rendszer alapján pedig tervezhető a termőhelyi viszonyokhoz alkalmazkodó talajművelés

A termőterület egészéhez (1500 ha) képest elenyésző (~1 ha) méretű tanító terület mintavételezésével nyert adatok a távérzékelte felvétel segítségével a teljes területre kiter-

jeszhető információt szolgáltatott a szikesedési tulajdonságok kiterjedéséről. Ezeket az eredményeket termesztési terv ismeretében felhasználhatók ez esetleges terméskiesések előrejelzésére, valamint a vetésszerkezet tervezésében (sótoleráns növények vetése, erősen szikes területek kivonása a termelésből, vizes élőhelyek kialakítása a belvizes területeken).

A természetközeli vegetáció térképezés adatait a hiperspektrális felvétel elemzésével - az egyes asszociációkra felállított spektrális könyvtárak felhasználásával - információt kaphatunk a vegetációs foltok összetételére, az egyes társulások stabilitására, természetességére vonatkozóan.

A fenti adatokat összefüggéseiben áttekintve és újraértékelve pedig megvalósítható a területen a földhasználati zónarendszer kialakítása.

A gazdasági adatok térinformatikai rendszerbe történő integrálása alkalmassá teszi a kidolgozott rendszert arra, hogy kapcsolódjon a DeMETER rendszer termőföldértékelő rendszeréhez, valamint a FÖMI által koordinált MEPAR-hoz, kiegészítve azokat a termelés környezeti és ökológiai hatásainak értékelésének lehetőségével.

A gazdálkodási, talajtani, természetvédelmi adatok tematikus feldolgozása, azok művelési egységekhez – táblákhoz – történő kapcsolása pedig alkalmassá teszi a rendszert az Érzékeny Természeti Területek, a támogatás fejében előírt üzemterv elkészítésének támogatására.

A kidolgozott monitoring és indikátorrendszer pedig alkalmas a környezetmenedzsment rendszerek bevezetéséhez kötelezően előírt környezeti állapotfelmérés elvégzésére.

6.2 Javaslatok

A jelen kutatás keretén belül megvalósult adatgyűjtések nem szolgáltatott megfelelő háttérinformációt a levegő és víz, mint környezeti elemek állapotának részletes értékeléséhez. E területen a termelés környezeti hatásainak megítélése szempontjából hiányossága a rendszernek a tápanyag-gazdálkodás és a növényvédelem környezeti értékelése. A további vizsgálatokhoz mindenképpen kiegészítő mérések szükségesek a talaj és a víz nitrát, foszfát, valamint növényvédőszer maradvány tartalmára nézve.

A tápanyag-gazdálkodás tekintetében érdemes lenne egy nitrogén és egy foszfor mérleget felállítani a területre a gazdálkodási adatok és a talajinformációs rendszer alapján.

Ezek a mérlegek segítséget nyújtanak a nitrogénfelesleg meghatározásában. Alapelve ezeknek a számításoknak, hogy a kijuttatott tápanyagmennyiséget hasonlítják össze a haszonnövények által felvett mennyiséggel. Két megközelítésben számíthatók ezek a

mérlegek:

- *talaj-mérleg* – a növények fejlődéséhez szükséges, hozzáférhető ásványi anyagok mennyisége (vagy a bevitt tápanyagok) levonva a becsült felvételt.
- *farmszintű mérleg*: - a bevitt és a betakarított nitrogénformák (output) közötti minőségbeli különbség.

Másként csoportosítva beszélhetünk *bruttó* és *nettó nitrogén-mérlegről*:

- A *bruttó nitrogén többlet* a termesztéshez kapcsolódó nitrogén bevitel (hígrágya, műtrágya kivitel) és a növények által felvett nitrogén mennyiség különbségeként adható meg. Ez esetben a mérleg a mezőgazdasági termelés okozta többletet számszerűsíti.
- A *nettó nitrogén mérleg* a műtrágyából, a hígrágyából, valamint a légkörből származó nitrogén mennyiséget adja meg levonva belőle a betakarított növények által felvett, valamint a légkörbe távozott nitrogén mennyiségét

A nettó (talaj-) mérleg közelebb áll a tényleges nitrogénmennyiség becsléséhez, mint a bruttó (farmszintű) becslések. Ezek azonban csak az aktuális kimosódási rátát adják meg, mely függ a termőhely klímájától és talajának minőségétől. Ezzel szemben a farmszintű elemzések a bevitt nitrogénformák és a betakarított nitrogénformák közötti különbséget számszerűsítik.

A mérlegek elkészítéséhez javasolt vizsgálatok:

- A kivitt műtrágya és szerves trágya adagok alapján meghatározható az input mennyiség.
- Talajmintavételezéssel meghatározható a talaj elérhető tápanyagtartalma, a talajtípus alapján pedig nitrogén szempontjából a várható kimosódás mértéke.
- Az adott évben termesztett növény fajtája és az alkalmazott termesztési technológia meghatározza a talajból felvett tápanyagmennyiséget.
- Bizonytalan tényező a nitrogén-mérleg szempontjából a kivitel, illetve a talajbiológiai folyamatok során keletkező nitrogéndioxid illetve ammónia formájában távozó mennyiség

A növényvédelem környezeti hatásának, valamint hatékonyságának értékelése során a kivitt hatóanyagok szermaradványainak mennyiségi és minőségi vizsgálatát tartanám érdemesnek. Az adott év termelési adatait a kezelés után készített gyomtérrképpel kiegészítve térben becsülhető a választott technológia hatékonysága, talajminta-vételezéssel

pedig meghatározható a szermaradványok mennyisége a talajban.

Számos tényező összetett folyamatok révén hat a talajba került növényvédőszer maradványok lebomlására. Ilyenek az adott anyag kémiai aktivitása, reakcióképessége, mennyisége, az erózió/defláció mértéke, kimosódás vagy a felhalmozódás mértéke (az adott anyag mobilitása a talajban), illetve a talajvízszint mélysége. A fentiek következménye, hogy a növényvédőszerek környezeti hatásának értékelése többlépcsős folyamat:

- első lépése a vizsgált vegyület fiziko-kémiai tulajdonságainak (biológiai bonthatóság, stabilitás, a bomlás köztes termékeinek tulajdonságai, stb.) megállapítása.
Ebben a lépésben történik meg az előzetes kockázatbecslés is, a fenti ismeretek alapján a várható toxikusság megállapítása, valamint a vegyület környezetben történő felhalmozódásának előrelátható mértéke.
- a második lépés során az így nyert információk felhasználásával megtörténik a tényleges, számszerű kockázatbecslés (az anyagnak a környezetbe kerülésével beinduló kedvezőtlen folyamatok természetének és jelentőségének meghatározása).
- az utolsó lépés a kockázat becslése, melyen belül pl. sor kerül az alkalmazás csökkentésére, esetleg a használatból való kivonásra.

Mind a tápanyag-, mind a növényvédőszer-terhelés meghatározása igen költséges, és sokszor bizonytalan becsléseket eredményező folyamat.

Ehelyett érdemesnek tartanám a gazdaság területén és annak határain élő természetközeli élőhelyeken a vegetáció összetételének vizsgálatát, talajminta-vételezéssel összekötve, mint ahogy ezt a szikesedés példáján a dolgozatban is bemutattam. A bioindikátorok mindig érzékenyebb jelzői a környezet romlásának, mint a laboratóriumi mérések alapján megállapított koncentrációk, és emellett komplex, több tényező együttes hatásából eredő folyamatokat is képesek előre jelezni.

A tápanyagterhelés és a növényvédelem okozta stresszt a dolgozatban bemutatott szikesedési vizsgálatokat követve, távérzékelési eszközökkel kimutathatónak vélem.

A fentiekhez kapcsolódóan hiányzik a rendszerből a felszíni, felszín alatti vizekre gyakorolt hatások vizsgálata.

A tápanyagterhelés jelzésére alkalmas állapot indikátorok:

- a gazdálkodás által érintett vízfolyások, talajvízkészlet aktuális nitrát szintje
- a gazdálkodás által érintett vízfolyások, talajvízkészlet nitrát szintjében bekövetkező időbeni változások
- a vízgyűjtő területek nitrát terhelésének hatása befogadók parti régiójára

A tápanyagbevitel terhelés indikátorai:

- a szántók és más agrárterületek aránya vízgyűjtőterületen
- a kijuttatott műtrágya, szervestrágya mennyisége, az NH_3 formájában a légkörbe távozó és a biológiai N-fixáció során lekötött N mennyiség.
- nitrogén felesleg a fenti értékek alapján számított N mérleg alapján

7 ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatásaim során egy mezőgazdasági közép vállalkozás gazdálkodásának vizsgálata során egy térinformatikai és távérzékelési technológiákon alapuló környezetinformációs rendszert dolgoztam ki.

A megállapított eredmények egyrészt az adott területre szolgáltatnak gyakorlatban, elsősorban a gazdálkodás extenzív tételében, a kötelező adatszolgáltatásban hasznosítható, illetve a különböző környezetgazdálkodási támogatások megpályázáshoz szükséges információkat. Másrészt a hasonló méretű és profilú vállalkozások környezeti teljesítményértékeléshez nyújtanak hasznosítható adatokat, illetve világítanak meg a termelés és a természetes környezet között fennálló összefüggéseket. Az eredmények az alábbiakban foglalhatók össze:

7.1 Új tudományos eredmények

1. Igazoltam, hogy a megfelelően strukturált és részletes, digitális környezetinformációs rendszer elkészítése hatékonyan alkalmazható a környezeti terhelés mutatórendszerének kidolgozásához.
2. Igazoltam, hogy a szántóföldi növénytermesztés során a tematikusan és rendszeresen vezetett gazdálkodási adatok alapvető háttéradatként szolgálnak a környezeti mutatók számszerűsítéséhez és értékeléséhez.
3. Felállítottam a talajra, mint környezeti elemre, valamint az ökoszisztémára és a tájra, mint környezeti rendszerre egy specifikusan a mezőgazdaságra alkalmazható indikátorrendszert, a gazdálkodás környezeti hatásainak objektív értékelése céljából.
4. Igazoltam, hogy a távérzékelés technológiája a meg lévő környezetinformációs rendszerre alapozva, alkalmas a kidolgozott mutatórendszeren belül a vizsgálati terület szikesedési állapotának felmérésére.
5. Bizonyítottam, hogy a távérzékelés technológiája a meg lévő környezetinformációs rendszerre alapozva, alkalmas a kidolgozott mutatórendszeren belül a természetközeli élőhelyek ökológiai állapotának valamint a táj és a földhasználat változatosságának felmérésére.

7.2 Gyakorlatban hasznosítható eredmények

1. A környezeti információs rendszer felépítésének ismertetésével egy megbízható, a környezetgazdálkodási támogatások monitoringjában hasznosítható adatszolgáltatási rendszer kiépítésének lehetőségeit vázoltam fel.
2. Meghatároztam a kidolgozott mutatórendszerekhez szükséges adatforrások összetételét és az adatfeldolgozás technológiai minőségét.
3. Térben keveredő gyeptársulások meghatározásához légi hiperspektrális felvételezésen alapuló spektrális alapadatokat állítottam elő.
4. Szikes talajdegradációs folyamatok térbeli megoszlásához terepi és labormérésekkel kalibrált kritikus spektrális tartományokat válogattam le.
5. Precíziós talajművelés számára alkalmazható, indikátoralapú eljárást dolgoztam ki a káros emisszió és a fosszilis energia felhasználásának jelentős csökkentése érdekében.

8 KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Köszönöm témavezetőmnek, Dr. habil. Tamás Jánosnak a szakmai vezetést, s hogy lehetővé tette a DE ATC Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszékén a kutatást, valamint az értekezés megírását.

Köszönöm továbbá a DE ATC Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék munkatársainak, hogy részt vettek a kutatómunkában és hozzásegítettek az értekezés elkészítéséhez.

Köszönöm Körösi Róbertnek a Tedej Rt. Növénytermesztési részlegének vezetőjének, hogy lehetővé tette kutatásaimat az Rt. területén.

Köszönöm Dr. Tóth Tibornak, az MTA TAKI munkatársának, hogy lehetővé tette a szikesedési vizsgálatokkal kapcsolatos laboratóriumi munkák elvégzését, valamint neki és Rékásy Márknak a terepi felmérésekben nyújtott segítségét.

Köszönettel tartozom Dr. Róth Lászlónak és Dr. Kardeván Péternek Magyar Állami Földtani Intézet munkatársainak a hiperspektrális rendelkezésre bocsátásért és az elemzésekben nyújtott segítségért.

Köszönettel tartozom Tanyi Péternek és K. Szabó Zsuzsának a DE ATC Növényteni és Növényélettani Tanszék munkatársainak a növényteni felmérésben nyújtott segítségért.

Köszönöm Prof. Gerhard Schiefernek a Bonni Reihnische Friedrich-Wilhelms Egyetem, Agrármenedzsment Tanszék vezetőjének az indikátor-elemzés módszertanában nyújtott segítségért.

S végül de nem utolsó sorban köszönöm barátaimnak és családomnak a támogatást, és a végtelen türelmet, mellyel ezen disszertáció elkészülését kísérték.

A kutatást a következő pályázatok támogatták: EU-JRC PECOMINES; EU-JRC/DLR HYSENS; FVM 98857/16/2003; OTKA 047376; OTKA 37731.

9 SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

- [1.] 2253/1999 (X.7.) számú kormányhatározat a Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Programról és a bevezetéséhez szükséges intézkedésekről.
- [2.] 124/2003. (VIII. 15.) Korm. Rendelet az Európai Unió által nyújtott egyes pénzügyi támogatások felhasználásával megvalósuló programok monitoring rendszerének kialakításáról
- [3.] Angelsam, P., Mikusinski, G., (1994): Woodpecker assemblages in natural and managed boreal and hemi-boreal forest – a review. *Ann. Zool. Fennici*, 31, 157-172.
- [4.] Ángyán, J. (1991): A növénytermesztés agroökológiai tényezőinek elemzése (gazdasági stratégiák, termőhelyi alkalmazkodás) Kandidátusi értekezés, Gödöllő, 1-111.
- [5.] Ángyán, J. (1995): Környezetbarát gazdálkodási rendszer és struktúraváltás a szántóföldi növénytermesztésben. „AGRO 21” füzetek, „AGRO 21” Kutatási Programiroda, Budapest, 1995. 7. sz.
- [6.] Ángyán J.; Fésűs I.; Németh T.; Podmaniczky L.; Tar F. (1998): Magyarország földhasználati zónarendszerének kidolgozása az EU-tárgyalások megalapozásához, FM Agrárkörnyezeti, Erdészeti, Biogazdálkodási és Vadgazdálkodási EU Harmonizációs Munkacsoport megbízásából, Gödöllő, 110p/
- [7.] Ángyán, J., Fésűs, I., Németh, T., Podmaniczky, L., Tar, F., Vajnáné, Madarassy A. (szerk) (1999): Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Program (a környezetkímélő, a természet védelmét és a táj megőrzését szolgáló mezőgazdasági termelések támogatására) , Agrár-környezetgazdálkodási tanulmány kötetek, I. kötet, Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium, Budapest, 1999.
- [8.] Ángyán, J., Tardy, J., Vajdáné, M. A. (2003) – Védett és Érzékeny Természeti Területek Mezőgazdálkodásának Alapjai. Környezet és Tárgazdálkodás 1. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 68-70.
- [9.] Ángyán, J. (2005) Agrár-környezetgazdálkodás és Vidékfejlesztés az Európai Unióban és hazánkban. In Tamás J., Németh T. szerk. Agrárkörnyezetvédelmi indikátorok elmélete és gyakorlati alkalmazása. Kézirat.
- [10.] Antunes, P., Santos, R., Jordão, L. (2001): The application of Geographical Information System to determine environmental impact significance. *Environmental Impact Assessment Review* 21:511-535
- [11.] Baldock, D., Beaufoy, G. (1993): Nature conservation and the new direction in the EC Common Agriculture Policy: the potential role of EC policies in maintaining farming and management systems of high nature value in the Community, Report of the Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries, The Netherlands, IEEP, London-Arnhem, 1-156.

- [12.] Baldock, D.; Mitchell, K. (1995): Cross-Compliance within the Common Agricultural Policy: a review of options for landscape and nature conservation. A report for the Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries, Netherland and the Department of Environment, UK, IEEP, London.
- [13.] Bastiaanssen, W.G.M.; Molden, D.J.; Makin, I.W. (2000): Remote sensing for irrigated agriculture: examples from research and possible applications. *Agricultural Water Management* 46:137-145
- [14.] Bastian, O., (1996): Bewertung von Landschaftsfunktionen als Beitrag zur Leitbildentwicklung. Beitrag zum BTUC Workshop „Die Leitbildmethode als Planungsmethode“: 67-79
- [15.] Batchelor, W.D.; Basso, B. Paz, J.O. (2002): Examples of strategies to analyze spatial and temporal yield variability using crop models. *European Journal of Agronomy* 18(1-2: 141-158
- [16.] Baukó T. (1987): Távérzékelési alkalmazások, Békéscsaba. 297p.
- [17.] Bernardi, M. (2001): Linkages between FAO agroclimatic data resources and the development of GIS models for control of vector-borne diseases (review). *Acta Tropica* 79(1):21-34
- [18.] Bernáth J.; Borhidi A.; Fekete G.; Jakucs P.; Keszthelyi I.; Láng e.; Pócs T.; Précsényi I.; Simon T. (1981): Növényföldrajz, Társulástan és Ökológia. Tankönyvkiadó, Budapest 529pp.
- [19.] Birkás, M., Szemők A. (1999): Talajállapot hibák és orvoslásuk. *Gyakorlati Agroforum, Különszám a talajművelésről*, 10.7. 19-22
- [20.] Birkás, M., Antos, G., Csík, L., Szemők, A., (2002): Környezetkímélő és energiatakarékos talajművelés. SZIE, Gödöllő.
- [21.] Birkás M., Szalai T., Ángyán J., Bolye F. (2003): Talajművelés, talajvédelem. In: Ángyán, J., Tardy, J., Vajdáné, M. A. (2003) – Védett és Érzékeny Természeti Területek Mezőgazdálkodásának Alapjai. Környezet és Tájgazdálkodás Sorozat 1. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 267-268 p.
- [22.] Bodrogekőzy, Gy. (1980): Szikes puszták és növénytakarójuk. – Békés Megy. Múz. Közlem. 6: 29-50.
- [23.] Borhidi A; Sánta A(1999): Vörös Könyv Magyarország Növénytakarásairól, KöM TvH tanulmány kötetek 6., Bp. pp.I/65-78.
- [24.] Buckwell Report (1998): Towards a Common Agricultural and Rural Policy for Europe. European Committee, Brussels, 1-30.
- [25.] Buiten, H. J., Clevers, J. (1993): Land Observation by Remote Sensing, Theory and Application. Gordon & Bench Science Publishers, 1993, 642p.
- [26.] Búzás I. (1988): Talaj- és agrokémiai módszertan 2. A talajok fizikai-kémiai és kémiai vizsgálati módszerei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 45-46; 90-91.

- [27.] CEC (1992): Council Directive on the Conservation of Natural Habitats and Wild Fauna and Flora (92/43/EEC) – Habitat Directive
- [28.] Centeri Cs., (2002) Importance of local soil erodibility measurements in soil loss prediction *Acta Agronomica Hungarica* 50. 43–51.
- [29.] Chang, S., Westfield, M. J., Lehmann, F., Oertel, D., Richter, R.:(1993): A 79 - Channel Airborne Imaging Spectrometer , SPIE Vol. 1937 pp. 164 - 172, 1993
- [30.] Claridge, M.F.; Dawah, H.A., Wilson, M.R. (eds.) (1997): *Species: The units of biodiversity*. Chapman & Hall, London.
- [31.] Council Regulation (EEC) No. 2078/92 (1992): Official Journal of the European Communities No. 1. 215/85-90, 307.92.
- [32.] Council Regulation (EC) No 1257/1999 on support for rural development from the European Agricultural Guidance and Guarantee Fund (EAGGF) and amending and repealing certain Regulations
- [33.] Curran, P. J. (1988): *Principles of Remote Sensing* New York, p. 282.
- [34.] Csillag F.; Tóth T.; Biehl, L.L.; Michéli E. (1991): Characterisation of semivegetated salt-affected soils by means of field remote sensing. *Remote sensing of environment* 37:167-180.
- [35.] Csillag F., Pásztor L., Biehl, L.L.(1993): Spectral band selection for the characterisation of salinity status of soil. *Remote Sensing of Environment*. 43:231-242
- [36.] Detrekői, Á, Szabó Gy (2003): *Térinformatika* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 20.p.
- [37.] Dévai, Gy., Aradi. Cs., Wittner I., Olajos ., Göri Sz., Nagy ., (2001): Javaslat a Tiszai-Alföld vízi és vizes élőhelyeinek állapotértékelésére a holt medrek példáján – In: GLATZ F. (szerk.): *Magyarország az ezredfordulón Stratégiai kutatások a magyar Tudományos Akadémián Műhelytanulmányok* – In: Borhidi A. – Botta-Dukát Z. (szerk.): *Ökológia az ezredfordulón III., Diverzitás, konzerváció, szukcesszió, regeneráció*, MTA Budapest, p. 183-204.
- [38.] ECNC (2000): *Agri-environmental indicators for sustainable agriculture in Europe*, final report Tilburg 2000
- [39.] Erz, W. (1978): *Probleme der Integration de Naturschutzgesetzes in Landnutzungs programme*. TUB
- [40.] Fekete G., Molnár Zs., Horváth F. (1997): *A magyarországi élőhelyek leírása, határozója és a Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer. Nemzeti Biodiverzitás-Monitorozó Rendszer II. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest*
- [41.] Fekete G., Varga Z., Somogyi Z. (2001): *A Nemzet Biodiverzitás Stratégia és Cselekvési Program*. In: NBSAP, KöM TvH.
- [42.] Figueroa, D., Hedman, E. (2000): *Using Modern Geographic Data Technology to Make Maps for Swedish Farmers*. T-Kartor Sweden, AB.

- [43.] FVM (2003): Az EU-támogatások alapjai. FVM iránytű. 5-9.p.
- [44.] Gaál Z., Debreczeni Béláné, Kuti L., Makó A., Máté F., Németh T., Nikl I., Speiser F., Szabó B., Szabóné K. G., Szakadát I., Tóth G., Vass J., Várallyay Gy. (2003): D-e-Meter az intelligens környezeti földminősítési rendszer. In: Gaál, Z. Máté F., Tóth G. szerk. Földminősítés és Földhasználati Információ, Keszthely, 2003 3-21 pp.
- [45.] Gallagher, J.N., Biscoe, P.V., (1978): Radiation absorption, growth and yield of cereals. *Journal of Agricultural. Science* 91: 47–60.
- [46.] Gaston, K.J. (eds) (1996): *Biodiversity: A Biology of Numbers and Difference*. Blackwell Scientific Publications, London.
- [47.] Goel, P.K., Prasher, S.O., Patel, R.M., Landry, J.A., Bonell, R.B., Viau, A.A. (2003): Classification of hyperspectral data by decision trees and artificial neural networks to identify weed stress and nitrogen status of corn. *Computers and Electronics in Agriculture* 39:67-93.
- [48.] Gray A., (1996): Genetic diversity and its conservation in natural populations of plants. *Biodiversity Letters*, 3, 71-80.
- [49.] Gulyás, (1992). In Barótfi, I *Környezettechnika kézikönyv. Környezettechnika Szolgáltató Kft. Budapest* 1992. 57-59.
- [50.] Gyulai, I. (1996): Ökológiai folyosók, zöldfolyosók. *Természet Világa*. 127. évfolyam, 1996/II. különszám, 41-44.
- [51.] Haboudane, D., Miller, J.R., Tremblay, N., Zarco-Tejada, P.J., Dextraze, L., (2002.): Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture. *Remote Sens. Environ.* 81: 416–426.
- [52.] Kádár, I. (1992) *A növény táplálás alapelvei és módszerei*. 398 p., MTA TAKI - Kádár I., Budapest.
- [53.] Kardeván, P. Vekerdy, Z. Róth L., Sommer St., Kemper Th., Jordan Gy., Tamás, J. Pechmann, I. Kovács E., Hargitai H., László F. (2003): Outline of scientific aims and data processing status of the first hungarian hyperspectral data acquisition flight campaign, hyesns 2002 Hungary. Erasel, Germany 2003.
- [54.] Katonáné, K. J. (2003): Környezetterhelési mutatók jelentősége a mezőgazdaságban. *Agrárgazdaság, vidékfejlesztés és agrárinformatika az évezred küszöbén (AVA)*, 2003. április 1-2
- [55.] Katonáné, K. J. (2004): Környezeti mutatók – Agrárkörnyezeti mutatók. *Acta Agrarica Debreceniensis*, 2004. p. 248-255
- [56.] Kelemen j. (1997): Irányelvek füves területek természetvédelmi szempontú kezeléséhez. *Természetbúvár Alapítvány Kiadó, Bp.* 388p.
- [57.] Kerényi, A., (1991) *Talajerózió Térképezés, laboratóriumi és szabadföldi ki-*

sérletek Akadémiai Kiadó Budapest

- [58.] Kemenesy E. (1964): Talajművelés, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest., 225 p.
- [59.] Kismányoki, T. (2002): A tápanyagvisszapótlás a biztonságos és jövedelmező búzatermesztés előfeltétele.
- [60.] Knauer, N. and Mander, U., 1989. Untersuchungen über die Filterwirkung vetschiedener Saumbiotope an Gewasser in Schleswig-Holstein. I. Mitteilung: Filterung von Stickstoff und Phosphor. Z. Kulturtech. Landentwicklung, 30:365-376.
- [61.] Konkolyné, Gy. É. et al. (2003): Környezettervezés, Környezet és Tájjgazdálkodás 2. kötet, Mezőgazda Kiadó, Budapest, ISBN: 1785-0908
- [62.] Kreybig L (1946): Mezőgazdasági természeti adottságaink és érvényesülésük a növénytermesztésben. Kulcsár Könyvnyomda, Bp. 384p.
- [63.] Lal, R. J., Kimbel, E., Levine & B. A. Stewart (1995): Advences in Soil Science: Soil Management and Greenhouse Effect, Lewis Publishers, London.
- [64.] Láng I. (1981): Beszámoló az agroökológiai potenciál országos felméréséről. Agrártudományi Közlemények, Bp. 40.sz 29-98.
- [65.] Láng I., Csete L., Harnos Zs. (1983): A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- [66.] Láng I.; Csete L. (1992): Az alkalmazkodó mezőgazdaság, Agricola kiadó és Kereskedelmi kft., Bp. 210p.
- [67.] Láng I., Csete L., Jolánkai M.. (1995): Az agrárgazdaság fenntartható fejlődésének tudományos megalapozása, AGRO-21 füzetek. 12. Budapest
- [68.] Láng I. (2002): Stockholm – Rio de Janeiro – Johannesburg. Ezredforduló, Stratégiai Kutatások a Magyar Tudományos Akadémián 2002/4 7.p.
- [69.] Lawrence, M. J., Marshall, D. F., Davies, P. (1995): Genetics of genetic conservation. I. sample size when collecting germplasm. Euphytica, 84, 89-99.
- [70.] Lelong, C.C.D.; Pinet, P.C.; Poilvé, H (1998): Hyperspectral Imaging and Stress Mapping in Agriculture: A Case Study on Wheat in Beauce (France) 66(2):Pages 179-191
- [71.] Lóki, J. (1996): Távérzékelés földrajz tanárszakosszakos és szakgeográfus hallgatók számára. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen 1996. 101.p.
- [72.] van Lynden G.W.J., Mantel, S (2001): The role of GIS and remote sensing in land degradation assessment and conservation mapping: some user experiences and expectations. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 3(1): 61-68
- [73.] Májer, J. (1994): Az ökológia alapjai. Szaktudás kiadó, Budapest. 246 old.
- [74.] Madas A. (1985): Ésszerű környezetgazdálkodás a mezőgazdaságban. Közgazdasági és Jogi Kiadó, Bp. 204.p.
- [75.] Márkus F.; Nagy Sz. (1995): A mezőgazdasági és természetvédelmi politika

összehangolásának lehetősége Magyarországon, különös tekintettel a Környezeti Érzékeny Területek hazai rendszerének bevezetésére. WWF Magyarországi Képviselő, Bp. WWF-füzetek 10. 24p.

- [76.] Menges, R.M., Nixon, P.R., Richardson, A.J. (1985): Light reflectance and remote sensing of weeds in agronomic and horticultural crops. *Weeds Science* 33(4):569-581.
- [77.] Menyhért Z.; Szász G. (1997): Mezőgazdasági tájhasznosítás, tájtermelés. Tanulmány. Készült a MTA Stratégiai Kutatási Program (agrártermelés az ezredfordulón) keretében, Gödöllő-Debrecen, 100p.
- [78.] Metternicht, G.I., Zinck, J.A. (2003): Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints. Review article. *Remote sensing of environment* 85 1-20.
- [79.] Moser, D., Zechmeister, H.G. Plutzer, C., Sauberer, N. Wrbka, T., Grabherr, G. (2002): Landscape patch shape complexity as an effective measure for plant species richness in rural landscapes. *Landscape Ecology*, 17:657-669.
- [80.] Moser & Pármai, (1992). A Környezetvédelem alapjai 137-139.
- [81.] Müller, A.; Hausold, A.; Strobl, P. (2001): HySens—DAIS/ROSIS imaging spectrometers at DLR, Proceedings of the Eighth SPIE International Symposium on Remote Sensing, Toulouse, France, 2001.
- [82.] Nagendra, H.; Munroe, D.K.; Southworth, J. (2004): From pattern to process: landscape fragmentation and the analysis of land use/land cover change. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 101:111-115
- [83.] Németh T. (1994): Mintaterületek talajszelvényeinek szervesanyag- és nitrogéntartalma. Országos Környezetvédelmi Konferencia, Siófok, VITUKI Hidrológiai Intézet, Budapest, 138-146p.
- [84.] Németh T. (1995) Gondolatok a tápanyaggazdálkodásról a fenntartható mezőgazdasági fejlődés tükrében. XXXVII. Georgikon Napok, I. kötet. pp. 101-109., Keszthely.
- [85.] Németh T. (1996): Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest, 1996 250-277, 331-333.
- [86.] Németh T., Szabó J., Pásztor L. (2003): A földhasználat optimalizálásában rejlő lehetőségek hazánkban az EU-csatlakozás küszöbén. In. Gaál Z. Máté F., Tóth G. szerk. Földminősítés és Földhasználati Információ, Keszthely, 2003 99-113. p.
- [87.] Németh T. (2005): A gazdálkodás perspektívája az agrárkörnyezetvédelemben. In Tamás J., Németh T. szerk. Agrárkörnyezetvédelmi indikátorok elmélete és gyakorlati alkalmazása. Kézirat.
- [88.] OECD, (1997): Environmental Indicators for Agriculture, vol. 1: Concepts and Framework. Publications Service, OECD, Paris. Klijn, J., Vos, W. (Eds.), From

Landscape Ecology to Landscape

- [89.] OECD, 1999: Environmental indicators for Agriculture Volume 1 and 2 Issues and design – The York Workshop”, Last editon September 1999.
- [90.] OECD (2001): Environmental indicators for Agriculture, Volume 3 Methods and Results. Paris, France.
- [91.] OECD (2003): Agriculture and Biodiversity, Developing Indicators for policy analysis, Technical report and proceedings from an OECD Expert Meeting, Zurich, Switzerland, November 2001 22-25
- [92.] Olvasztó L. (2000). GPS alapú digitális talajtérképezési technikák, Szakdolgozat, DE ATC MTK, Víz- és Környezetgazdálkodás, Debrecen, 2000.
- [93.] Pechmann I., Tamás J., Kardeván P., Vekerdy Z., Róth L., Burai P.(2003a): Hiperspektrális technológia alkalmazhatósága a mezőgazdasági talajvédelemben, EU-Konform Mezőgazdaság és Élelmiszerbiztonság, Gödöllő 2003.06.05.
- [94.] Pechmann, I. Tamás J.(2003b): Evaluation of site-specific tillage with life cycle assessment, istro 16. Triennial conference: soil management for sustainability 2003.07.13-18. (CD-ROM)
- [95.] Piorr, H-P. (2003): Environmental policy, agri-environmental indicators and landscape indicators. Agriculture, Ecosystems and Environment 98:17-33.
- [96.] Rajkai, K., (2001) Modellezés és modellhasználat a talajtani kutatásban. Agrokémia és Talajtan. 50. 469–508
- [97.] Ray, T.W. (1994): A FAQ on Vegetation in Remote Sensing. Honlap cím: kepler.gps.caltech.edu/pub/terrill/rsvegfaq.txt
- [98.] Rescia, A.J. (1997): A fragmented landscape in northern Spain analysed at different spatial scales. Implication for management. Journal of Vegetation science, 343-352
- [99.] Rhoades, J.D., Chanduvi, F., Lesch, S. (1999): Soil salinity assessment. Methods and interpretation of electrical conductivity measurements. FAO Irrigation and Drainage Paper 57. 33-39.
- [100.] Rounsevell, M.D.A, Annetts, J.E., Audsley, E., Mayr T., Reginster, I. (2003): Modelling spatial distribution of agricultural land use at the regional scale.
- [101.] Rouse, J.W.; Haas, R.H.; Shell, J.A.; Deering, D.W.; Harlan, J.C. (1974): Monitoring the vernal advancement of natural vegetation, NASA/GSCF Final Report, Greenbelt, MD, 371 pp.
- [102.] Runquist, S., Zhang, N., Taylor, R.K. (2001): Development of field-level geographic information system. Computers and Electronics in Agriculture 31:201-209
- [103.] Rush, C., (2002): Prediction, detection and quantification of plant diseases with remote sensing technologies. Precision Agriculture Initiative for Texas High Plains, 2002 Annual Comprehensive Report.

- <http://precag.tamu.edu/files/rep42/2002PARReportFormandLetter.pdf>.
- [104.] Sárközy, F. (1991): Térinformatika, Budapest – interaktív oktatási anyag, http://bme-geod.agt.bme.hu/tutor_h/
- [105.] Schotman, A., (1998): Tussen bos en houtwal: broedvogels in een Twents cultuurlandschap, Leersum: RIN-rapport 88/37
- [106.] Schwermann, U., Vogl, W. & Kainz M., (1990): Bodenerosion durch Wasser, Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen, Ulmer, Stuttgart.
- [107.] Shah, R. (2000): Environmental indicators. Internet: www.invent-fz.org/coursematerial/k49/k49_section20.pdf
- [108.] Sipos S. (1978): Talajművelés. In: Lőrinci, J. (szerk): Földművelés-tan, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 330 p.
- [109.] Sipos J. V., Varga Z. (1993): Hortobágy krónika – Debrecen, 96 pp.
- [110.] Smeding, F.W. (1995): Protocol natuurplan. Wageningen: Wageningen Agricultural University, Department Ecological Agriculture.
- [111.] Smeets, E., Weterings, R. (1999): Environmental indicators: Typology and overview. Technical report, 25. European Environment Agency (EEA)
- [112.] de Snoo, G.R. (1999): Unsprayed field margins: effects on environment, biodiversity and agricultural practice. Landscape and Urban Planning 46: 151-160
- [113.] Sommer, S.; Hill, J.; Megier J. (1998) 'The potential of remote sensing for monitoring rural land use changes and their effects on soil conditions Agriculture, Ecosystems and Environment 67:197-209
- [114.] Stefanovits, P., (1977) Talajvédelem, környezetvédelem. Mezőgazda kiadó. Budapest
- [115.] Syversen, N., 1992. Vegetasjonssoners effekt på avrenning fra jordbruksarealer-arsrapport 1992. Jordforsk, Ås, Norway, 12 PP.
- [116.] Szabó, L. (1998): Növénytermesztés és a környezet. TAN-GRAFIX Művészeti Szolgáltató és Kiadó Kft., Budapest 1998. 71-88
- [117.] Szalai, T, Ángyán, J., Nyárai, H. F., Bolye, F., Ács S.né (2003): Vetésváltás, vetésforgó. In: Ángyán, J., Tardy, J., Vajdáné, M. A. (2003) – Védett és Érzékeny Természeti Területek Mezőgazdálkodásának Alapjai. Környezet és Tájgazdálkodás Sorozat 1. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 256-267.
- [118.] Tamás J. (1989): Ipari és kommunális szennyvíziszap hatása a Debrecen környéki homok és csernozjom talajok tulajdonságaira. Öntözés és talajvédelem 2.: 30-36.
- [119.] Tamás, J. (1997): Térinformatika és Környezeti Modellezés, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.
- [120.] Tamás J. (2002): Precíziós mezőgazdaság, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó,

Budapest.

- [121.] Tamás J. (2003): Spatial evaluation in impact of tillage for farm-scale management In: Proc. of ISTRO 16th Triennial Conference, The University of Queensland, Brisbane, Australia
- [122.] Tanyi P.; Nyakas A.; K. Szabo Zs.; Pechmann I. (2005): Egy természetközeli szikes rét botanikai állapotfelmérése. *Acta Agrarica Debreceniensis*, In press
- [123.] Tardy J. (1997): Nemzeti Természetvédelmi Alapterv (és néhány szubjektív megjegyzés). In: A mai világ és a jövő forgatókönyvei, Nemzeti Stratégia 2020-ig Könyvek (szerk. Varga Cs.; Tibori T.), Stratégiai Kutató Intézet – MTA Szociológiai Intézet – Magyar Kapu Alapítvány, Bp. pp. 412-466.
- [124.] Thenkabail, P.S.; Smith, R.B.; De Pauw, E. (2000): Hyperspectral vegetation indices and their relationships with agricultural crop characteristics. *Remote Sensing of Environment* 71:158-182.
- [125.] Thyll Sz. szerk (1996): Környezetgazdálkodás a mezőgazdaságban. Mezőgazda Kiadó, Bp. 1996.
- [126.] Tóth, T., Matsumoto, S., Mao, R., Yin, Y. (1996): Possibilities of using vegetation as predictor variable of salinity and alkalinity in salt affected soils. In: Misopolinos, N. & Szabolcs I.: Soil Salinisation and Alcalisation in Europe. 1996 ESSC Edition, Thessaloniki 163-175.
- [127.] Tulloch, D.L., Myers, J.R., Hasse, J.E., Parks, P.J., Lathrop, R.G. (2003): Integrating GIS into farmland preservation policy and decision making. *Landscape and Urban Planning* 63:33-48
- [128.] UNEP–EEA, (2000) Down to Earth: Soil Degradation and Sustainable Development in Europe. A Challenge for the 21st Century. Environmental issue series No. 16. Copenhagen. 1–32.
- [129.] Vajnáné M.A., Podmaniczky L., Ángyán, J.; Néráth M.; Belényesi M.; Skutai J.; Grónás V.; Kristóf D.; Nagy G. (2003): Az ÉTT mintaterületek bemutatása. In: Ángyán, J., Tardy, J., Vajdáné, M. A. (2003) – Védett és Érzékeny Természeti Területek Mezőgazdálkodásának Alapjai. Környezet és Tájgazdálkodás Sorozat 1. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 191-217 p.
- [130.] Várallyay Gy., (1992): Országos talajvédelmi információs és monitoring rendszer (TIM). I. Országos Agrár-környezetvédelmi konferencia. Környezetvédelmi Információs Klub, Budapest, 51-62.
- [131.] Várallyay Gy. (1994): Talaj – talajvédelem – észszerű talajhasználat, ELTE TTK „Természeti és társadalmi környezetünk” című kiadványa, Budapest.
- [132.] Várallyai (2003): A földminőség kifejezésének céljai és kifejezésének lehetőségei. In Gaál et al. szerk. (2003) Földminősítés és földhasználati információ a mezőgazdaság versenyképességének javításáért, Keszthely, 2003. p.81.
- [133.] Vass J., Bencze T., Speiser F., Szilagy S., Szilávik R. (2003): A D-e-Meter in-

- ternet bázisú földminősítési rendszer információs technológiája. In: Gaál, Z. Má-té F., Tóth G. szerk. Földminősítés és Földhasználati Információ, Keszthely, 2003 57-81 pp.
- [134.] Vought L. B.-M, Pinay, G., Fuglsang, A., Ruffinoni, Ch. (1995): Structure and function of buffer strips from a water quality perspective in agricultural landscapes. *Landscape and Urban Planning* 31:323-331
- [135.] Wascher, D.M., Piore, H-P & Kreisel-Fonck, A. (1998): Agri-environmental Indicators for Landscapes. Paoer developed in contribution to the OECD Workshop on Agri-environmental Indicators on September 21-24, York, UK, 1998, ECNC, Tilburg
- [136.] Wischmeier, W. H., Smith, D. D., (1978) Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. USDA Agriculture Handbook No. 537. U.S. Government Printing Office. Washington, D. C.
- [137.] Zhang, M., Liu, X., Oneill, M., (2002): Spectral Discrimination of *Phytophthora infestans* infection on tomatoes based on principal component and cluster analyses. *Int. J. Remote Sens.* 23 (6):1095–1107.
- [138.] Zhang, M.; Qin, Z., Liu, X.; Ustin, S.L. (2003): Detection of stress in tomatoes induced by late blight disease in California, USA, using hyperspectral remote sensing *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 4(4): 295-310
- [139.] Zielonkowski, W. (1988): Umwandlung von Intensivflächen in Extensivflächen: Neue Potentiale und Chancen für den Naturschutz), Schr. – R. DRL. 54. 272-276.
- [140.] Zilinyi V. (1995): Természetes felszínek spektrális reflexiós tulajdonságai, és hasznosításuk az optikai távérzékelés interpretációjában. Egyetemi Doktori Értekezés, DATE, MTK, Debrecen 24-43.
- [141.] Zwiggelaar, R., (1998): A review of spectral properties of plants and their potential use for crop/weed discrimination in row crops. *Crop Protection* 17(3): 189-206.
- [142.] Zsembeli J., (2001): A felszínalakítás és takarás hatása a talaj vízmérleégre és hőmérsékletére liziméterekben. Doktori (Ph.D.) értekezés. Debrecen.

10 FÜGGELÉK

10.1. táblázat

A táj funkciói

GAZDASÁGI FUNKCIÓK	
Megújítható természeti erőforrások hozzáférhetősége	növényi biomassza; szántók, legelők, telepített erdők speciális funkcióval
Biomassza produkció	állati biomassza nagyvadak, halastavak
Nem megújítható természeti erőforrások hozzáférhetősége	felszíni és felszín alatti víz készletek ásványi nyersanyagok, építőanyagok, fosszilis energiahordozók
ÖKOLÓGIAI FUNKCIÓK	
Anyag- és energiaforgalom	pedológiai funkciók (talaj) ▪ erózió védelem ▪ elöntés védelem ▪ kiszáradás elleni védelem ▪ szűrő, pufferoló, átalakító képesség hidrológiai funkciók (víz) ▪ talajvíz visszapótlásának képessége ▪ vízmegtartás, vízforgalom egyensúlya ▪ a felszíni vizek öntisztulási képessége meteorológiai funkciók (levegő, klíma) ▪ hőmérsékletingadozás kiegyenlítése ▪ páratartalom csökkentése, párologtatás ▪ szélirány módosító szerep
TÁRSADALMI FUNKCIÓK	
	pszichológiai szerep esztétikai szerep etikai szerep (génmegőrzés, kulturális örökségek) információnyújtás kutatás és oktatás a környezet állapotának biológiai indikátora puffer és szűrő szerep hanghatások – zajvédelem, -csökkentés rekreáció, kapcsolódás, üdülés színtere komplex pszichológiai és humán-ökológiai szerep

10.1 Az ECNC által javasolt agrár-környezetvédelmi indikátorok

10.2. táblázat

A talaj állapotindikátorai

Jelenség	Indikátor	Változók	Kapcsolat más elemekkel, rendszerekkel	Adatok hozzáférhetősége
Talajvesztés	1. erózió mértéke	USLE modell	biodiverzitás, táj	rendelkezésre áll
	2. defláció	időjárás, felszín érdessége, növénytakaró	táj	rendelkezésre áll
Állapotromlás	1. szerves szén	a talaj felső rétegének analitikai elemzése		hozzáférés korlátozott, hiányos adatbázisok
	2. szerves nitrogén			
	3. humusztartalom			
Szennyezettség	1. növény-védőszer	hatóanyag veszélyessége, felezési idő	biodiverzitás, vízkészlet	rendelkezésre áll
	2. nehézfémek	kritikus szint, aktuális szint	biodiverzitás, vízkészlet	hiányos adatbázisok
Tápanyagterhelés	1. nitrát	Németh-féle nitrogénmérleg számítások	vízminőség	rendelkezésre áll
	2. nitrát kimosódás	Németh-féle nitrogénmérleg számítások	vízminőség	rendelkezésre áll
	3. foszfát	foszfát mennyisége a talajban	vízminőség	nincs adat
Tömörödöttség		Birkás-féle indikátorrendszer		rendelkezésre áll
Szikesedés	sófelhalmozódás	terepi elektromos vezetőképesség mérés		rendelkezésre áll
Biodiverzitás	földigiliszta	egyedszám, fajösszetétel	biodiverzitás	hozzáférés korlátozott, hiányos adatbázisok
	ugróvillások			
	futóbogarak			

10.3. táblázat

A talaj terhelés indikátorai

Jelenség	Kiváltó folyamat	Indikátor	Változók	Adatok hozzáférhetősége
Túlzott tápanyagbevitel	tápanyag kijuttatás	1. túlzott nitrogén bevitel	növény által felvett mennyiség	rendelkezésre áll
		2. nettó nitrogénmérleg	a teljes nitrogéninput (műtrágya, hígtrágya, szennyvíziszap) – (betakarított növények, NH ₃ és N ₂ O veszteség a légkörbe)	rendelkezésre áll
		3. szerves vegyületek felszabadulása	a kijuttatott foszfát mennyisége	rendelkezésre áll
Állapotromlás	földhasználat típusa	1. a termőréteg mérlege	a termesztett növény tápanyagfelvétele	rendelkezésre áll
		2. a földhasználat fenntarthatósága	a talajtípus minőségének és a jelenlegi földhasználati mód összehasonlítása	rendelkezésre áll
	gazdálkodás típusa	1. a mezőgazdasági gyakorlat hatása	intenzív, extenzív, biogazdálkodás	rendelkezésre áll
Szennyeződés	növényvédőszer felhasználás	1. hatóanyag-tartalom	az összes felhasznált növényvédőszer mennyisége	rendelkezésre áll
		2. kijuttatott mennyiség /ha		rendelkezésre áll
		3. értékesítési adatok		rendelkezésre áll
	növényvédőszer kockázat	1. kitettség – toxikusság az adott indikátor esetében - ARI – akut kockázati tényező - CRI - krónikus kockázati tényező	alkalmazott dózisok, a kezelt terület mérete a növény által felvett mennyiség, a talajban maradt szermaradvány tesztorganizmusok	rendelkezésre áll
		2. kockázatbecslés		hiányos adatbázisok
		3 a gazdaság egészére nézve végzett kockázatbecslés		hiányos adatbázisok
		4. LI ₅₀ – kimosódási index a felső 50 cm-re		hiányos adatbázisok

10.4. táblázat
A víz állapotindikátorai

Jelenség	Indikátor	Változók	Kapcsolat más elemekkel, rendszerekkel	Adatok hozzáférhetősége
Tápanyagterhelés	1. nitrát a felszíni vizekben	NO ₃ ⁻		
	2. nitrát a talajvízben	NO ₃ ⁻		
	3. nitrát az ivóvízben	NO ₃ ⁻		
	4. nitrogén bemosódás		talaj	
Növényvédőszer terhelés	1. növ.védőszer. a felszíni vizekben	a növ.védőszer. összmenyisége		
	2. növ.védőszer. a talajvízben			
	3. növ.védőszer. az ivóvízben			
	4. növ.védőszer. a vízi élőlényekben			
Általános minőség	1. szárazföldi vizek vízminősége	vízminőség index, a vízi élővilág összetettsége	biodiverzitás	
	2. ivóvízminőség	ivóvíz minőségi szabványok határ- értékei		
	3. főbb ionok megléte a talajvízben			
	4. vízi élőlényközösségek		biodiverzitás	
Vízminőség	1. talajvízszint			
	2. vízfolyások vízhozama			
	3. kiszáradt területek			
	4. vízmérleg		csapadék, párologtatás, vízfelvétel	
	5. a tárolt víz mennyisége			
	6. trofitás	klorofill-a mennyisége, átlátszóság trofikus állapot, foszfor szint		

10.5. táblázat
A víz terhelés indikátorai

Jelenség	Kiváltó folyamat	Indikátor	Fontosság	Megbízhatóság	Adatok hozzáférhetősége
Vízminőség	eutrophizáció	N&P bemosódás	a bemosódás forrásarányos elemzése jól indikálja a mezőgazdasági hozzájárulást a teljes terheléshez		
		N&P mérleg a művelt területeken	a tápanyagmérleg számszerűsíti a műtrágyából, hígtrágyából, a légkörből, a biológiai nitrogén megkötésből származó N&P inputot, kiegészítve egyéb forrásokkal, mint pl. a szennyvíziszap és a betakarított növény formájában jelentkező outputot	Nitrát Direktíva előírásai 170 kg/év ha	
	szennyeződés	felhasznált növényvédőszer mennyiség	összmenyiség/ha a kiszórás, kijuttatás hatósugara	elsősorban a talajvízre jelent veszélyt	
Vízmenyiség	Vízigény	- víz kivétel/vízigény - öntözéstechnológiai hatékonyság - gazdaságosság - mezőgazdasági gyakorlat		a teljes felszíni és felszín alatti vízkészlet ismeretében használható eredményesen	

10.6. táblázat
A levegő állapotindikátorai

Jelenség	Indikátor	Változók	Kapcsolat más elemekkel, rendszerekkel	Adatok hozzáférhetősége
Klímaváltozás	CO ₂ terhelés	kg/ha		nincs adatbázis
	CH ₄ terhelés	kg/ha	biodiverzitás	nincs adatbázis
	N ₂ O terhelés	kg/ha	biodiverzitás	nincs adatbázis
	NO _x terhelés			

10.7. táblázat
A levegő terhelés indikátorai

Jelenség	Kiváltó folyamat	Indikátor	Kapcsolat más elemekkel, rendszerekkel	Adatok hozzáférhetősége
CO₂	mezőgazdasággal összefüggő szállítás		biodiverzitás	
	potenciális üvegházhatás	számosállat sűrűség/ha	biodiverzitás	
		termesztett növények/ felhasznált műtrágya	víz biodiverzitás	
(válasz)	CO ₂ megkötés hatékonysága	erdős területek aránya az üvegházhatású gázok összkibocsátásával összevetve		

10.8. táblázat

A biodiverzitáson belül az élőhelyhálózatok állapotindikátorai

Jelenség	Indikátor	Változók	Kapcsolat más elemekkel, rendszerekkel	Adatok hozzáférhetősége
ÉLŐHELYHÁLÓZATOK				
Térbeli összetettség	1. az élőhelyeket elválasztó határok		táj	- légifelvételek - földhasználati, növényföldrajzi térképek alapján - zéleskörű adatbázis
	2. a határok típusai, számuk		táj	
	3. a táj változatossága	mozaikosság mértéke	táj	
	4. a művelt és nem művelt területek aránya – beleértve a szegélytársulásokat			
	5. a lineáris élőhelyek (sövények, fasorok, nádas sávok) hossza			
Az élőhely kiterjedése	1. a mezőgazdasági tevékenységhez kapcsolódó élőhelyek kiterjedése	a természetközeli területek kiterjedése		- élőhelytípusok a Nemzeti biodiverzitás monitoring rendszer alapján - MÉTA adatbázisok - ÉTT adatbázisai
	2. természetes élőhelyek a művelt területek közé ékelődve	a táblákba ékelődött természetvédelmi területek kiterjedése		
Kapcsolat az egyes élőhelyek között	1. kapcsolat az értékes természetes és természetközeli élőhelyek között	- ökológiai folyosók megléte - hossza - minősége		- légifelvételek - földhasználati, növényföldrajzi térképek alapján - CORINE adatbázis
	2. kapcsolat a fenti területek és a Natura 2000 program élőhelyei közt			NATURA 2000 programba felvett és jelölt területek listája
	3. az élőhelyek sokfélesége	diverzitás indexek		
		4. az élőhelyek társulás-típusai és biotikus környezetük	az élőhely minőségére utaló változók	

10.9. táblázat
A biodiverzitáson belül a fajösszetétel és a genetikai sokféleség állapotindikátorai

Jelenség	Indikátor	Változók	Kapcsolat más elemekkel, rendszerekkel	Adatok hozzáférhetősége
FAJÖSSZETÉTEL				
Populáció szintű jelenségek	1. a visszaszoruló, az állandó egyedszámú és a növekvő populációk aránya			a NBDR alapján
Fajgazdagság	2. fajszám			a NBDR alapján
Indikátor fajok	3. indikátor fajok megléte			
	4. karakter és társulásközömbös fajok aránya			
	5. eltűnt fajok aránya			
	6. veszélyeztetett fajok aránya			
	7. a vörös-könyves és a társulásidegen fajok aránya			
	8. invazív fajok jelenléte			
GENETIKAI SOKFÉLESÉG				
A természet-közi élőhelyek aktuális genetikai sokfélesége	1. a mezőgazdasági területekhez kötődő élőhelyek, életközösségek genetikai sokfélesége	genetikai drift veszélye, különböző ökotípusok megléte, felismerhető fenotípusos különbségek	élőhelyhálózatok fajösszetétel táj	rendelkezésre áll
	2. sövények hossza	2ha/teljes farmterület, 50ha/teljes farmterület	táj élőhelyhálózatok	rendelkezésre áll
A haszonnövények, és haszonállatok genetikai sokfélesége	3. a haszonnövények, haszonállatok, azon belül a fajták száma, aránya		táj	vetőmag minősítések, tenyészállat pedigré táblatörzskönyv
	4. a kórokozók ellen természetesen rezisztens fajták aránya		táj	vetőmag minősítések, tenyészállat pedigré táblatörzskönyv
	5. trendek a haszonnövények, haszonállatok, azon belül a fajták számának változásában		táj	vetőmag minősítések, tenyészállat pedigré táblatörzskönyv
	jelentősebb genetikai sokféleségű területek/ teljes	legeltetés + takarmányozás, alternatív takarmányok	táj	hiányos adatbázisok
	elhanyagolható genetikai sokféleségű területek / teljes	kalászosok + zöldségfélék + gyümölcsösök	táj	hiányos adatbázisok
(válasz)	1. védett génállományú haszonnövények száma			vetőmag minősítések,
	2. hagyományos, tájjellegű növények aránya			vetőmag minősítések,

10.10. táblázat

A biodiverzitás terhelés indikátorai

Jelenség	Kiváltó folyamat	Indikátor	Fontosság	Megbízhatóság	Adatok hozzáférhetősége
Élőhelyhálózatok Fajösszetétel	feldarabolódás - fragmentáció	beépített és szabad felszín aránya	élőhelyek és fajok elterjedésének becsléséhez elengedhetetlen	szoros kapcsolatban áll a faji varianciával	FÖMI adatbázisok MEPAR adatbázisok
		diverzitás ellen ható földhasználati módok területaránya	az élőhelyek leromlásához, fajok elvándorlásához, kipusztulásához vezethet	fontos az élőhelyek stabilitásának becsléséhez	MEPAR adatbázisok
Élőhelyhálózatok Fajösszetétel Genetikai sokféleség	magas intenzitású földhasználat	nem művelt, extenzív, ill. intenzív művelt területek aránya	a földhasználat intenzitása alapján jó közelítéssel becsülhető az érintett élőhelyek ökológiai állapota	regionális elemzésekhez csak, farm-szinten nehezen alkalmazható	ÉTT és NBMR adatállományai alapján, hiányos adatbázisok
		termesztet növények sokfélesége	farmszinten a fajgazdagság szoros kapcsolatban áll az élőhelyek – így termesztett növények diverzitásával, egyes fajok kifejezetten igénylik a mozaikosságot	alkalmazhatósága függ a területen élő fajok ökológiai igényeitől	CORINE, NBMR, ÉTT adatbázisok, táblatorzs-könyv
		művelt és nem művelt területek aránya – beleértve a szegélytársulásokat is	farmszinten számos faj igényli a vetett és természetes/termesztetközeli élőhelyek mozaikosságát táplálkozásához, illetve szaporodásához	a területen élő fajok ökológiai igényei mellett az élőhelyek minőségét is ismerni kell	CORINE, MEPAR, NBMR, ÉTT adatbázisok
Élőhelyhálózatok Fajösszetétel Genetikai sokféleség	a térszerkezet elvesztése	a táj lineáris élőhely elemeinek hossza (fa-, bokor-sorok, füves szegélyek)	farmszinten számos faj igényli a hosszanti tájelemek meglétét táplálkozásához, ill. szaporodásához, vándorlásához; ezek az elemek szintén alkalmasak ökológiai- v. zöldfolyosók szerepének betöltésére	előnyük hosszúságuk mellett nagyban függ minőségüktől; alkalmazhatóságuk függ a területen élő fajok ökológiai igényeitől	hiányos adatbázisok
Élőhelyhálózatok Fajösszetétel Genetikai sokféleség	gyepterületek elvesztése	bolygatatlan, hasznosított gyepterületek, illetve műveltterületek aránya	számos faj kötődik a bolygatatlan, illetve extenzív hasznosított gyepterületekhez	lehet állapot indikátor is; négyesintű földhasználat javasolt	NAKP ajánlásai; hiányos adatbázisok

a 10.10. táblázat folytatása

Jelenség	Kiváltó folyamat	Indikátor	Fontosság	Megbízhatóság	Adatok hozzáférhetősége
Élőhelyhálózatok Fajösszetétel Genetikai sokfé- ség	intenzív művelés	intenzíven művelt területek aránya	minél intenzívebb a művelés, annál kisebb a biológiai sokféleség	az adatok általánosak, pontos becslés nehezen adható	táblatörzskönyv
		nagy parcellás művelésű területek (>50ha) aránya	alkalmas a térbeli összetettség becslésére, illetve a földhasználat intenzitásának jelzésére	konkrét kapcsolat a különböző farm méretek és biodiverzitásuk közt még nem megállapított	
Élőhelyhálózatok Fajösszetétel Genetikai sokfé- ség	számosállat	számosállat-sűrűség	számos növényfaj van kitéve a legeltetés okozta taposásnak, közvetve pedig számos állatot érint a legeltetés nyomán a társulásban bekövetkezett szerkezetváltozások	a legeltetés optimális mértéke nagyban függ a helyi biotikus és abiotikus adottságoktól	hiányos adatbázisok számosállatok viselkedési szokásainak vizsgálata
Élőhelyhálózatok Fajösszetétel Genetikai sokfé- ség	vizes élőhelyek elvesztése	mezőgazdasági művelés alá vont vizes élőhelyek kiterjedése	a korábban meglévő vizes élőhelyek számba vétele; háttéradatbázisként	napjainkban lényegesen kisebb a megszűnő vizes élőhelyek aránya	helyi történeti adatok, régi térképek
Élőhelyhálózatok Fajösszetétel Genetikai sokfé- ség	felszíni vizek elvesztése	mezőgazdasági művelés alá vont vizek kiterjedése	a korábban létező vizek számának, kiterjedésének számba vétele; háttéradatbázisként	lsd. mint fenn	lsd. mint fenn
Élőhelyhálózatok Fajösszetétel Genetikai sokfé- ség	erdőterületek elvesztése	mezőgazdasági művelés alá vont erdőterületek kiterjedése	a korábban létező erdőterületek számba vétele; háttéradatbázisként	lsd. mint fenn	lsd. mint fenn

a 10.10. táblázat folytatása

Jelenség	Kiváltó folyamat	Indikátor	Fontosság	Megbízhatóság	Adatok hozzáférhetősége
Élőhelyhálózatok Fajösszetétel Genetikai sokfé- ség	Túlzott vegyszer és műtrágya hasz- nálat	számosállat-sűrűség	lsd. mint fenn	lsd. mint fenn	lsd. mint fenn
		műtrágya felhasználás/ha; ill. /termesztett növény	kisebb, közvetett hatás a faunéra, annál jelentősebb a természetes flórára	nagyon jó indikátora a gazdálkodás intenzitásának	táblatorzskönyv
		növényvédő-szer felhasz- nálás ▪ összmennyiség/ összterü- let ▪ l/ha ▪ l/term.növ.	számos faj, különösen a madarak érzékenyek a túlzott növényvédőszer-felhasználásra, elsősorban a táplálékláncban történő felhalmozódás révén	az egyes hatóanyagok perziszten- ciáját, toxicitását, a táplálékláncban történő felhalmozódásának mértékét ismerve alkalmas indikátorok; a széles hatásspektrumú pesticidek károsabbak, mint az egyes taxonokra specifikusak	táblatorzskönyv
		összes művelt terület ará- nya a szántóként, ill. állat- tartásra hasznosított terüle- tekhez viszonyítva	a művelés intenzitásának indikátora	pontosabb indikációt tesz lehetővé	
		nagy műtrágya és növény- védő-szer igényű term.növ. aránya	lsd. mint fenn	lsd. mint fenn	lsd. mint fenn
		term.növ. sokfélesége	lsd. mint fenn	lsd. mint fenn	lsd. mint fenn
Élőhelyhálózatok Fajösszetétel Genetikai sokfé- ség	természetes víz- készletek sérülése	öntözött területek aránya a term.növ. területéhez vi- szonyítva	jelentős a biodiverzitás meghatáro- zásában	az öntözés hatása erősen függ a választott technikától és a helyi adottságoktól	táblatorzskönyv, hatás- becslése nehézkes
		felhasznált víz mennyisé- ge/ha		a természetes erőforrásokkal való gazdálkodás indikációja	táblatorzskönyv
		drénezett területek aránya		biodiverzitás csökkenése, hatása nem egyértelmű	

10.11. táblázat
A táj állapotindikátorai

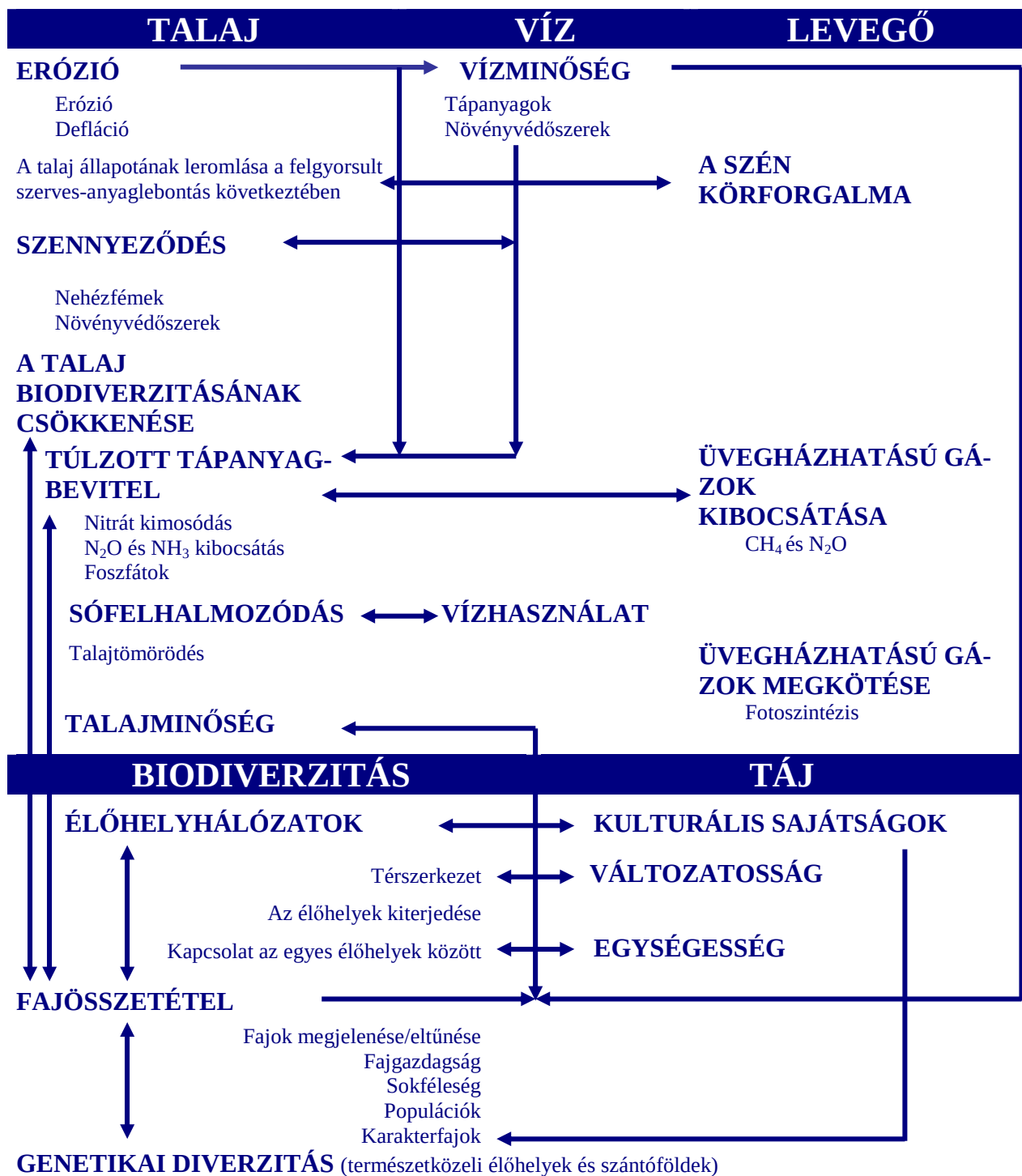
Jelenség	Indikátor	Változók	Kapcsolat más elemekkel, rendszerekkel	Adatok hozzáférhetősége
Természetesség				
Természetes szerkezetesség	1. meg felel-e a földhasználati mód a terület természeti adottságainak	- földhasználat típusa; - talajtani adottságok - domborzat - hidrológia - klimatikus viszonyok	talaj víz	CORINE adatbázis genetikus talajtérképek ÉTT adatbázis
	2. természetközeli élőhelyek aránya területegységre lebontva			NBMR, CORINE adatbázisa ÉTT adatbázis
	3. természetes élőhelyek aránya területegységre lebontva			NBMR, CORINE adatbázisa
	4. a táj karaktere szempontjából kulcsfontosságú tájelemek			
	5. összeköttetés a hasonló tájelemek közt	Földhasználati formák száma	biodiverzitás	FÖMI légifotó-adatbázis
	6. a jellegzetes élőhelytípusok aránya (természetes vagy mesterséges)	méret % a művelt területhez képest	biodiverzitás	NBMR adatai
	7. a városiasodás mértéke	városok aránya		
	8. az iparosodás mértéke	ipari parkok, gyárak aránya		
	9. pontszerű vizuális elemek	bányameddő, zagytározók		
	10. turisztikai létesítmények	rekreációs létesítmények aránya turisták száma		
	11. népsűrűség	lakosok száma/km ²		
Természetes sokféleség	1. a nyílt és zárt tájegységek aránya	szántóföld – gyepek - erdőterület aránya		
	2. a domborzatból eredő természetes lehetőségek			
	3. adott művelési módhoz kapcsolódó fajok száma területegységre lebontva		biodiverzitás	
	4. az élőhelyek sokfélesége		biodiverzitás	
	5. a földhasználat változatossága	a típusok száma és kiterjedése		
	6. a növényzet sokfélesége	természetes földhasználat aránya		
	7. nyílt vízfelületek	százalékos területaránya		
	8. domborzat	a domborzati formák változatossága		topográfiai térképek
	9. panoráma látkép			

a 10.11. táblázat folytatása

Jelenség	Indikátor	Változók	Kapcsolat más elemekkel, rendszerekkel	Adatok hozzáférhetősége
Kulturális sajátosságok				
Természetes elemek	az egyes területeket elválasztó határok	hossza ▪ vízfelület – szárazföld között ▪ az egyes tájegységek között		
	pontszerű elemek	fák, pocsolyák, egyéb természetes képződmények területegységre megadva		
	hagyományos szántók, ültetvények, kertek	tradicionális haszonnövények aránya		
	hagyományos építészeti stílusok	tradicionális épületek aránya ebből mennyi az újonnan épült mennyi a régi, de még funkcióját ellátni képes épület		
Kulturális sajátosságok	1. a táj történeti jellegének megfelelő tájelemek megléte	tájképi elemek ▪ határok ▪ földhasználat változatossága ▪ műtárgyak, épületek		
	2. vizuális és tudományos értékkel bíró tájelemek aránya	parkok, kis kertek ▪ esztétikus utak ▪ régészeti területek ▪ történelmi emlékművek		

10.12. táblázat
A táj terhelés indikátorai

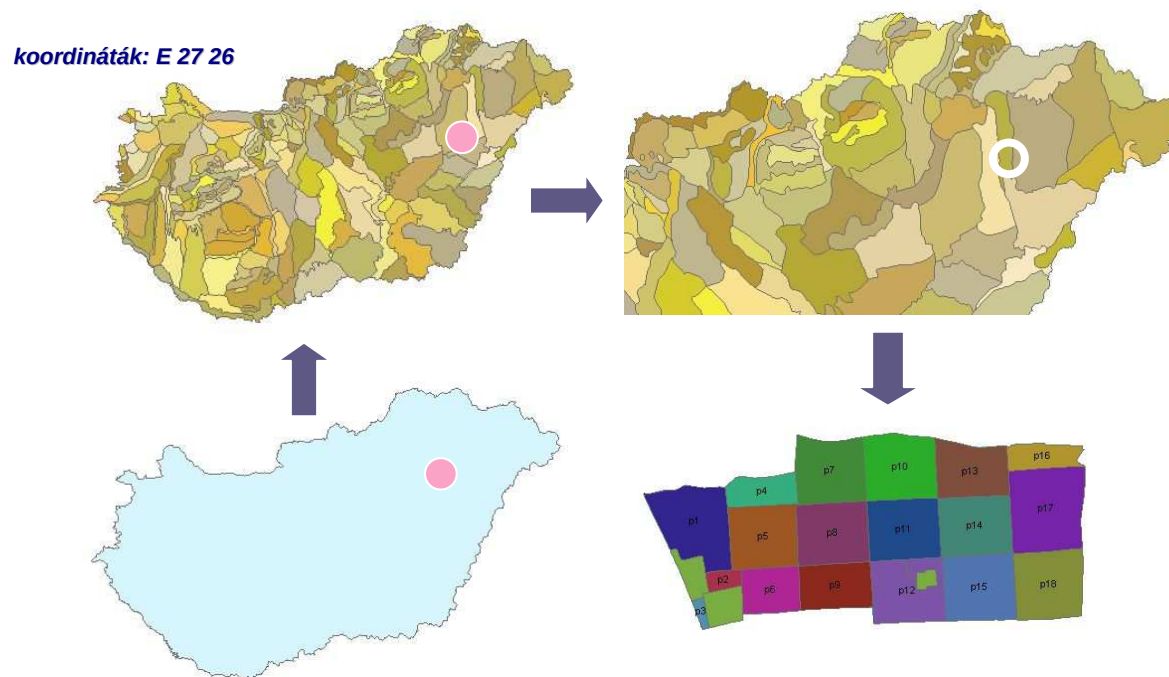
Jelenség	Kiváltó folyamat	Indikátor	Fontosság	Megbízhatóság	Adatok hozzáférhetősége
Természetes szerkezetesség Kulturális sajátosságok	fragmentáció	1. utak, vasutak, stb. hossza területegységre megadva	az úthálózatok sűrűsége egyik alapvető oka az élőhelyek feldarabolódásának	nincs egységes megítélés, régióként változó	FÖMI adatbázis MEPAR adatbázis
Természetes szerkezetesség, -diverzitás, -elemek	a táj természetességének elvesztése	1. a termelés intenzitása /ha	a természetességre gyakorolt hatások összessége	a termelés intenzitása nem feltétlenül okozza a tájkép hátrányos módosulását	hiányos adatbázisok
		2. gazdaságilag veszélyeztetett tájkép jellegzetesség, mely a gazdálkodás adott formájához kötődik	olyan tájképi elemek értékét próbálja meg kifejezni, melyek fennmaradása kérdésessé válik, ha termelés gazdaságossága kerül előtérbe	jelentősen függ a jövőbeni tervek, természetvédelmi, fenn tartható gazdálkodási céloktól	hiányos adatbázisok
		3. gyepterületek aránya a teljes területhez viszonyítva	csak ott, ahol a gyepterület meglehetősen természetes és jellemző a tájra	háttér adatok szükségesek – pl. milyen az optimális kiterjedése a gyepterületeknek az adott térségben	CORINE, MEPAR, NBMR ÉTT adatbázisok
		4. a művelés alá vont terület aránya ha/év	lsd. mint fenn	lsd. mint fenn	CORINE, MEPAR, NBMR ÉTT adatbázisok
		5. öntözött vagy drénezett területek aránya	értékes indikátora a földhasználat intenzívítésének és a természetes feltételek megváltozásának	alapos regionális ismertek szükségesek	táblatorzskönyv, üzemterképek
Kulturális sajátosság, változatosság - táj elemek	a vidék tájképi sajátosságainak elvesztése	1. kisgazdaságok felhagyása	ismert jelenség Európa szerte	minden egyes felhagyott terület földhasználati gondokat jelez	
		2. kulturális tájképi elemek elvesztése	megegyezik a kulturális sajátosság állapotindikátoraival	melyek azok az elemek, amelyek megbízható információt szolgáltatnak	
		3. változások a földhasználati módok mozaikosságában	értékes indikátor	alkalmazásuk összetett, régióspecifikus, és függ az alkalmazás térbeli kiterjedésétől	CORINE adatbázis
		4. mezőgazdasági területek beépítése, betelepítése	a tájkép látványosságának jó indikátora		
		5. mezőgazdasági területek beerdősítése	a tájkép látványosságának jó indikátora – kapcsolódik a talaj tápanyag-indikátoraihoz, illetve a levegő – GHG-indikátoraihoz	a földhasználat változásának felmérésére. Nem feltétlenül terhelés indikátor, hisz az erdőterületek növelése kívánatos	CORINE adatbázis



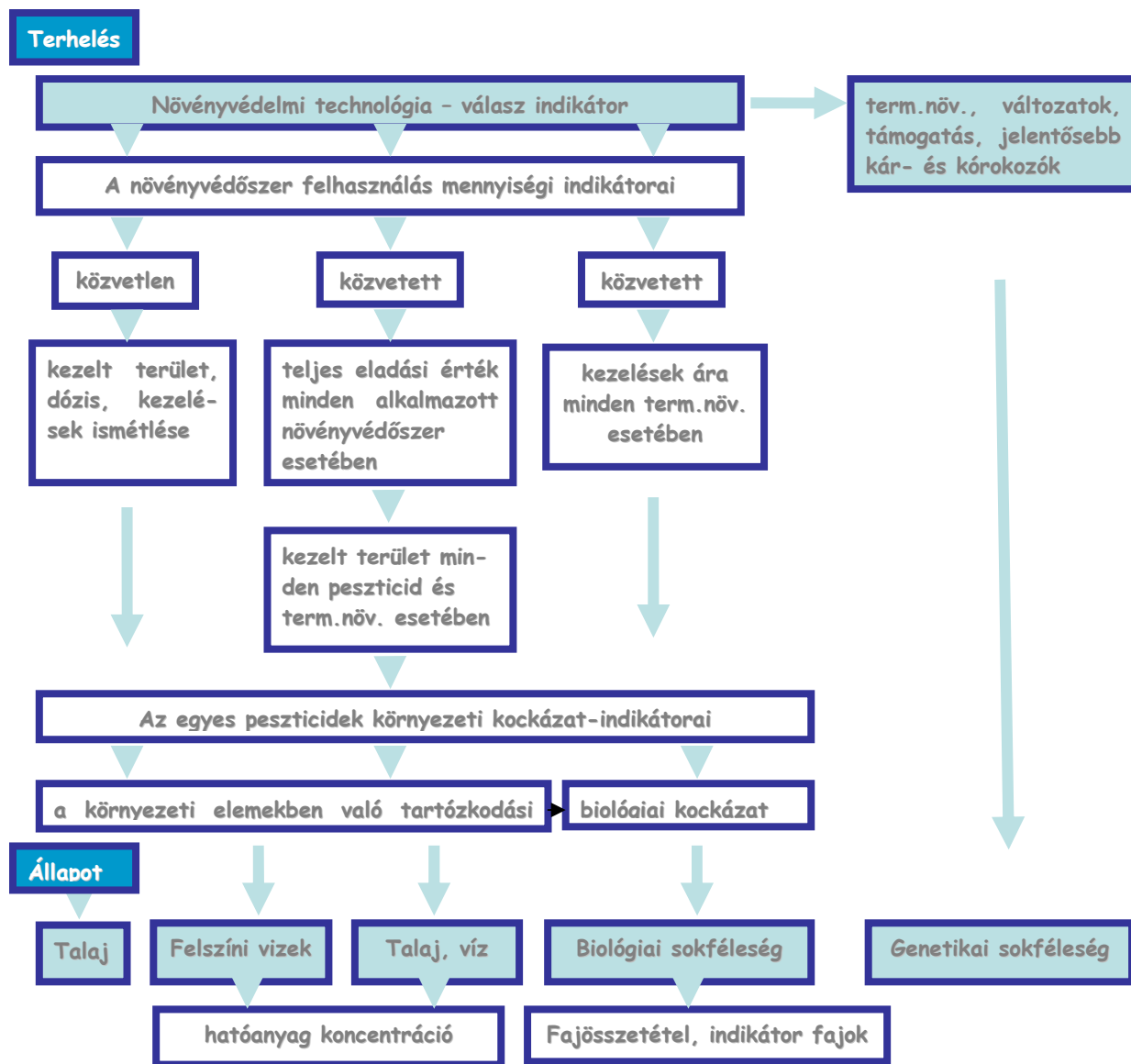
10.13. táblázat

Környezeti elemek és néhány főbb, a mezőgazdasági termelésből eredő hatások

10.2 A környezetinformációs rendszerre vonatkozó ábragyűjtemény

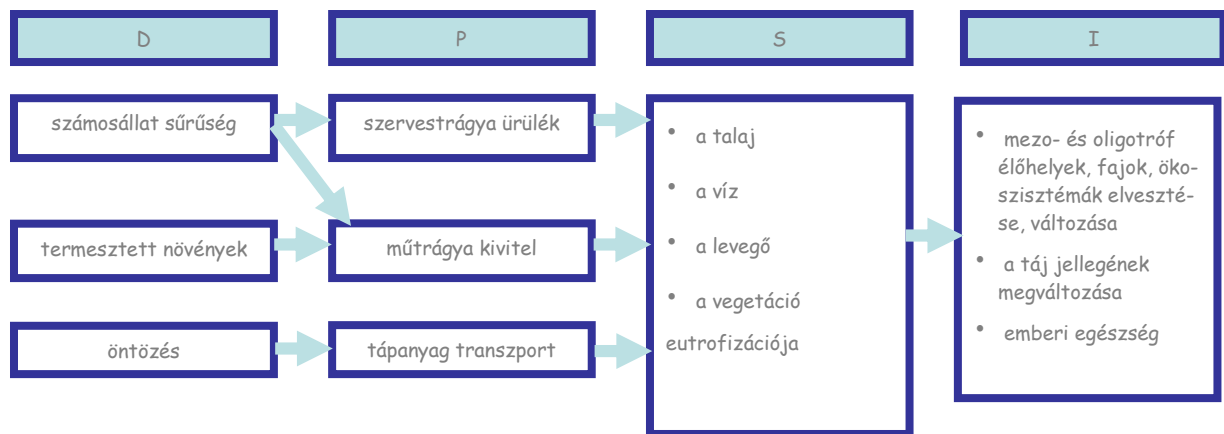


10.1. ábra
A vizsgálati terület elhelyezkedése



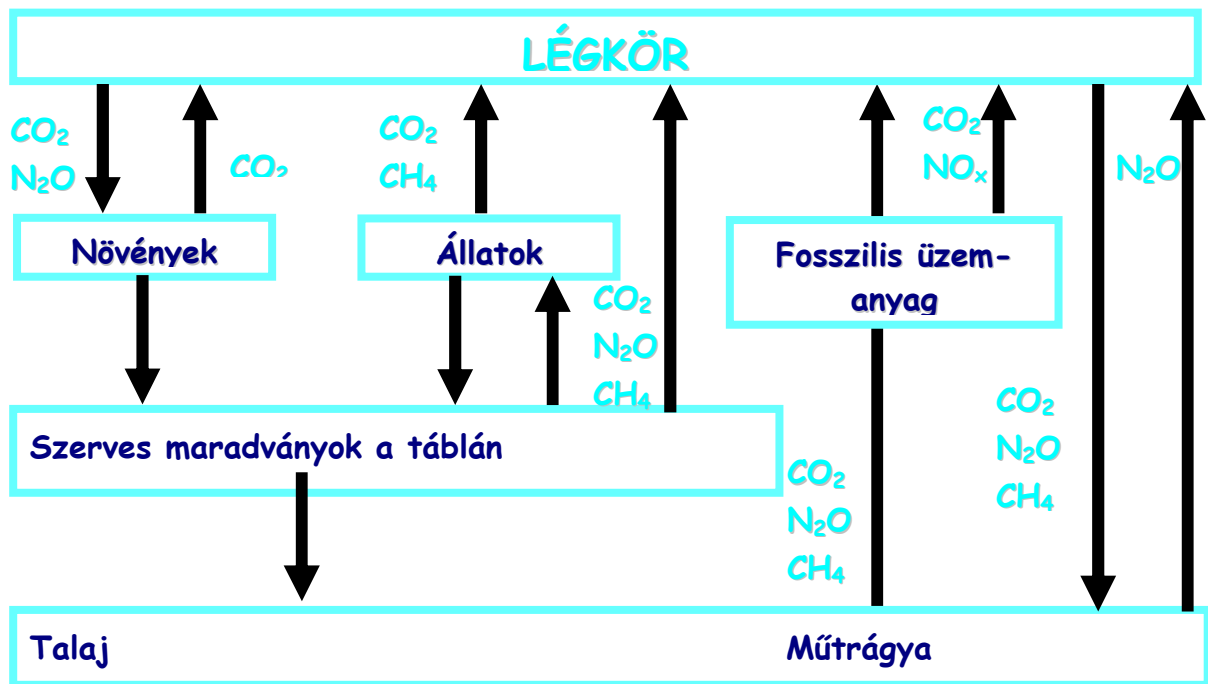
10.2. ábra

A növényvédőszeresek környezeti hatásának indikálására alkalmas mutatók kiválasztásának sémája



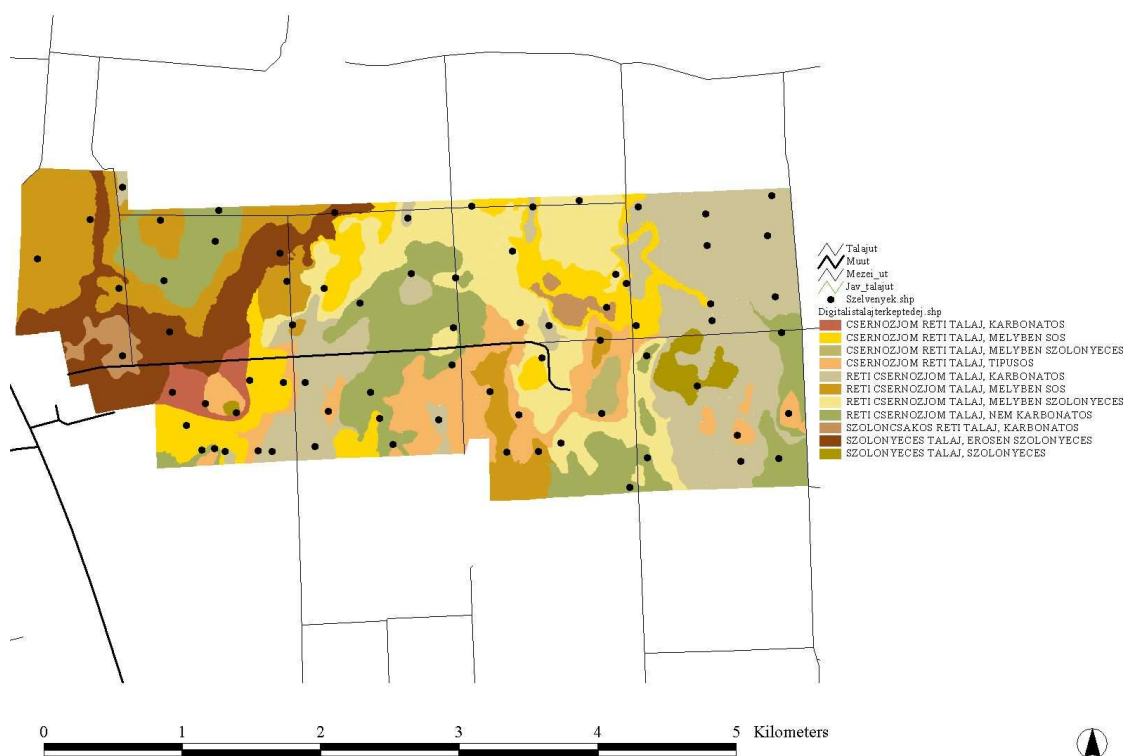
10.3. ábra

Elméleti modell a tápanyagterhelés indikátorainak meghatározására

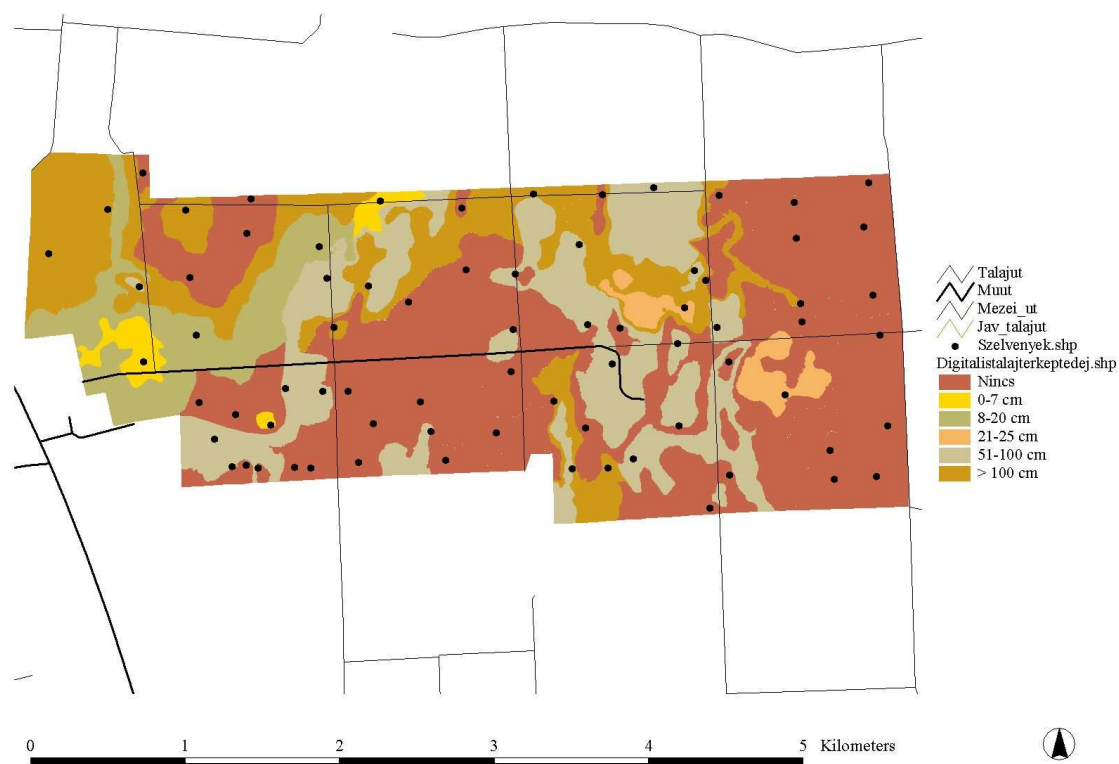


10.4. ábra

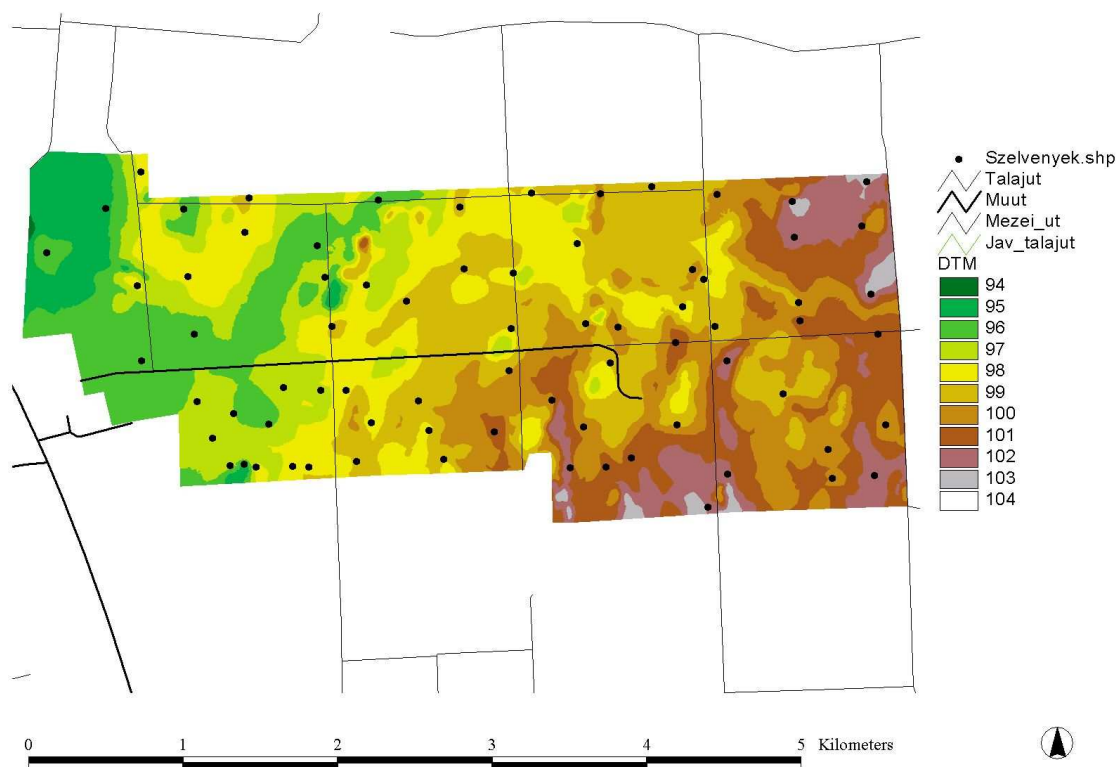
A levegő állapot terhelés és kiváltó folyamatok indikátorai, meghatározás fogalmi modellje



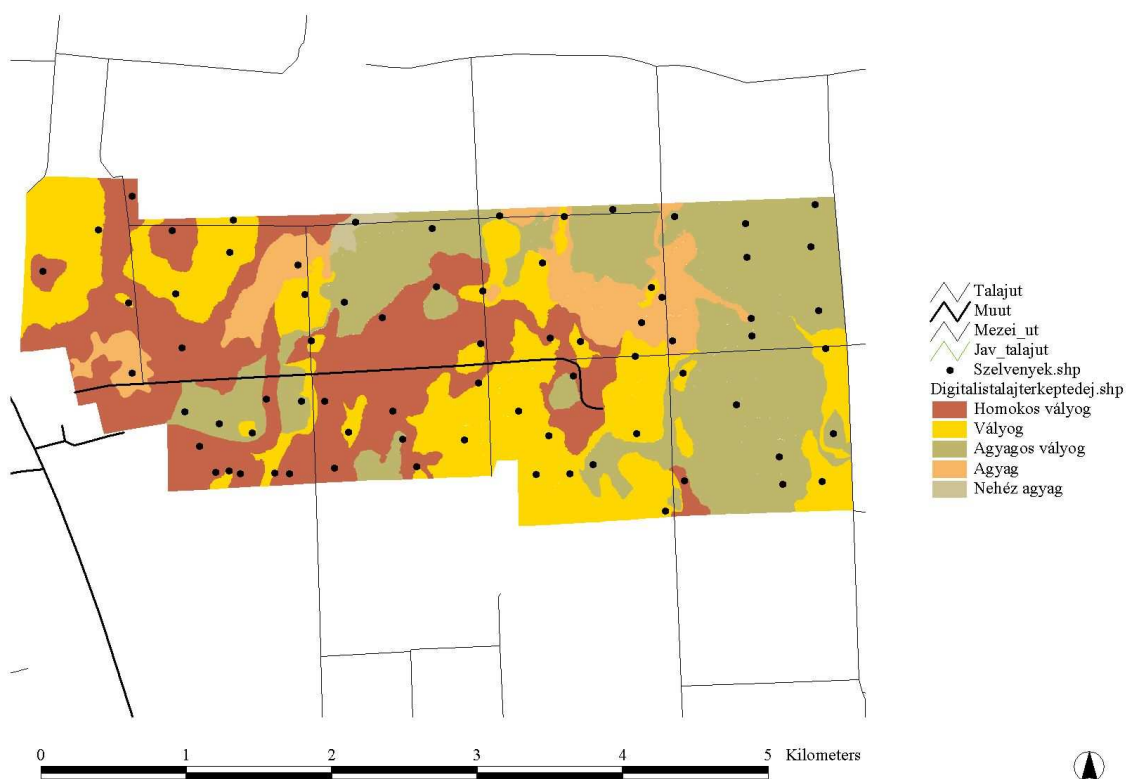
10.5 ábra
Genetikus talajtérkép (anyag- és módszer/indikátorcsoportok)



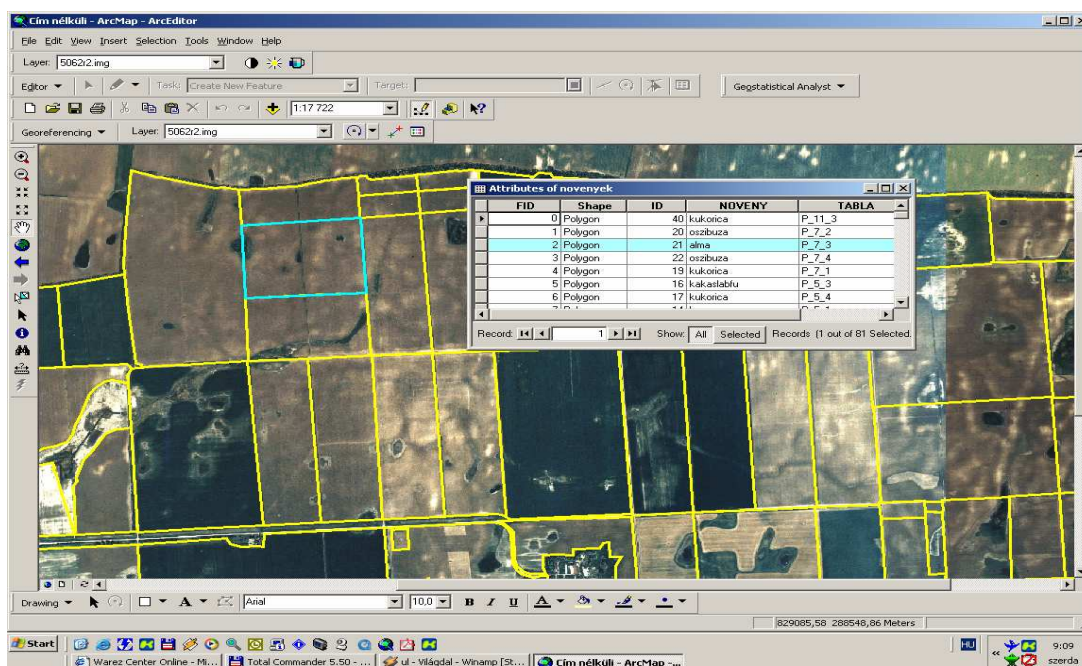
10.6 ábra
A szikes tulajdonság megjelenési mélységének kartogramja
(anyag- és módszer/ indikátorcsoportok)



10.7. ábra
A terület digitális domborzati térképe



10.8. ábra
A talajok fizikai talajfélesége kartogram



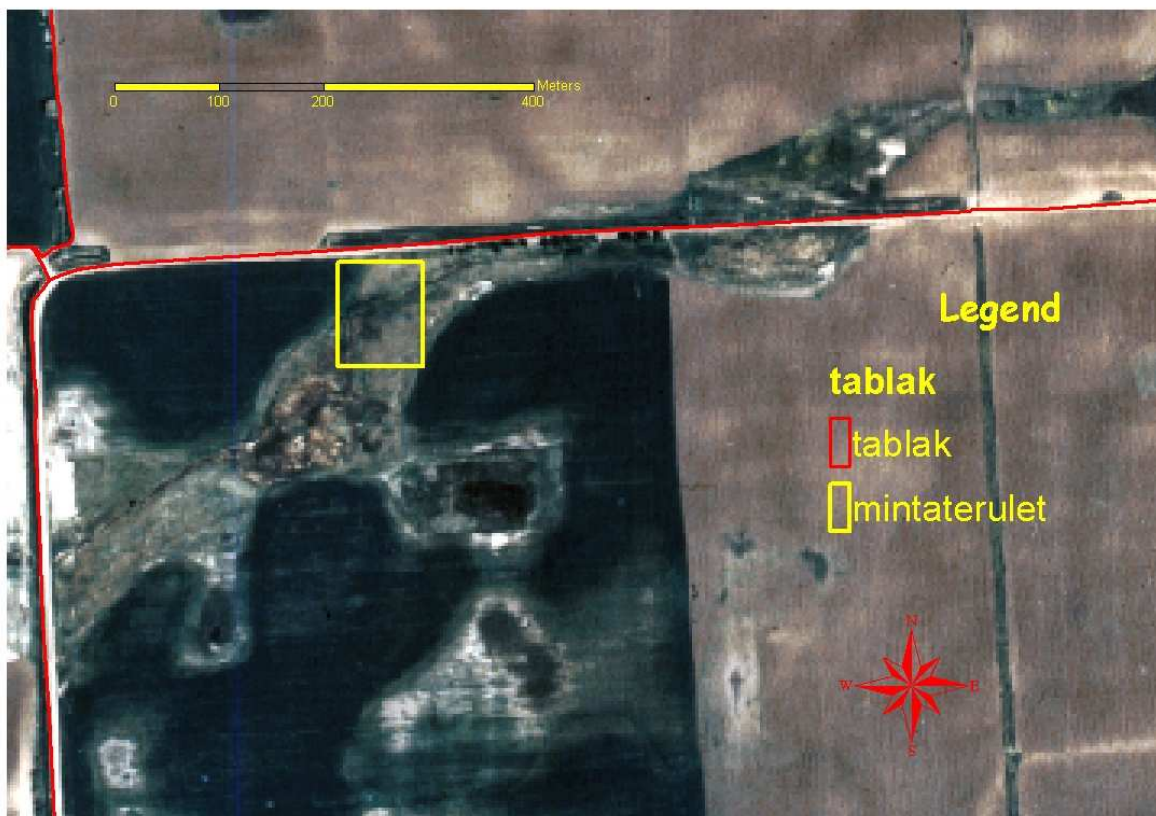
10.9. ábra

Termesztett növények táblaszintű lekérdezése Arc View 3.2. alatt



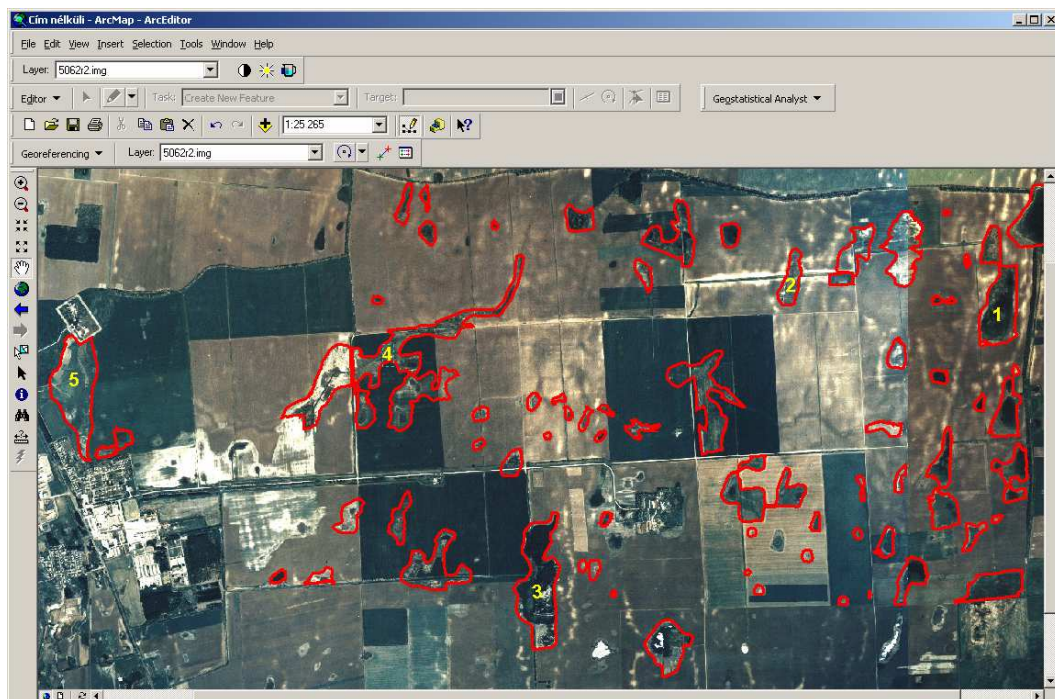
10.10. ábra

A MARTEK SC 10 berendezés



10.11. ábra

A mintaterület elhelyezkedése a P8-as táblában



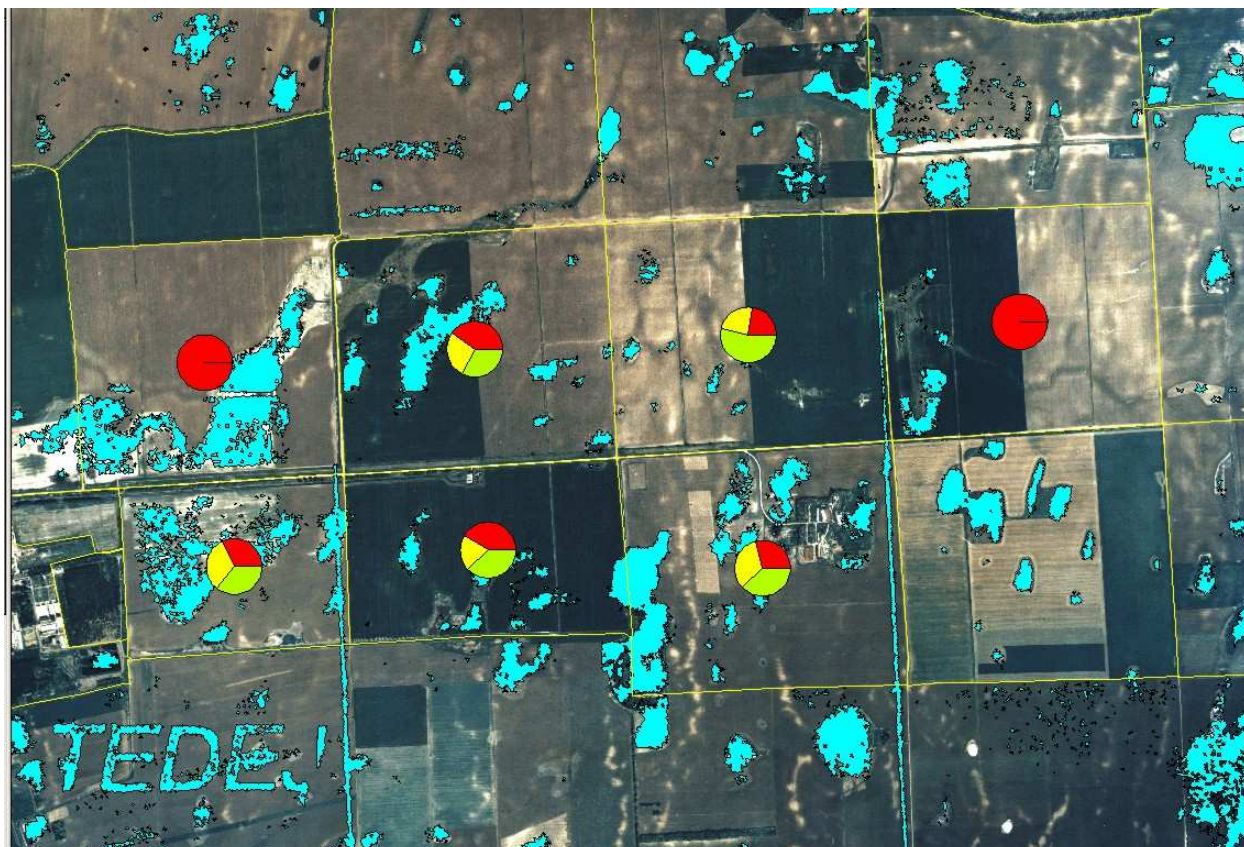
10.12. ábra

Természetes és természetközeli vegetációval borított foltok a művelt területek közé ékelődve



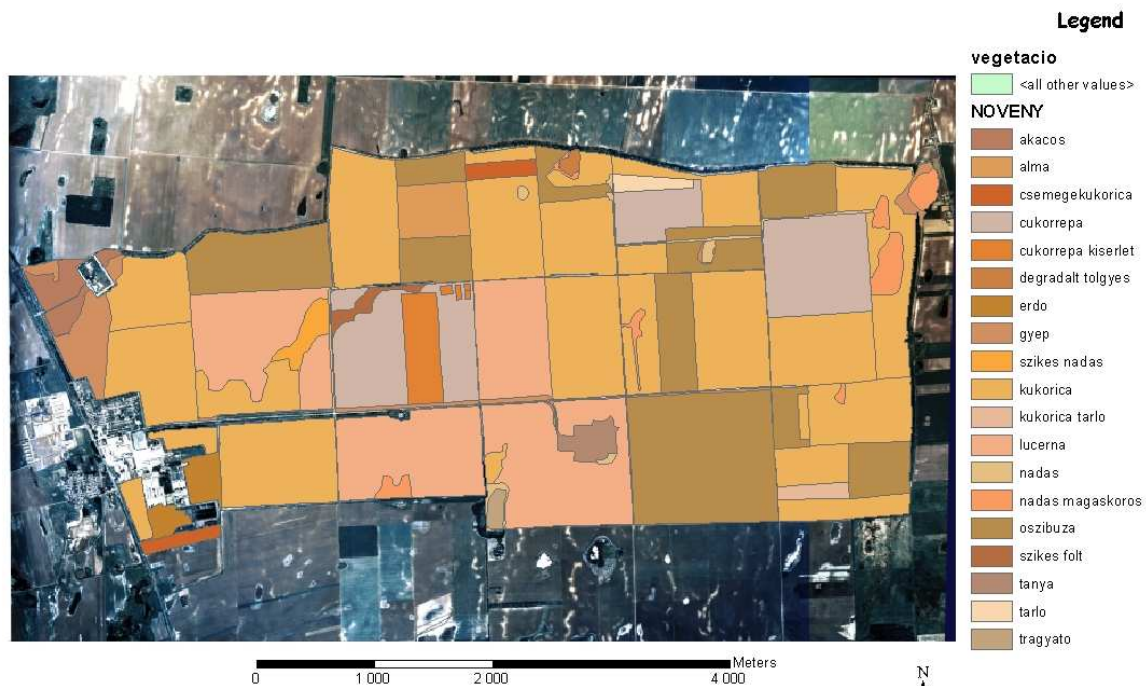
10.13.

A 2000/01-es termelési évben alkalmazott vegyszerek hatóanyagainak megoszlása táblaszinten



10.14. ábra

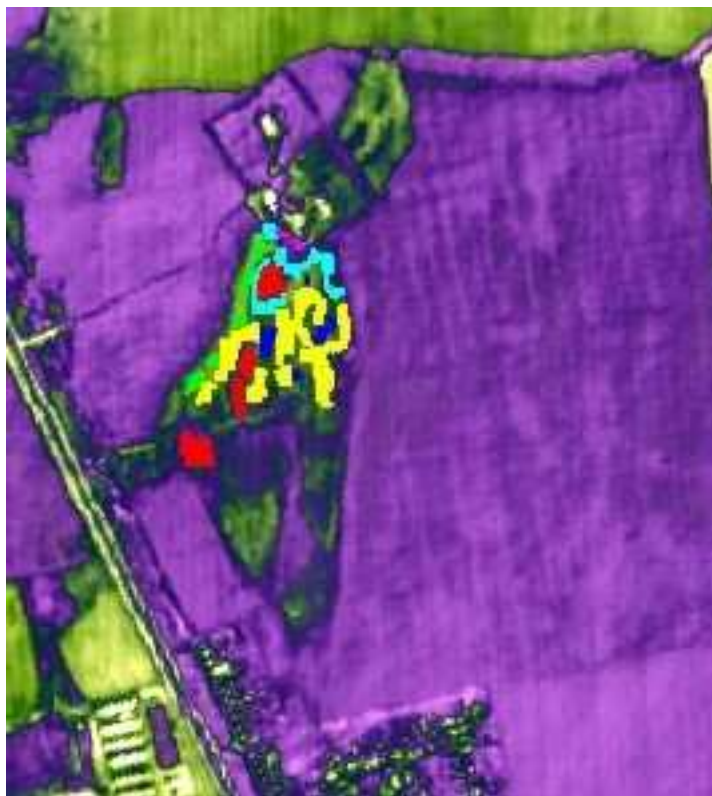
A terület potenciális belvíztérképe a kijuttatott tápanyagmennyiséggel együtt ábrázolva
(piros: N, zöld: P, sárga: K)



10.15. ábra

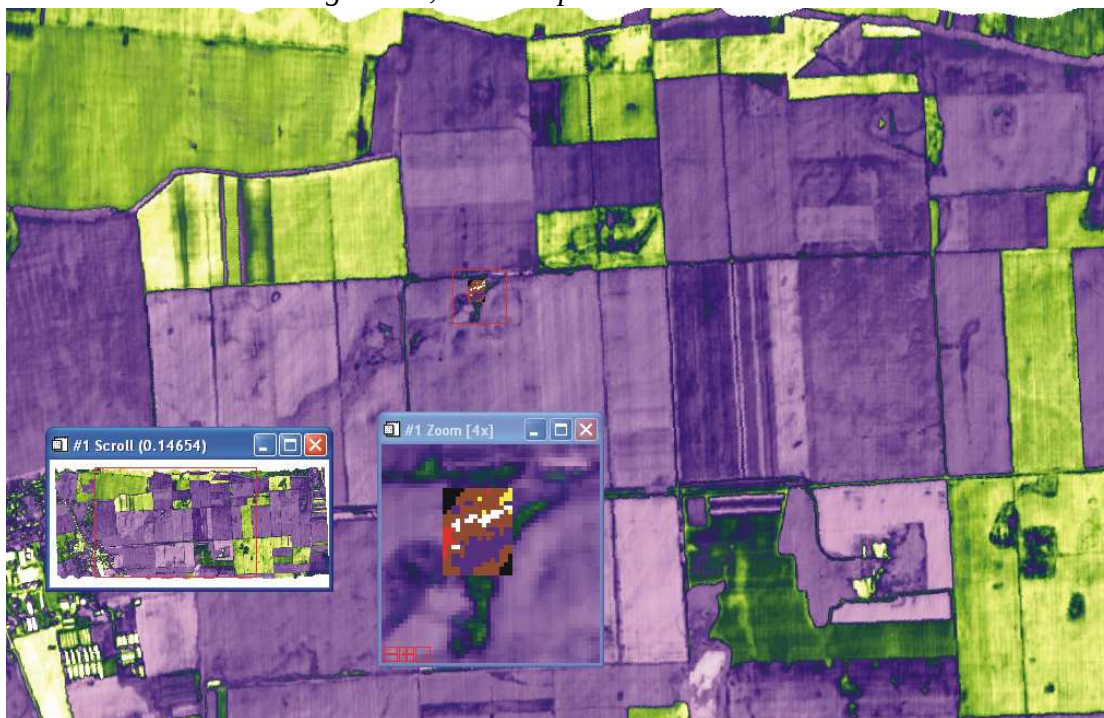
A 2001/2002-es évben termesztett növények térképe





10.16. ábra

A P1-es táblát határoló természetközeli állapotban lévő vegetációs folt:
piros - *Bolboschoeno-Phragmitetum*, **sárga** - *Agrostio-Alopecuretum*, **zöld** - *Artemisia santomici-Festucetum pseudovinae*, **sötét kék** – *Puccinellietum*, **világoskék** – *Pholiuro-Plantaginetum*, **lila** - *Alopecuro-Arrhenatheretum*



10.17. ábra

A P8-as táblába ékelődő, szikes gyepfolt
fekete: *Zea mais*, **fehér**: csatorna, **barna**: *Puccinellietum*, **lila**: *Agrostio alopecuretum*, **piros** - *Bolboschoeno-Phragmitetum*, **sárga**: *Achillea-Festucetum pseudovinae*