

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. Tamás János
MTA Doktora

**TÉRINFORMATIKA ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI A KÖRNYEZETI
KONFLIKTUSOK KEZELÉSÉBEN**

Készítette:
Tomor Tamás
doktorjelölt

Debrecen
2007.

**TÉRINFORMATIKA ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI A KÖRNYEZETI
KONFLIKTUSOK KEZELÉSÉBEN**

Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében a
a **Agrártudományok** tudományterületén
Földtudományok tudományágban

Írta: Tomor Tamás doktorjelölt

A Doktori Iskola neve: Interdiszciplináris Agrár- és Természettudományok Doktori Iskola

A doktori iskola vezetője: Prof. Dr. Nagy János az MTA doktora

Témavezető: Dr. Tamás János, az MTA doktora

A doktori szigorlati bizottság:

	Név	Tud. fokozat
Elnök:	Dr. Nagy János	MTA doktora
Tagok:	Dr. Thyll Szilárd	Professor emeritus, CSc
	Dr. Szabó József	PhD

A doktori szigorlat időpontja: 2004. május 6.

A bíráló bizottság:

	Név	Tud. fokozat	Aláírás
elnöke:			
tagjai:			

titkár:

opponensei:

Az értekezés védésének időpontja: 2007. kétszer nem kell dátum

Az értekezés védésének időpontja: 2007.

TARTALOMJEGYZÉK

TÉRINFORMATIKA ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI A KÖRNYEZETI KONFLIKTUSOK KEZELÉSÉBEN	2
BEVEZETÉS.....	5
SZAKIRODALOM	9
A fenntartható földhasználat területi tervezésének módszertani áttekintése	9
Térinformatikai modellezés és a hidrológiai térképezés kapcsolatrendszere, illetve információtechnológiai aspektusai	13
A modellezés alkalmazott térinformáció-technológiai háttere.....	24
Munka a több időkeresztmetszetből származó adatokkal.....	28
Belvízjelenség és annak térképezését megvalósító módszerek	31
ANYAG ÉS MÓDSZER	36
A vizsgálati terület általános jellemzése.....	36
Környezeti konfliktusok kialakulása a Bihari síkon.....	38
A vizsgálatok során felhasznált adatok és adatbázisok ismertetése	45
Topográfiai adatok.....	45
Talajtani adatok	47
Felszínborítási – területhasználati adatok.....	48
Vízrajzi adatok.....	52
Természetvédelmi adatok	54
Modellalkotás	54
Az adatmodell jelentősége a modellezésben	54
A modell alkalmazhatósága.....	55
Rendszertervezés és -üzemeltetés.....	55
Belvízi jelenség előfordulását meghatározó vizsgálati módszerek	57
A történelmi térképek kiértékelésének, valamint a területhasználati stabilitásvizsgálat módszerei.....	96
EREDMÉNYEK, ÉRTÉKELÉS	101
Belvízelöntési kockázatok becslési módszereinek eredményei.....	101
Elöntési gyakoriság alapú kockázatbecslés	101
Empirikus elméleti kockázatbecslés	104
Mennyiségszámítás alapú kockázatbecslés	111
Területhasználati stabilitásvizsgálat eredményei.....	117
KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	121

A belvíz-előfordulás vizsgálati módszereinek összehasonlító értékelése	121
Felhasznált adatbázisok összehasonlító értékelése a talajadatok alapján.....	126
Területhasználati modell meghatározása a térstruktúra környezeti szempontú átalakítása érdekében.....	129
ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	133
ÖSSZEFOGLALÁS	134
SUMMARY	138
SZAKIRODALOM irodalom jegyzék	142

BEVEZETÉS

Magyarország területének kb. egynegyede olyan mély fekvésű sík terület, amelyről természetes úton nem folyik le a víz. A rendszeresen művelt közel 5 millió hektár szántóterületnek mintegy 10-15%-át gyakran évenként időszakosan káros felszíni víz borítja. Több év adatainak értékelése szerint évente átlagosan mintegy 130.000 hektár a belvizzel borított terület 2-4 hónap hosszan. Kiugróan magas volt a belvizes területek nagysága 2000-ben, amikor is az év elején 343.000 hektár volt belvizzel elöntött terület. Az ország belvíz által leginkább veszélyeztetett területei a Tisza-völgy, valamint a Duna-völgy mély fekvésű részei.

A természet- és környezetvédelmi térinformatikai alkalmazások a mezőgazdasági alkalmazások mellett a legtipikusabb erőforrás-gazdálkodási alkalmazások közé tartoznak. A szervezetek feladatától és jellegétől függően a "mi-hol" jellegű kérdések dominálnak és ez meghatározza a rendszer felépítését, az adatgyűjtés módját, a minőségbiztosítás szintjét, az adatbázis struktúráját, az adatelemzés módját, a vektor-raszter ill. vegyes rendszerek értékelését, a statisztikai és idősoros elemzés szükségességét, a megjelenítés és döntéshozatal szerepét.

Az erőforrás-gazdálkodási alkalmazások története a 80-as évek elejére nyúlik vissza. A kezdeti alkalmazások közé az erdészeti alkalmazások (utak tervezése, mennyiségi nyilvántartás, erdőfenntartás-újrafásítás), a talajvédelmi- és talajművelési alkalmazások (lejtésviszonyok, talajtérképezés), a mezőgazdasági alkalmazások (szennyezés-vizsgálatok, termőképesség-termékenység, műtrágya-felhasználás, termésbecslés), valamint a természet- és környezetvédelmi alkalmazások (környezeti hatástanulmányok, hulladék-elhelyezés, élőhely-menedzsment, pufferzónák kijelölése, ivóvízbázisok védelme, vízgyűjtő területek menedzsmentje) tartoztak. Magyarországon az igény a szűkebb értelemben vett környezet- ill. természetvédelmi alkalmazások iránt a 90-es évek elejétől jelentkezik folyamatosan, túlnyomó részben az intézményi szektor részéről, de egyre inkább meghatározóak a civil és a profitorientált szervezetek igényei is.

A természetvédelem és a mezőgazdaság összehangolására készült el 1997-ben Magyarország EU-konform területhasználati zónabeosztása, mely osztályba sorolási módszertant fogalmaz meg és alkalmaz a különböző régiók termelési és nem-termelési potenciáljainak figyelembe vételével. A munka Magyarország teljes területén megmutatja az egyes területi egységek agráralkalmassági-környezetérzékenységi zonációs besorolását. E zonalitás alapozza meg a területileg differenciált és többfunkciós mezőgazdaság modelljének megfelelő, agrárfejlesztés

kereteit rögzítő Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Programot (NAKP) (Ángyán et al., 1999). Magyarországon a Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Programot a Kormány a 2253/1999. számú határozattal emelte jogerőre.

Az intézkedés kidolgozásának szükségességét támasztotta alá a Magyarországra jellemző extenzív mezőgazdálkodás által kialakított és fenntartott természet közeli élőhelyek állapotának romlása, és az eltűnőben lévő, az országra jellemző hagyományos, értékőrző gazdálkodási módszerek, fajták. Az ország jelentős részén szükség van a földhasználat átalakítására országos prioritások (alacsony termőképességű, „veszteséget halmozó” szántóterületek kivonása, új földhasználati irányok keresése, pl. energianövények) és térségi prioritások (árvízzel és belvízzel veszélyeztetett területek területhasználatának átalakítása, természet-közeli gazdálkodási rendszerek visszaállítása) szerint. Az elfogadott program európai uniós jogszabályi háttérét az 1783/2003 EK Tanácsi rendelettel módosított 1257/1999/EK Tanácsi rendelet 22-24. cikkelyei, 47. cikkelye és a rendelet melléklete, valamint a 963/2003/EK Bizottsági rendelettel módosított 445/2002/EK Bizottsági rendelet 13-21. cikkelyei, I. és II. melléklete képezi.

A Nemzeti Vidékfejlesztési Tervben (NVT – 2004) és a Felzárkózó Vidék Fejlesztési Stratégiában (FVFS - 2005) szintén megfogalmazásra kerültek a mezőgazdasági szerkezetváltást (így a területhasználat térszerkezetét is) érintő kérdések. A vidéki térségek állapotfelmérése alapján az Európai Unió 2007–2013-ra vonatkozó vidékfejlesztési stratégiájával összhangban megfogalmazták a fejlesztési prioritásokat, melyek között megtalálhatjuk az alábbi két megállapítást is (FVFS, 2005):

„- Az agráriumra túlzott – sok esetben a termelési adottságokhoz sem igazodó – termelés-centrikusság jellemző, és ennél lényegesen szerényebben érvényesül a gazdaságosság növelésében, a környezeti potenciál hasznosításában, a vidéki életforma megőrzésében, az életminőség javításában rejlő lehetőségek kihasználása.

- Igen magas a környezetvédelmi problémákkal (szél-, és vízerózió, ár-, és belvíz, egyéb talajromboló tényezők) veszélyeztetett területek aránya, a vízbázisok kétharmada sérülékeny földtani környezetben van.”

A mezőgazdasági termőföld-hasznosítási elképzeléseket figyelembe véve 1996-ban elkészült az országos hosszú távú erdőtelepítési koncepció, miszerint 778 ezer hektár erdőtelepítésre figyelembe vehető mezőgazdasági területtel lehet reálisan számolni, és ezzel az ország erdősültségét az optimálisnak tartott 27 %-ra lehet emelni. Az ágazati irányítás 2001-től 2010-ig évi 15 ezer hektár erdőtelepítést irányzott elő, amelynek mintegy 80 %-a mezőgazdasági területen valósul meg. Az intenzív erdőtelepítés a kedvezőtlen termelési adottságokkal

rendelkező területeket érinti elsősorban, ahol az extenzív mezőgazdasági termelés feltételei nem kedvezőek.

A vidéki térszerkezet változását indokoló problémák ismeretében számos kutatás próbált megoldást találni az optimális környezeti feltételekhez igazodó területhasználati struktúra kialakítására a mindenkor rendelkezésre álló technikai feltételek alkalmazásával. A megválaszolásra váró kérdésekre a környezeti adottságok minél teljesebb körű ismerete és tértudományi módszerek alkalmazása segítségével lehet kielégítő válaszokat adni. Erre a korábbiakban (pontosabban az elmúlt 15 év során) több próbálkozás is volt, és sikerült is előállítani olyan modelleket, amelyek Magyarország teljes területén lehetővé teszik a célterületek földrajzi lehatárolását, azonban a koncepcionális tervezés alapjául szolgáló léptékben készült információbázis nem nyújthat kellő alapot a regionális szintű döntéshozatali és gyakorlati igények megválaszolására. A nagyléptékű információforrásokra alapozott döntéstámogató rendszerek elfogadhatóak országos stratégiák, prioritások meghatározásának alapjául, de nem tekinthetőek hivatkozássul az egyes intézkedések végrehajtásának regionális szintjén, mivel a speciális tájegységi adottságokat nem tartalmazzák kellő részletességgel.

Szintén ismertek olyan kutatások, amelyek lokális szinten elemzik a tájhasználati funkciók térbeli elrendeződését, és lokális kiterjedésű – bár kétségtelenül részletes térbeli felbontású – adatbázisokra támaszkodva fogalmaznak meg javaslatokat a változtatásokra. Ezen fejlesztések hasznosak és rengeteg tapasztalatot hoztak magukkal, mind információ-előállítási-, mind tervezési-módszertani vonatkozásban, azonban hiányosak a vizsgált földrajzi tér méretéből adódó problémák feltárásában. A kiterjedt vizsgálati terület helyzetéből, valamint a célinformációk kinyeréséhez nélkülözhetetlen információforrások sokféleségéből adódó kettősség olyan nehézségeket vet fel, melyek modellezésére jelenleg nincsenek tapasztalatok.

A tértudományos módszerek alkalmazása szintén szükséges a környezeti elemek állapotváltozásának modellezésében. Az egzakt megismerés elve alapján, ezek a modellvizsgálatok is részletes területi bontású információkra támaszkodva lehetnek segítségünkre. Különösen igaz ez olyan síkvidéki területek esetében, ahol a felszíni és felszín alatti vizek állapota, mozgása, tulajdonságai a tér egyes részleteiben és időpillanataiban más-más tulajdonsággal bírnak.

Kutatásaim során célul tűztem ki az alábbiakat:

1. Bemutatom a környezeti állapot modellezésére alkalmas, nagy földrajzi területre kiterjedő térinformatikai rendszer felépítését a modellalkotástól az adatbázisok elemzés szintű alkalmazásáig. Részletesen ismertetem a nagy mennyiségű, nagy

méretarányú és sokféle földrajzi adatok előállításának és kezelésének problémáit és lehetőségeit.

2. Meghatározom az adott mintaterületen a síkvidéki vízrendezés következtében kialakult belvízi elöntési kockázatokat és az ebben szerepet játszó ökológiai tényezők hatásait.
3. Jelentős (235 éves) idősor térbeli változás vizsgálatai alapján kifejezem a területhasználat stabilitási értékeit.
4. Az első katonai felmérés térképeiből épített adatbázisra támaszkodva elemzem az egykori állandóan vagy időszakosan vízzel borított területek, valamint a jelenlegi területhasználatok közötti térbeli összefüggéseket.
5. Kis lefolyás értékű, síkvidéki mintaterületen a mikrorelief, az idősorosan elemzett területhasználat, a talajgenetikai viszonyok és az elöntési kockázat alapján kifejezem a területhasználati struktúra környezeti szempontú átalakításának területi értékeit.

SZAKIRODALOM

A fenntartható földhasználat területi tervezésének módszertani áttekintése

A mezőgazdaság teljesítménye, eredménye – helyi, körzeti, vagy országos szinten – alapvetően a termőhelyek alkalmasságától, a természeti erőforrások állapotától és minőségétől, a közgazdasági környezet korlátaiktól, valamint az ott élők alkalmazkodó képességétől függ (Birkás, 1997). A hosszú távon működőképes, fenntartható mezőgazdálkodás megvalósításának alapvető feltétele a környezeti alkalmazkodás, vagyis az, hogy a földet mindenütt arra és olyan intenzitással használjuk, amire az a legalkalmasabb, illetve amit képes károsodása nélkül elviselni (Ángyán – Menyhért, 1997). Az értékfenntartó gazdálkodásnak egyik legfontosabb alapeleme a tájhoz, a környezethez illeszkedő funkció-, tevékenység-, ágazati rendszer és intenzitási fok megtalálása, vagyis olyan földhasználati rendszer kialakítása, amely magából a környezetből, annak adottságaiból és korlátaiból fakad, ahhoz a legjobban illeszkedik (Ángyán, 1997). Mindezekből következik, hogy a rurális térségek fejlesztési lehetőségeit erőteljesen befolyásolja azok agroökológiai adottsága, agrikulturális hagyományai és környezeti érzékenysége. Mindezen adottságok konkrét területi lehatárolásához számos információ szükséges a természeti adottságok, a környezeti érzékenység, a potenciális környezeti veszélyforrások, illetve a potenciális mezőgazdasági területek hollétéről. Elmondhatjuk, hogy a mezőgazdaság egy kétoldalúan optimalizált rendszer, melynek egyik oldalát a térstruktúra megtervezői, a másik oldalát pedig a területen gazdálkodók jelentik. A fenntartható térstruktúra kidolgozásának legfontosabb célja, hogy a komparatív előnyöket feltárja és azokat a hasznosítás szolgálatába állítsa, vagyis megteremtse a gazdálkodás optimális kereteit.

Kreybig (1946) szerint: „Az okszerű mezőgazdasági termesztés mindennek fölött álló alaptörvénye: termesszünk mindent ott azon a helyen, ahová való és úgy, amint azt a természeti adottságok megkövetelik, figyelembe véve természetesen a gazdasági és üzemi viszonyokat is.” Kreybig az okszerű növénytermesztés alapjait kutatta, többek között célkitűzései között szerepelt a termelési körzetek természeti tájegységeinek és növénytermesztési tájegységkörzeteinek lehetőleg pontos lehatárolása. „E feladatkör helyes megoldása nemcsak nagyos széleskörű ismeretet, hanem tudományos kutatás útján felderített igen sok újabb tan megértését, helyes értékelését és azt is megköveteli, hogy megfelelő pontossággal tudjuk azt, hogy hol, milyen kiterjedésben milyen természeti adottságaink vannak (Kreybig, 1946).

A problémakör kutatásában elért eredmények, valamint a gyakorlat részéről megfogalmazódó igények készítették elő azt a széles körű elemző munkát, amely Magyarország agroökológiai potenciáljának felmérését, az objektív területi fejlesztés megalapozását szolgálta (Láng, 1980, 1981). Lóczy (1989) kiemeli, hogy a mezőgazdasági termelés természeti alapjait részletesen feltáró felméréseknek kiemelkedő szerepe van a természet adottságaihoz igazodó növényi struktúra, kedvezőbb mezőgazdasági földhasználat kialakításában. Így ugyanis lehetővé válik, hogy ugyanazt a termelésszintet kisebb mesterséges energia-bevitellel érjük el, miközben csökken a környezet terhelése és javul a termelés hatékonysága. Harrach (1987) véleménye szerint a művelésre kevésbé alkalmas területek kizárásával vagy extenzív műveléssel egyben a természetvédelemben érhetünk el jelentős eredményeket, hiszen a talajok mezőgazdasági értéke és természetvédelmi jelentősége között – mezőgazdasági hasznosítás esetében – fordított arányosság áll fenn.

E korábbi kutatások a fenntartható földhasználat megalapozásához fontos információkat szállítanak, hiszen eredményeikre támaszkodva lehetségessé vált a mezőgazdasági alkalmasság, illetve a környezeti érzékenység számításánál alkalmazott súlyértékrendszer kialakítása, mellyel a potenciális agrárterületek megbízható lehatárolását lehet elvégezni.

A fenntartható, környezetbarát gazdálkodás rendszerének kialakítása során abból indulhatunk ki, hogy a környezet- és természetvédelem alapvetően rá van utalva a mezőgazdasággal való együttműködésre, másrészt a mezőgazdálkodás teljesítménye, eredménye nagyrészt a környezet, a természeti erőforrások állapotától, minőségétől függ (Ángyán, 1995).

A különböző térhasználati modellek közül Erz (1987) által kidolgozott integrált földhasználati stratégia fogalmazza meg a környezetnek megfelelő intenzitású gazdálkodás térszerkezet kialakításának alapelveit:

1. A piramis csúcán – régióként eltérő nagyságú – olyan területek találhatóak, amelyek abszolút módon és egyértelműen a természetvédelem területei kell, hogy legyenek (természetvédelmi területek, tájvédelmi körzetek, nemzeti parkok, bioszféra rezervátumok magterületei, stb.) az egyéb célú földhasználat teljes körű kizárásával.
2. Alatta egyéb védett területek – pl. magterületeket körülvevő pufferzónák – helyezkednek el korlátozott, pl. természetvédelmi célú mezőgazdasági földhasználattal.
3. Ez alatt bizonyos földhasználati korlátozásokat igénylő területek (pl. vízvédelmi területek, pufferzónák, stb.) találhatók, ahol a korlátozások figyelembe vételével a tradicionálistól az extenzíven, organikusan keresztül akár a félintenzívig terjedő gazdálkodás folytatható.
4. A piramis széles bázisát képezi végül egy – a talajadottságoktól függően – félintenzív, vagy akár intenzív, ám környezetkímélő és környezetéhez, a termőhelyhez alkalmazkodó mezőgazdálkodás. Kiterjedése felfelé attól függ, hogy milyen régióban (nagy kapacitású,

intenzív agrártájon, vagy nagy természetvédelmi és kis mezőgazdasági kapacitású tájon) vagyunk. Az intenzitás fokát a környezetvédelmi kapacitása és védendő értékeinek érzékenysége határozza meg.

E stratégiának az a célja, hogy a földhasználatot és a környezetvédelmet integrálja, a táj adottságainak megfelelően határozza meg a használat és a védelem intenzitását, egymáshoz viszonyított arányát. Ez a megközelítés szélsőségektől mentesen igyekszik a táj adottságaiból levezetve megteremteni a két törekvés összhangját, és lehetőséget kínál a környezeti alkalmazkodásra.

Az iparszerű gazdálkodás ebből a szempontból úgy jellemezhető, hogy a földhasználati piramis kategóriahatárait drasztikusan fölfelé mozdította el, figyelmét szinte kizárólag a termelési célú használati funkciókra összpontosította (Ángyán, 1998). Feladatunk ennek megfelelően, hogy ezeket a határokat lefelé mozdítsuk el, csökkentve a belterjes földhasználat (elsősorban a szántóművelés) területét, és minden kategóriában a neki megfelelő földhasználati intenzitást, gazdálkodási rendszert szorgalmazzuk (Ángyán – Menyhért, 1997). A földhasználati piramis gyakorlati megvalósítására, kategóriahatárainak lefelé való elmozdítására több szerző (Harrach, 1992; Ángyán, 1992; Jedicke, 1994) a következő földhasználati koncepciót javasolja:

1. Az extrém talajokkal borított területek (túlságosan száraz és nedves termőhelyek) kivonása a mezőgazdálkodásból és a meglévő értékes biotópokhoz csatolásával olyan biotóphálózat létrehozása, mely biztosítja a vadon élő növény- és állatfajok, veszélyeztetett életközösségek védelmét. A biotóphálózat, vagyis zöldfelületekből, szabad térségekből, védterületekből, élősvényekből, erdősávokból, fasorokból és egyéb regenerációs zónákból álló hálózatos rendszer az iparszerű mezőgazdálkodás „akadályozó” tényezőjévé vált és jobbára annak áldozatául esett. Ezek újraterelítése és fenntartása elodázhatatlan feladat, hiszen úgy biztosítja a táj biológiai diverzitásának és ökológiai alapkarakterének megőrzését, környezeti stabilitását és a tér természetes strukturálódását, hogy ehhez azokat a felületeket, környezetileg érzékeny területeket használja, amelyeknek mezőgazdasági terméspotenciálja egyébként is igen alacsony. Az így kialakuló térstruktúrában az ökológiai hálózat rendszere biztosítja a vadon élő növény és állatfajok, veszélyeztetett életközösségek védelmét (Kaule, 1981).

Tapasztalatok szerint a legjobb szántóföldi mezőgazdálkodási adottságú területeken is el kell érnie az összterület 7-12%-át (Jedicke, 1994). Vannak szerzők, akik ugyenebben az esetben 10-15%-ot mondanak (Brookmann, 1987; Heydemann, 1983).

2. A biotóphálózat által strukturált térben a korlátozott szűrőképességű termőhelyek kivonása a belterjes (konvencionális) gazdálkodásból, és átállítása természetvédelmi szempontú, extenzív, illetve ökológiai mezőgazdasági földhasználatra, kiegészítve a természetvédelmi

teljesítmények megfelelő honorálásával. Ezek elsősorban laza alapkőzetben kialakult sekély termőrétegű talajok, homokok és nedves termőhelyek, amelyek elsősorban vízvédelmi szempontból számítanak rizikó-termőhelyeknek, mezőgazdasági szempontból korlátozott értékűnek, de megfelelő használat esetén természetvédelmi értékük nagy. Ahol az extrém termőhelyek, valamint a korlátozott természetvédelmi szűrő- és mezőgazdasági termőképességű talajok a jó talajokkal társultan, keverten jelennek meg, ott lehatárolásuk a genetikai talajtérképek és kartogramjaik segítségével elvégezhető. Ahol ezek a talajok nagy felületeket, régiókat borítanak – mint például az igen laza szerkezetű homoktalajokkal borított tájak – ott olyan konszenzusos stratégiát kell a földhasználatra kidolgozni, amely a mezőgazdaság, a vízgazdálkodás és a természetvédelem szempontjait, valamint az emberek, a lakosság kultúrájával szembeni igényeit egyaránt figyelembe veszi.

3. Minden egyéb területen alkalmazkodó, környezetkímélő mezőgazdálkodás folytatandó.

E koncepció úgy valósítható meg, hogy a belterjes (intenzív) szántóföldi művelésből területeket kell kivonni és az 1. pontban megfogalmazott földhasználati koncepciónak megfelelően erdősíteni, vagy gyepesíteni, illetve a 2. pontban, megfogalmazottaknak megfelelően extenzív, vagy ökológiai mezőgazdasági irányba kell átállítani kell. Ezek általában olyan termőhelyek, amelyek eredetileg – a mezőgazdaság iparosítását, kemizálását és erőltetett interzifikálását megelőzően – sem tartoztak a szántó művelési ágba, és így, mivel mezőgazdasági kapacitásuk természetvédelmi kapacitásuknál lényegesen kisebb – a szántó művelési ág fenntartása sem termelési-gazdálkodási, sem természetvédelmi szempontból nem indokolható, sőt, kifejezetten káros (Ángyán, 1997).

Az ismertett földhasználati koncepció megvalósításával olyan fenntartható térhasználati rendszer alakítható ki, amely hosszú távon biztosíthatja az alapvető (természetvédelmi-környezetstabilitási, termelési, fogyasztási) térfunkciók harmóniáját. Ezzel szemben a konvencionális, ma általánosan elterjedt gazdálkodást olyan térhasználat jellemzi, melyben a termelési és fogyasztási funkciójú térszerkezeti elemek összefüggő hálózatot, mátrixot alkotnak. A stabilitást és védelmet biztosító térszerkezeti elemek egymástól elszigetelődnek és így folyamatosan elhalnak. Ez a térhasználat még akkor is veszélyezteti a környezet stabilitását, ha a termelés és a fogyasztás maga környezetkímélő (Ángyán et al., 1997). Fenntarthatónak, kiegyensúlyozottnak inkább az a térhasználat tekinthető, ahol a védelmi, stabilitási funkciójú természetes biotóp-hálózat alkotott mátrixban „úszik” a termelési és fogyasztási célú térszerkezeti elemek szigetei és ezeken a termelés, gazdálkodás és a fogyasztás maga is környezetébe „belesimul”, annak adottságaihoz illeszkedő, ezáltal környezetkímélő (Jedicke, 1994). Magyarországon a NAKP elfogadásával, illetve

működtetésével a fenntartható térfelhasználati rendszer gyakorlati megalapozása már elkezdődött (Lőrinci, 2003).

Térinformatikai modellezés és a hidrológiai térképezés kapcsolatrendszere, illetve információtechnológiai aspektusai

Egy adott terület környezeti érzékenységének, illetve agrárpotenciáljának együttes figyelembe vétele a különböző információ tartalmú adatbázisok térinformatikai összekapcsolását igényli (Bill, 1999). A környezettel kapcsolatos GIS alkalmazások a legtipikusabb és legfontosabb felhasználási területhez tartoznak, mert óriási, nagyon sokféle területi adat összekapcsolásának lehetőségét teremtik meg (Kertész, 1997).

Fontos azt külön is hangsúlyozni, hogy nagyszámú és nagyon sokféle különböző adatról van szó, amelyeket egyidejűleg tudunk figyelembe venni. Ez azért lényeges, mert a Föld, a környezet, a táj életébe avatkozunk bele, azt változtatjuk meg, a táj és a környezet pedig nagyon sok tényezőtől függő komplex rendszerek (Kertész, 1997).

A soktényezős adatbázis tehát mind tervezési feladatokhoz, mind pedig már meglévő környezeti összefüggések kimutatásához nagyon jó alap lehet (Kertész, 1997).

A földhasznosítás tervezése viszonylag új irányzat. Nem könnyű megtervezni és előállítani azt, ami környezet- és természetvédelmi szempontból optimálisnak tűnik (Tózsá, 2001). A tértudományokban a valóság jelenségeit valamilyen módon modellezni szükséges (Tamás, 1997). A térinformatikai modellépítés alapjaiban nem különbözik a tértudományokban alkalmazott modellezéstől. Egy információs rendszerben a valós világot egy – lehetőleg minél pontosabb – modellben kezeljük. Márkus (1994) szerint a modell az objektum visszatükröződésének sajátos eszköze, mert nem alakul ki reális kölcsönhatás a modellezett objektum és a modell között. Ugyanakkor a modellben mindig visszatükröződik, vagy reprodukálódik – általában egyszerűsített formában – a modellezett objektum struktúrája, vagy némely más jelentős vonása. Az adatmodell tehát olyan szabályok összessége, amelyek az adatoknak az adatbázisba való szerveződését határozzák meg és logikai egységet hoznak létre az adatok, valamint az adatok kapcsolatai között (Kertész, 1997).

A környezetérzékenységi zónarendszer kialakítása alapvetően alkalmassági vizsgálatot jelent. Arra a kérdésre keressük a választ, hogy egy adott területen belül a mezőgazdasági termelési, valamint természet- és környezetvédelmi szempontok együttes figyelembe vételével hol, milyen alkalmasságú területrészek vannak. Azaz hol vannak és milyen kiterjedésűek a mezőgazdasági termelésre alkalmas, vagy környezetileg érzékeny és ezért védelmi, stabilitású

funkciójú területek, vagy éppen a kettős meghatározottságú területek foltjai. Ehhez olyan adatbázist kell létrehozni, amely mindkét szempontrendszer követelményeinek eleget tesz.

Korábbi kutatásokra alapozva (Görög, 1954; Paskovszkij, 1957; Erdei et al., 1959; Sebestyén, 1960; Bernát et al., 1961; Bulla, 1962; Bernát et al., 1977; Kukovics et al., 1973; Szániel, 1966; Nagy, 1981) megállapítható, hogy a mezőgazdasági alkalmasságot alapvetően a talaj, a domborzat és a klíma tulajdonságok határozzák meg. Míg a környezeti érzékenység a talaj, az élővilág és a víz témacsoportok köré csoportosul.

A térképi modellezés során a különböző kiválasztott rétegeket úgy kombináljuk, hogy egy új térképi réteget kapjunk ennek eredményeként, amely tartalmazza az eredeti térképi rétegek információit, azonban egy teljesen új információt szolgáltat a felhasználónak (Tamás, 2000).

A térbeli információs rendszerek egyik legáltalánosabb tulajdonsága, hogy két különböző adattípust (a grafikus és alfanumerikus), vagy logikai oldalról megközelítve, a hely és tulajdonság jellemzőket, egységes rendszerben tárolják és kezelik. Ugyanakkor a környezeti modellek legfontosabb része szintén az adat, így az adatmodellekkel (logikai illetve implementációs) részletesebben is foglalkozom.

A különböző térinformációs rendszerek az adatbázis szerkezetében, a használt adatmodellben illetve az adatkezelési eljárásokban térnek el leginkább (Detrekői et al., 1995). Éppen ezért egy adott környezeti modell koncepcionális térinformatikai implementálásánál és információtechnológiai megvalósításánál nagy figyelmet kell fordítani arra, hogy mind a geometriai, mind az attribútum adatok megfelelő módon ábrázolják vizsgálatunk tárgyát.

A földrajzi adatok tágabb szakirodalmi összefüggésben a valós világ objektumainak általunk is kezelhető módon történő jellemzésére szolgálnak (Maguire et al., 1991; Goodchild et al., 1992). Minden térbeli adat egy négylépcsős absztrakciós modellalkotási folyamat eredménye. A valós világot általunk megkülönböztethető módon alkotó jelenségeket (entities) első lépésben egy elméleti modellel helyettesítjük. A modellalkotási folyamat során az entitásnak csak azon jellemzőit vesszük figyelembe, amelyek a későbbiek során szerepet játszhatnak. Az elméleti modell alapján dolgozzuk ki a kiválasztott jellemzők leírásához szükséges adattípusokat, azaz egy olyan logikai modellt állítunk elő, amelynek alkotóelemei a valós világ elemeinek digitális megfelelői (objects). A keretül szolgáló logikai adatmodell alapján történik a tényleges adatgyűjtés, jön létre az objektumok fizikai modellje (Bernhardsen, 1992). Ennek megfelelően a választott adatmodell, azaz a generalizálási eljárások összessége határozza meg, hogy az adott térinformációs rendszernek milyen jellemzői vannak. Amikor adatmodellezésről van tehát szó a környezetgazdálkodási térképezés kapcsán, azt a folyamatot kell konceptualizálni, mely a valós világ tárgyait és folyamatait úgy egyszerűsíti, hogy a

rendelkezésre álló algoritmusok felhasználásával, a meglévő szoftver és hardver környezetben, földrajzi elemzésre, döntés-előkészítésre és tervezésre alkalmasak legyenek (Tuori et.al., 1984).

Mivel a tudomány és technika fejlődésével mind az algoritmikus mind a szoftver és hardver feltételek változtak, a valóságot egyre jobban tükröző komplex modellek terjedtek el a hidrológiai folyamatok modellezésére is (Hoogendorn et.al., 1990). Nem igazán szerencsés ugyanakkor, ha a környezeti (adat)modell elemeinek változása az egész modell, következésképpen valamennyi adat megváltozását vonja maga után. Ezt elkerülendő, célszerű egy nagyon általános elvi (konceptcionális) térbeli adatmodell létrehozása, melyet különböző szinteken lehet logikai megvalósítási (implementációs) térbeli modellekben realizálni, az adott operációs rendszert és gépi környezetet figyelembe vevő fizikai modellek segítségével (Alves, 1990).

Általánosan a térinformatikában használt konceptcionális adatmodell a valós világ entitásait (tárgyait) egyszerű objektumokba képezi le. Az egyszerű objektumok két dimenziós esetben olyan pontok, vonalak, területek (poligonok), 3 dimenziós esetben az előbbieken túl még felületek és testek, melyek tetszőleges számú konstans attribútummal (tulajdonságjellemzővel) rendelkeznek (Morehouse, 1990). A mesterséges objektumokkal kapcsolatban a gyakran bonyolult geometriából adódó problémák lényegi része kiküszöbölhető, ha összetett objektum típusú konceptcionális adatmodellt alkalmazunk.

Az előzőekben bemutatott konceptcionális modellel szemben az implementációs modelleknek nagyon sok hierarchia szintje van. A legmagasabb szinten a konceptcionális modell elemek elérése és műveletekbe történő aktivizálása szerepel. Eggyel alacsonyabb logikai szinten jelenik meg a grafikus és alfanumerikus adatok kapcsolata az adott implementációban (Smyth, 1990). Az egyszerű objektum típusú elvi adatmodell implementációs modelljének felső szintjén két módszert is alkalmazhatunk: a réteg szemléletű síkbafeesztést illetve az objektum orientált módszert, a függvényterek implementálására pedig rendszerint hálós (térács) vagy háromszög (tetraéder) megközelítést alkalmaznak, de találkozunk interpoláló függvények együtthatóinak tárolásával is (Gahegan, 1994). Az összetett objektum típusú elvi adatmodell implementációja több logikai szinten is legcélszerűbben az objektum orientált eljárással végezhető (Gahegan et.al, 1988). Mivel összetett objektum típusú modellel a dolgozat nem foglalkozik, így továbbiakban ennek szakirodalmi áttekintésétől eltekintek.

A réteg szemléletű síkbafeesztési modell lényege úgy foglalható össze, hogy a kérdéses földrajzi területen a kiválasztott egyszerű objektumokat olyan csoportokba szervezzük, melyek elemei nem fedik egymást s egyben szemantikai oldalról tekintve rokon

tulajdonságokkal rendelkeznek (például a földhasználat). A szemantikailag rokon objektumokat tartalmazó rétegek síkbafeszítése azt jelenti, hogy az adott réteg objektumai kihagyás és átfedés nélkül, folyamatosan fedik le a síkot. Bizonyos egyszerű objektumok esetén, mint például egy talajtérkép, a kihagyás nélküli takarás a természeti jelenség jellegéből következően automatikusan adódik, míg más jellegű fedvényeken mint például egy vízrajz esetében a folyamatos takarás feltételét úgy biztosíthatjuk, ha feltételezzük, hogy minden olyan terület, melyet nem fednek le a vízrajzi elemek, szintén alkot egy vagy több összefüggő objektumot, azaz a "háttér" területeket is objektumként kezeljük (Smyth, 1990). Ez a típusú implementációs logikai modell kizárólag azt a korlátozást írja elő a rétegek tartalmára vonatkozóan, hogy az egyes egyszerű objektumok egymást nem takarhatják. Ha a modellezés során olyan kérdések jelentkeznek, melyek különböző rétegekhez rendelt objektumokat érintenek, úgy vagy valamennyi érdekelt réteget külön-külön aktivizáljuk a lekérdezés idejére és az eredményt a kapott részválaszokból azok összesítésével állítjuk össze, vagy a meglévő rétegek felhasználásával új levezetett réteget kell létrehoznunk (Piwowar, 1990). Egyes rendszerek, mint például a dolgozatban alkalmazott rendszer, a fentiekén túl még olyan gyakorlati megkötésekkel is élnek, hogy a rétegek csak meghatározott objektum típust vagy típusokat tartalmazhatnak. Általában a terület típusú objektumokat tartalmazó rétegek nem tartalmazhatnak pont esetleg vonal típusú objektumokat (ESRI, 1994).

Az említetteknek megfelelően implementációs adatmodellt több logikai szinten realizálják. A legalacsonyabb logikai szint azt határozza meg, hogy a grafikus és numerikus adatok tárolása és kapcsolódása milyen formában történik.

Az egyik legkiforrottabb és legelterjedtebb módszer a georelációs modell, mely az ARCGIS szoftver révén számtalan rendszerben működik világszerte. A dolgozat keretében használt modell-architektúra is ezen alapszik. Az architektúra lényege, hogy külön-külön adatbázisban tárolja a helyzeti és leíró adatokat és a helyzeti adatok réteg szerkezetben, topológiai struktúrában, hierarchikus módszerrel kerülnek tárolásra, míg a leíró adatok relációs adatbázisba vannak szervezve. A két adatbázis között keresztreferencia biztosítja a kapcsolatot (ESRI, 1993). Ez a kapcsolat a digitális helyzeti és alfanumerikus adatok között a modellben az úgynevezett geokód. A geokód valamely terület vagy területfüggő objektum esetleg objektum csoport azonosítója, mely lehetővé teszi a kapcsolatot a területek vagy objektumok és a hozzájuk kötődő tulajdonság értékek között.

Magyarországon a geodéziai azonosítók rendszeréről szóló 21-1986-XII.28.-MÉM rendelet, valamint az ehhez a rendelethez kiadott 9001-1987-MÉM E.2.- közlemény határozza meg a geokód fogalmát. E szerint a geokód minden térbeli objektum egy pontjára vonatkozó olyan azonosító, mely tartalmazza az objektum jellegét, valamint a kérdéses pont geodéziai

koordinátáit. Ha ezzel az azonosítóval, mint ahogy a rendelet ezt előírja, ellátjuk azokat a számítógépes adatbázisokat, melyek az objektumhoz kötődő információkkal rendelkeznek, úgy lehetőségünk van ezeket az adatbázisokat az objektum alapján összekapcsolni, de arra is lehetőségünk van, hogy az objektum helyzetét jellemző koordináták segítségével bizonyos kezdeti térbeli feldolgozásokat is végrehajtsunk. A geokód két kötelező és egy opcionális mezőből áll. Az első két karakterből álló mező, az objektum jellegkódja. A második mező 12 karakterből áll, első hat karaktere a kérdéses pont y, a második hat karaktere a kérdéses pont x koordinátája méterben kifejezve. Mind az első, mind a második mező kötelezőek. A harmadik mező opcionális, négy karakterből áll, és a kérdéses pont magasságát hivatott megadni. A felhasználói program tematikus megkereséseit a relációs adatbázis-kezelő dolgozza fel majd a keresztreferencia révén aktivizálja az érdekelt grafikus állományt. Helyzeti lekérdezés esetén fordítva készül a válasz: először a grafikus adatbázisból kiválasztódnak a kérdéses objektumok, melyek a keresztreferencia révén felveszik a relációs adatbázisból a hozzájuk rendelt attribútumokat (Abel, 1988). A geokód rendszer teljes körű megvalósítása a térbeli információs rendszer koncepció első fokának realizálásával egyenértékű. Ez a típusú architektúra ugyanakkor nem alkalmas a hatósági munkákkal kapcsolatos kataszteri feladatokra, mivel hiányzik a konzisztencia vizsgálat lehetősége a nem relációs adatbázisban tárolt elemekre. A gyakorlat azonban azt mutatja, hogy a fejlettebb georelációs rendszerek biztosítják a referenciális integritást a két adatbázis között (ESRI, 1994).

Ezt a problémát küszöböli ki az a megoldás, amely minden adatot egy relációs adatbázisban helyez el. Ez olyan előnyökkel jár, mint a konzisztencia kontroll, a redundancia mentesség, az adatmodell rugalmassága és nem utolsósorban a lekérdezőnyelv lehetőségeinek közvetlen kihasználása (SQL). Ez az architektúra többek közt lehetővé teszi, hogy egyszerű eszközökkel olyan adatmodellt hozzunk létre, mely tartalmazza az objektum orientáltság bizonyos jellemvonásait például a rétegmentességet, folyamatos adatstruktúrát vagy az összetett objektumokat (Larue, 1993). Ahhoz azonban, hogy ez az egységes relációs adatbázis módszer alkalmazható legyen az egységes helyzeti-leíró adatbázis céljaira, eredeti jellemzőit módosítani kell, azaz nem használható hagyományos relációs adatbázis-kezelő szoftver, hanem csak olyan, mely rendelkezik a kívánt bővítésekkel (spatial option). Ennek oka, hogy a relációs adatbázisok olyan táblázatokból állnak, melyek valamennyi sora azonos számú mezőből áll (egy rekord - egy objektum elven) és egy oszlopon belül minden mező azonos típusú és maximált méretű értéket tartalmaz. A korábban említett topológiai modell ábrázolására azonban célszerű bővíteni az adatbázis lehetőségeit, hogy alkalmas legyen az úgy nevezett bulkok (adathalmazok) tárolására is, ugyanis a különböző méretű objektumok természetesen különböző mennyiségű topológiai információt tartalmaznak (Clementini,

1993). A bulkok tehát ebben a megközelítésben nem mások, mint azok a változó hosszúságú adatmondatok, melyek tartalmazzák a topológiához kapcsolódóan a csomópontok között elhelyezkedő íveket alkotó pontok koordinátáit (beleértve a töréspontokat is). Bár az adatbázis-kezelő a bulkot csak egészében kezeli (például a töréspont-koordinátákat csak a feldolgozó szoftver értelmezi) a probléma az hogy a bulkok különböző hosszúak ezért a kiterjesztett rendszernek kezelnie kell tudni a különböző mezőhosszúságokat. A (kiterjesztett) relációs adatbázis-kezelők ma már alkalmasak a GIS adatok tárolására további probléma, hogy a grafikus adatok jelenléte nagymértékben lassítja a relációs adatbázis-kezelő működését. Ha tehát azt akarjuk, hogy a GIS műveletek elfogadható idő alatt kerüljenek végrehajtásra, úgy célszerű a munkába vett egymás melletti grafikus elemeket laponként egy külön pufferben tárolni. Bár a rendszerek működése lassú, ebben az architektúrális modellben lehetőség van rugalmas adatmodell kialakítására s ezzel a rétegszemlélet meghaladására. Hogy ez a módszer miért nem terjedt el a hidrológiai modellezésben az elsősorban az objektum orientált módszerek gyors térhódításának köszönhető (Arogyaswamy, 1992).

Az úgynevezett objektum orientált módszer segítségével ugyanis, szemben a rétegorientált síkbafeszítéses módszerrel, mind az egyszerű mind pedig az összetett objektum típusú koncepcionális modell implementálható. Különösen az összetett objektum típusú modell esetén mutatkoznak meg a módszer előnyei. Az objektum orientált implementálás esetén nem kell az objektumokat rétegekbe szervezni, ugyanakkor a rendszer lehetőséget nyújt hierarchikus halmazok kialakítására. A módszer alkalmazása esetén a (földrajzi) munkaterületen található valamennyi objektum illetve objektum csoport közvetlenül érhető el és a rájuk illetve köztük deklarált műveletek elvégezhetők (Gahegan et.al., 1988).

A térinformatikai modellalkotásban különösen nagy jelentősége van a harmadik típusú implementációs modellnek, mellyel bonyolult térbeni mintázatok illetve gyakran sztochasztikusan változó térbeni jelenségek modellezhetőek. Ezen függvénytér típusú koncepcionális modelleknek első, gyakorlatban is elterjedt implementációs modelljei a terepmagasságok modellezésével kapcsolatban alakultak ki (Ebner et.al., 1992). Két alapvető modell keletkezett: a négyzetháló, angol nevének rövidítésével DEM és a szórt pontokat Delaunay háromszögeléssel összekapcsoló TIN.

A digitális magasságmodellek kialakulásakor, kezdetben az egyszerűbb kezelhetőség kedvéért elsősorban szabályos négyzet rászterben tárolták a magassági információt. Az esetek túlnyomó többségében azonban a mérések által meghatározott magasságok nem estek egybe a rácspontokkal, ezért a rácspontok magasságát interpolációval kellett meghatározni (Goodchild

et.al., 1980). A térbeli interpoláció az az eljárás, amely a rendelkezésre álló megfigyelések által meghatározott térség mintavétellel nem rendelkező pontjaiban becslést ad a vizsgált tulajdonságok értékére (Lam, 1983). A térbeli interpoláció azon a feltevésen alapul, hogy a térben egymáshoz közel elhelyezkedő pontok értéke nagyobb valószínűséggel hasonló, mint az egymástól messze levő pontoké. Ennek alapja, hogy a legtöbb esetben a tulajdonságot jellemző értéknek egy meghatározott intervallumba kell esnie, vagy egy meghatározott értékkel vett hányadosát kell tekinteni (Lénárt et.al., 1999). Ez tulajdonképpen fordítottja annak az eljárásnak, amely egy digitális magasságmodellből kiválasztja azt a néhány pontot, amely megfelelő pontossággal határozza meg a felületet. Az alkalmazott interpolációs eljárások vagy explicit függvények együtthatóivá, vagy szabályos rácsbeli értékekké transzformálják a szórt pontok adatait. Maguk az explicit függvények is felhasználhatók rácsadatok levezetésére, de valódi előnyük inkább az előzetes geostatistikai analízis végrehajtásában (számításában) van (Cressie, 1991).

A függvényekkel történő interpolálás azért gyors és hatékony módszer, mert magában foglalja annak a lehetőségét, hogy viszonylag kevés paraméterrel lehessen leírni a szóban forgó jelenséget, s így jelentős kapacitás-megtakarítás érhető el. Hátránya, hogy a modellezett valós világbeli jelenségeket azok összetettsége miatt gyakran pontatlan formában implementálják az alap törvényszerűségeket leíró függvényekkel (Green, 1990). Fontos megemlíteni ugyanakkor, hogy a pontosság relatív fogalom - feladat és felbontás függő - s ezért az eredeti implementációs cél sok esetben érvényre juthat.

A függvényinterpoláció jelentősebb problémája az, hogy jelenség-függő, azzal a következménnyel jár, hogy egy általános, függvényinterpoláción alapuló skalártér modellező eljárás gyakorlatilag végtelen számú jelenség-típusra felkészült szakértői rendszer létrehozását igényli, aminek gyakorlati implementációja nem elképzelhető (Mitasova, 1993). Optimálisnak az általános modellezés megoldására olyan hibrid interpolációs szoftver rendszer képzelhető el, mely a legfontosabb természeti jelenségeket függvényinterpolációval modellezi, ugyanakkor a függvényekkel nem kezelhető jelenségeket más, többváltozós módszerrel közelíti.

A következő probléma az implementáció során az, hogy a skalár terek jellemző értékeit, különböző mintavételezési eljárásokkal határozhatjuk meg. A modellezett jelenségekkel kapcsolatos mérésekre jellemző, hogy

- a mérések helyei gyakran jelentős hibákkal terheltek,
- a mérési helyek (általában) anyagi okokból igen ritkák,
- a mért attribútum értékek megbízhatósága egyenetlen,

- a mérési helyek az attribútum érték változásai szempontjából általában véletlenszerűek. (Mackaness et.al., 1993)

Megállapítható tehát, hogy a közvetlen méréshez képest a legjobb interpoláció is információ veszteséggel jár, ezért már viszonylag hamar felmerült a kérdés, nem lehetne-e a modellben a digitális magasságmodellek esetén magukat a mért magasságú pontokat tárolni. Ez akkor lehetséges, ha megoldható, hogy az adott pontokra egyértelmű háromszöghálózatot lehessen szerkeszteni. A módszer Delaunay háromszögelés néven az 1980-as évek elején vonult be a magasság-modellezésbe és azóta a gyakorlatban használt módszerek java része ezen az elven alapul (Fritsch et.al, 1992). A háromszög-felbontás nem csak a mérési eredmények konzerválása szempontjából előnyös, hanem a különböző elemző funkciók végrehajtását is segíti. A háromszög-felbontás ugyanis a terepfelméréshez hasonlóan síkháromszög lapokból álló poliéderekkel modellezi a bonyolultabb terepidomokat, s ez lehetővé teszi az esés, megvilágítás, kitettség stb. valósághű elemzését. A módszertan előnye e mellett, hogy a háromszögoldalakat, a hagyományos módszerhez hasonlóan, szintvonal interpolálásra is fel lehet használni. A háromszögekre bontás nem gátolja a köbtartalom és terület számításokat sem, bár a különböző metszési feladatok végrehajtása háromszögmodellben sokkal bonyolultabb, mint a négyzet raszterben. Ugyanakkor a TIN modell tárolása lényegesen nagyobb tároló hely igényű, mint a négyzet raszteré (Pfannenstien et.al., 1993).

Visszatérve a gyakorlati implementálásra, mindkét megoldás rétegekben, egyszerű, ponttípusú objektumként tárolódik. Az egyik különbség a két modell között abban áll, hogy rács esetén a modell elemeit a sarokpontok és a rácsméret ismeretében a sor és oszlop indexek egyértelműen pozícionálják, míg a szórt pontok esetében valamennyi vízszintes koordinátát tárolni kell (Lee, 1991). A másik különbség, hogy a rácpontok attribútumként csak a magasságokat tárolják, míg a szórt pontok a háromszögeket alkotó szomszédos pontok címeit is (Weibel et.al, 1990). Természetesen ebben az esetben is jelentős előnyökkel járna, ha ezeket a modelleket objektum orientált módon lehetne implementálni. Az objektumok ebben a sémában elvileg időleges képződmények, melyeket egy választott tulajdonság kijelölt értékintervallumára hoznak létre. A GIS szoftver támogatja az elemzési műveleteket és a megjelenítési eljárásokat, de a tárolás alapvetően a függvény vagy rács struktúrán alapul. (Fritsch et.al., 1992).

Vízgazdálkodási szempontból elsősorban az implementációs lehetőségek hidrológiai funkciói a legérdekesebbek. Egy vízgyűjtő területének két fő alkotóeleme van: a terület topográfiai alakja és a terület vízgyűjtő hálózatának topológiai struktúrája. Ezeknek az alkotóelemeknek

manuálisan végzett mennyiségi meghatározása időigényes, így ezek automatikus meghatározása ideális alkalmazása lehet a GIS technológiának. A vízlevezető hálózat és a kapcsolódó vízvásztó elemek meghatározása az első fontos lépés egy hidrológiai információs rendszer megalkotásában. A vízvásztók és a vízlevezető hálózat ismeretét hasznosítani lehet a lejtések és a dőlésirány jobb becslésére is. (Például a lejtőknek törést kell mutatniuk a vízvásztóknál és a csatornáknál.) Megfelelő modell kiválasztásával elegendő információ adható a vízvásztók és vízgyűjtő medencék alapmintájának a meghatározásához. Ehhez például raszteres implementáció esetén minden raszterpontot egy négyzetrács középpontjaként kell elképzelni. A cellából kifolyó víz irányát a környező cellák magasságai fogják meghatározni. A keletkezett összefüggésből alkotható meg a terület valós viszonyait tükröző vízhálózata. Modellünkben az extrémén síknak tekinthető vizsgálati területen tapasztalható konkáv-konvex jellemzők meghatározására alkalmaztam.

A TIN-modelleket az előző implementációs variánssal összehasonlítva két megközelítésben lehet használni mikrovízgyűjtő és vízvásztó hálózatok megtalálására (Spence et.al., 1995):

- Minden háromszöget diszkrét elemként kezelünk, ekkor, mint a DTM-nél, a víz egyik háromszögből a másikba áramlik, minden esetben a legmeredekebb dőlés irányába lévő szomszédot választva
- A felületet síkok mozaikjaként kezeljük, ekkor az áramlás két formája fordul elő - csatorna és felszíni lefolyás. A víz valamennyi háromszög felett folytonos réteggént folyik és összegyűlik az élek mentén. Ebben a modellben a víz, összegyűlhet két háromszög közötti csatornában, folyhat egy csúcshoz és folyhat egy vagy több háromszög felületére, ez utóbbi esetben meg kell adnunk egy csatornát ezen háromszögek tetőpontjáról a legmeredekebb dőlés egyenesé mentén. Ha egynél több ilyen háromszög van, akkor egy elágazást tartalmaz és a víz a tetőpontról egynél több irányban és egynél több vízgyűjtő medencébe folyik. Ez zavaró is lehet, mivel így nincs mindig pontos definíciónk a vízvásztóra.

Mind a két variáns mikrovízgyűjtő területek kijelölésével, a domborzati viszonyok elemzésével, talajvíz-adatbázisával, területhasználati adatbázissal és klimatikai adatokkal kiegészítve lehetővé teszi a legérzékenyebb területek - potenciális belvízgyűjtő területek - kijelölését, annak mértékének ismeretében – az érintett területek lehatárolását, illetve a terület nagyságának meghatározását. Különbség a felhasználó számára tulajdonképpen nem sok van, a modellező-rendszertervező szempontjából azonban döntő jelentőségű választásról van szó a fejlesztést tekintve (Miller, 1984).

A gyakorlatban a fent említett példához kapcsolódó jelenségeket igen gyakran az egyszerű, terület típusú objektumok segítségével modellezik, mely megközelítés természetesen sokkal durvább eredményeket szolgáltat. Ez az általános struktúra egyszerűen lebontható több hagyományos (állandó attribútumokkal dolgozó) 3 D-s GIS-re kielégítve azon mérnöki szakterületek igényeit, melyek nem igénylik a magasabb felbontást illetve nem veszik figyelembe a jelenségek változó természetét.

Mivel - a fejezet bevezetőjében már említetteknek megfelelően - a földrajzi információs rendszerek esetében a geometriai adatok kapnak kitüntetett szerepet mindegyik implementációs variánsban, a geometriai adatmodell az, ami a GIS rendszereket alapvetően meghatározza (Tomlin, 1990).

A földrajzi információs rendszerekre sajátosan jellemző geometriai vagy grafikus adatok jellegük szerint lehetnek raszter- vagy vektoradatok. A geometriai adatok jellege szerint alakul ki a földrajzi információs rendszerek két fő típusa, a raszteres illetve a vektoros GIS, és ezek esetleges hibridjei (Maguire, 1991; Goodchild, 1991). (Térbeli) tesszellációnak a valóság képét területelemekben rögzítő módszereket nevezzük. Raszter-adatok alkalmazásakor a vizsgált területet a tesszellációs modellnek megfelelő, egybefüggő, általában egybevágó idomokkal - legtöbbször négyzetekkel fedjük le, az egyes objektumok helyzetének jellemzése a megfelelő lefedő elemekkel történik. Azon az alapon, hogy milyen az elemi területek alakja, szabályos és szabálytalan tesszellációról beszélünk. A szabályos tesszelláció általában hierarchikus struktúrába szervezhető, azaz a kisebb területekből szakadásmentesen hasonló alakú nagyobb területek hozhatók létre (Fitzgerald, 1994). A földrajzi leíró adatok másik hagyományos ábrázolási formája a vektor modell. Vektoros GIS esetén az objektumokat pontok, vonalak, sokszögek csúcsait és éleit meghatározó koordináták halmazaként írjuk le. A tárolás alapeleme ebben a megközelítésben a vonaldarab (Kufoni et.al., 1994). Ez a modell szemlélet-közeli, hiszen a geometriai, geodéziai térképezési módszerek mind ezt az alapelvet követik. A terep vektoros ábrázolása azonban csak jelentős egyszerűsítő munka eredményeképpen jöhet létre, hisz a terep minden pontja önálló, a többi ponttól eltérő sajátosságokkal is rendelkezhet (Piwowar, 1990).

A raszteres rendszerek a vizsgált területet meghatározott sorrendben szabályos rácson elhelyezkedő cellákra osztják. Minden cella egy, jellemző értéket tartalmaz. A cellák kitöltik a teret, azaz a valós világ minden pontja egy adott cellához tartozik (Goodchild et.al., 1994). A raszteres rendszereknek számos előnye van. Nagyméretű adatbázisok esetén aránylag gyors elemzést és adatkezelést tesznek lehetővé. Számos új adatforrás (például digitális légi- vagy űrfelvételek) alapján véve raszteres adatmodellekkel dolgozik. A különböző tematikus

fedvények között igen összetett számítási és elemzési műveletek valósíthatók meg. Az olyan objektumok ábrázolásakor, amelyek térben folytonosak - például pH, közettípus, vízáteresztő-képesség, stb. - tetszőlegesen nagy felbontás mellett is viszonylag kis tárolási kapacitásra van szükség. A raszteres rendszerek azonban nem, vagy csak korlátozottan alkalmasak pontszerű objektumok kezelésére éles határvonalak - például közigazgatási határok, telekhatárok, stb. - által közrefogott objektumok modellezésére. Az ilyen objektumok esetén a területszámítás pontossága a pixelméret által meghatározott (Haralick, 1980).

A vektoros rendszerek az objektumokat azok koordinátáinak rendezett soraival, mint mértani objektumokat írják le. Az objektumok lehetnek pont, vonal, és felület (poligon) típusúak. A vektoros rendszerek nem csak az objektumokat leíró koordinátákat tartják nyilván és kezelik, hanem az objektumok közötti térbeli kapcsolatokat is, amelyet a GIS-ben topológiaként definiálnak. A vektoros térinformációs rendszerek között az egyik legelterjedtebb, általa is alkalmazott rendszer a topológiát a következőképpen építi fel (ESRI, 1994):

- kapcsolódási (connectivity) - csomópont-vonal topológia, minden vonal csomópontokon keresztül kapcsolódik egymáshoz;
- terület-meghatározási (area definition) - poligon-vonal topológia, a poligonokat az őket körülvevő és egymáshoz kapcsolódó vonalak határozzák meg;
- szomszédsági (contiguity) - bal-jobb topológia, azok a poligonok szomszédosak, amelyeknek van közös határvonaluk.

A vektoros illetve objektum orientált GIS az objektumok koordinátái és az objektumok térbeli kapcsolatainak segítségével teremti meg a lehetőséget, hogy attribútum adatokat is használhassunk az adatbázisban (Maguire, 1991). Egy geometriailag helyes és topológiát tartalmazó adatbázisban minden egyes objektum egyértelműen azonosítható, így tetszés szerinti attribútum kapcsolható hozzá valamilyen reláció, azaz kulcs alapján. Az attribútumok egyértelmű kapcsolását biztosító egyik legelterjedtebb adatmodell a georelációs modell (ESRI, 1993). A georelációs adatmodell biztosítja, hogy térbeli elemzéseket, lekérdezéseket, térbeli kapcsolatok ábrázolását ne csak a geometriai adatok, hanem a szakadatok alapján is elvégezhessünk. Egy valódi térinformációs rendszernek ezt a lehetőséget biztosítania kell. A vektoros térinformációs rendszerek előnyei a diszkrét térbeli objektumok esetében nyilvánvalóak. Egzakt területszámítást, tartalmazási és egyéb térbeli kapcsolatok számítását, metszetést, pufferelést tesznek lehetővé. A térben jól definiálható objektumok tárolásánál az adatbázis mérete aránylag kicsi marad. A georelációs modell alkalmas a különböző földhasználati, szakigazgatási, stb. információk egzakt tárolására, az attribútumok és a térbeli elhelyezkedés alapján történő lekérdezésekre, csoportosításokra. Az attribútumok vagy szakadatok a vizsgált objektumok nem térbeli helyzetére vonatkozó jellemzőinek összessége.

Az attribútum adatok megjelenési formájuk szerint lehetnek numerikus vagy szöveges adatok, típusuk szerint pedig névleges, sorrendi, intervallum és viszonyított adatként jellemezhetők (Detrekői et.al, 1995).

A modellezés alkalmazott térinformáció-technológiai háttere

A modellezés módszertani áttekintése során a hatásterület becslése kapcsán bizonyítást nyert, hogy az adatnyerési folyamat, illetőleg az adatbázis feltöltése és az adatmodell koncepcionális megtervezése az alkalmazott térinformatika, illetőleg az alkalmazott modell egyik legfontosabb és igen költséges része. A hardver, szoftver és adatbázis fejlesztési költségeinek információtechnológiai megoszlása szakirodalmi források szerint megközelítőleg 10:20:70 (Detrekői et.al., 1995). A jól megválasztott adatforrás és adatnyerési eljárások valamint modellalkotás ugyanakkor a fejlesztést nagymértékben gyorsíthatják, és elsődleges hatással vannak a minőségre illetőleg az adatbiztonságra (Kutsal, 1995; Frank, 1984).

Az alkalmazott térinformatikai adatnyerési eljárások többféleképpen csoportosíthatók (Tamás, 1998). Megkülönböztethetjük őket az adatok jellege szerint - léteznek elsősorban geometriai illetve elsősorban attribútum-adatok előállítására szolgáló eljárások. Sok esetben - főleg a korszerű - integrált terepi adatgyűjtő rendszereknél, például totál-mérőállomások vagy GPS eszközök - a kétféle adat gyűjtése egyszerre, párhuzamosan történik (Schwarz et.al., 1994). A csoportosítás másik módja az, hogy az információt közvetlenül az objektumról - elsődleges vagy primer adatforrás - vagy már meglevő adathordozóról - másodlagos vagy szekunder adatforrás - nyerjük. Ezen másodlagos adatnyerési eljárások között leggyakrabban használt a meglevő térképek digitalizálása (Bernhardsen, 1992; Litton, 1993). Az elsődleges adatnyerési eljárások nagy megbízhatóságúak, pontosak, általában sokféle módon felhasználható adatsort eredményeznek, igen nagy információtartalmúak. Ebből következik azonban az, hogy költségesek, eredményeik általában nem használhatók fel közvetlenül, jelentős hardver kapacitást és szakképzett személyzetet igényelnek. A másodlagos adatnyerési eljárások ezzel szemben viszonylag egyszerűek, könnyen elvégezhetőek, közvetlenül hasznosítható eredményeket adnak, viszont pontosságuk kisebb (hibaterjedés) (Borrough, 1995). Fontos megjegyezni, hogy másodlagos adatnyerés esetén a digitális állomány pontossága a forrásként használt állománynál sok esetben akár egy nagyságrenddel rosszabb (Chrisman, 1987). Korunk talán legjelentősebb másodlagos adatnyerési eljárása az Interneten keresztül elérhető szolgáltatók igénybe vétele.

Az adatnyerési eljárásokkal kapott adatok esetében meg kell valósítani a teljes információtechnológiai háttérrel, azaz biztosítani kell:

- Az adatfüggetlenséget; az adatbázis-kezelő szoftvernek függetleníteni kell az alkalmazásokat - programokat, illetve a lekérdező nyelv parancsait, az adatbázisban végzendő logikai vagy fizikai adatszerkezési változtatásoktól.
- Az adatoszthatóságot. Ez a követelmény azt vonja maga után, hogy ugyanazokkal az adatokkal, esetleg különböző szempontok szerint, az adatok megváltoztatása nélkül, egyidejűleg több felhasználó, vagy felhasználói program is foglalkozhasson.
- A redundancia-mentességet. Ez a követelmény kétszeresen is jelentkezik a komplex térinformatikai adatbázisokban. Egyfelől, mivel a hagyományos adatfeldolgozástól eltérően a különböző felhasználók ugyanazokat az adatokat használhatják, ezért ezek az adatok csak egyszer kerülnek tárolásra, másrészt a logikai struktúra korszerű leképezése lehetővé teszi, hogy ugyanaz az adat fizikailag csak egyszer kerüljön tárolásra.
- A konzisztenciát és integritást. Ez a kritérium azt jelenti, hogyha valamely adatban változás történik, úgy ennek az adatnak az egész kapcsolatrendszerét a változásnak megfelelően át kell állítani (Versioning).
- A biztonságot. Az adatbázisban található adatok különböző hozzáférési szintűek lehetnek, ezért az adatbázis-kezelő rendszernek gondoskodnia kell arról, hogy a megfelelő elérések csak a jogosult felhasználók számára legyenek engedélyezve.
- A hatékonyságot. Az adatbázisban lévő adatok jelentős értéket képviselnek. Hasonlóképpen jelentős érték a felhasználók ideje. A hatékony adatbázis kezelő rendszernek biztosítania kell azt, hogy az értékes adatok lehetőleg minél több felhasználóhoz minél kisebb idő alatt eljussanak. (Laurini, 1995; Peters et.al., 1993; Thomas, 1993)

Az alkalmazott térinformatikai adatnyerés során az adatminőség biztosítása az egyik legfontosabb feladat. Az adatok minőségének meghatározására általában az élesség, a pontosság és a megbízhatóság szolgál. Az élesség a feltüntetett számjegyek mennyiségének mutatója. Az élesség adhat információt az adatok minőségéről, de csak akkor, ha az adatbázis kialakításakor az adatok felvételi pontossága ezzel összhangban van (James, 1993). A pontosság az adatok mért és tényleges értékének eltérését mutatja. Jellemzése a hibával, a szórással, az eltérésnégyzet-összeggel stb. jellemezhető. Általában elfogadott, hogy a pontosságnak a szórás háromszorosán belül kell maradnia (Hunter, 1992; Bernhardsen, 1992). Az adatok megbízhatósága az adatállományban még kimutatható legkisebb durva hiba értékét

jellemzi (Detrekői et.al., 1995). A megbízhatóság változó jellegű, az átlagosnál nagyobb jelentőségű adatok esetében fontos. Az adatbázis előállítása során a minőségi követelményeket részben minőségbiztosítási, részben minőségellenőrzési eljárásokkal biztosítani kell. Ez jelentheti az adatok többszöri, egymástól független meghatározását, a logikai ellenőrzést, kiugró adatokra történő lekérdezéseket, a megengedett hibahatárok ellenőrzését, stb. (Heuvelink et.al., 1989; Detrekői, 1995).

A fenti megállapítások elsősorban diszkrét térbeli jelenségek esetében merülnek fel. Folytonos térbeli jelenségek vizsgálatakor, mind az elsődleges, mind a másodlagos adatnyerés, gyakorlati okokból, rendszerint mintavételezéssel dolgozik. Ilyenkor a már korábban említett interpolációval határozzuk meg a kérdéses értékeket. A mintavételi pontok elhelyezkedése lehet véletlen, szabályos (rács) vagy szemantikus. Ez utóbbi azt jelenti, hogy oda helyezünk el mérési pontokat, ahol a kérdéses jelenség nagyobb változást mutat. Az automatizált rendszerek az adatokat rendszerint akkor is rácsban tárolják, ha az eredeti felmérés véletlen elhelyezésű mintavételi pontokra támaszkodott. A mérési pontokból vagy közvetlenül (például a VORONOI cellákkal) vagy közvetve rácpontokra interpolálunk (például blokk krigeléssel) és ez utóbbi esetben egy tetszőleges pont tulajdonság értékét további, rácpontok közötti interpolálással (lásd korábban) vezetjük le (Aspinall et.al., 1994).

A távérzékelés az előző, pontbeli mintavételező eljárásoktól eltérően folyamatosan letapogatja a vizsgált területet a rendszer pixel méretének megfelelő felbontással. Ez azt jelenti, hogy a pixel értéke a megfelelő területről visszavert hullámintenzitás átlagát tükrözi az adott spektrum szakaszokon (Budge et.al., 1995). Az osztályozás ezeket a gyakran kevert pixeleket próbálja egyik vagy másik osztályba sorolni. Természetesen akár a pontbeli mérést terjesztjük ki egyszeri vagy többszöri interpolálással, akár osztályokba sorolást végzünk, felhasználva a kevert pixeleket is, az eredményként nyert attribútum értékek megbízhatósága erősen függ a vizsgált jelenségtől, a mintavételi helyek felvételétől és sűrűségétől, a pixelek nagyságától és az alkalmazott interpolációs, illetve osztályozási módszerektől (Borrough, 1995).

Információtechnológiai szempontból az egyik leglényegesebb szempont, hogy földrajzi információs rendszerek kiterjedt elemzési-modellezési eszköztárral rendelkeznek. Segítségükkel az adatbázisból nagyszámú származtatott adat vezethető le, feltárhatunk térbeli kapcsolatokat, időbeli trendeket, stb. A fedvényezési (overlay) műveletekkel térben összekapcsolhatunk különböző földrajzi rétegeket illetve adatbázisokat. Térbeli interpolációs eljárásokkal diszkrét térbeli eloszlású adatokból folytonos térbeli eloszlásokat számíthatunk. Digitális terepmodell segítségével összefolyás-vizsgálatokat végezhetünk, vízelvezetési

útvonalakat tervezhetünk. Túlzás nélkül állítható, hogy a GIS egyik legnagyobb előnye éppen az elemzési és modellezési eljárásokban van (Goodchild, 1991).

Az adatelemzési feladatok során a következő eljárásokat különböztethetjük meg (Dangermond, 1993):

- Mérések (hossz, terület), számlálás;
- Felületek metszése;
- Statisztikai számítások;
- Klasszifikációs eljárások;
- Hálózatelemzési funkciók;
- Modellezési, elemzési műveletek;
- Digitális magassági modellekkel végzett számítások;
- Térbeli interpolációs eljárások.

A felsorolt elemzési lehetőségek mindegyikéhez logikai, aritmetikai, geometriai és statisztikai funkciókészletre van szükség, amelyek elemei önállóan is használhatók (Detrekői et.al., 1995). Az elemzési eljárások általában több szintűek. A térképszelvényekkel végzett műveletek között meg kell említeni a méretarány-változtatást, a vetületi és vonatkoztatási rendszer megváltoztatását és szelvények összekapcsolását, illesztését (edgematch) (Goodchild et.al., 1994).

A hierarchia következő szintjén a fedvényezési műveletek a térinformációs rendszerek leggyakrabban használt, más adatbázis-kezelő rendszerekben (azok jellegéből adódóan) nem alkalmazott technikái. Alkalmazott módszertani területei a halmazelméleti alapú lekérdezések (például Venn-diagramok) és a területi interpolációs eljárások (Goodchild et.al., 1980). A fedvényezési műveletek a rétegszemléletű síkbafejtés típusú implementációs modellen alapulnak. Az eljárások lehetnek tisztán geometriai eljárások, például az úgynevezett pufferezóna-generálás bizonyos esetei és attribútum alapú fedvényezések, amikor a bemeneti fedvények egy vagy több attribútuma alapján végzünk például területi lekérdezéseket (Goodchild et.al., 1994). Ha meg akarjuk fogalmazni a fedvényezési eljárás lényegét, úgy azt mondhatjuk, hogy alapértelmezésben ez az eljárás összekapcsolja az ugyanazon a földi ponthoz tartozó, az eljárásba vont különböző fedvényeken szereplő attribútumokat. Ha az attribútumok a különböző rétegeken azonos tulajdonságra vonatkoznak és azonos dimenziójúak, illetve egymással értelmezhető módon műveletbe hozhatók, úgy az összekapcsoláson kívül a fedvényezés keretében különböző aritmetikai és logikai műveleteket is el lehet rajtuk végezni. A poligon fedvényezési műveletek számítása igen erőforrás- és

időigényesek, ezért a vektoros térinformációs rendszerek legkomplexebb műveletei közé tartoznak (Keller, 1991).

Az információtechnológiai eszközkészletből utoljára hagyott statisztikai számítások elvükben megegyeznek az ismert statisztikai eljárásokkal, azzal a speciális tulajdonsággal, hogy a térbeliségnek fontos szerepe van (geostatisztika). A GIS és különösen a raszteres GIS általában igen komplex statisztikai lehetőségeket (hierarchikus klaszter analízis, főkomponens analízis, stb.) biztosít a térbeli adatforrások, például digitális űrfelvételek osztályba sorolási, azaz klasszifikációs eljárásainak elvégzéséhez. Térbeli eloszlások számításához is általában fejlett statisztikai lehetőségeket tartalmaznak a térinformáció-technológiai eszközök (Goodchild et.al., 1994).

Munka a több időkeresztmetszből származó adatokkal

Az ember a táj potenciális adottságainak kihasználása érdekében környezetét folyamatosan alakítja. Mindenféle beavatkozás közvetlenül, vagy közvetve hat az egyes elemekre, elemegységekre. A térszerkezet, a tájháztartás, a tájkép ezért állandóan változik. A táj éppen a változások, a mindenkori társadalom megnyilvánulásainak egyik ismérve. Az ember a mindenkori pillanatnyi érdekei és technikai eszközei szerint hasznosítja környezetét, alakítja át a tájat. A történelmi térképek az adott időszak állapotának leghitelesebb forrásai. Segítségükkel nemcsak a táj változásainak mértéke, hanem a tendenciák jellege is egyértelműen meghatározható (Csemez, 1996). A régi térképek segítségével lehet az egyes térségek, régiók történetének alakulását feltárni, rámutatni azokra a lépésekre, amelyek kedvezőtlen irányba alakították a táj ökológiai képét. A régi térképek a mai tájrendezési tervek, környezeti hatástanulmányok, település-fejlesztési koncepciók elkészítéséhez, az ok-okozati összefüggések feltárásához nélkülözhetetlenek (Csemez, 1996). A térképek a készítésük idején lévő táji adottságokat a mindenkori technikai eszközökkel, a lehető legpontosabban tükrözik vissza. A történelmi térképek értékes adatokkal szolgálnak a fenntartható térstruktúra kialakításához egyrészt az egykori élőhelyekről, területhasználatok jellegzetességeiről, másrészt a megőrzendő táji értékekről (Illés, 1995), a változás arányainak, mértékének kimutatása pedig elősegíti az adott tájegység objektív megítélését, a kialakult állapot megértését, az ökológiai hatások érvényesülésének okait. A történelmi térképek lehetőséget adnak az egykori tájhasználatok összevetésére a ma fennálló térszerkezettel. Megállapítható, hogy milyen jellegzetes tájhasználati formák jellemezték az adott területet és annak megmaradtak-e formái a mai tájhasználatban (Lőrinci, 2003).

A tájváltozást a különböző időszakok, évek művelési ágankénti és felületszerű összehasonlításával célszerű áttekinteni (Csemez, 1996).

A térképek készítését mindig három szempont motiválta:

- hadászati
- közigazgatási-adózási
- tájrendezési-területfejlesztési (Gábor et al., 1976; Csemez, 1996)

A régi térképek esetében figyelembe kell venni a maitól eltérő ábrázolásmódokat, vetületi rendszereket és mértékegységeket. Korábban nagy gondot okozott a földfelszín, a domborzat megjelenítése. A XVIII. század elejétől ismert a lejtők csíkozással történő, majd a XIX. század óta a lejtők meredekségét kifejező egyezményes térképi ábrázolás (Klinghammer et. al., 1995). Az ábrázolásmódból adódó torzulások mellett a régi térképek használatát azok eltérő, a ma már alig ismert méretarányok átalakítása is nehezíti.

A méretarányból, a vetületi rendszerből adódó különbségeket a tájtörténeti elemzések során a bedigitalizált térképek mai térképekre igazításával lehet korrigálni (Kertész, 1997). Az egykori viszonyok értékelését és elemzését számos tradicionális térképi adatforrás is lehetővé teszi. Ezek a térképi ábrázolások az alábbiak:

- birtoknyilvántartás
- katonai felmérések
- kataszteri nyilvántartás
- úrbéri térképek
- vízrajzi térképek.

Magyarország a felsorolt, a mai technikai lehetőségekkel kiértékelhető információkat hordozó térképek készítésének időszakában az Habsburg Birodalom területéhez tartozott. A térinformatikai elemzésekhez leginkább használható térképes információkat a katonai felmérések térképszelvényei szolgáltatják.

Az Első Katonai Felmérés Magyarország területére 1766-72 és 1782-85 között készült el (963 felvételi szelvényt foglalva magában) II. József utasítására (nevét is innen kapta: Josephinische Aufnahme). A 64x42 cm felmérési szelvény 2x1,5 bécsi mérföld nagyságú területet ábrázol. Az egy óra alatt megtehető 4000 lépés távolságból kiindulva meghatározott méretarány méterrendszerre átszámítva 1:28.800-es léptéknek felel meg (Klinghammer et. al., 1995). A vizsgálati terület térképezésre 1770-71-ben került sor.

A XIX. sz. elején, részben a napóleoni háborúk ösztönzésére, nagy szükség mutatkozott egy, az egész Osztrák Birodalmat összefüggően ábrázoló, egységes szelvényezési, illetve vetületi rendszerű térképmű iránt. Ennek eredményeképpen I. Ferenc császár 1806-ban rendelte el a

„Zweite oder Franziszeische Landesaufnahme”-t, (a második, vagy Ferenc-féle ország-felmérést), amelyet ma Második Katonai Felmérésnek hívunk. A térképmű 1869-re készült el. A felmérés méretaránya az Első Katonai Felméréshez hasonlóan 1:28.800 volt, az ábrázolás alapjaként a Cassini-féle vetületet használták, és az ún. derékszögű szelvényezést alkalmazták. A színes, kéziratos térképeket elsősorban nem kiadásra (az eredeti szelvények sokáig titkosak voltak), hanem az abból szerkesztett kisebb méretarányú térképek alapjául szánták. Egységes jelkulcs is készült hozzá, amely egyaránt tartalmazza a kéziratos felmérési szelvények és a levezetett térképművek jeleit.

A domborzat ábrázolása itt már szabványos csíkozással történt.

Mintaterületünk felvételezése a napóleoni háborúkat követően, 1867-ben történt meg.

A Harmadik Katonai Felmérés 1872-1884 között készült el és az Osztrák-Magyar Monarchiát egyetlen területi egységként kezelve hozták létre az 1:25.000 méretarányú térképeket.

Mindhárom felmérés eredeti szelvényeit a Bécsi Katonai Levéltárban őrzik, az Első és Második Katonai Felmérés színes másolatai azonban megtalálhatóak a Hadtörténeti Múzeum Hadtörténeti Térképtárában. A Harmadiké azonban csak fekete-fehér másolatban férhető hozzá, ami jelentősen megnehezíti a térképek adattartalmának feldolgozását és elemzését.

Mindent összevetve a katonai felmérések térképei azért jelentősek, mert viszonylag könnyen hozzáférhetőek, a mai Magyarország teljes területét lefedik, egységes szerkezetben és adatstruktúrával hordoznak információt az elmúlt több, mint 200 év időintervallumában. Ezen tulajdonságok alapján szűkítettem le az elemzéseimben felhasznált történelmi térképek körét kizárólag az Első és a Második Katonai Felmérés földrajzilag releváns szelvényeire.

A térképelemzések mellett fontos információkkal szolgálnak az irodalmi anyagok is, melyek sokszor kiegészítő adatokat nyújtanak az egyes időpontok térképszelvényei mellé. Ideális esetben a térképek és az irodalmi anyagok együttes felhasználása teljes körű információt adhat egy adott tájegység állapotáról, területhasználat-változásairól. Irodalmi anyagokat, úti leírásokat, beszámolókat, megfigyeléseket, erdőgazdasági és legelőgazdasági üzemterveket, állatlétszám-összeírásokat, vegetáció leírásokat a levéltárakban lehet találni, ezek azonban – az esetek többségében – csak szórtan hozzáférhetőek és nem teljes körűen állnak rendelkezésre. Kutatásom során a vizsgálati területről számos korabeli – a tájváltozásra utaló, vagy konkrét tájtörténeti - leírást dolgoztam fel, ezek azonban szinte minden esetben elaprózva, sokszor a szerző kilétének ismeretlenségével voltak fellelhetők.

Belvízjelenség és annak térképezését megvalósító módszerek

A belvizek keletkezése, az elöntés nagysága, tartóssága, valamint gyakorisága véletlenszerű hidrológiai események és jelenségek sorozatának következménye. A belvizek tér és időbeli előfordulási valószínűségét - mint belvíz-veszélyeztetettséget - alapvetően kétféle módon lehet meghatározni, egyrészt a belvízi elöntések gyakorisági értékének nagyságaként, másrészt a belvizet kiváltó tényezők szuperponálódásának mértékeként (Thyll, 1999.). Ezen kívül a kettő kombinációja is előfordulhat, amely az első módszer szubjektív korrekcióját jelenti a második felhasználásával. Ez utóbbit alkalmazta *Pálfai* (1994) az Alföld területére.

A belvizek kialakulásában szerepet játszó, a térben viszonylagos állandóságot mutató jellemzők (a fedőréteg vízvezető-képessége, maximális tározókapacitása, a felszín konvexitása, a mikrovízgyűjtők nagysága, a talajvíz kritikus valószínűségű mélysége, a földhasználat) digitális térképeinek újraosztályozásával olyan kategóriatérképek nyerhetők, melyek sorozatos átfedéseivel belvíz-veszélyeztetettségi térkép készíthető (Tamás et al. 2000.).

A belvízi jelenség előrejelzésének, illetve becslésének háromféle módszertani csoportját ismerteti a szakirodalom; terepi adatgyűjtésen alapuló, a távérzékelési adatgyűjtésen alapuló és a környezeti elemek komplex vizsgálatán alapuló módszereket.

A tényleges belvízveszély nagyságát és területi eloszlását jól jellemzik az adott időszakban jelentkező maximális elöntéseket ábrázoló térképek, melyeket az illetékes vízügyi igazgatóságok szakaszmérnökségei készítenek el minden évben. Ezek a térképek a belvízvédekezés műszaki tervezéséhez tartalmazzák az ún. mértékadó elöntéseket, ugyanakkor a földhasználat tervezéshez nem nyújtanak megfelelő alapot. Egyrészt azért nem, mert ilyen mértékű vízborítások csak ritkán jelentkeznek (5-10, vagy esetenként akár 30 évenként), másrészt a veszélyeztetett területek csak részben mentesíthetők műszaki és agrotechnikai megoldásokkal. Ezen kívül az elöntési térképek csak az összefüggő vízfelületeket jelenítik meg, az ugyancsak belvíznek számító túlnedvesedések "bújtatva" maradnak. További tipikus hibaforrás a beszerezhető adatok folytonosságának gyakori megszakadásából ered.

A belvízi elöntések kiterjedésének lehatárolására a különböző távérzékelési eljárások objektív lehetőséget adnak, s lehetőséget biztosítanak az időbeli változások regisztrálására (akár utólagos értékelésére is). A választott felvétel-típus függvényében biztosítják a szükséges területi pontosságot, lehetővé tehetik akár az operatív védekezés segítségét is, sőt kedvező

esetben akár a részleges előrejelzésre is alkalmasak lehetnek. A gyakorlati alkalmazáshoz azonban szükséges tisztában lennünk azzal, hogy más módszerek is léteznek, és fontos tudnunk, mit várhatunk el az egyes módszerektől, mennyiben hasonlítható össze pontosságuk. Rakonczi et al. (2002.) vizsgálataiban azonos hidrogeológiai és domborzati tulajdonságú mintaterületen hasonlítja össze a belvíz-térképezés kapcsán a terepi adatgyűjtési eljárásokat a különböző távérzékelési adatgyűjtési eljárásokkal, melynek eredményeit az alábbiakban foglalom össze.

Műholdas távérzékelés (Landsat műhold-felvételek)

Előnyei:

- kevés számú (1-2 db) felvétel elegendő nagy területek egységes kiértékeléséhez;
- az infravörös sávok kiválóan alkalmasak a nyílt belvízfelületek meghatározásához, vizes és száraz területek elhatárolásához;
- a feldolgozás gyorsan és szinte rutinszerűen elvégezhető egy megfelelő képfeldolgozó eljárások segítségével;
- megfelelő meteorológiai körülmények között megbízható bementi adatokat biztosít;
- kidolgozott és általánosan elfogadott osztályozási módszerek állnak rendelkezésre;
- az eljárás visszamenőlegesen is lehetővé teszi a pontos területi lehatárolást (kb. 30 éves idősorban);
- a nyílt vízfelületek esetében az elhatárolás objektív.

Hátrányai:

- nem kielégítő adat-felvételezési sűrűség;
- az előzőből következően a tényleges adatfeldolgozás időbeli késése;
- a multispektrális felvételek tényleges felbontása kb. 30 m (kb. 0,1 ha), a termális felvételeké 120 m – mindez maximum 1: 80.000 vagy 100.000-es térképezési pontosságot biztosíthat.

A légifényképezésen alapuló távérzékelés

Előnyei:

- gyorsabb, időben pontosabban tervezhető adatszerzés;
- a jobb terepi felbontás miatt részletesebb terület-meghatározási lehetőség;
- orthokorrekciónal pontos eredményeket kaphatunk;
- szükséges esetben nagyobb operativitás.

Hátrányai:

- nagyobb terület esetén nagyobb munkaráfordítás (a sok felvétel transzformálása és geometriai összeillesztése miatt) – ami azonban digitális orthokorrekciónal jelentősen gyorsítható;
- a kisebb spektrális felbontás miatt egyes felszínek azonosítása bizonytalanabb;
- a légi felvételezés optimális idejének meghatározása nehéz.

Terepi adat-felvételezés

Előnyei:

- a leggyorsabb adatgyűjtési lehetőség – kis méretű földrajzi területre;
- relatíve olcsó;
- a növényzettel erősen fedett felszíneken is nagy biztonsággal alkalmazható.

Hátrányai:

- a területek elhatárolása nagyon szubjektív (különösen ott, ahol az nem könnyen megközelíthető), esetenként hiányos;
- változatos felszíneken gyakran sugall jelentős egyszerűsítéseket;
- a több terepi felmérő eltérő értékelési gyakorlata miatti adattorzulás (nehezen összevethető adatok);
- az előbb felsorolt bizonytalanságok (adattorzulás, generalizálás, adatteljeség hiánya) általában nem önállóan, hanem együttesen, egy térképen megjelenve fordulnak elő, ami fokozza a pontatlanságot;
- a jelenleg alkalmazott térképek kis méretaránya.

A mezőgazdasági művelésű területek belvízi elöntés kialakulásának valószínűségét kifejező belvíz-veszélyeztetettséget Thyll és Bíró (1999.) alapvetően kétféle módon látja meghatározhatónak. Egyrészt a belvízi elöntések gyakorisági értékének nagyságaként, másrészt a belvizet kiváltó – időben és térben viszonylag állandó – tényezők térbeli együtthatásának mértékeként.

Az elöntések valószínűségének figyelembe vétele azonban csak olyan területekre tesz lehetővé nagy felbontású, kistérségi térképezést, amelyekre viszonylag hosszú – minimum 40-50 éves – megfigyelési adatsor áll rendelkezésre.

Az alacsony talajvízállás mellett bekövetkező belvízképződés kiváltó tényezőinek egyik legfontosabb eleme a talajok rossz vízvezető-képessége. A talajszelvény ebben az esetben egyébként még jelentős mennyiségű vizet lenne képes befogadni, vagy a talajvízszintet emelve kétfázisú közegben tárolni, de a felszínig terjedő gyenge vízvezető-képességű réteg megakadályozza ezt (Bíró et. al., 2000.).

A vízzáró, vagy gyakorlatilag vízzáró réteg feletti talajtér telítődését követően a területre hulló csapadék felszíni elfolyás hiányában a belvíz kialakulását idézi elő. A belvíz megszűnése ezek után a párolgás és a lassú mélybeszivárgás függvénye.

Ezért síkvidéki kötött talajú területek belvíz-veszélyeztetettségének egyik legfontosabb mutatója a talajjellemzők térbeli eloszlása. Ahhoz, hogy az egyes talajtípusok veszélyeztetettségét értékelni tudjuk egy nagyobb kiterjedésű, az egyes talajtípusok elkülönülő talajfoltjait reprezentatív számban tartalmazó talajgenetikai térkép feldolgozására van szükség (Tamás et. al., 2000.).

A talajgenetikai térkép levezetett jellemzői alapján lehatárolhatóak a belvízi elöntések által leginkább veszélyeztetett területek. Ezek az eredmények validálhatóak a tényleges elöntések tapasztalati tényanyagát tartalmazó térképekkel, így tipizálhatók más hasonló adottságú területek ilyen irányú jellemzésére (Bíró et al., 2002.).

A belvízi jelenség kialakulása sík vidéki körülmények között számos tényező által befolyásolt folyamat. A belvízfoltok megjelenésének konkrét helyét ugyanakkor a domborzati viszonyok (mikro- és mezorelief) jelölik ki (Bíró et al., 2002.).

A domborzat meghatározza a területről történő elemi felszíni elfolyások irányait, az összegyülekezés pontjait, valamint a természetes vízvásztókon keresztül választ ad a lefolyástalan területek nagyságára is.

A lefolyástalan területek lehatárolásához és az összegyülekezési pontok kijelöléséhez a lefolyás irányainak ismerete szükséges. E feladatok megoldásához a vizsgált terület részletes digitális terepmodellje (DTM) jelenti a kiindulási adatbázist (Wechesler, 1999.).

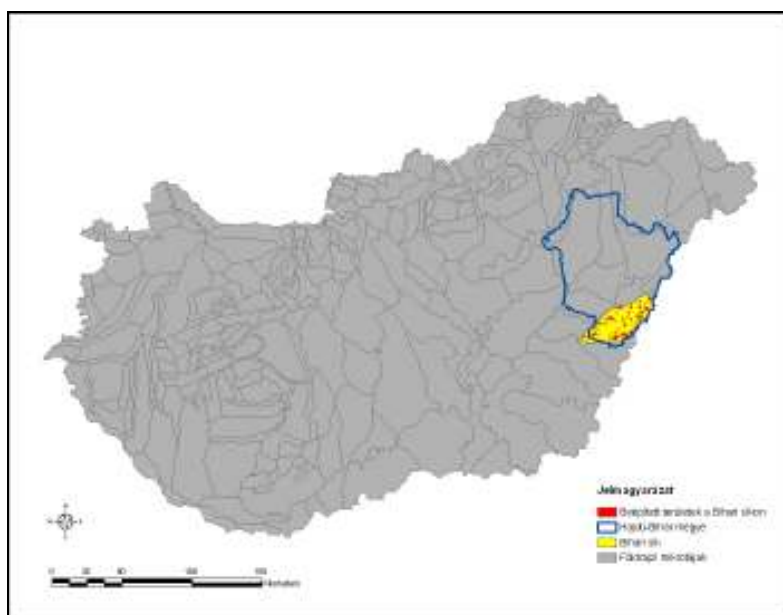
A vertikális síkon való értelmezés elsősorban a víz sebességére és gyorsulására ad választ, amelynek eróziós jelenségek modellezésénél van jelentősége elsősorban dombvidékeken. A horizontális síkon történő irányváltás a lefolyási irányok konvergenciáját ill. divergenciáját

fejezi ki, vagyis az összegyülekezés folyamán az elemi térrészek esésirányainak vízszintes felületen történő összetartását, illetve távolodását (konvexitás) (Tamás et. al., 2000.).

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálati terület általános jellemzése

A kistáj a Berettyó és a Sebes - Körös közé ékelődik, teljes egészében Hajdú - Bihar megye területén helyezkedik el (1. ábra).



1. ábra A vizsgálati mintaterület elhelyezkedése Magyarországon

A felszínen és a felszín közelében csak holocén és felsőpleisztocén üledékek fordulnak elő, együttes vastagságuk helyenként a 30 - 50 métert is eléri. A rétegek a felszínhez közeledve finomodnak, Ártándnál és Biharkeresztesnél még folyóvízi kavics található mélyebben. A felszínt folyóvízi homok és homokliszt fedi legnagyobbbrészt, de nyugaton, délnyugaton infúziós lösz és lösziszap, Kismarjánál pedig típusos lösz található.

A kistáj gyakorlatilag a Sebes - Körös hordalékkúpja, 87 - 103 méter közötti tengerszint feletti magasságot ér el. A táj domborzatának felszíne délnyugati irányba lejt, a jellemző felszínformák a folyóvízi felszínalakításhoz köthetőek. Egykori morotvatavak roncsai, a hozzájuk kapcsolódó parti dűnesorok, és régebbi medrek maradványai tarkítják a tájat. A területet lefolyástalan mélyvonulatok tagolják, aminek következtében jellemzőek a magas üzemi vízszintű vízelvezető csatornák, kritikus időszakban a terep feletti vízszintű élő vízfolyások. A szélsőséges árhullámok együttes hatása miatt gyakoriak a belvizes helyzetek (Bíró et al., 2002.).

A Bihari - sík éghajlata mérsékelten meleg - száraz, de a keleti területek felé haladva a szárazság mérséklődik. Az évi napfénytartam 2000 - 2050 óra között mozog, az évi középhőmérséklet pedig $10,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Az évi csapadékösszeg 550 - 580 mm, de a keleti részeken elérheti a 600 mm - t is. Északi és délnyugati a két uralkodó szélirány, az átlagos szélesség 2,5 és 3 m/s.

A tájat határoló két legnagyobb vízfolyás a Berettyó és a Sebes - Körös, az általános lejtésnek megfelelően a mellékvizek és csatornák a Berettyóhoz tartanak. Ezek közül a legjelentősebbek a Kis - Körös és a Kutas - csatorna; ez utóbbinak mellékcsatornája az Ölyvös - csatorna és a Szöcsköd - Komádi - csatorna. A vízfolyások minősége vízmennyiségtől függően II. vagy III. osztályú, a belvízi csatornahálózat hossza 800 km hosszú és meglehetősen elhanyagolt állapotban van. A Bihari - síknak ma egyetlen mesterséges állóvize van: a Kutas - csatornán a Körmös - pusztai tározó. A sűrű csatornahálózat arra hivatott, hogy az időszakos vízállásokat is elvezesse, azonban a csatornahálózat sok helyen roncsolódott. A lefolyási értéke átlagosan: 1 l/s.km^2 . A Berettyón a kora nyári árvizek a jelentősebbek, míg a helyi csatornahálózat medrei leggyakrabban hóolvadáskor duzzadnak meg. Az év második fele kisvízű.

A talajvíz mélysége általában 2 - 4 méter között mozog, de több helyen akár 2 méter fölé is emelkedhet. A kémiai összetétel alapján többnyire kalcium - magnézium - hidrogénkarbonátos, a Berettyó mentén, pedig nátriumos jellegű a talajvíz. A rétegvíz mennyisége is északról dél felé növekvő tendenciát mutat, 0,5 mg/l - ről 1 mg/l - re növekszik. Körösszegapátnál $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ - os melegvizet tártak fel.

A talajtakaró képe igen tarka, de főleg vízhatás alatt képződő talajokból áll. Szikes talajok adják 43 %-át, főleg mezőgazdasági termelésre alkalmatlan réti szolonyecék és sztyeppesedő réti szolonyecék. A kevésbé szikes réti talajok 6 %-ot borítanak, néhol foltokban megjelenik a réti csernozjom is.

A terület fontosabb potenciális erdőtársulásai a tölgy - kőris - szil ligeterdők, és a pusztai tölgyesek. A szikes talajokkal borított területeken helyenként megjelennek ecsetpázsitos sziki rétek, hernyópázsitos sziki rétek és sziki erdei rétek. A legjellegzetesebb lágyszárú fajok közé sorolhatóak a ragadós müge és az óriás csenkesz (Martonné, 1997.).

Környezeti konfliktusok kialakulása a Bihari síkon

Alföldi terület környezeti konfliktusai közül az egykori folyóvízi szabályozások halmozott következményeit tekinthetjük legmarkánsabbnak. Ide vezethető vissza a térséget jellemző környezeti problémák jelentős része. Célszerű tehát áttekinteni a Körös-Berettyó vízrendszer szabályozásának történeti hátterét, indítékait, kivitelezésének lépéseit, illetve következményeit. Nem feladatunk a teljes vízrendszer komplex értékelése, azonban szükséges, hogy a felszíni vizek szabályozásának történetét a vizsgálati mintaterületen érintett vízfolyásokra (Berettyó és Sebes-Körös folyókra), valamint az általuk határolt területre áttekintsük.

Folyóvizeink szabályozása előtti időknek bőséges irodalma van (Dunka et. al, 2003; Somogyi, 2000.). Egybevágóan megállapítják, hogy az Alföld mélyebben fekvő részeinek fokozatos elmocsarasodása az egész régió hosszú, több évszázados átalakulásának következménye. A középkorban ugyanis az Alföld területének mintegy kétharmada ártér volt, amelyet nagy kiterjedésű erdők és sűrű vízelvezető mederhálózat jellemeztek. A gyakori természetes elöntések miatt az ártér tisztásain sem folytatható a mai értelemben vett mezőgazdálkodás, hanem egy – részleteiben ma sem teljesen ismert – ártéri gazdálkodás, vagy más néven fokgazdálkodás. Ez az időszakos vízborítás célszerű hasznosításából, majd a víznek a fő vízfolyás medrébe történő visszavezetéséből állt. Ezeket a természeti folyamatokat a lakosság kisebb helyi beavatkozásokkal és földmunkákkal igyekezett elősegíteni.

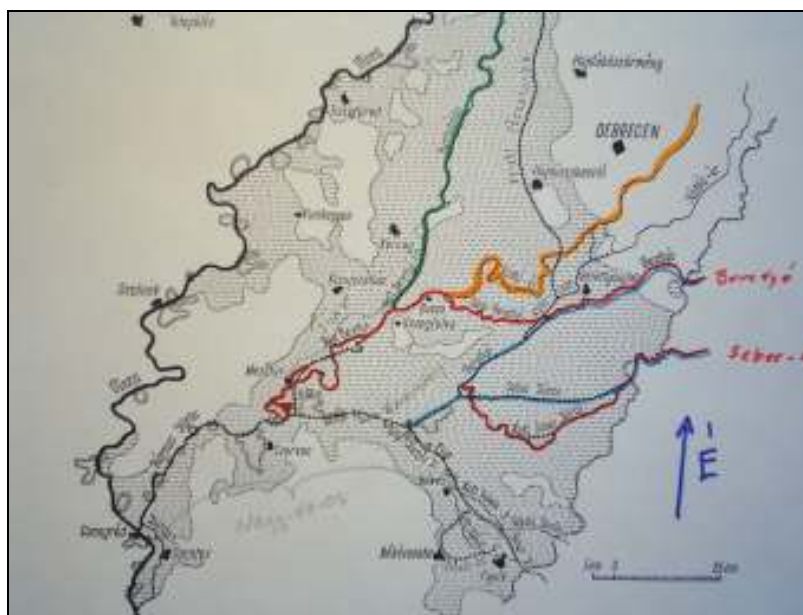
Az Alföld fokozatos kiszáradása az erdők zömének kivágásával indult meg. Ennek nyomán ugyanis megszűnt azok vízvisszatartó hatása, az ártéri elöntések időtartama lecsökkent, és így az árvizek levonulása felgyorsult. A növényzet nem nyújtott tovább védelmet a talaj elmosódása ellen. Az így keletkezett hordalék feltöltötte a vízfolyások medrét, úgy, hogy a XV. századra nemcsak számtalan vízer, hanem sok, addig állandónak tartott nagyobb vízfolyás is eltűnt.

A természetes vízelvezető hálózat leromlása együtt járt a mélyebben fekvő területek elmocsarasodásával, mivel az elöntések ide jutó vize az árvíz levonulása után nem tudott visszafolyni a fő folyóba. Létrejöhettek az első, egyelőre még kis területű „sárvizek”. A lassan növekvő népesség a szárazulatokon letelepedve az állattenyésztés mellett a ritkábban elöntött és már erdő nélküli területeken elkezdte, vagy folytatta a gabonatermesztést.

A XVII század végére kialakult elvadult mocsárvilág a török hódoltság alatt végbement óriási pusztulás eredménye. Korabeli irodalmak leírják, hogy „Az ország jelentékeny részét a szabályozatlan folyók áradásaiból keletkező mocsarak borítják, s még 1790-ben is oly nagy területet lepnek el, hogy egy vármegye is kitelnék belőle. Sok a terjedelmes nádas, hol a

vízmadarak milliói tanyáznak, a megmérhetetlen legelők nagy füve, amelyből a nem látszik ki a gulya, hullámszik ott.” (Acsády, 1886.). Huszár Mátyás (1823) leírása szerint „A sok helyt látható templomromok és a magasabb helyeken állott házak téglái kétségtelenné teszik, hogy ezen elhagyott nádas vidéket egykor számos lakó lakta.” Amikor tehát ezt a XVIII-XIX. századforduló körüli elvadult mocsárvilágot a vizeink szabályozása előtti „ősi” állapotnak nevezzük, a fentiek alapján hangsúlyoznunk kell azt is, hogy a vidéken a megelőző évszázadokban sokkal kulturáltabb viszonyok uralkodtak. A török hódoltság időszakát követően a kevés számú megmaradt magyarok lakosságot szlovák és német népesség betelepítésével igyekeztek kiegészíteni, melyet azonban rendszeresen járványok és betegségek tizedeltek; például az 1738-40. évi pestisjárványban a térség lakosságának fele elpusztult. Mária Terézia, majd II. József uralkodása alatt vett új lendületet a vidék fejlődése és a lakosság szaporodása.

A 2. Ábra feltünteti a Körös-Berettyó vízrendszer szabályozás előtti és utáni vízhalózátát. Ez képet ad arról, hogy a szabályozás során milyen mélyreható változások történtek a vízfolyások vonalazásában.



2. ábra A Körös-Berettyó vízrendszer rajzolata a folyószabályozási munkálatok előtt és után
(Ihrig, 1973. nyomán)

A régi Berettyó Berettyóújfalu, Bucsa, Mezőtúr érintésével Mezőtúrnál torkollott a Nagy-Körösbe és mellékfolyója volt a Bucsánál betorkolló Hortobágy. Ma az új, szabályozott Berettyó Szeghalom alatt a Sebes-Körösbe ömlik, a Hortobágy pedig Hortobágy-Berettyó főcsatorna néven, új mederben fut Mezőtúrnál a Hármaskörösbe. Az egykori Sebes-Körös, amelynek medre a Kis-Sárrét ingoványainak déli részén beleveszett a mocsárba, ma teljesen új mederben folyik és Körösladány alatt egyesül a Kettős-Körössel. A régi, szabályozás előtti

vízrendszerben nem volt Kettős-Körös, hanem a régi Fehér-Körösbe Békénél ömlött be a Fekete-Körös és ettől lefelé a Tiszáig a folyó neve Nagy Körös volt. Ez Köröstarcsa alatt vette fel jobbról a Sebes-Köröst. Ma viszont a szabályozott Fehér-Körös Gyulától északra egyesül a Fekete-Körössel és innen kezdődik az újonnan létrehozott Kettős-Körös, amely a Sebes-Körös beömléséig tart. A Kettős- és Sebes-Körös pedig egyesülve, mint Hármaskörös viszi a Körös-rendszer összegyűjtött vizét a Tiszába. A Berettyó és a Sebes-Körös egykori és mai mellékvízeinek és kiágazásainak teljes ismertetésétől – területi okokból – eltekintek; azonban a mintaterület mai vízrajzolat két jelentős elemének eredetét azonban tisztázzuk: az egykori Sebes-Körösből kiszakadó több ág egyesülése hozta létre a Kutas eret, melynek mellékága volt az Ölyvös ér.

Az 2. ábrán a vonalkázott terület az állandóan, vagy időszakosan vízzel borított területeket tünteti fel és jól látható, hogy a Tisza, a Hortobágy és a Körös-Berettyó vízrendszer vizei szabadon szétterülve, egymással összeköttetésben alkották azt a hatalmas mocsárvilágot, amelynek egyes területei száraz időjárás esetén különállóká váltak; ezért beszéltek a Berettyó és a Hortobágy által táplált Nagy-Sárrétről és a Sebes-Körös által táplált Kis-Sárrétről. Az Első Katonai Felvételezés időszaka relatíve száraznak számított, így vált lehetővé a térképezés; a maximális elöntés időszakában lehetetlen lett volna a terepi munka.

A török uralom megszűnésekor a Körös-Berettyó vidéken 144.000 ha szabad vízfelszín és mocsár volt, amelyben számtalan vízimadár fészkelte és pusztította a mezőgazdasági kultúrákat. A XVIII. században már megindultak a kezdetleges védekezési munkálatok (árkolások, folyóátvágások), azonban ezek egymástól elszigetelt, önálló kezdeményezések voltak, így tartós eredményt sem hoztak.

1802-ben királyi biztost neveztek ki a vízi védekezési munkálatok élére, 1818-ban pedig Huszár Mátyás kamarai mérnök vezetésével megkezdődött a vízrendszer részletes felmérése. Ennek eredményeképpen 1823-ra elkészült a Körös-Berettyó, valamint a Közép- és Alsó-Tisza vonalára szóló felmérés és a szabályozásra vonatkozó tanulmány. A javaslat külön-külön foglalkozik az egyes folyóknál végzendő munkákkal, megadva szükséges medermélységet, fenékszélességet, az építendő árvízvédelmi töltések távolságát és méreteit. Ezek alapján 1830-ban megindult a kivitelezés, azonban 1834-ig elsősorban fenntartási jellegű munkálatokat végeztek, a tényleges szabályozás még váratott magára.

Ezt követő évek már a Tisza-völgy rendezés előkészületeinek jegyében teltek, 1846-ban megalakult a Tiszavölgyi Társulat, ennek keretén belül a Körösszabályozó Társulat. Ennek beosztott vezetője, Bodoky Károly benyújtotta a Helytartótanácsnak a Huszár Mátyás féle szabályozási tervek átdolgozott változatát, amelyeket Kecskés Károly véleményezett és

dolgozott tovább. Így a Körös-Berettyó vízrendszer szabályozási terveit a hármuk közös munkájának tekinthetjük. A szabályozás a következő elvek figyelembe vétele mellett készült:

1. A szabad lefolyás érdekében minden fenékgát, malom, folyást akadályozó híd eltávolítandó.
2. A folyót völgyének legrövidebb irányába kell vezetni.
3. A folyó ily módon medrét bővíti, kiöntéseinek időtartama megrövidül és egyes helyeken esetleg a töltésépítés is feleslegessé válik.
4. A legtöbb esetben szükséges lesz a mederszabályozás mellett a töltésépítésre is.
5. A mederszabályozás előzze meg a töltésépítést, mert a meder rendezése előtt a várható árvizek magassága ismeretlen és a töltések koronamagassága sem állapítható meg.
6. A völgy legnagyobb víztömege és a lefolyás sebessége határozzák meg a töltések egymástól való távolságát és magasságát.
7. A szabályozás során készítendő átvágások lehetőleg egyidejűleg készüljenek, de ha ez nem lehetséges, a folyó alsó szakaszán kell azokat elkezdeni.
8. A védtöltések építése a folyó bármely szakaszán megkezdhető, de csak olyan pontokon, ahol az épülő töltést a víz meg nem kerülheti.
9. A mellékfolyók és vízfolyások a főfolyó árvízszintjének magasságáig töltéseket kell építeni.

A tervek megvalósítására 1855-től került sor. Ez volt annak a többlépcsős szabályozási munkafolyamatnak az első része, amely egészen 1942-ig tartott. A munkák ilyen hosszú elhúzódásának oka az volt, hogy a térség talajai túlnyomó részben erősen kötött agyagból állnak, ezért nagyon lassú volt a természetes mederfejlődés folyamata, miután kiásták az átmetszések vezérárkait; az irányelvekben megfogalmazottaknak megfelelően pedig a szükséges töltésépítések ütemét is a mederfejlődéshez igazították.

A Körös-Berettyó vízrendszer szabályozása 1855 – 1879 között

Az elkészített szabályozási terveknek megfelelően 1855-ben a vízrendszer teljes szakaszán egyszerre indultak meg a szabályozási munkálatok és 1861-ig a földmunka 51%-át elvégezték. Az aszályosabb évek miatti, közel 10 éves szünetet követően fejeződtek be az első kivitelezési szakasz munkálatai.

A Berettyó folyó esetében Szalárdtól (ma: Románia területéhez tartozik) lefelé minden malmot és egyéb, lefolyást gátló építményt elbontottak; elzárták a folyó kiágazásait, így a Kék-Kállót, a berettyóújfalui Holt-Berettyót, valamint a Kis-Köröst is. Két új jelentős mederszakasz is épült: egy kereken 20 km hosszú csatorna Bakonszeg alatt indult a régi medernek attól a töréspontjától, ahol a régi Berettyó északnyugati irányból nyugatra fordulva

beleveszett a Nagy-Sárrét mocsarába és Szeghalom alatt futott bele a Sebes-Körös egyik kanyarulatába; egy 14,5 km hosszú csatornaszakasz pedig Kismarja és Szalárd között készült el. Az átalakítások nyomán a meder hossza 224 km-ről 86 km-re rövidült. A mindkét parti töltések egymástól 60 méterre készültek el.

A Sebes-Körös szabályozása Nagyváradtól (ma: Románia területéhez tartozik) a torkolatig terjedt. Elsőként itt is elbontották a vízimalmokat és egyéb vízi létesítményeket, majd elzárták a Holt-Körös és a Kis-Körös kiágazását. Összesen további 11 átvágást készítettek, melyek közül a Szeghalomnál lévő a leghosszabb: 2,5 km, így alakult ki a Sebes-Körös új medre, melynek így a Nagyvárad-torkolat közötti szakasza 174 km-ről 97 km-re csökkent.

A Körös-Berettyó vízrendszer szabályozása 1879 – 1895 között

Az első ütemben végrehajtott szabályozási munkálatokat követően világossá vált, hogy a kötött talajok miatt nem alakultak ki természetes úton az elvárt mederszélességek. Több helyen a mederszélesség túl szűkre, máshol túl bőre sikerült; a folyószakaszok rövidülése miatt jelentősen magváltozott a nagyvizek lefolyási ideje és intenzitása. A vízrendszerben tehát az elkészült átvágásokat szélesítették, fenékszélességet növeltek és töltéseket építettek.

A Berettyó folyón ebben az építési szakaszban egyetlen említésre méltó munkálatot hajtottak végre: a kismarjai vízimalom elbontását.

A Sebes-Körös folyón hat átmetszés bővítését végezték el.

A Körös-Berettyó vízrendszer szabályozása 1895 után

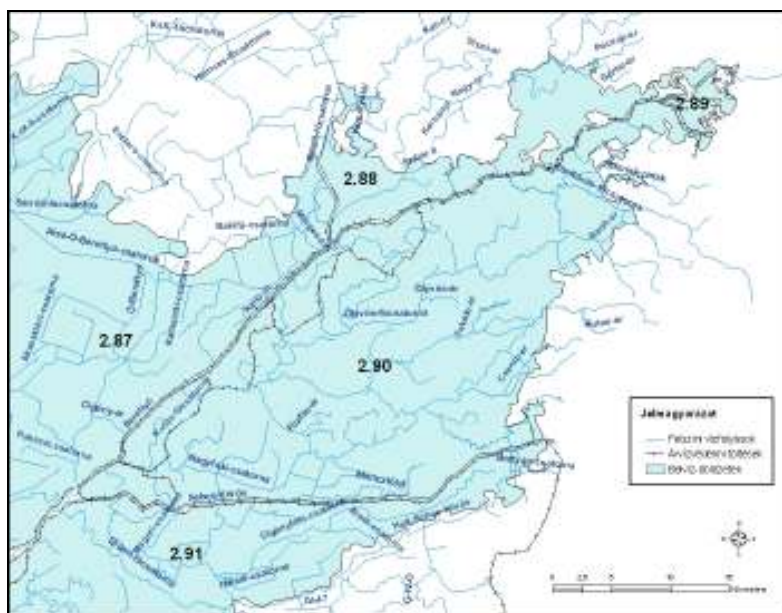
A vízi kártételek elleni védekezés műszaki munkálatai 1895-re lényegében lezárultak a teljes vízrendszeren. Ezt követően már igények szerinti fejlesztési, bővítési és fenntartási munkák folytak, például megindultak a folyócsatornázási munkák. Az átvágások száma a Berettyó folyón ebben az időszakban 81-re emelkedett, valamint jelentős töltéserősítési munkák is zajlottak.

Fontos esemény volt a hajózást és az öntözést segítő Békésszentandrási Vízlépcső megépítése (1936-42), mely a Sebes-Körösön Körösladányig duzzasztja vissza a folyó kisvizét.

Összességében elmondhatjuk, hogy a Tisza-völgyi árvíz-mentesítési munkálatok során a Körös-Berettyó vízrendszerben épült a legtöbb új meder; itt gyakorlatilag új folyóhálózatot kellett kialakítani a meglévő mocsárvilág helyén. Nem véletlenül tartották ezeket a munkálatokat „második honfoglalásnak”.

A Körös-Berettyó völgy belvízrendszerének rendezését az 1860-as évektől kezdték el. A terület vízrajzi gazdagsága és differenciáltsága, valamint a belvíz-szabályozási feladatok

bonyolultsága miatt gyakran változott az egyes belvízrendszerek szervezeti hovatartozása. Tekintettel arra, hogy az ország területén itt a legsűrűbb a belvíz-csatorna hálózat, csak a Berettyó - Sebes-Körös közei belvízrendszerét ismertetjük (3. ábra).



3. ábra A Bihari sík belvízrendszere 2006-ban

A rendszer főcsatornái: Kis-Körös (végleges kiépítése 1928-ban készült el), Kutas-csatorna és Ölyvös-csatorna (1894-ben fejezték be). Az összegyűjtött belvizek visszajuttatása a befogadóba az első időkben az árvízvédelmi töltésekbe épített zsilipeken keresztül történt; később gőzszivattyúkkal oldották meg a feladatot. Az öblözetben 1927-1949 között négy kisebb elektromos szivattyútelep létesült, amelyek közül egy a Berettyóba, három a Kutasba emeli a vizet.

A mezőgazdaság egyre növekvő igényei miatt a térségben a belvíz állandósult problémaként jelentkezik. Mai szemmel és másfél évszázad tapasztalataival gazdagodva természetesen lehet bírálni a Tisza-völgy és azon belül a Sárrét vízszabályozásának módszereit és eredményeit. Nem szabad azonban számon kérni elődeinktől, hogy nem ismerték az ökológia mai elveit és követelményeit. Megállapíthatjuk, hogy a magyar vízmérnöki kar a XIX. és XX. században nemzetközileg elismert színvonalon oldotta meg az akkor gazdasági/társadalmi elvárások által rá rótt feladatokat.

A belvízrendszer jelenleg összesen 1.370 km hosszú csatornából áll. Sajnos az 1990-es évek során a tulajdonviszonyok átrendeződéséből következően a belvíz-csatorna hálózat tisztítását elhanyagolták, sok esetben a csatornákat be is szántották, így azok nem funkcionálhattak rendeltetésüknek megfelelően.

A térség területhasználatának története szoros összefonódásban állt a vízrajzi viszonyok alakulásával. A középkori fokgazdálkodás a természet és az ember harmonikus együttélése volt. A XV. századra teret hódított a legeltető állattenyésztés és a gabonatermesztés, mely zömmel a kiirtott erdők helyén zajlott. Az erdőirtásokat követő vízhálózat-degradáció következménye volt, hogy az állandó mocsarak évről-évre nagyobb területet foglaltak el.

A török hódoltság alatt az elvadult vízvilág visszahódította a természetet, a korábban művelt területek erősen degradálódtak, ebben a folyamatban a főszerepet a lakosság lélekszámának zuhanása játszotta. A XIII. században kelt egyik leírás szerint: „az egykor virágzó gabonaföldek helyén vizes legelők, mocsár, homok és szik terpeszkednek, amelyeket a gyér számú lakosság csak kis mértékben tud művelés alá vonni”. A művelés alatt tartott területeken a XVII. századtól mindinkább a szántóföldi monokultúras gabonatermesztés vált meghatározóvá – ennek volt köszönhető a számtalan vízimalom épülése a fő vízfolyásokon, melyek egyik jelentős akadályai lettek az árvizek gyors lefolyásának.

A szabályozási munkálatokat megelőzően elkészült Első Katonai Felvételezés térképszelvényei alapján a Sebes-Körös-Berettyó közének mai területéből mintegy harmadát foglalta el az állandó mocsárvilág, szintén közel harmadát fedte gyepp és erdőterület, és csak egyharmadán találunk szántóföldi kultúrákat.

A szabályozások első szakasza során elkészült Második Katonai Felvételezés térképszelvényein még nem láthatunk jelentős területhasználati változásokat, amit egyrészt a korabeli csapadékos időszakra, másrészt a munkálatoktól számított csekély idő elteltére vezethetünk vissza.

A szabályozásokat követő évszázadról nem maradtak ránk olyan térképi adatok, amelyekből kiszámíthatnánk a területhasználati változások pontos értékeit (a Harmadik Katonai Felvételezés térképanyagát a rendelkezésre álló színelv miatt nem lehet kiértékelni erre a területre). A fennmaradt összeírásokból és feljegyzésekből azonban megállapítható, hogy a II. világháborúig meghatározóvá vált az intenzív gabonatermesztés és a legeltetési állattartás, vagyis a szántóföldi kultúrák és a gyepterületek hasznosítása. Sajnálatos módon jelentős erdőtelepítések ebben az időszakban sem történtek.

A szocialista mezőgazdaság (1949-1990) fokozta a szántóföldi termelés intenzitását. A politikai rendszerváltást követő évben a terület kétharmadán szántóföldi növénytermesztést folytattak, míg a maradék egyharmadnyi területen osztozott a gyepp, az erdő, a létrehozott mesterséges víztározók és csatornák, valamint a települések területe. Ebben az időszakban jelentős mértékben végeztek el termésátlag-növelő beruházásokat (melioráció, belvízelvezetés, talajjavítás, gépesítés), ennek ellenére a belvízveszély vált a térség egyik legégetőbb környezeti problémájává.

A vizsgálatok során felhasznált adatok és adatbázisok ismertetése

A vizsgálati mintaterületet fedő adatállományok előállítása a Bihari sík teljes területére megtörténtek (terület: 917,48 km²); a talajadatok feldolgozása csak 866,46 km² volt lehetséges, mivel nem állt rendelkezésre a teljes területet földrajzilag fedő analóg input adatforrás. Ennek megfelelően a vizsgálatokat 86.646 ha területre végeztem el. Az adatfelhasználás során egységesen alkalmazott vetületi rendszer: EOVS. Szintén egységesen metrikus alapú volt a kapcsolt numerikus területi adatok számítása és alkalmazása.

Topográfiai adatok

Alapadatok

- Topográfiai térképlapok digitális, raszteres adatállománya

Mennyiség: 61 db, EOVS szelvény

Méretarány: 1:10.000

Adattartalom: domborzat, felszíni vízrajz, területhasználat, vonalas infrastruktúra, települések és beépített területek, tereptárgyak

Adattartalom aktualitása: 1981.

Adatformátum: digitális raszteres formátum, GeoTIFF, ECW, IMG

Szolgáltató / tulajdonos / kezelő: DE-ATC, Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék, Földmérési és Távérzékelési Intézet

Hozzáférés módja: térítés ellenében történő adatvásárlás kutatási célokra

Feldolgozás során keletkezett adatok

- Magassági szintvonalak vektorgrafikus adatállománya

Forrás: topográfiai térképlapok raszteres adatállománya

Mennyiség: 61 db, EOVS szelvényt 100%-ban fedő egységes adatbázis

Méretarány: 1:10.000

Adattartalom: magassági szintvonalak (egész, felező és negyedelő), kapcsolt magassági értékekkel, két decimális pontossággal

Tartalmi mennyiség: 883.951 db node, 22.863 db vonalszegmens, 14.616,42 valós km vonalhossz

Adattartalom aktualitása: 1981.

Adatformátum: digitális vektoros formátum, ESRI SHP

Adatok objektumtípusa: polyline

Hozzáférés módja: önálló adatfeldolgozás során keletkezett termék

- Magassági pontok vektorgrafikus adatállománya

Forrás: topográfiai térképlapok raszteres adatállománya

Mennyiség: 61 db, EOTR szelvényt 100%-ban fedő egységes adatbázis

Méretarány: 1:10.000

Adattartalom: magassági pontok, kapcsolt magassági értékekkel, két decimális pontossággal

Tartalmi mennyiség: 3.437 db pont

Adattartalom aktualitása: 1981.

Adatformátum: digitális vektoros formátum, ESRI SHP

Adatok objektumtípusa: point

Hozzáférés módja: önálló adatfeldolgozás során keletkezett termék

- Beépített területek vektorgrafikus adatállománya

Forrás: topográfiai térképlapok raszteres adatállománya

Mennyiség: 61 db, EOTR szelvényt 100%-ban fedő egységes adatbázis

Méretarány: 1:10.000

Adattartalom: települések és egyéb beépített területek, kapcsolt területi értékekkel (terület, kerület)

Tartalmi mennyiség: 256 db polygon

Adattartalom aktualitása: 1981.

Adatformátum: digitális vektoros formátum, ESRI SHP

Adatok objektumtípusa: polygon

Hozzáférés módja: önálló adatfeldolgozás során keletkezett termék

- Felszíni vizek rajzolatának vektorgrafikus adatállománya

Forrás: topográfiai térképlapok raszteres adatállománya

Mennyiség: 61 db, EOTR szelvényt 100%-ban fedő egységes adatbázis

Méretarány: 1:10.000

Adattartalom: folyók, patakok, csatornák és egyéb vízfolyások, valamint állóvizek, kapcsolt geometriai (hosszúsági és területi) értékekkel

Tartalmi mennyiség: 9.143 db node, 2.323 db vonalszegmens, 188,36 valós km vonalhossz, illetve 73 db polygon

Adattartalom aktualitása: 1981.

Adatformátum: digitális vektoros formátum, ESRI SHP

Adatok objektumtípusa: polyline

Hozzáférés módja: önálló adatfeldolgozás során keletkezett termék

Talajtani adatok

Alapadatok

- Földértékelési térképlapok digitális, raszteres adatállománya

Mennyiség: 19 db, EOTR szelvény

Méretarány: 1:10.000

Adattartalom: talaj-mintavételi helyszínek, talajjellemzők

Adattartalom aktualitása: 1983.

Adatformátum: digitális raszteres formátum, GeoTIFF, IMG

Szolgáltató / tulajdonos / kezelő: Hajdú-Bihar Megyei Növény- és Talajvédelmi Szolgálat

Hozzáférés módja: térítés nélküli adatszolgáltatás kutatási célokra

- Üzemi talajgenetikus térképlapok digitális, raszteres adatállománya

Mennyiség: 13 db, egyedi méretezés szerinti szelvény (egykori mezőgazdasági üzemek méretei szerint)

Méretarány: 1:10.000

Adattartalom: talaj-mintavételi helyszínek, talajjellemzők

Adattartalom aktualitása: 1979.

Adatformátum: digitális raszteres formátum, GeoTIFF, IMG

Szolgáltató / tulajdonos / kezelő: Hajdú-Bihar Megyei Növény- és Talajvédelmi Szolgálat

Hozzáférés módja: térítés nélküli adatszolgáltatás kutatási célokra

Feldolgozás során keletkezett adatok

- Talaj-mintavételi helyszínek vektorgrafikus adatállománya

Forrás: üzemi talajgenetikus és földértékelési térképlapok raszteres adatállománya

Mennyiség: a vizsgálati mintaterületet 100%-ban lefedő adatbázis

Méretarány: 1:10.000

Adattartalom: talaj-mintavételi helyszínek pontjai, kapcsolt azonosítós számokkal, laboratóriumi jegyzőkönyvi adatokkal

Tartalmi mennyiség: 3.252 db pont

Adattartalom aktualitása: 1979, illetve 1983.

Adatformátum: digitális vektoros formátum, ESRI SHP

Adatok objektumtípusa: point

Hozzáférés módja: önálló adatfeldolgozás során keletkezett termék

- Talajjellemzők területi elhelyezkedését ábrázoló vektorgrafikus adatállománya

Forrás: üzemi talajgenetikus és földértékelési térképlapok raszteres adatállománya

Mennyiség: a vizsgálati mintaterületet 100%-ban lefedő adatbázis

Méretarány: 1:10.000

Adattartalom: talajjellemzők területi elhelyezkedését ábrázoló polygonok, kapcsolt azonosítós számokkal, talajtípusokkal (főtípus, típus, altípus)

Tartalmi mennyiség: 4.318 db polygon

Adattartalom aktualitása: 1979, illetve 1983.

Adatformátum: digitális vektoros formátum, ESRI SHP

Adatok objektumtípusa: polygon

Hozzáférés módja: önálló adatfeldolgozás során keletkezett termék

Felszínborítási – területhasználati adatok

Alapadatok

- CORINE CLC-100 felszínborítási térképi adatállomány

Mennyiség: 1 db, a vizsgálati mintaterületet 100%-ban lefedő adatszervén

Méretarány: 1:100.000

Adattartalom: felszínborítás területi pozícióit ábrázoló polygonok, kapcsolt felszínborítási kategóriákkal az EU EEA CLC-100 nomenklátúra szerint (30 típus)

Adattartalom aktualitása: 1995.

Adatformátum: digitális vektoros formátum, ESRI SHP

Tartalmi mennyiség: 222 db polygon

Adatok objektumtípusa: polygon

Szolgáltató / tulajdonos / kezelő: DE-ATC, Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék, Földmérési és Távérzékelési Intézet

Hozzáférés módja: térítés nélküli adatszolgáltatás kutatási célokra

▪ CORINE CLC-50 felszínborítási térképi adatállomány

Mennyiség: 1 db, a vizsgálati mintaterületet 100%-ban lefedő adatszervény

Méretarány: 1:50.000

Adattartalom: felszínborítás területi pozícióit ábrázoló polygonok, kapcsolt felszínborítási kategóriákkal az EU EEA CLC-50 nomenklátúra szerint (79 típus)

Adattartalom aktualitása: 1999.

Adatformátum: digitális vektoros formátum, ESRI SHP

Tartalmi mennyiség: 1.157 db polygon

Adatok objektumtípusa: polygon

Szolgáltató / tulajdonos / kezelő: Károly Róbert Főiskola, Regionális és Vidékfejlesztési Tanszék, Földmérési és Távérzékelési Intézet

Hozzáférés módja: térítés ellenében történő adatszolgáltatás, kutatási célokra

- Első Katonai (Jozefiánus) Felvételezés analóg térképlapjai

Mennyiség: 11 db korabeli szelvényezés szerinti, de a vizsgálati mintaterületet 100%-ban lefedő térképszelvény

Méretarány: 1:28.800

Adattartalom: területhasználat, települések – beépített területek, felszíni vizek, vonalas infrastruktúra

Adattartalom aktualitása: 1782-1785.

Adatformátum: analóg formátum

Szolgáltató / tulajdonos / kezelő: DE-ATC, Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék, Magyar Hadtörténeti Intézet Térképtára

Hozzáférés módja: térítés nélküli adatszolgáltatás kutatási célokra

- Második Katonai (Franciskánus) Felvételezés analóg térképlapjai

Mennyiség: 11 db korabeli szelvényezés szerinti, de a vizsgálati mintaterületet 100%-ban lefedő térképszelvény

Méretarány: 1:28.800

Adattartalom: területhasználat, települések – beépített területek, felszíni vizek, vonalas infrastruktúra

Adattartalom aktualitása: 1806-1869.

Adatformátum: analóg formátum

Szolgáltató / tulajdonos / kezelő: DE-ATC, Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék, Magyar Hadtörténeti Intézet Térképtára

Hozzáférés módja: térítés nélküli adatszolgáltatás kutatási célokra

- Orthofotók digitális, raszteres adatállománya

Mennyiség: 15 db, a légi repülési szelvényezés szerinti orthofotó, ami a vizsgálati mintaterületet 30%-ban fedi le

Méretarány: 1:10.000 (utófeldolgozással elért)

Adattartalom: felszínborítás

Adattartalom aktualitása: 2000.

Adatformátum: digitális, raszteres formátum, GeoTIFF, IMG

Szolgáltató / tulajdonos / kezelő: DE-ATC, Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék, Földmérési és Távérzékelési Intézet

Hozzáférés módja: térítés nélküli adatszolgáltatás kutatási célokra

Feldolgozás során keletkezett adatok

- Első Katonai (Jozefiánus) Felvételezés raszteres adatállománya

Forrás: Első Katonai (Jozefiánus) Felvételezés analóg térképlapjai

Mennyiség: 11 db korabeli szelvényezés szerinti, de a vizsgálati mintaterületet 100%-ban lefedő térképszelvény

Méretarány: 1:28.800

Adattartalom: területhasználat, települések – beépített területek, felszíni vizek, vonalas infrastruktúra

Adattartalom aktualitása: 1782-1785.

Adatformátum: digitális raszteres formátum

Szolgáltató / tulajdonos / kezelő: DE-ATC, Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék, Magyar Hadtörténeti Intézet Térképtára

Hozzáférés módja: önálló adatfeldolgozás során keletkezett termék

- Első Katonai (Jozefiánus) Felvételezés vektorgrafikus adatállománya

Forrás: Első Katonai (Jozefiánus) Felvételezés raszteres adatállománya

Mennyiség: 11 db korabeli szelvényezés szerinti, de a vizsgálati mintaterületet 100%-ban lefedő adatbázis

Méretarány: 1:28.800

Adattartalom: területhasználat pozícióit ábrázoló polygonok, kapcsolt területhasználati kategóriákkal eredeti nomenklatúra szerint (7 típus)

Tartalmi mennyiség: 26.251 db polygon

Adattartalom aktualitása: 1782-1785.

Adatformátum: digitális vektoros formátum, ESRI SHP

Adatok objektumtípusa: polygon

Hozzáférés módja: önálló adatfeldolgozás során keletkezett termék

- Második Katonai (Franciskánus) Felvételezés raszteres adatállománya

Forrás: Második Katonai (Franciskánus) Felvételezés analóg térképlapjai

Mennyiség: 11 db korabeli szelvényezés szerinti, de a vizsgálati mintaterületet 100%-ban lefedő térképszelvény

Méretarány: 1:28.800

Adattartalom: területhasználat, települések – beépített területek, felszíni vizek, vonalas infrastruktúra

Adattartalom aktualitása: 1806-1867.

Adatformátum: digitális raszteres formátum

Szolgáltató / tulajdonos / kezelő: DE-ATC, Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék, Magyar Hadtörténeti Intézet Térképtára

Hozzáférés módja: önálló adatfeldolgozás során keletkezett termék

- Második Katonai (Franciskánus) Felvételezés vektorgrafikus adatállománya

Forrás: Második Katonai (Franciskánus) Felvételezés raszteres adatállománya

Mennyiség: 11 db korabeli szelvényezés szerinti, de a vizsgálati mintaterületet 100%-ban lefedő adatbázis

Méretarány: 1:28.800

Adattartalom: területhasználat pozícióit ábrázoló polygonok, kapcsolt területhasználati kategóriákkal eredeti nomenklatúra szerint (7 típus)

Tartalmi mennyiség: 33.611 db polygon

Adattartalom aktualitása: 1806-1867.

Adatformátum: digitális vektoros formátum, ESRI SHP

Adatok objektumtípusa: polygon

Hozzáférés módja: önálló adatfeldolgozás során keletkezett termék

Vízrajzi adatok

Alapadatok

- Belvízi elöntések digitális, raszteres térképi adatállománya

Mennyiség: 24 db, vízügyi szakhatósági szelvényezés szerinti térképszelvény

Méretarány: 1:50.000

Adattartalom: maximális belvízi elöntések, felszíni vízhálózat

Adattartalom aktualitása: 1989., 1996., 1997., 1999., 2000., 2002., 2003., 2004., 2005.

Adatformátum: digitális raszteres formátum, GeoTIFF, MrSID

Szolgáltató / tulajdonos / kezelő: Tiszántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság

Hozzáférés módja: térítés nélküli adatszolgáltatás kutatási célokra

- Talajvíz-állás figyelő kútjainak numerikus adatállománya

Mennyiség: 25 db talajvíz-állás figyelő kút numerikus adatai (3.200 rekord)

Méretarány: nem releváns

Adattartalom: talajvíz-állás értéke Btszf szerint (abszolút vízállás), valamint kútperem szerint (relatív vízállás)

Adattartalom aktualitása: 1990-1999. (tíz éves idősor, havi bontásban)

Adatformátum: digitális numerikus formátum, XLS, Access

Szolgáltató / tulajdonos / kezelő: Tiszántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság

Hozzáférés módja: térítés nélküli adatszolgáltatás kutatási célokra

Feldolgozás során keletkezett adatok

- Belvízi elöntések digitális vektorgrafikus adatállománya

Forrás: belvízi elöntések digitális, raszteres térképi adatállománya

Mennyiség: a vizsgálati mintaterületet 100%-ban lefedő adatbázis

Méretarány: 1:50.000

Adattartalom: maximális belvízi elöntések területei

Tartalmi mennyiség: 8.460 db polygon

Adattartalom aktualitása: 1989., 1996., 1997., 1999., 2000., 2002., 2003., 2004., 2005.

Adatformátum: digitális vektoros formátum, ESRI SHP

Adatok objektumtípusa: polygon

Hozzáférés módja: önálló adatfeldolgozás során keletkezett termék

- Talajvíz-állás figyelő kutak digitális, vektorgrafikus adatállománya

Forrás: talajvíz-állás figyelő kútjainak numerikus adatállománya, saját mérések (helyszíni bejárás a pontok azonosítására)

Mennyiség: a vizsgálati mintaterületet 100%-ban lefedő adatbázis

Méretarány: 1:10.000 (utófeldolgozással)

Adattartalom: talajvíz-állás figyelő kutak pontjai

Tartalmi mennyiség: 25 db pont

Adattartalom aktualitása: 1990-1999.

Adatformátum: digitális vektoros formátum, ESRI SHP

Adatok objektumtípusa: pont

Természetvédelmi adatok

Alapadatok

- Természetvédelmi oltalom alatt álló területek digitális, vektorgrafikus térképi adatállománya

Mennyiség: a vizsgálati mintaterületet 100%-ban lefedő adatbázis

Méretarány: 1:10.000

Adattartalom: természetvédelmi területek, tájvédelmi körzetek területei kapcsolt azonosítókkal és nevezékekkel

Adattartalom aktualitása: 2005.

Adatformátum: digitális vektoros formátum, ESRI SHP

Szolgáltató / tulajdonos / kezelő: Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatósága

Hozzáférés módja: térítés nélküli adatszolgáltatás kutatási célokra

- NATURA 2000 területek digitális, vektorgrafikus térképi adatállománya

Mennyiség: a vizsgálati mintaterületet 100%-ban lefedő adatbázis

Méretarány: 1:10.000

Adattartalom: NATURA 2000 program által érintett területek, kapcsolt azonosítókkal és nevezékekkel

Adattartalom aktualitása: 2005.

Adatformátum: digitális vektoros formátum, ESRI SHP

Szolgáltató / tulajdonos / kezelő: Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatósága

Hozzáférés módja: térítés nélküli adatszolgáltatás kutatási célokra

Modellalkotás

Az adatmodell jelentősége a modellezésben

Az általunk elemzésre használt ESRI/ArcGIS alapvetően vektoros szemléletű, de jól támogatja a raszteres layer-technikát, amit például a domborzati elemzéseknél, vagy a talajvíz-modellezésnél. A környezeti elemek modellezése során mi is elsősorban a fedvény-

szemléletet alkalmaztuk, kihasználva az általunk használt szoftverek raszter-vektor interfész funkcióit is.

A modell alkalmazhatósága

A környezeti konfliktusok elemzésére és jelenségeinek kimutatására összetett modellekre van szükség. Ezek a kérdések a földrajzi információs rendszerek illetve térinformatikai alapú döntéstámogató rendszerek segítségével hatékonyabban, a legkisebb környezeti kockázat elvét szem előtt tartva válaszolhatóak meg, mivel a természeti erő-forrásgazdálkodás alapú GIS-rendszerek és modellek hatékony eszközök a többtényezős, komplex problémák elemzésére és megoldására egyaránt. Ennek alapja az, hogy a GIS alapú rendszerek az adatbázisok térbeli és alfanumerikus információjának együttes kezelésére és elemzésére egyaránt alkalmasak és a megfelelő térinformatikai eszköztár lehetővé teszi a megoldási alternatívák hatékony vizsgálatát és vizuális interpretációját. A GIS-alapú rendszerek ezenkívül lehetővé teszik, hogy a felhasználó interaktívan válasszon a megoldási alternatívák közül, érzékenységi- és idősoros elemzéseket végezzen, modellezzen, valamint valószínűségi vizsgálatokat, térbeli lekérdezéseket és - elemzéseket hajtson végre, mint például terület- és távolságmérés, átfedés-vizsgálat, puffer- és korridor-analízis. Mindezen funkciók együttesen, egymással összefüggésben teszik a természeti erőforrás-gazdálkodás alapú GIS-rendszereket a valós döntéshozatali problémák megoldásának hatékony eszközévé.

Ezen modell keretében a sokféle alkalmazás közül a belvíz kialakulásának modellezését, és a földhasználat optimalizálását tűztük ki célul. A modell alapján megállapítható az egyes térrészek érzékenysége, speciális környezeti veszélyeztetettsége is. A modell módszertanát elsősorban a vízügyi, környezet- és természetvédelmi hatóságok, területfejlesztési, közigazgatási és önkormányzati szervezetek hasznosíthatják.

Rendszertervezés és -üzemeltetés

A térinformatikai rendszer kialakítása során az alábbiakat kellett figyelembe venni:

- a hardver biztosítsa a felhasználó által alkalmazott szoftverek zavartalan működését;
- a fejlesztésnél figyelembe kell venni, hogy az operációs rendszer MS Windows alapú;
- a hálózati erőforrások elérését és hatékony használatát biztosítani kell;
- meg kell oldani a nagy mennyiségű adatok gyors, rendezett archiválását és használatát;
- a szoftverüzemeltetést a gazdaságossági számítások alapján a lehető legkedvezőbben kell végrehajtani.

A fejlesztés során a figyelembe vett feladatok a következők voltak:

- térinformatikai fejlesztés,
- adminisztratív feladatok,
- adatarchiválás,
- adatbázis-fejlesztés,
- térinformatikai szoftverek futtatása,
- adatrögzítés.

A rendszer alapkövetelménye, hogy kifejezetten térinformatikai döntéstámogatási feladatok ellátására (adatbázis létrehozása, modellezés, elemzés) legyen alkalmas, támogassa a későbbiekben a modellezéshez, elemzéshez szükséges interfészek elkészítését, az alkalmazásfejlesztést. Így esett a választás a céloknak leginkább megfelelő ESRI ArcView, ArcInfo, valamint a későbbiek során megjelent ArcGIS térinformatikai szoftverekre.

Az ennek segítségével létrehozható rendszer integrált georelációs topológikus adatmodell egységes koncepcióján nyugszik, adatmodellje konzisztens, bizonyos elemzési feladatok speciális objektum-orientáltsága miatt alapeladatként elvégezhetők.

További előnye az így kialakított rendszernek a nyitott rendszer-architektúra és egységes GIS adatbázis-környezet, valamint az objektum-orientáltság, ami mind az alapadatok, mind a kialakított modellek jövőbeni alkalmazását is lehetővé teszi. Ezen rendszerjellemzőkből származó további előnyök az adatmodell, a felhasználói felület és az alkalmazások egységessége.

Az alkalmazás-fejlesztést a rendszer az ArcView programnyelve az Avenue valamint szabványos VB alkalmazások révén teszi lehetővé.

Az adatgyűjtésben, adatintegrációban, és térbeli elemzésben alkalmazott modulok:

ArcView 3.3 (ArcGIS 9.x)	törzsmodul
CAD Reader	DWG, DXF adatsere lehetőség
Dialog Designer	alkalmazásfejlesztés,
Digitizer	digitalizálás-támogatás,
IMAGINE Image Support	ERDAS adatsere lehetőség,
ECW	ECW formátum kezelés,
Geoprocessing	térbeli műveletek,
3D Analyst	3D elemzési lehetőségek,
Spatial Analyst	területi elemzések,

A tervezés során, hogy a rendszer logikai hibamentességét biztosítani tudjuk, az adatszerkezet kialakításánál, a kereszthivatkozások egyértelművé tétele miatt az alábbi szabályokat használtam:

- Az objektumféleségek, attribútumféleségek és táblázataik nevei egymástól különbözőek;
- Az objektumféleségek, attribútumféleségek és táblázataik definiálása egymástól eltérő;
- Az objektumféleségek, attribútumféleségek és táblázataik neveit nem használtam azok definiálásában;
- Az objektumféleségek és az attribútumféleségek definiálásakor mértékegységeket, méreteket nem használtam;
- Bármely, konkrét értékkel nem ellátott attribútumféleség értéke nullatípusú, numerikus mező lett.

Belvízi jelenség előfordulását meghatározó vizsgálati módszerek

A hidrológiai gyakorlatban nomogramokat, táblázatokat és numerikus módszereket alkalmaznak a vizsgált terület belvízhozamának meghatározására. Jóval pontosabb, tehát célravezetőbb a kiváltó tényezők részletes térbeli elemzése és annak az esetlegesen rendelkezésre álló előntési térképekkel való összevetése. A belvízjelenség bekövetkezésének valószínűségét több tényező együttes hatásának jelentkezésére vezeti vissza a szakirodalom. Rendkívül alacsony reliefű, alföldi mintaterületen ezek a tényezők az alábbiak (Tamás et. al. 2000.):

1. Domborzati viszonyok
2. Talajviszonyok
3. Területhasználat
4. Klimatikus viszonyok

Munkám során három vizsgálati eljárást alkalmaztam és hasonlítottam össze:

- Elöntési gyakoriság alapú kockázatbecslés: a tényleges belvízi elöntéseket regisztráló vízügyi szakigazgatási térképek alapján vizsgáltam a jelenség előfordulásának gyakoriságát;
- Empirikus elméleti kockázatbecslés: vizsgáltam a kiváltó és befolyásoló tényezők együttes hatását a mintaterületen, melynek célja a belvíz jelenség lehetséges előfordulási helyszíneinek lokalizálása volt;
- Mennyiségyszámítás alapú kockázatbecslés: számszerűsítettem és térrészletekhez kötöttem a keletkező belvíz mennyiségét, melynek célja a jelenség időbeni kiterjedésének meghatározása volt.

Csak az empirikus elméleti kockázatbecslés során vettem figyelembe a meglévő felszíni vízfolyások és csatornák hatásait. Ennek oka elsősorban az volt, hogy nem álltak rendelkezésemre teljes mértékben a vonalas felszíni víztestek és csatornák vízszállító képességére vonatkozó naprakész adatok. A vízkormányzási műtárgyak hatásaival nem számoltam, mivel célom a belvízjelenség előfordulási valószínűségének lokalizálása volt.

A vizsgálatok során genetikai okokból különbséget tettem a téli és a nyári félévben kialakuló belvizek között.

Az alábbiakban ismertetem a felsorolt tényezők vizsgálatának módszereit, majd levezetem az eljárások felépítését, lefolytatását és eredményeit is. Az eredményként bemutatott területi statisztikai értékeket közigazgatási téregységekre (települések külterületére) számítva fejeztük ki, mert a belvíz elleni társadalmi intézkedés legkisebb szervezeti egysége a település.

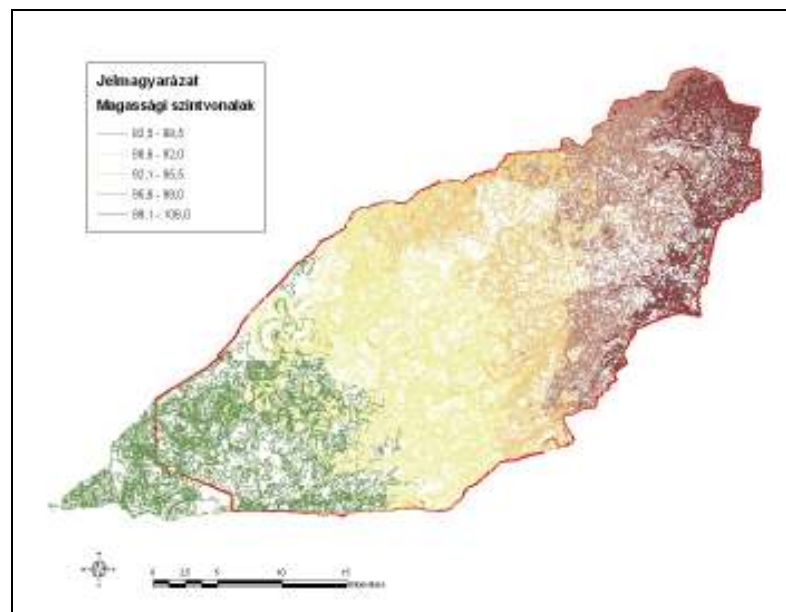
Domborzati tényező

A belvízi jelenség kialakulása sík vidéki körülmények között számos tényező által befolyásolt folyamat. A belvízfoltok megjelenésének konkrét helyét ugyanakkor a domborzati viszonyok (mikro- és mezorelief) jelölik ki (Tamás et. al., 2000.).

A domborzat meghatározza a területről történő elemi felszíni elfolyások irányait, az összegyülekezés pontjait, valamint a természetes vízválasztókon keresztül választ ad a lefolyástalan területek nagyságára is.

A lefolyástalan területek lehatárolásához és az összegyülekezési pontok kijelöléséhez a lefolyás irányainak ismerete szükséges. E feladatok megoldásához a vizsgált terület részletes digitális terepmodellje (DTM) jelenti a kiindulási adatbázist. Vizsgálatunkban a DTM az

1:10.000 méretarányú topográfiai adatok alapján előállított izovonalas fedvényből készült (4. ábra). A kísérleti terület ismert magassági értékeiből krigeléssel készített 10X10 m-es felbontású interpolált felszín valamennyi rácscellájára kiszámítottam a magasság és az aspektus értékeit. Ezek alapján a terület véges elemszámú térrészekre felosztva, megállapítottam a térrészek lejtéseinek irányait, amely a vízszintes síkon 360°-ban (x-y), a függőleges síkot tekintve 0-90°-ig (x-z) mutathatnak. Az feladathoz a „Topo to Raster” eszközt használtam fel; egy ArcGIS szoftver alatt futó interpolációs eljárás, melyet kimondottan a hidrológiai korrek DTM készítésére terveztek.



4. ábra A Bihari sík izovonalainak vektorizált adatállománya

A „Topo to Raster” eljárás magassági értékeket interpolál egy rasterhez olyan korlátok alkalmazásával, amelyek biztosítják az alábbiakat:

- Összekötött vízelvezető struktúra
- Gerincek és vízfolyások korrekt leképezése a bevitt szintvonal adatokból

Az interpolációs műveletet úgy tervezték, hogy kihasználja az általánosan rendelkezésre álló bemeneti adatok típusát, valamint a domborzati felszínek ismert karakterisztikáját. A módszer egy iteratív véges különbség interpolációs technikát használ. Úgy optimalizálták, hogy elérje a helyi interpolációs módszerek (pl. az inverz távolság súlyozott interpoláció) számítási hatékonyságát a globális interpolációs módszerek (krigelés, spline) felszín folytonosságának elvesztése nélkül. Ez alapvetően egy egyedi, ún. vékony lemezes spline módszer (Whaba, 1990), ahol az érdességi hibapontokat úgy módosították, hogy lehetővé tegye az illesztett DTM számára a felszín hirtelen változásainak követését, például a gerincek és vízfolyások esetében.

A legtöbb felszín általános formáját meghatározó elsődleges eróziós erő a víz. Ebből adódóan, a legtöbb felszínnek számos domb teteje (helyi maximum) és néhány mélyedése van (helyi minimum), ami összességében egy összekötött vízvezető hálózat. A „Topo to Raster” kihasználja ezt a felszínekről kapott ismeretet, és olyan korlátokat szab az interpolációs folyamatra, amely egy összekötött vízvezető szerkezetet, valamint a gerincek és vízfolyások korrekt leképezését eredményezi. Az így alkalmazott vízvezetési feltétel kevesebb bemeneti adattal, nagyobb pontosságú felszín eredményez. A bevitt adatok mennyisége egy nagyságrenddel kisebb lehet, mint ami normál esetben szükséges lenne, hogy megfelelően leírjon egy vektorizált szintvonalakkal ellátott felszín, tovább csökkentve a megbízható DTM előállításának költségeit. A globális vízvezetési feltétel pedig jóformán szükségtelenné tesz minden, a hamis mélyedések eltávolítására irányuló továbbszerkesztést, illetve utófeldolgozást az előállított felszínen.

A program konzervatívan viselkedik a mélyedések eltávolításában és nem alkalmazza a vízvezetési feltételt azokon a területeken, ahol az ellentmondana a bevitt magassági adatoknak. Az ilyen területek általában mélyedésként jelennek meg a diagnosztikai fájlban.

Az interpolációs folyamat elején, a „Topo to Raster” a szintvonalakban rejlő magassági információkat használja, egy generalizált lefolyási modell kialakításához. Minden szintvonal helyi maximum görbületi területének meghatározásával, körülírhatóak a legmeredekebb lejtésű területek, ezzel vízfolyások, valamint gerincek hálózata kerül kialakításra (Hutchinson, 1988). Az eredmény DTM hidrokeomorfológiai tulajdonságainak, valamint pontosságának ellenőrzéséhez újra használja a szintvonalakat.

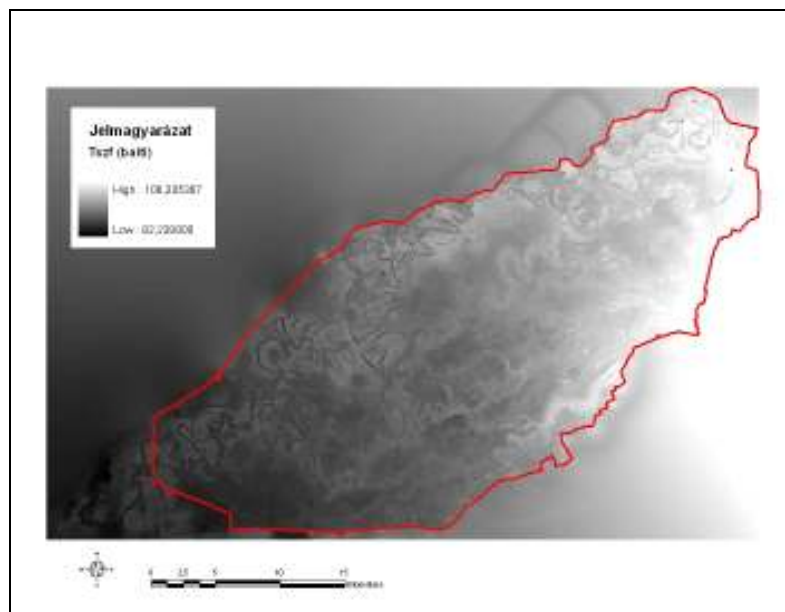
A cellánkénti magasságértékek meghatározásához a már kialakított felszíni morfológiai fedvényt és közvetlenül a szintvonaladatokat is használjuk.

A szintvonaladatok felhasználása során az összes szintvonaladat beolvasására és generalizálásra kerül, így minden cellában maximum 50 adatpont kerül beolvasásra. Ebből adódóan olyan szintvonalsűrűségnél, ahol több szintvonal keresztez egy kimeneti cellát, az adat redundáns.

A program több megoldású interpolációs módszert használ, egy durva rasterből kiindulva, egy finomabb, a felhasználó által meghatározott megoldás felé haladva. Minden megoldásnál a lefolyási feltételek érvényesítésre kerülnek, az interpolációt elvégzik és a megmaradó mélyedések száma bejegyzésre kerül a diagnosztikai fájlba.

Az interpolációs algoritmus tartalmaz egy kis mértékű torzítást, amely azt eredményezi, hogy a bevitt magassági információknak erősebb hatása van az eredmény felszínre a szintvonalaknál. Ez félrevezető eredményeket okozhat az eredmény felszín szelvénygörbületének számításakor, de egyéb esetben nem észrevehető.

A rácsháló alapú térbeli felbontás celláit egy-egy átlagos lejtéssel jellemeztük, így megkaptuk a vizsgálati terület hidrológiailag korrekt felszínmodelljét (5. ábra).



5. ábra A Bihari sík hidrológiai domborzati modellje

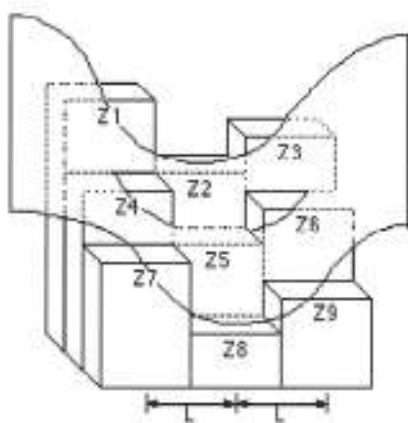
A vertikális síkon való értelmezés elsősorban a víz sebességére és gyorsulására ad választ, amelynek eróziós jelenségek modellezésénél van jelentősége elsősorban domb és hegyvidékeken. A horizontális síkon történő irányváltás a lefolyási irányok konvergenciáját ill. divergenciáját fejezi ki, vagyis az összegyülekezés folyamán az elemi térrészek esésirányainak vízszintes felületen történő összetartását, illetve távolodását (konvexitás) (Thyll et al. 1999.).

Az összegyülekezés fokozódásának – nemcsak a sebességét értve ezalatt, hanem a vizsgált elemi térrészhez (mélyedéshez) való közelséget is – egyik biztos jele a konvergencia növekedése. A konvexitás mértékét úgy lehet számszerűsíteni, hogy az eredeti irányhoz képest való irányszög-váltást százalékban vagy abszolút értékben kifejezzük. Ha az azonos irányváltozású elemi térrészeket izovonallal összekötjük, akkor a konvergencia illetve a divergencia mértékét tudjuk vizuálisan megjeleníteni (Wilson et. al., 2000.).

A konvexitás értékeinek számszerűsítésére az ún. CURVATURE (görbület) módszert alkalmaztam. A módszer a felszín görbületi értékeit celláról cellára számítja ki úgy, hogy minden cellára negyedrendű polinómot számol az alábbi képlet szerint (Moore et. al. 1991.):

$$Z = Ax^2y^2 + Bx^2y + Cxy^2 + Dx^2 + Ez^2 + Fxy + Gx + Hy + I$$

A koefficiensek és a kilenc magassági érték közötti kapcsolat minden cellára kiszámításra kerül, ahogyan a 6. ábra is mutatja:



6. ábra A CURVATURE módszer szerinti térbontás

$$A = [(Z1 + Z3 + Z7 + Z9) / 4 - (Z2 + Z4 + Z6 + Z8) / 2 + Z5] / L4$$

$$B = [(Z1 + Z3 - Z7 - Z9) / 4 - (Z2 - Z8) / 2] / L3$$

$$C = [(-Z1 + Z3 - Z7 + Z9) / 4 + (Z4 - Z6) / 2] / L3$$

$$D = [(Z4 + Z6) / 2 - Z5] / L2$$

$$E = [(Z2 + Z8) / 2 - Z5] / L2$$

$$F = (-Z1 + Z3 + Z7 - Z9) / 4L2$$

$$G = (-Z4 + Z6) / 2L$$

$$H = (Z2 - Z8) / 2L$$

$$I = Z5$$

A CURVATURE módszer eredménye a felszín második deriváltja lesz.

Felhasználói szemmel nézve, a CURVATURE módszer a vízgyűjtő medencék lefolyási és eróziós folyamatainak fizikai jellemzőit írja le. A lejtés befolyásolja a lejtő irányba történő mozgás arányát. Az irányultság meghatározza a lefolyás irányát. A felszín görbülete (profile curvature) meghatározza a lefolyás gyorsulását és lassulását, valamint hatással van az erózióra

és a lerakódásra. A felülnézeti görbület (planiform curvature) befolyásolja a konvergenciát és a divergenciát.

A felszín görbületének (profile curvature) kiszámításának formulája (Zeverbergen et. al. 1987.):

$$K_p = \frac{\left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2}\right)\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + 2\left(\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}\right)\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right) + \left(\frac{\partial^2 z}{\partial y^2}\right)\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2}{pq^{3/2}}$$

ahol

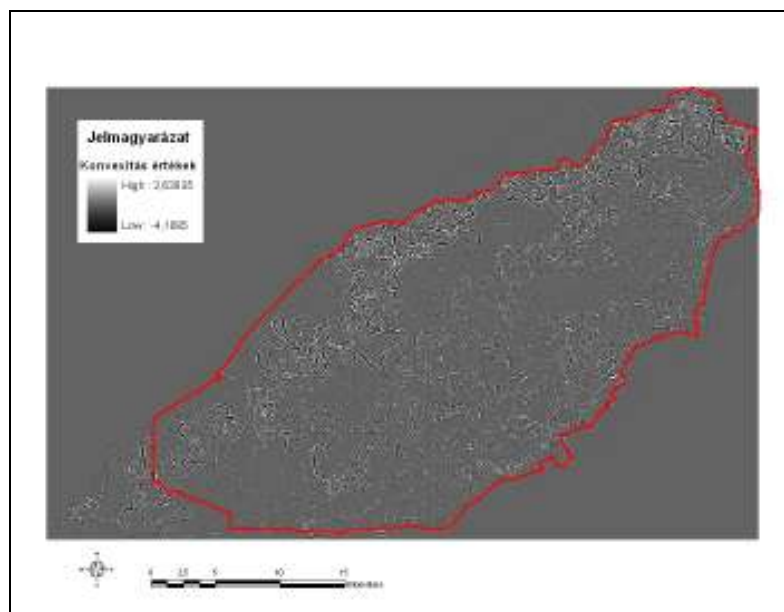
$$p = \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2$$

$$q = 1 + p$$

A lefuttatott elemzés eredményeként megkaptuk azt a rasztert, amelyben:

- a pozitív felülnézeti görbületi értékek azt jelentik, hogy a felszín az adott cellában konvex
- a negatív felülnézeti görbületi értékek azt jelentik, hogy a felszín az adott cellában konkáv
- A 0 értékek jelentése, hogy a felszín az adott cellában sík

Az output CURVATURE raszter -4 és 4 között szóródnak; a vizsgálati mintaterületen ezek az értékek -4,11 – 2,63 közöttiek (7. ábra).



7. ábra A Bihari sík konvexitás-térképe

Amíg az elemi térrészről lefolyó víz irányai párhuzamosak egymással, az összegyülekezés kezdeti szakaszaként értelmezhető a folyamat. Vagyis az adott útvonalon haladó és kumulálódó víz nem gyarapszik a szomszédos térrészekből lefolyó vizek mennyiségével. Abban az esetben, ha a lejtő szintvonalai domborúak a lefolyási irányra nézve, az irányok a görbület tetejéről lefelé haladva folyamatosan széttartanak, azaz távolodnak egymástól, így a lefolyó vízmennyiség is szétoszlik (divergencia). Ha viszont az összegyülekezés a felszín természetes mélyedései felé közelít, a lefolyási irányok fokozatosan összetartanak, vagyis egyre több cella tartalma összpontosul 1-1 egységbe (konvergencia).

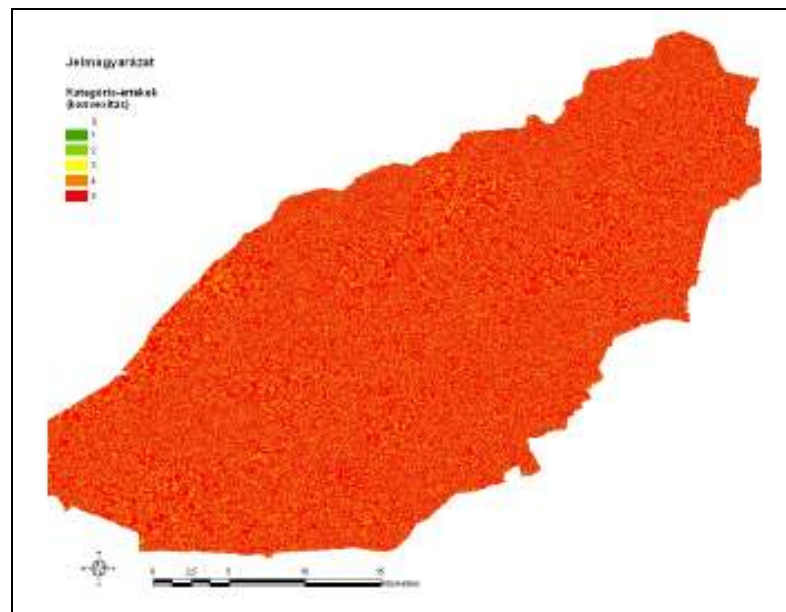
A lefolyás irányok változása az akkumulációs jelenséget pontosan jellemzi és ez által alkalmas a belvízfoltok legvalószínűbb helyzetének meghatározására. A konvexitás térképezésével tehát jellemezhetjük az adott térség belvíz-veszélyeztetettségét a topográfia szempontjából. Nagyobb területrésze végezett ilyen irányú térképezés pedig kategóriatérképek elkészítését is lehetővé teszi.

Ha a konvexitás térképről leválogatjuk a konvergens - víztöbblettel rendelkező - térrészeket egy újabb lépéssel jutunk közelebb a túlnedvesedésre hajlamos területek lehatárolásában. Vizsgálataimhoz ötkategóriás értékelési rendszert alkalmaztam, amelyet – az egyes tényezők összehasonlíthatóságának érdekében - minden vizsgált tényező esetében felállítottam. A vizsgálati mintaterület komplex belvízérzékenységének megállapításához az osztályközök az alábbiak:

$0 = 0 >$ (konvex területek)

- $1 = 0 - 0,4$
 $2 = 0,4 - 0,8$
 $3 = 0,8 - 1,2$
 $4 = 1,2 <$

A raszterből vektoros fedvényt állítottam elő (8. ábra), mely hordozza az osztályközöket.



8. ábra A Bihari sík konvexitás értékei

A mintaterület konvexitási tényezői alapján képzett kategóriák az 1. táblázatban közölt területi összetételt mutatják:

1. táblázat

Kategória- érték	Terület (ha)	Terület aránya az összterületen belül (%)
1	0	0,00
2	2	0,00
3	28	0,03
4	43.865	50,62
5	42.751	49,35
Összesen:	86.646	100,0

Megállapítom, hogy a vizsgálati mintaterület 50,62%-a domborzati jellemzője alapján konvergensenek tekinthető, vagyis a belvíz kialakulásában veszélyeztetett.

Talajjellemzők tényezői

A rendelkezésre álló térinformatikai adatok alapján a talajtípusok (főtípus, típus, altípus) szerinti jellemzőket modelleztem:

- talajok szivárgási tényezője
- talajok szabadföldi víztározó kapacitása

A talajok vízháztartásának fontos tényezője a talajban tárolt talajvíz mért értékeinek elemzése, melyet szintén elvégeztem. Ez egyben összetevője a vízháztartás alapú belvízmennyiség becslésének is.

Talajok szivárgási tényezője

Ez a tényező kifejezi a területre érkező csapadék elszivárgásának sebességét. A tényező számszerű értékeinek kiszámításához felhasználtam a talaj-vízgazdálkodási kategóriák rétegenkénti jellemzését tartalmazó táblázatot (Szalai, 1989.; 2. táblázat)

2. táblázat

A talaj-vízgazdálkodási kategóriák rétegenkénti jellemzői								
Kategória kód száma	Variáns	Genetikai szint	Fizikai talajféleség jele	VK _{sz}	HV	DV	IR mm/h	K m/d
				mm/10 cm-es réteg				
1	1/1	0-50	h	<15	<5	10	>500	>1000
		50-100	h	<15	<5	5-10		800-1000
		100-150	h	<15	<5	5-10		500-800
		150-200	h	<15	<5	5-10		500-800
2	2/1	a	hv	15-25	5-10	10-15	300-500	500-100
		b	vh	10-20	4-8	6-12		100-500
		c	h	<15	<5	5-10		500-800
	2/2	a	hv	15-25	5-10	10-15	150-300	500-1000
		b	hv	15-25	5-10	10-15		100-500
		c	hv	15-25	5-10	10-15		300-600
3	3/1	a	v	25-35	10-20	15-22	120-150	10-20
		b	v	25-35	10-20	15-22		10-50
		c	hv	15-25	5-10	10-15		100-500
	3/2	a	v	25-35	10-20	15-22	100-300	10-100
		b	v	25-35	10-20	15-22		10-30
		c	v	25-35	10-20	15-22		30-100
4	4/1	A	v	25-35	10-20	15-22	80-100	10-30
		B	av	35-42	20-27	12-17		1-5
		C	v	25-35	10-20	15-22		10-30
	4/2	a	av	35-42	20-27	12-17	70-100	1-10
		b	av	35-42	20-27	12-17		3-7
		c	av	35-42	20-27	12-17		5-10
5	5/1	A	av	35-42	20-27	12-17	60-70	1-5
		B	a	42-50	27-35	10-15		0,1-0,5
		C	av	35-42	20-27	12-17		0,5-2,0
	5/2	a	a	42-50	27-35	10-15	50-70	0,1-1,0
		b	a	42-50	27-35	10-15		0,1-0,5
		c	a	42-50	27-35	10-15		0,5-1,0
6	6/1	a	a	42-50	27-35	10-15	30-50	0,1-1,0
		b	a	42-50	27-35	10-15		0,05-0,25
		c	a	42-50	27-35	10-15		0,1-0,5
	6/2	A					10-50	0,1-1,0
		B						0,01-0,1
		C						0,1-0,5
	6/3	A					10-50	0,1-1,0

		B						0,01-0,1
		C						0,1-0,5
	6/4	a					10-50	0,5-1,0
		b						0,1-0,5
		c						0,01-0,1
	6/5	a	l	>50	<35		10-50	
		b	l	>50	>35			
		c	v, av	30-40	15-20	15-20		1-10
7	7/1	A					<10	0,01-0,1
		B						<0,01
		C						0,01-0,05
8	8/1	a	l	>50	>35			
		c	hv	15-25	5-10	10-15		
		c	v	25-35	10-20	15-22		
		c	av	35-42	20-27	12-17		
		c	a	42-50	27-35	10-15		
9	9/1	a (+b)	hv	15-25	5-10	10-15		
			v	25-35	10-20	15-22		
			av	35-42	20-27	12-17		
			a	42-50	27-35	10-15		
			l	>50	>35			

A táblázat variánsai alapján visszaazonosíthatóak az egyes talajtípusok, illetve az elemzéshez szükséges szivárgási tényező (K) is. A vizsgálati mintaterületen az alábbi variánsok találhatók:

3/2: barnaföldek, csernozjomok, öntéstalajok

4/1: vályog A szintű barna erdőtalajok

4/2: réti csernozjomok, öntéstalajok, réti öntéstalajok, réti talajok (agyagos vályog mechanikai összetételű talajképző kőzeteken kialakult)

5/2: réti talajok, réti öntéstalajok (agyag mechanikai összetételű talajképző kőzeteken kialakult)

6/1: réti talajok, réti öntéstalajok, öntéstalajok (szélsőségesen nehéz mechanikai összetételű talajképző kőzeteken kialakult)

6/3: szolonyeces réti talajok, sztyeppesedő réti szolonyecek, mély réti szolonyecek

7/1: szoloncsák, szoloncsák-szolonyecek, kérges és közepes réti szolonyecek

8/1: síkláptalajok

Az egyes variánsokon (talajfélésegeken) belül felsorolt genetikai szintekhez szivárgási tényező értékek tartoznak, melyek közül talajtípusonként a legkisebb értéket tekintetem az átosztályozás vonatkozási alapjának. Így minden talajtípushoz egy szivárgási tényezőt párosítottam, melyet az adatbázisban új mezőként tároltam. A mértékadó szivárgási tényezők átosztályozásával alakítottam ki az alábbi skálát (K; m/d). Az átosztályozással képzett kategóriák kialakításához a *Jenks*-féle osztályképző módszert alkalmaztam, mely az adatosztályok kialakításánál a nagyobb adatszoportok értékei szerint határozza meg az osztályközöket (Jenks, 1967.). A módszert nevezhetjük a „variancia-illeszkedés megfelelésének” (goodness of variance fit, GVF) is, melyet az átlagtól való négyzetes eltérés minimalizálására használnak. A módszert akkor alkalmazzuk, ha a GVF maximalizált:

- kiszámolja az osztályok közötti négyzetes eltérés összegét (SDBC)
- kiszámolja a sorátlagtól való négyzetes eltérés összegét (SDAM)
- az utóbbit kivonja az előbbiből (SDAM-SDBC), ezzel megkapjuk az átlagtól való négyzetes eltérés összegét (SDCM)

Az SDAM érték konstans, az adatok változása nélkül nem változik. Minden osztályköz átlagát és az SCDM értékeket kiszámolja. Az SCDM érték csökkentése és a GVF statisztika növelése érdekében történhet mozgás az egyes osztályok között, ameddig a GVF érték eléri a maximumát. A vizsgálat eredményeit a 9. ábrán közlöm.

0: a vizsgálat szempontjából kieső területek (beépített területek, vízzel borított területek, adathiányos területek)

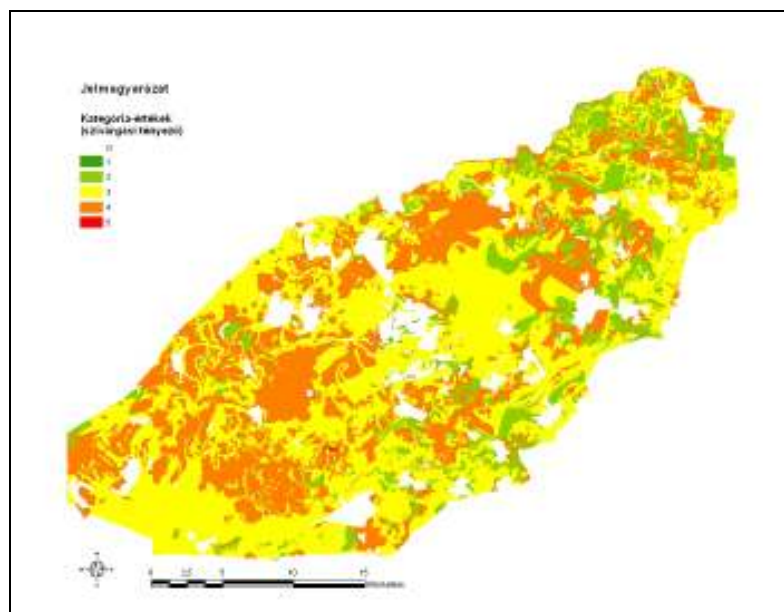
1: 30 <

2: 0,5 - 30

3: 0,5 - 0,25

4: 0,25 - 0,01

5: 0,01 >



9. ábra A talajtípusok szivárgási tényezőinek kategóriái

A mintaterületen fellelhető talajtípusok szivárgási tényezőik alapján képzett kategóriák szempontjából a 3. táblázatban közölt területi összetételt mutatják:

3. táblázat

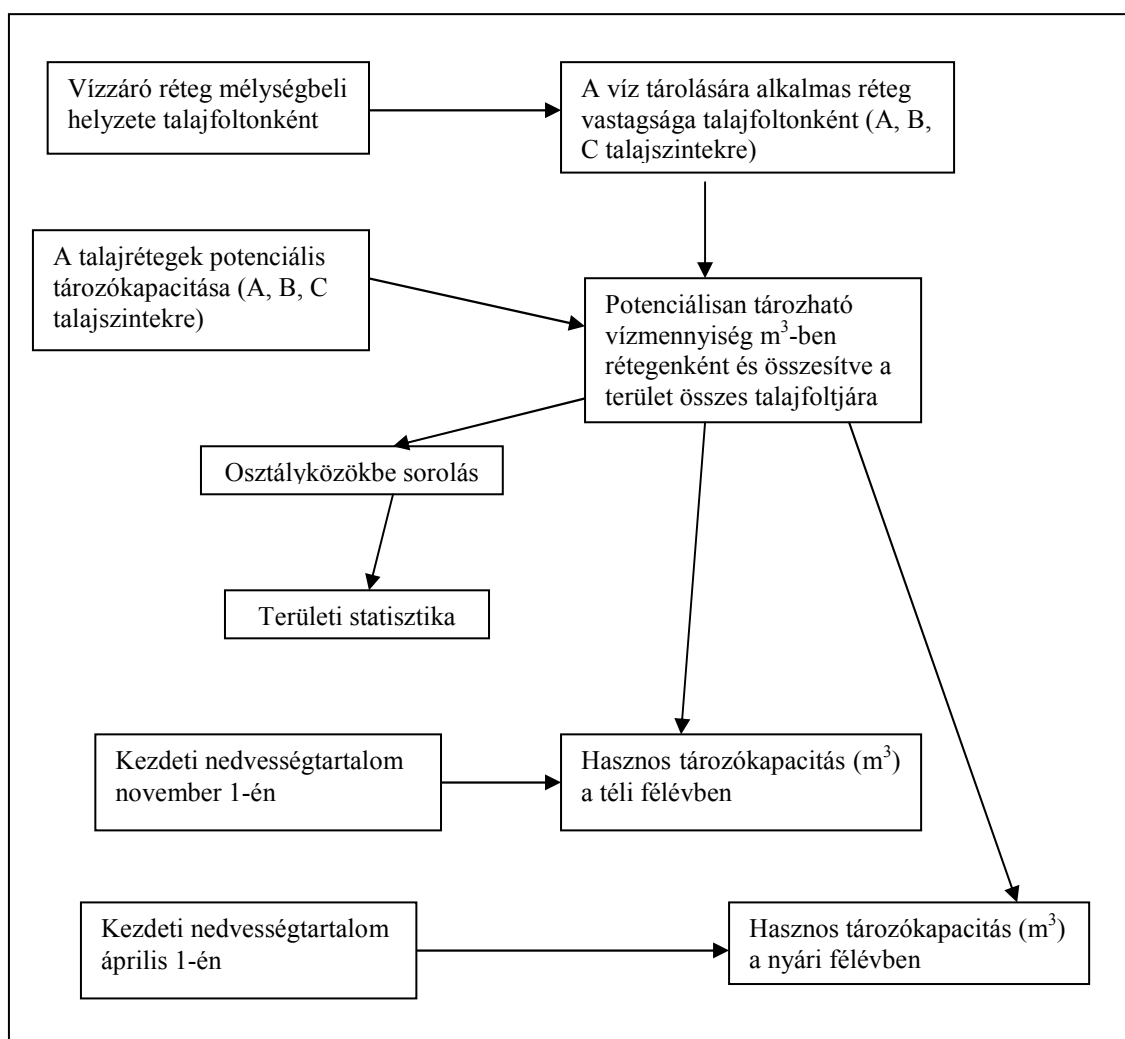
Kategória- érték	Terület (ha)	Terület aránya az összterületen belül (%)
0	8.951	10,33
1	0,0	0,00
2	9.877	11,40
3	41.453	47,84
4	26.343	30,40
5	22	0,03
Összesen:	86.646	100,0

Megállapítom, hogy a vizsgálati mintaterületen a talajok 78,27%-a kedvezőtlen szivárgási tulajdonsággal bír, aminek értéke kevesebb, mint 0,5 cm/naponta.

Talajok szabadföldi víztározó kapacitása

A tényező megmutatja az egyes talajokban potenciálisan tározható víz mennyiségét genetikus szintenként, illetve összesítve m³-ben kifejezve.

A hasznos víztározó kapacitás értékeinek kiszámításához értékelnünk kell a talajokban meglévő induló vízkészlet mennyiségét és térbeli eloszlását is. A számítás folyamatát a 10. ábra szemlélteti.



10. ábra A talajok szabadföldi víztározó-kapacitásának kiszámítási folyamata

Elsőként a potenciálisan tározható víz mennyiségét kellett számszerűsíteni a vizsgálati terület egészére, A, B, C talajszintekre. A tényező számszerű értékeinek meghatározásához felhasználtam a korábban bemutatott 2. táblázat VK_{SZ} értékeit, melyek egy m^2 felszínre vonatkoztathatóak. A táblázat alapján a genetikai szintek tényleges vastagságuknak megfelelően való helyettesítésével Magyarország bármely talajtípusára, illetve bármely szelvényének bármely vastagságú rétegére meghatározható a talajban tározható víz mennyisége.

A vizsgálati mintaterület talajadatbázisát bővítettem a genetikai szintek vastagságának adataival. Első lépésben meghatároztam a víz tárolására alkalmas talajréteg abszolút vastagságát. Az adott talajtípusra érvényes átlagos vastagságot a szivárgási tényező alakulása

alapján állapítottam meg, vagyis addig a mélységig számoltunk kapacitással, ahol a vízáteresztő-képesség abszolút értelemben jelentősen lecsökken ($K < 0,1$).

A továbbiakban kiszámítottam a potenciálisan tározható víz mennyiségét a $(A \cdot VK_{SZA} + B \cdot VK_{SZB} + C \cdot VK_{SZC}) \cdot T$ általános képlet segítségével (korrigálva a mértékegységkülönbségeket), ahol

A = „a” talajgenetikai szint vastagsága (cm)

B = „b” talajgenetikai szint vastagsága (cm)

C = „c” talajgenetikai szint vastagsága (cm)

VK_{SZA} = „a” talajgenetikai szint szántóföldi víztározó kapacitása (mm/10 cm)

VK_{SZB} = „a” talajgenetikai szint szántóföldi víztározó kapacitása (mm/10cm)

VK_{SZC} = „a” talajgenetikai szint szántóföldi víztározó kapacitása (mm/10 cm)

T = az adott talajtípus földrajzi területe m^2 -ben.

A képlet segítségével kapott eredmények abszolút értékben adják meg az egyes talajok potenciális víztározási képességét, talajfoltonként a vizsgálati terület egészére, m^3 -ben kifejezve. Az abszolút értékekből fajlagos mutatókat is képeztem, amelyek megmutatják a potenciális víztározás azonos felszíni egységekre jutó térfogatértékeit (m^2/m^3) is. A fajlagos értékek átosztályozási módszere itt is a *Jenks*-féle eljárás volt az alábbi kategóriák szerint (11. ábra):

0: a vizsgálat szempontjából kieső területek (beépített területek, vízzel borított területek, adathiányos területek)

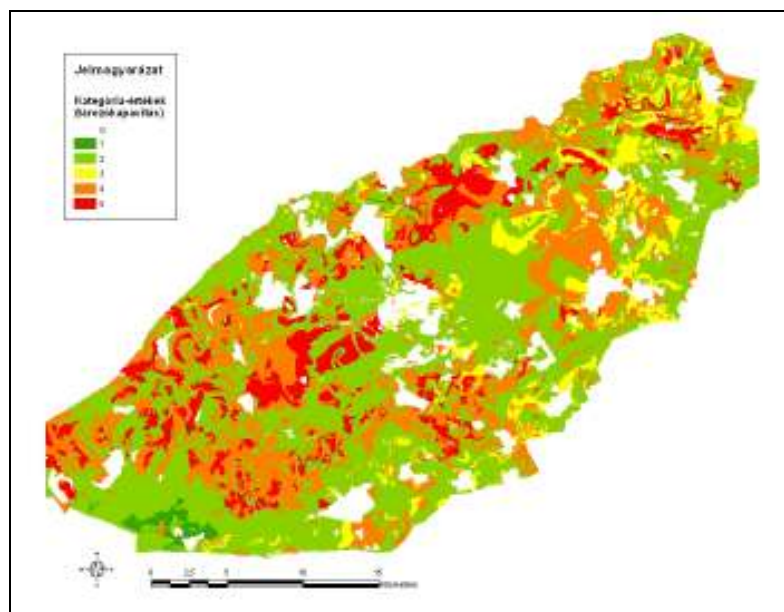
1: $0,70 <$

2: $0,59 - 0,70$

3: $0,11 - 0,59$

4: $0,01 - 0,11$

5: 0



11. ábra A talajtípusok szántóföldi víztározó kapacitásának kategóriái

A mintaterületen fellelhető talajtípusok szántóföldi víztározó kapacitásuk alapján képzett veszélyeztetettségi kategóriák szempontjából a 4. táblázatban közölt területi összetételt mutatják:

4. táblázat

Kategória-érték	Terület (ha)	Terület aránya az összterületen belül (%)
0	8.951	10,33
1	826	0,95
2	40.615	46,87
3	6.478	7,48
4	21.151	24,41
5	8.626	9,96
Összesen:	86.646	100,0

Megállapítom, hogy a vizsgálati mintaterületen a talajok 9,96%-a rendkívül kedvezőtlen, további 31,89%-a kedvezőtlen adottságokkal rendelkezik a potenciális víztározás szempontjából. A talaj-altípusok és a veszélyeztetettség relációjában elvégzett SQL lekérdezés és statisztikai elemzés eredményét a Bihari-síkra vonatkozóan 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat

Talaj altípusa	Területe	Területi	Tározókapacitás veszélyeztetettségi kategóriák
----------------	----------	----------	--

	összesen (ha)	arány a vizsgálati területen belül (%)	1	2	3	4	5
			Terület (%)	Terület (%)	Terület (%)	Terület (%)	Terület (%)
Alföldi meszes vagy mészlepedékes csernozjom talaj	9,89	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00
Erősen szolonyeces réti talaj	3 710,98	4,78	0,00	0,00	0,00	17,55	0,00
Karbonátkloridos szoloncsák talaj	4,26	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
Karbonátos csernozjom réti talaj	1 693,96	2,18	0,00	4,17	0,00	0,00	0,00
Karbonátos erdőmaradványos csernozjom talaj	2,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Karbonátos humuszos öntéstalaj	1 848,90	2,38	0,00	0,00	0,00	8,74	0,00
Karbonátos öntés réti talaj	3 516,40	4,53	1,62	8,60	0,00	0,04	0,00
Karbonátos réti csernozjom talaj	558,84	0,72	0,00	0,00	8,63	0,00	0,00
Karbonátos réti talaj	5 855,99	7,54	0,00	14,40	0,00	0,03	0,00
Karbonátos szoloncsák- szolonyec talaj	42,65	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49
Karbonátos szoloncsákos réti talaj	95,55	0,12	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00
Karbonátos terasz csernozjom talaj	291,28	0,37	0,00	0,00	0,00	1,38	0,00
Karbonátos több rétegű humuszos öntéstalaj	4,46	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Karbonátos többretegű nyersöntés talaj	4,27	0,01	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00
Karbonátszulfátos szoloncsák- szolonyec talaj	13,20	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
Kérges réti szolonyec talaj	3 040,53	3,91	0,00	0,00	0,00	0,00	35,25
Kilúgzott csernozjom talajok	98,46	0,13	0,00	0,00	0,00	0,47	0,00
Közepes réti szolonyec talaj	5 502,61	7,08	0,00	0,00	0,00	0,00	63,79
Közepes sztyeppesedő réti szolonyec talaj	891,91	1,15	0,00	0,00	0,00	4,22	0,00
Mély réti szolonyec talaj	2 047,87	2,64	0,00	0,00	0,00	9,68	0,00
Mély sztyeppesedő réti szolonyec talaj	797,25	1,03	0,00	0,00	0,00	3,77	0,00
Mélyben sós réti csernozjom	26,45	0,03	0,00	0,00	0,41	0,00	0,00

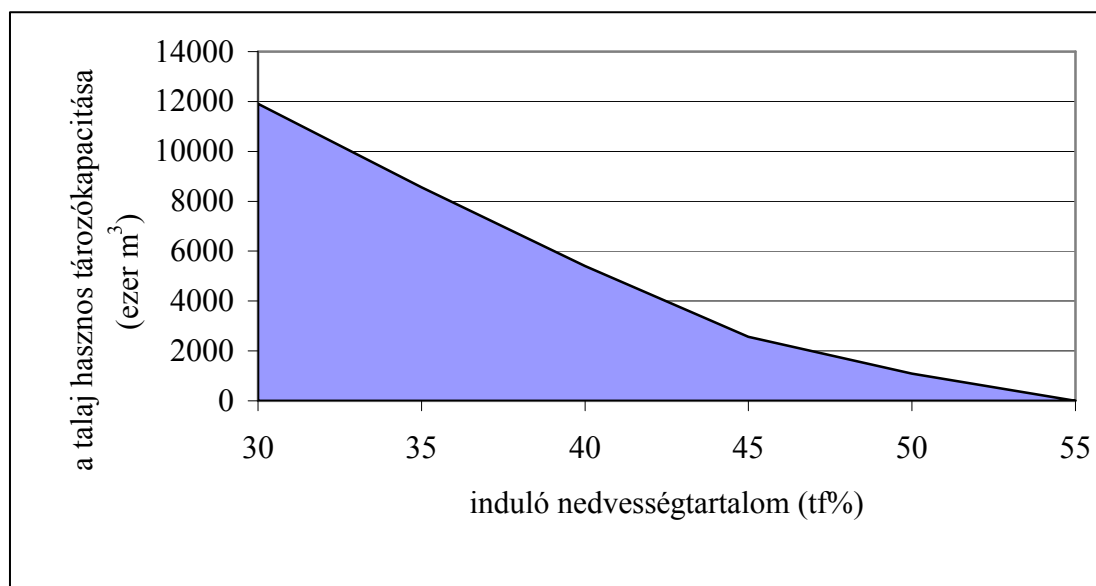
talaj							
Mélyben sós réti talaj	704,67	0,91	0,00	1,74	0,00	0,00	0,00
Mélyben sós vagy mélyben szlonyecses csernozjom réti talaj	1 134,27	1,46	0,00	2,78	0,00	0,02	0,00
Mélyben szlonyecses réti csernozjom talaj	136,02	0,18	0,00	0,00	2,10	0,00	0,00
Mélyben szlonyecses réti talaj	3 500,85	4,51	0,00	8,62	0,00	0,00	0,00
Mohaláp talajok	20,31	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24
Nem karbonátos erdőmaradványos csernozjom talaj	20,96	0,03	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00
Nem karbonátos humuszos öntéstalaj	1 967,86	2,53	0,00	0,00	0,00	9,30	0,00
Nem karbonátos öntés réti talaj	3 768,40	4,85	0,00	9,28	0,00	0,00	0,00
Nem karbonátos réti csernozjom talaj	3 217,92	4,14	0,00	0,00	49,68	0,00	0,00
Nem karbonátos réti talaj	12 857,73	16,55	0,00	31,65	0,00	0,00	0,00
Nem karbonátos terasz csernozjom talaj	1 718,43	2,21	0,39	0,00	0,00	8,11	0,00
Nem karbonátos több rétegű humuszos öntéstalaj	229,04	0,29	0,00	0,00	0,00	1,08	0,00
Nem karbonátos több rétegű nyersöntés talaj	24,90	0,03	0,00	0,00	0,38	0,00	0,00
Podzolos barna erdőtalajok	1 204,37	1,55	0,00	0,00	0,00	5,69	0,00
Réti öntéstalaj	2 402,33	3,09	0,00	0,00	37,09	0,00	0,00
Rétláp talajok	2,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Rozsdabarna Ramann-féle barna erdőtalaj	12,74	0,02	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00
Szoloncsákos lápos réti talaj	102,13	0,13	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
Szlonyecses csernozjom réti talaj	1 737,54	2,24	0,00	4,28	0,00	0,00	0,00
Szlonyecses lápos réti talaj	8,96	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
Szlonyecses réti csernozjom talaj	106,96	0,14	0,00	0,00	1,65	0,00	0,00
Szlonyecses réti talaj	6 236,45	8,03	0,00	0,00	0,00	29,49	0,00
Szulfátos vagy kloridos szoloncsákos réti talaj	108,10	0,14	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00
Tipusos csernozjom réti talaj	5 563,23	7,16	0,00	13,70	0,00	0,00	0,00

Tipusos lápos réti talaj	809,78	1,04	97,99	0,00	0,00	0,00	0,00
Tipusos meszes vagy mészlepedékes csernozjom talaj	40,98	0,05	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00
ÖSSZESEN:	77 695,45	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

A talajok tározókapacitásából eredeztethető veszélyeztetettség mértéke, valamint a talaj altípusok közötti összefüggések tekintetében a vizsgálati területre a következők állapíthatók meg:

- az „5” veszélyeztetettségi kategóriába sorolt – tehát már az „A” talajszintben is vízzáró - területeken 63,79%-ban közepes réti szolonyec talaj, 35,25%-ban kérges réti szolonyec talaj található
- a „4” veszélyeztetettségi kategóriába sorolt, igen alacsony víztározó kapacitással rendelkező területeken az uralkodó talajok és azok változatai: réti talajok, öntéstalajok, szolonyec talajok
- a terület nagy hányadát lefedő réti talajok közül az öntés és szolonyeces altípusok mutatkoznak kedvezőtlenebbeknek.

A potenciális tározódás természetesen nem realizálódhat teljes egészében, hiszen a talajok rendelkeznek egy bizonyos kezdeti nedvességtartalommal. Az induló nedvességtartalom (november 1.) és a hasznos tározási kapacitás közötti összefüggést a 12. ábra szemlélteti (Tamás et. al., 2000.).



12. ábra Az induló nedvességtartalom és a hasznos tározóképesség közötti összefüggés a kísérleti területen (Tamás et. al., 2000.)

A kapcsolat csak kezdetben lineáris, majd fokozatosan csökken a görbe meredeksége. Ennek oka, hogy a különböző talajfoltokon a telítettség eltérő nedvességtartalmaknál következik be, amelyet követően már nincs hatással a tározási kapacitásra.

Az ábra a VK_{max} -ig modellezi a tározódás lehetőségét, vizsgálatom során azonban csak a szabadföldi vízkapacitásnak megfelelő nedvességtartalmat vettem mértékadónak, mivel a talajok tartósan csak ezt képesek visszatartani.

A vizsgálati területen belvizet 1989-2005 között eltelt 17 év során összesen 9 évben észleltek; ebből 5 évben a téli, 4 évben a nyári hidrológiai félév során jelentkezett. Mivel a belvíz kialakulásának veszélye egész évben fennáll, mindkét hidrológiai félévre kiszámítottuk az induló nedvességtartalom és a hasznos tározókapacitás értékeit. A képződő belvíz mennyiségének meghatározása során ugyanígy jártam el a csapadékvalószínűség, a párolgás és a belvízmennyiség értékeinek számításában.

A belvízképződés a kora tavaszi időszakban alapvetően attól függ, hogy az induló nedvességtartalom által megszabott tározó kapacitás elegendő-e a téli félévi csapadék visszatartására (Bíró et. al., 2002.).

A talajok kezdeti nedvességtartalma november elején elsősorban a nyári félév csapadékmennyisége által befolyásolt. Mivel az előző hidrológiai év nyári félévének és az azt követő év téli félévének csapadékmennyiségei között nincs fizikai kapcsolat (azaz statisztikailag független események) a kezdeti nedvességtartalom és a különböző valószínűségű csapadékok bármilyen kombinációban előfordulhatnak. Bár ezek a paraméterek statisztikai valószínűségi számításokkal modellezhetők, tényadatok ismeretében kiszámítottam a vizsgálati területen a téli félévre jellemző kezdeti nedvességtartalom átlagértékeit.

A vizsgálathoz a területen található talajvíz-megfigyelőpontok (összesen 26 db) 10 éves (1990-1999.) havi megfigyeléseinek adatsorát használtam fel. A rendelkezésre álló relatív talajvíz-mélység adataiból havi átlagértékeket képeztem, melyek alapján térinformatikai pontfedvényt származtattam. A megfigyelőpontok földrajzi helyzetének meghatározására GPS-szel végzett mérések szolgáltak, melyek így a vizsgálati területen belül és azon kívül rendszertelenül helyezkedtek el a térben. A talajvíz-tükör felszínének leképezésére, random térbeli elrendeződésű pontokból kiindulva lebegőpontos rácshálót négy eljárás segítségével

képezhetünk: IDW, Krigelés, Trend, SPLINE. A legmegfelelőbb eljárás kiválasztása érdekében, a fentiek mindegyikét teszteltem a rendelkezésre álló bemeneti adatokkal.

IDW (Inverse Distance Weighted Interpolation)

Az IDW módszer a bemeneti pontok mintája alapján végzett lineárisan súlyozott kombinációval határozza meg a kimeneti cellaértékeket. A súly az inverz távolság egy függvénye; a felszín egy helytől függő változó interpoláltja lesz. Az IDW módszer jellegzetessége, hogy a bemeneti adatok értékei a távolsággal csökkennek.

Az IDW lehetővé teszi, hogy a bemeneti pontok alapján ellenőrizzük az interpolált felszín értékeit a közöttük lévő távolság alapján. Az interpoláció elmozdítható a helytől a globális felé a *POWER* érték (pozitív egész szám, átlagértéke: 2) változtatásával; magasabb *POWER* érték esetében a közeli pontok kapnak hangsúlyt a távoliak helyett és a keletkező felület részletesebb lesz.

Az interpolált felszín jellegzetességeit úgy ellenőrizhetjük, hogy korlátozzuk az interpolált pontok kiszámításához felhasznált bemeneti pontok számát; ezt megtehetjük a pontok számának, vagy a minden bemeneti pontot tartalmazó rádiuszérték megadásával.

Az output cella értékét korlátozza az interpoláláshoz felhasznált értékek tartománya. Mivel az IDW egy súlyozott távolsági átlag, értékei nem lehetnek nagyobbak a legnagyobb, vagy kisebbek a legkisebb input értékeknél. Ezért nem hozhat létre gerinceket és völgyeket, amennyiben ilyen szélsőségeket nem tartalmaz a bemeneti minta (Watson and Philip, 1985).

A bemeneti pontok izotópikus hatással vannak az interpolált pontokra. Mivel ez a hatás távolságfüggő, az IDW módszer elsimító jellegű (Philip and Watson, 1982).

Az IDW módszert akkor célszerű alkalmazni, ha a rendelkezésre álló minta elég sűrű a modellezni kívánt helyi sajátosságok bemutatásához. Ha az input pontok mintája ritka, vagy egyenetlen, az eredmény nem fogja reprezentálni az elvárt felszínt (Watson and Philip, 1985). Vizsgálatom során megállapítottam, hogy a vizsgálati mintaterületre rendelkezésre álló magassági pontok igen magas száma és egyenetlen térbeli eloszlása jelenti a módszer alkalmazásának legfőbb akadályát.

Krigelés

A krigelés azon a változatosan értelmezett teórián alapszik, hogy a *Z* értékkel jellemzett jelenség térbeli változatossága a felszínen mindenütt statisztikailag homogén (a felszín minden részén ugyanaz a mintavariáció figyelhető meg).

Minden krigelési eljárás matematikai funkciót használ a mintapontok z értékeinek térbeli modellezésére. A Z értékek változatosságának mérésére a semi-varianciát használják.

A Krigelés a felszínbecslés két típusát kínálja fel: az általános és az univerzális krigelést, amelyet a *METHOD* parancs segítségével állíthatunk be. Az általános krigelést a szférikus, a cirkuláris, az exponenciális, a Gauss és a lineáris eljárások alkotják. A kívánt módszer, beállítását követően matematikai funkció segítségével vonalat, vagy görbét illeszt a félvariogram adataira. Az általános krigelés feltételezi, hogy a cella értékek variációja mentes minden strukturális komponenstől (drift).

Egyes esetekben előfordulhat, hogy a cellaértékek térbeli variációja tartalmaz lokális trendeket. Az *UNIVERSAL 1* és az *UNIVERSAL 2* módszerek által megjelenített univerzális krigelés feltételezi, hogy a felszín egészének térbeli variációja rendelkezik strukturális komponenssel, amit driftnek nevezünk. A drift a cellaértékekben egy bizonyos skálán bekövetkező, rendszeres cserélődés. A skála kapcsolódik a vizsgálati terület rádiuszához. A rádiusz cserélhető annak érdekében, hogy a drift azonosítható, így a variancia a legkisebb mértékű lehessen. Emiatt univerzális eljárás alkalmazásakor nem követelmény a *sample* opció használata. Az *UNIVERSAL 1* első rendű, az *UNIVERSAL 2* másodrendű polinómot használ a drift közelítésére.

Az univerzális eljárás feltételezi, hogy a cellaértékek térbeli variációja az alábbi három komponens összege:

- strukturális komponens (drift)
- egy random, de térben korrelált komponens
- a visszamaradó hibákat reprezentáló random zaj.

A strukturális komponens konstans trendet jelenít meg a felszín felett. A random zajról feltételezzük, hogy térben független és normál eloszlású (ESRI, 2005.).

A krigelés egyik opcionális kimenete a varinacia-grid. Ez a rácsháló minden cellára megmutatja a különbséget a várható és az aktuális variancia között, továbbá az interpolált pontok egymáshoz képest vett megbízhatóságát is. Ahogy az IDW módszernél láttuk, itt is lehetőség van az interpolált felszín jellemzőinek ellenőrzésére azzal, hogy korlátozzuk az interpolált pontok számításához használt bemeneti pontok számát.

TREND

A TREND interpolációs eljárás a bementi pontokra a legkisebb négyzetes felület illesztéséhez polinomiális regressziót használ, amelyet a felhasználó kontrollálhat. A módszer egyszerűen megjeleníti az input pontokra illesztett legkisebb négyzetes sima felszínt.

A polinomiális növekedésének függvényében a felszín illesztése progresszíven válik egyre komplexebbé. A magasabb rendű polinomiálisok nem minden esetben adnak pontosabb felszínt, ez elsősorban a bemeneti adatoktól függ. Minél kisebb az adatok RMS hibaértéke, annál közelebbi a kapott interpolált felszín a bementi pontok értékeihez. A leggyakoribb polinomiális osztályok értéke 1 és 3 között van.

A TREND eljárás sima felszínt eredményez, amely ritkán illeszkedik pontosan a bemeneti pontok értékeire, mivel a teljes terület felszínét jeleníti meg.

SPLINE

A SPLINE módszer egy olyan interpolációs eljárás, amely a felszín görbületét minimalizáló matematikai funkció segítségével végez értékebecslést, eredményként pedig a bemeneti pontokra tökéletesen illeszkedő, sima felszínt állít elő.

A SPLINE a minta pontjait összesűríti egy adott magassági tartományba, amelyet a minták alapján képez, ezzel felületet feszít a bementi pontokra, miközben minimalizálja a felszín teljes görbületét. Ez a módszer a legalkalmasabb arra, hogy enyhén változó felületeket állítson elő, mint például síkvidéki felszín, talajvíz-tükör, vagy szennyeződés-koncentráció (ESRI, 2005.).

Mivel a talajvíz szintjét a SPLINE eljárás segítségével interpoláltam, az alábbiakban részletesen ismertetem az eljárás működési elvét.

A SPLINE görbület interpolációs eljárás („sík felület interpoláció”) két alapvető feltételt szab a bemeneti felülettel szemben:

- A felszínnek pontosan kell illeszkednie az adatokat hordozó térbeli pontokra
- A felszín minden egyes pontjának kell, hogy legyen minimum görbületi értéke (a felszín második deriváltjának kumulált négyzetösszege)

A módszer egyszerre biztosít sima (folyamatos és differenciálható), valamint összefüggő, ún. első derivált felszínt. Előfordulhatnak a szomszédos pontok között jelentős emelkedő, vagy lejtő eltérések, ezért ez a modell nem alkalmas a második derivált becslésére. Az eljárás alkalmazható 0 súlyértékkel is, ami indokolja alkalmazását a talajvíz felületének modellezésében.

A módszer ún. rendezett opciója egy sima, fokozatonként változó felszínt eredményez, ahol az értékek kívül helyezkedhetnek el a bemeneti adatokon. A módszer módosítja a minimalizációs feltételt, tehát a harmadik derivált tagok beépülnek a minimalizálási feltételbe. A súlyozási értéket - amit *TAU*-ként jelöltünk - meg kell határozni a minimalizálás során.

Ennek magasabb értékei simább felszínt eredményeznek; 0 és 0,5 közötti értékek használhatóak. A rendezett opció használata együttesen biztosítja a sima felszínt a sima, első derivált felszínnel.

A módszer ún. feszített opciója a modellezett jelenség jellegének megfelelően ellenőrzi a felszín merevségét. Az eredmény egy kevésbé sima felszín a mintaadatokat tartományához közel szorított értékekkel. Ez a módszer szintén módosítja a minimalizációs feltételt, tehát az első derivált tagok beépülnek a minimalizálási feltételbe. A súlyozási értéket - amit $F\acute{I}$ -ként jelöltünk - meg kell határozni a minimalizálás során. Magasabb súlyérték használata csökkenti a felület merevségét és a ϕ érték végtelenhez közelítésének függvényében közelíti a felszín egy hártya alakzathoz, vagy egy gumilepedőéhez, amely minden megadott pontra illeszkedik. Az interpolált felszín sima. Az első derivált értékek folyamatosak, de nem simák. A SPLINE eljárás az alábbi képletet használja az interpoláció során:

$$S(x, y) = T(x, y) + \sum_{j=1}^N \lambda_j R(y_j)$$

ahol:

$j = 1, 2, \dots, N$

N = elemszám (bemeneti pontok száma)

λ_j = lineáris egyenletek rendszeréből számolt koefficiens

r = az (x, y) ponttól a j pontig tartó távolság

$T(x, y)$ és $R(r)$ = különféleképpen definiált értékek, értékük a választott opciótól függ

A „rendezett” opció esetében:

$$T(x, y) = a_1 + a_2 x + a_3 y$$

$$R(r) = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{r^2}{4} \left[\ln\left(\frac{r}{2\tau}\right) + c - 1 \right] + \tau^2 \left[K_0\left(\frac{r}{\tau}\right) + c + \ln\left(\frac{r}{2\pi}\right) \right] \right\}$$

A „feszített” opció esetében:

$$T(x, y) = a_i$$

$$R(r) = -\frac{1}{2\pi\phi^2} \left[\ln\left(\frac{r\phi}{2}\right) + c + K_0(r\phi) \right]$$

ahol:

τ^2 és ϕ^2 = a parancssorban beírt értékek

r = a pont és a minta közötti távolság

K_0 = módosított Bessel függvény

c = konstans, értéke: 0,577215

a_i = lineáris egyenletek rendszeréből számolt koefficiens

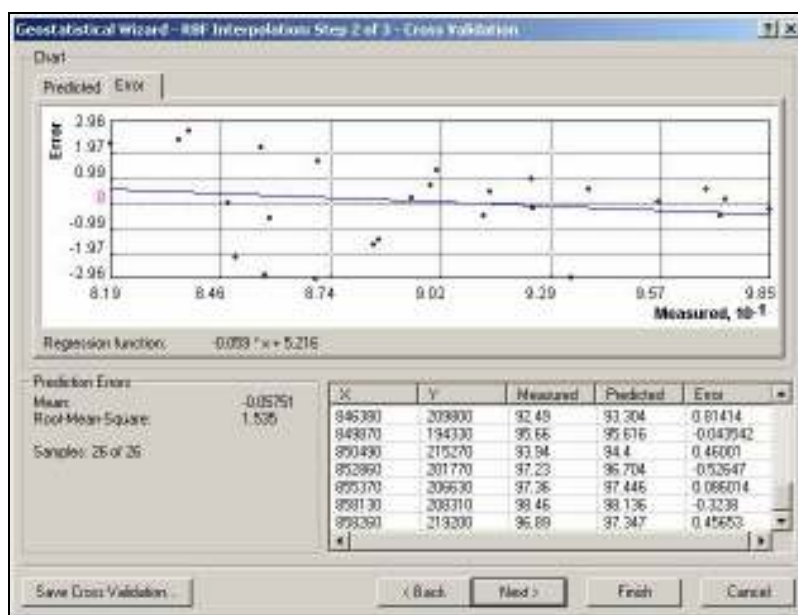
Számítási célként az output raster fedvényt egyenlő cellarácsú térrészekre, blokkokra bontjuk. A cellák x és y irányban megegyező számúak és mindegyik négyszög formájú. A bemeneti pontok száma alapján meghatározott érték felosztja a bementi pontok teljes mennyiségét, ami meghatározza a keletkező cellák számát. A kevésbé egyenletesen elosztályozott adatok esetében a cellák tartalmazhatnak szignifikánsan különböző számú, egyenetlen átlagú pontot. Amennyiben valamelyik cellában a pontok száma 8-nál kevesebb, a cella mérete addig növekszik, amíg nem tartalmaz legalább 8 pontot.

Az ismertetett eljárások közül a SPLINE eljárást választottam a talajvíz mélységét reprezentáló felszín interpolálásához. A módszer kiválasztásának döntő indoka, hogy a vizsgálati területen belül alacsony a talajvízszint abszolút ingadozása (minden mérési pont esetében kevesebb, mint 0,45 méter), vagyis kis horizontális távolságon belül a bementi pontok értékeinek változatossága, így a görbületi értékük is alacsony. Azokon a vizsgálati felületeken, ahol a GW érték változékonysága alacsony és a pontok közötti felület lejtése jelentősen mérsékelt, a SPLINE interpolációs adja a legmegfelelőbb értékeket.

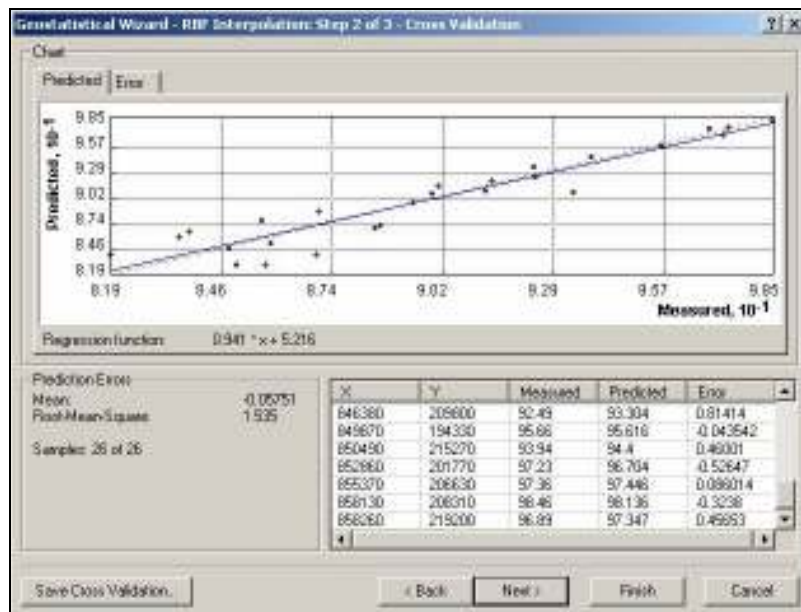
A választás helyességét az elvégzett Cross validáció által mutatott alacsony (-1 és 1 közötti) hibaértékek is alátámasztották (6. táblázat, 13-14. ábrák)

6. táblázat

Megfigyelő-kút sorszáma	Mért érték	Előre jelzett értékek	Hiba
1	81,88000000	84,05317542	0,00000000
2	83,86000000	86,49486196	0,23486196
3	87,04000000	84,08139915	-0,25860085
4	85,06000000	82,95648972	-0,20351028
5	85,78000000	82,99685641	-0,28314359
6	85,69000000	87,71318945	0,22318945
7	84,87000000	84,81938862	-0,05061138
8	85,90000000	85,27920628	-0,62079372
9	83,62000000	85,91925296	0,29925296
10	88,63000000	87,18512740	-0,14487260
11	89,95000000	90,56433790	0,61433790
12	87,11000000	88,59246437	0,18246437
13	88,53000000	86,88830458	-0,14169542
14	90,10000000	91,27015582	0,17015582
15	93,47000000	90,60366946	-0,26633054
16	89,47000000	89,59321585	0,12321585
17	91,29000000	90,73056634	-0,55943366
18	91,44000000	91,79286860	0,35286860
19	92,53000000	92,26740410	-0,26259590
20	92,49000000	93,30414149	0,81414149
21	95,66000000	95,61645842	-0,04354159
22	93,94000000	94,40001194	0,46001194
23	97,23000000	96,70352709	-0,52647291
24	97,36000000	97,44601414	0,08601414
25	98,46000000	98,13619894	-0,32380106
26	96,89000000	97,34653203	0,45653203



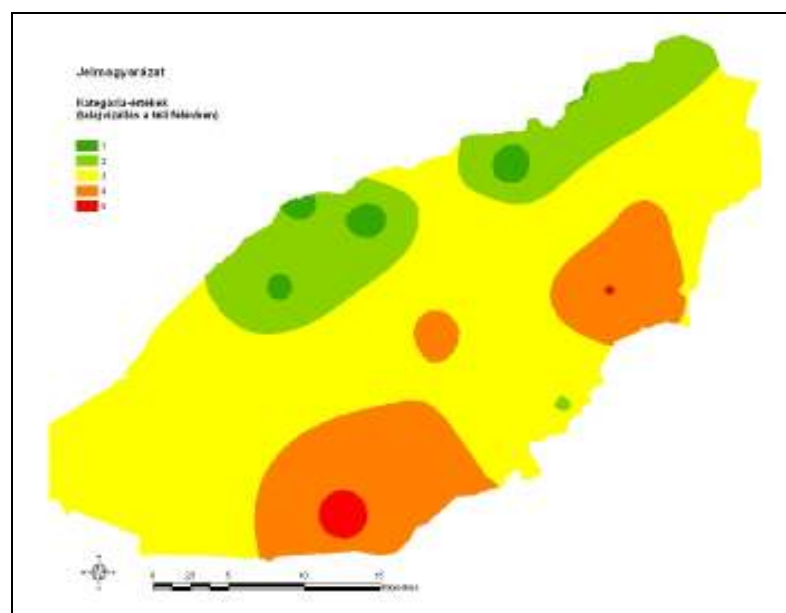
13. ábra A SPLINE eljárás hibáira vonatkozó validációs értékei



14. ábra A SPLINE eljárás méréseire vonatkozó validációs értékei

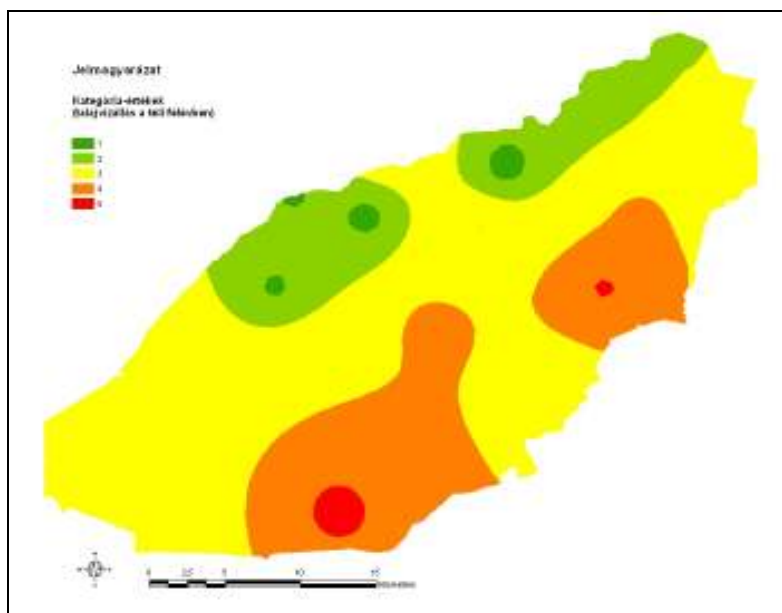
A SPLINE eljárás segítségével számított, téli félévben jellemző talajvíz-állások sokéves átlagértékeit a 15. ábra tartalmazza. Az átosztályozási értékek a talajvíz abszolút mélysége alapján mindkét félév esetében az alábbiak voltak:

- 1: -5,18 – -4,53
- 2: -4,54 – -3,81
- 3: -3,80 – -2,90
- 4: -2,89 – -2,00
- 5: -1,99 – -1,00



15. ábra A téli félév sokéves talajvíz-állás átlagértékei a Bihari síkon

A SPLINE eljárás segítségével számított, nyári félévben jellemző talajvíz-állások átlagértékeit a 16. ábra tartalmazza.



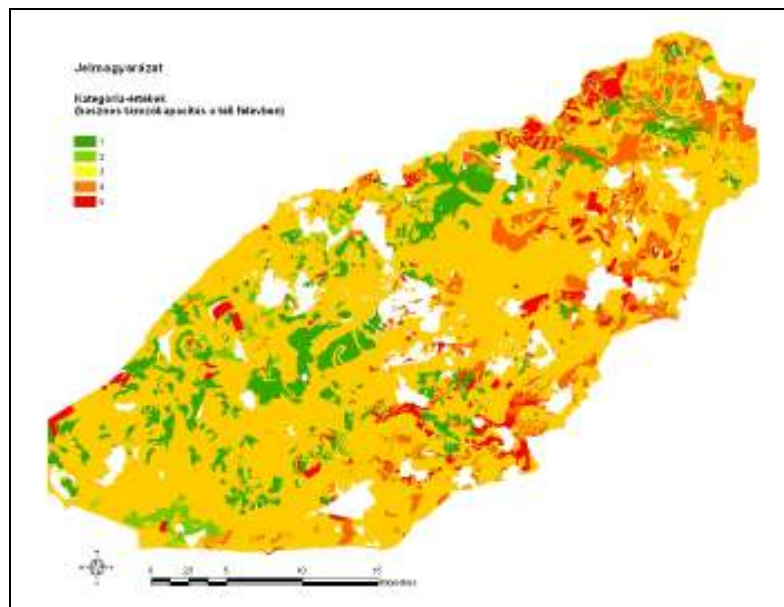
16. ábra A nyári félév sokéves talajvíz-állás átlagértékei a Bihari síkon

A belvízképződés a kora tavaszi időszakban alapvetően attól függ, hogy az induló nedvességtartalom által megszabott tározó kapacitás elegendő-e a téli félévi csapadék visszatartására (Bíró et. al., 2002.). A talajok kezdeti nedvességtartalma november elején elsősorban a nyári félév csapadékmennyisége által befolyásolt. Mivel az előző hidrológiai év nyári félévének és az azt követő év téli félévének csapadékmennyiségei között nincs fizikai kapcsolat (azaz statisztikailag független események) a kezdeti nedvességtartalom és a különböző valószínűségű csapadékok bármilyen kombinációban előfordulhatnak. Ezek a paraméterek statisztikai valószínűségi számításokkal modellezhetőek, az interpolált relatív talajvíz-állás alapján azonban kiszámítottam a vizsgálati terület 1,5 méter vastag talajszelvényeire, a téli és nyári félévre jellemző, hasznos tározókapacitás átlagértékeit. A hasznos tározókapacitást a felszín és a talajvíz-tükör közötti – 1,5 méter vastagságú - talajréteg potenciális tározókapacitása adja meg. A téli és nyári félévben tapasztalt fajlagos hasznos tározókapacitási értékeket a 17. és a 18. ábra szemlélteti. A hasznos víztározás abszolút értékeit a *Jenks*-féle módszer szerint átosztályoztam az alábbi kategória-beosztás szerint (az értékek m^3/ha -ban értendők):

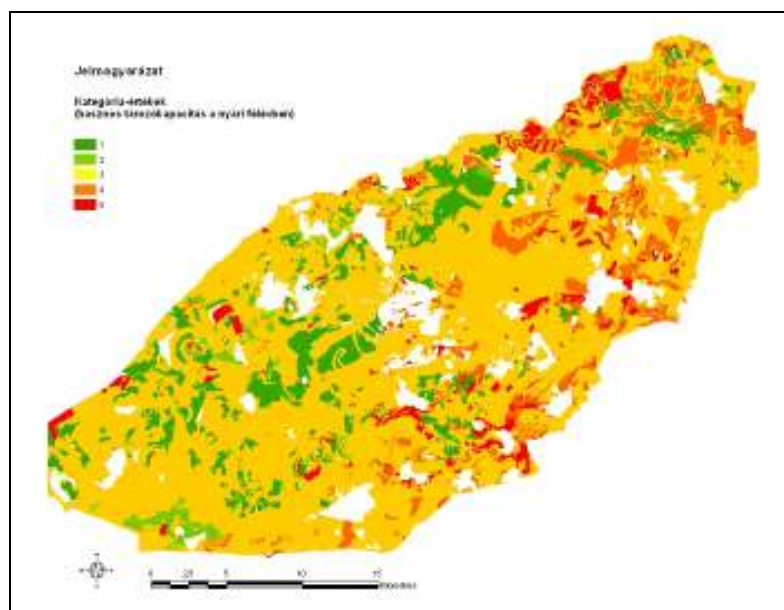
- 1: $> 78,2$
- 2: $78,1 - 71,3$
- 3: $71,2 - 63,8$

4: 63,7 – 49,4

5: < 49,3



17. ábra A Bihari sík talajainak hasznos tározókapacitási értékei a téli félévben



18. ábra A Bihari sík talajainak hasznos tározókapacitási értékei a nyári félévben

Vizsgálataim szerint a téli és nyári félévek hasznos víztározó kapacitás átlagos értékei nem mutatnak jelentős területi különbséget; a legkritikusabbnak számító „5” és „4” kategóriákon belüli területi eltérések nem haladják meg a 0,3%-ot.

A mintaterületen fellelhető talajtípusok hasznos víztározó kapacitásuk alapján a téli félévre képzett veszélyeztetettségi kategóriák szempontjából a 7. táblázatban közölt területi összetételt mutatják:

7. táblázat

Kategória-érték	Terület (ha)	Terület aránya az összterületen belül (%)
0	8.951	10,33
1	8.948	10,33
2	1.617	1,87
3	57.175	65,99
4	6.476	7,47
5	3.479	4,01
Összesen:	86.646	100,0

Megállapítom, hogy a vizsgálati mintaterületen a talajok 4,01%-a rendkívül kedvezőtlen, további 7,47%-a kedvezőtlen adottságokkal rendelkezik a hasznos víztározás szempontjából. A talaj-altípusok és a veszélyeztetettség relációjában elvégzett SQL lekérdezés és statisztikai elemzés eredményét a Bihari-síkra vonatkozóan 8. táblázat tartalmazza.

8. táblázat

Talaj altípusa	Területe összesen (ha)	Területi arány a vizsgálati területen belül (%)	Tározókapacitás veszélyeztetettségi kategóriák				
			1	2	3	4	5
			Terület (%)	Terület (%)	Terület (%)	Terület (%)	Terület (%)
Alföldi meszes vagy mészlepedékes csernozjom talaj	9,89	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28
Erősen szolonyeces réti talaj	3 710,98	4,78	0,00	0,02	6,45	0,00	0,00
Karbonátkloridos szolonszók talaj	4,26	0,01	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
Karbonátos csernozjom réti talaj	1 693,96	2,18	0,00	0,01	2,93	0,00	0,18
Karbonátos erdőmaradványos csernozjom talaj	2,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
Karbonátos humuszos öntéstalaj	1 848,90	2,38	0,00	0,04	3,21	0,00	0,00
Karbonátos öntés réti talaj	3 516,40	4,53	0,00	0,09	6,11	0,01	0,00
Karbonátos réti csernozjom talaj	558,84	0,72	0,00	0,00	0,00	8,63	0,00
Karbonátos réti talaj	5 855,99	7,54	0,00	0,08	10,18	0,00	0,00
Karbonátos szolonszók- szolonyec talaj	42,65	0,05	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Karbonátos szolonszók réti talaj	95,55	0,12	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00
Karbonátos terasz csernozjom	291,28	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	8,37

talaj							
Karbonátos több rétegű humuszos öntéstalaj	4,46	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Karbonátos több rétegű nyersöntés talaj	4,27	0,01	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00
Karbonátszulfátos szoloncsák-szolonyec talaj	13,20	0,02	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00
Kérges réti szolonyec talaj	3 040,53	3,91	35,36	0,00	0,00	0,00	0,00
Kilúgzott csernozjom talajok	98,46	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	2,83
Közepes réti szolonyec talaj	5 502,61	7,08	63,94	0,02	0,00	0,00	0,06
Közepes sztyeppesedő réti szolonyec talaj	891,91	1,15	0,00	0,00	1,52	0,00	0,46
Mély réti szolonyec talaj	2 047,87	2,64	0,00	0,04	3,56	0,00	0,00
Mély sztyeppesedő réti szolonyec talaj	797,25	1,03	0,00	49,29	0,00	0,00	0,00
Mélyben sós réti csernozjom talaj	26,45	0,03	0,00	0,00	0,00	0,41	0,00
Mélyben sós réti talaj	704,67	0,91	0,00	0,01	1,22	0,00	0,00
Mélyben sós vagy mélyben szolonyeces csernozjom réti talaj	1 134,27	1,46	0,00	0,01	1,97	0,00	0,00
Mélyben szolonyeces réti csernozjom talaj	136,02	0,18	0,00	0,00	0,00	2,10	0,00
Mélyben szolonyeces réti talaj	3 500,85	4,51	0,00	0,02	6,09	0,00	0,00
Mohaláp talajok	20,31	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58
Nem karbonátos erdőmaradványos csernozjom talaj	20,96	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60
Nem karbonátos humuszos öntéstalaj	1 967,86	2,53	0,00	0,00	3,42	0,00	0,00
Nem karbonátos öntés réti talaj	3 768,40	4,85	0,00	0,03	6,55	0,00	0,00
Nem karbonátos réti csernozjom talaj	3 217,92	4,14	0,00	0,00	0,00	49,68	0,00
Nem karbonátos réti talaj	12 857,73	16,55	0,00	0,11	22,31	0,01	0,66
Nem karbonátos terasz csernozjom talaj	1 718,43	2,21	0,00	0,00	0,00	0,00	49,38
Nem karbonátos több rétegű humuszos öntéstalaj	229,04	0,29	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00
Nem karbonátos több rétegű nyersöntés talaj	24,90	0,03	0,00	0,00	0,00	0,38	0,00
Podzolos barna erdőtalajok	1 204,37	1,55	0,00	0,00	0,00	0,00	34,61
Réti öntéstalaj	2 402,33	3,09	0,00	0,00	0,00	37,04	0,09
Rétláp talajok	2,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
Rozsdabarna Ramann-féle barna erdőtalaj	12,74	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37
Szoloncsák-lápos réti talaj	102,13	0,13	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00
Szolonyeces csernozjom réti talaj	1 737,54	2,24	0,00	0,04	3,02	0,00	0,00
Szolonyeces lápos réti talaj	8,96	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
Szolonyeces réti csernozjom talaj	106,96	0,14	0,00	0,00	0,00	1,67	0,00
Szolonyeces réti talaj	6 236,45	8,03	0,00	0,08	10,84	0,00	0,00
Szulfátos vagy kloridos szoloncsák-lápos réti talaj	108,10	0,14	0,00	0,01	0,18	0,00	0,00
Tipusos csernozjom réti talaj	5 563,23	7,16	0,00	0,02	9,66	0,00	0,20
Tipusos lápos réti talaj	809,78	1,04	0,00	50,08	0,00	0,00	0,00
Tipusos meszes vagy mészlepedékes csernozjom talaj	40,98	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	1,19
ÖSSZESEN:	77 695,45	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

A talajok hasznos tározókapacitásából ereztethető veszélyeztetettség mértéke, valamint a talaj altípusok közötti összefüggések tekintetében a vizsgálati területre a következők állapíthatók meg:

- az „5” veszélyeztetettségi kategóriába sorolt – tehát már az „A” talajsztintben is vízzáró - területeken 49,38%-ban nem karbonátos terasz csernozjom, 34,61%-ban podzolos barna erdőtalaj és 8,37%-ban karbonátos terasz csernozjom talaj található
- a „4” veszélyeztetettségi kategóriába sorolt, igen alacsony víztározó kapacitással rendelkező területeken az uralkodó talajok és azok változatai: réti talajok, öntéstalajok
- a terület nagy hányadát lefedő réti talajok közül az öntés és szolonyeces altípusok mutatkoznak kedvezőtlenebbeknek.

Területhasználati tényező

A belvízveszély kialakulása és a területhasználat típusa között a korábbi kutatások nem tártak fel közvetlen összefüggést, illetve az a belvízveszély térképezésében szubjektív módon értékelt tényező volt. Véleményem szerint a belvizek időbeli és térbeli kiterjedésében a növényzet módosítja a közvetlenül kiváltó tényezők (mikroklíma, talaj) hatásait, amely a felszín növényzettel borítottságának mértékétől függ.

Vizsgálatunkhoz a CORINE CLC-50 adatbázist használtuk fel, mely 1999-ben készült távérzékelte adatokat tartalmaz. Az adatbázis nomenklatúráját az European Environmental Agency módszertana alapján a Földmérési és Távérzékelési Intézet dolgozta ki. A földhasználati kategóriarendszerből – amely a vizsgálati területre 32 kategóriát tartalmaz – öt veszélyeztetettségi osztályt képeztem, megoldva ezzel a nagy térbeli mintázottságot mutató földhasználat széles vertikumának jellemzését. A kategóriák osztályközökbe sorolásának alapja a növényzet becsült tömege, amely természetesen szubjektív elemeket is tartalmaz, de az eredeti értékekkel végzett többszörös műveletek az eltérő nagyságrendek miatt értékelhetetlenné tennék az elemzést.

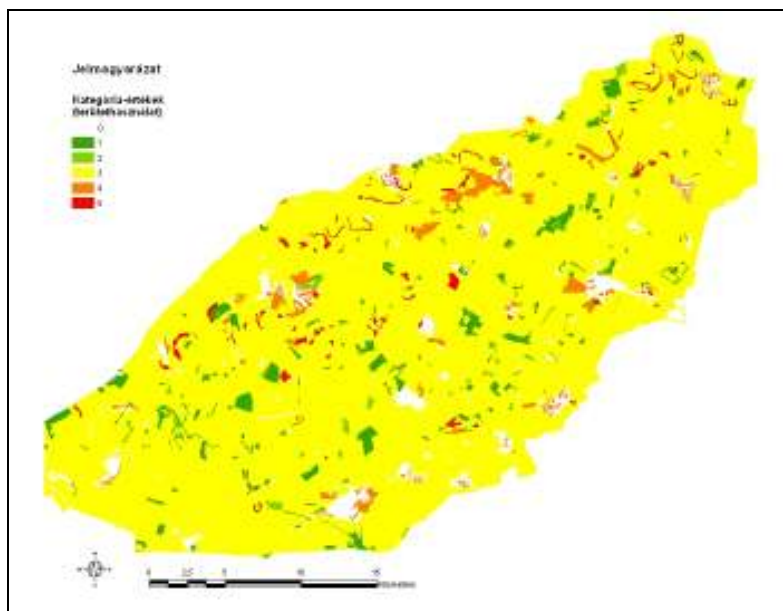
0: a vizsgálat szempontjából kieső területek (beépített területek, úthálózat, vasúthálózat, műszaki létesítmények, hulladéklerakók)

1: lombos erdő ültetvények, fűzfa ültetvények

2: gyepek fákkal és cserjékkel, fiatalos erdők és ültetvények, cserjés területek

- 3: szántóföldek, szőlőterületek, legelők, gyepek
- 4: komplex művelésű mezőgazdasági területek
- 5: mocsaras területek

A vizsgálati mintaterület földhasználati viszonyait a 19. ábra és a 9. táblázat tartalmazza.



19. ábra A Bihari sík földhasználati viszonyai növényborítottság alapján

9. táblázat

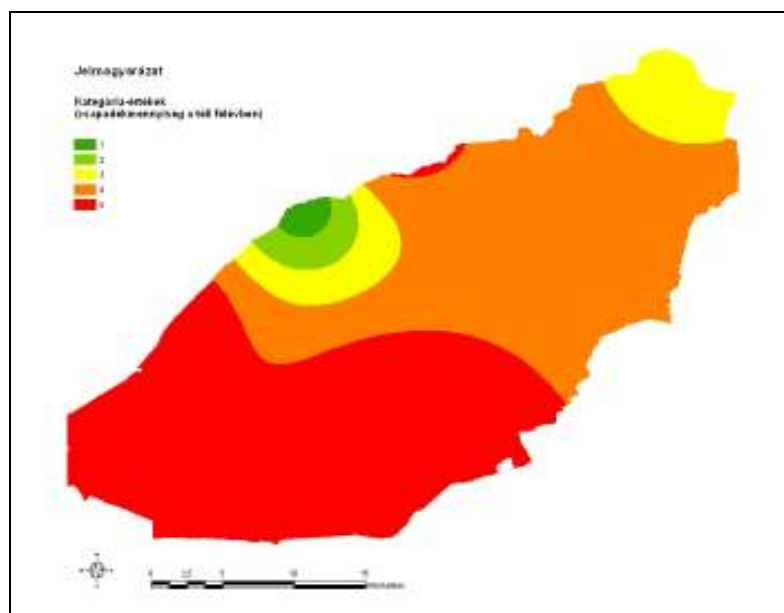
Kategória-érték	Terület (ha)	Terület aránya az összterületen belül (%)
0	3.995	4,62
1	3.037	3,50
2	709	0,82
3	75.815	87,50
4	2.040	2,35
5	1.050	1,21
Összesen:	86.646	100,0

Klimatikus tényező

A jelenleg alkalmazott belvíz-előrejelzési módszerek a talajvíz megfigyeléseken túl a csapadékvalószínűség-számításokon alapszanak.

A téli félévi csapadékvalószínűségi függvények a nyolc legközelebbi csapadékmérő állomás (Bakonszeg, Berettyóújfalu, Darvas, Komádi, Körösszakáll, Mezősas, Szeghalom, Pocsaj) 21 év során (1980-2000) észlelt adatainak középértékei alapján készültek. A területet csapadékosági tekintetben nem tekintettem homogénnek; minden csapadékmérő állomás földrajzi helyéhez kötve kiszámítottam a csapadékvalószínűséget és a valószínűségi értékekhez tartozó csapadékmagasságokat. Mértékadó csapadékvalószínűségnek a területi vízrendezésben általánosan elfogadott 10%-os valószínűségi értéket vettük. Az így számított értékekből a már korábbiakban ismertetett IDW eljárással interpoláltam a vizsgálati területet lefedő, téli évszakra vonatkozó csapadékvalószínűségi felszín, melyeket a 20. ábra szemléltet. Az átosztályozási kategóriarendszer az alábbi volt (mm/téli félév):

- 1: 105 – 108,444
- 2: 108,445 – 115,333
- 3: 115,334 – 122,222
- 4: 122,223 – 129,111
- 5: 129,112 - 136

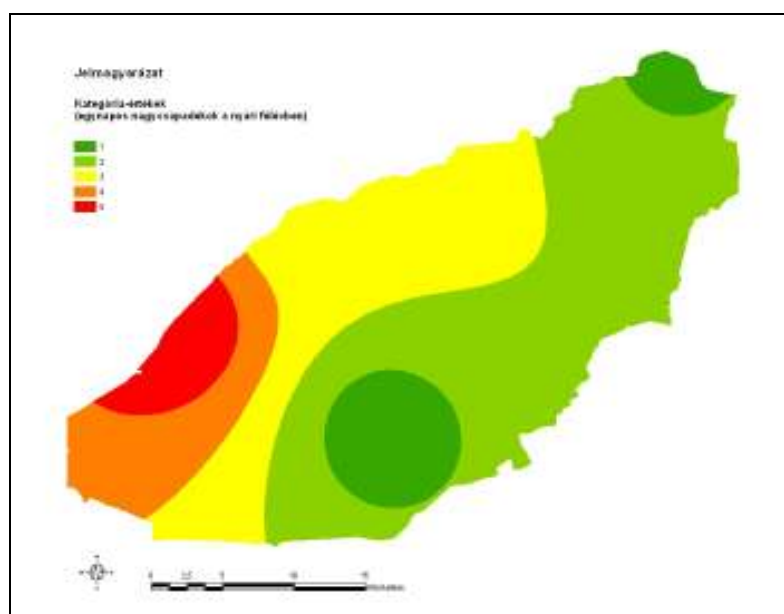


20. ábra. A téli félévi csapadékvalószínűség mennyiségi értékei a vízgyűjtő területén

A számítás azon a feltételezésen alapszik, hogy a téli félév során lehulló csapadék helyben raktározódik és tényleges vízbevitelként csak a hóolvasás során, kvázi egyszerre jelentkezik. A fentiekben ismertetett eljárás segítségével meghatároztam a várható csapadék mennyiségét, amiből következtethetünk a télvégi - kora tavaszi belvizek mennyiségére.

Vizsgálatom során tekintettel voltam a terület keleti orografikus és a Tisza-völgyi konvektív hatásokat tükröző klimatikus viszonyaira; e szerint a területet a nagycsapadékok hatására kialakuló nyári belvizek is sújtják, aminek legfontosabb kiváltó oka a rövid időn belül érkező nagy mennyiségű csapadék. A nyári belvizek mennyiségi értékeinek meghatározásához felhasználtam *Goda* (1996.) és *Bíró* (2003) nyári nagycsapadékok valószínűségének számítási eljárásait is. A vizsgálati területen található nyolc csapadékmérő állomás adataira támaszkodva meghatároztam az egynapos nagycsapadékok empirikus eloszlásait a nyári félév kritikus hónapjaira, valamint bekövetkezési valószínűségüket a hozzájuk tartozó csapadékmagasságokkal. A pontszerűen kapott eredményeket IDW eljárással interpoláltam (21. ábra). A *Jenks*-féle átosztályozás alapja az alábbi egynapos csapadékmennyiség alapján felállított kategóriák voltak (mm/d):

- 1: 18,338
- 2: 18,338001 - 19,153
- 3: 19,153001 - 19,469
- 4: 19,469001 – 19,784
- 5: 19,784001 – 20,1



21. ábra A Bihari sík területén bekövetkező egynapos nagycsapadékok térbeli eloszlása

A jellemző csapadéértékekből kiszámítható a vízgyűjtő terület csapadékbevétele, amelyet az interpolált felszín térrészleteihez kapcsoltam.

A téli félévben kialakuló belvizek tekintetében számolnunk kell a vízgyűjtő párolgási veszteségével. Ez részben a növényzet és a talaj együttes párolgásából, részben a nyílt vízfelszínek (vízfolyások, csatornák, víztározók, tavak) párolgásából adódik.

A potenciális evapotranspiráció téli félévre jutó mennyiségének kiszámítására a *Thornthwaite*-féle, a kapott eredmények ellenőrzésére az *Antal*-féle módszert alkalmaztam. A kapott eredményeket összevetettem az Országos Meteorológiai Szolgálat egy mérőállomásra (Komádi) rendelkezésre álló párolgás-mérési eredményeivel is, amely alátámasztotta a számításokat; az eltérés 5% alatti értékeket mutatott.

A *Thornthwaite*-féle eljárás:

$$PET = 1,6 * \left(\frac{10T}{I}\right)^a$$

ahol:

PET = potenciális evapotranszspiráció (mm)

T = havi középhőmérséklet (C°)

I = hőindex

$$a = 0,000\,000\,675 \times I^3 - 0,000\,0771 \times I^2 + 0,01792 \times I + 0,49239$$

$$I = \sum_{január}^{december} i \quad i = \frac{T^{1,514}}{5}$$

Az *Antal*-féle eljárás:

$$PET = 0,9 * (E - e) * (1 + \alpha * T)^{4,8}$$

ahol:

PET = potenciális evapotranszspiráció (mm)

T = havi középhőmérséklet C°

$$\alpha = \frac{1}{273} K^{-1}$$

E = telítési párányomás hgmm-ben

e = tényleges párányomás hgmm-ben

Az alkalmazott eljárások segítségével számszerűsített potenciális evapotranszspirációs értéket súlyoztam a területhasználat jellegéből levezetett súlyszámmal, valamint az adott területhasználat területével, így megkaptam a tényleges párolgás értékét m³-ben. A súlyértékek kialakításában a már korábban leírt kategóriaképzési módszer szerint jártam el.

1 = lombos erdő ültetvények, fűzfa ültetvények

0,9 = gyepek fákkal és cserjékkel, fiatalos erdők és ültetvények, cserjés területek

0,8 = szántóföldek, szőlőterületek, legelők, gyepek

0,7 = komplex művelésű mezőgazdasági területek, szikesek

0,6 = beépített területek, úthálózat, vasúthálózat, műszaki létesítmények, hulladéklerakók

A nyílt vízfelszínek téli párolgási veszteségének számszerűsítését a *Meyer*-féle eljárás segítségével végeztem.

$$P = a * [E(t') - e] * (1 + b * w) \text{ (mm/hó)}$$

ahol:

$a = 11$ (konstans)

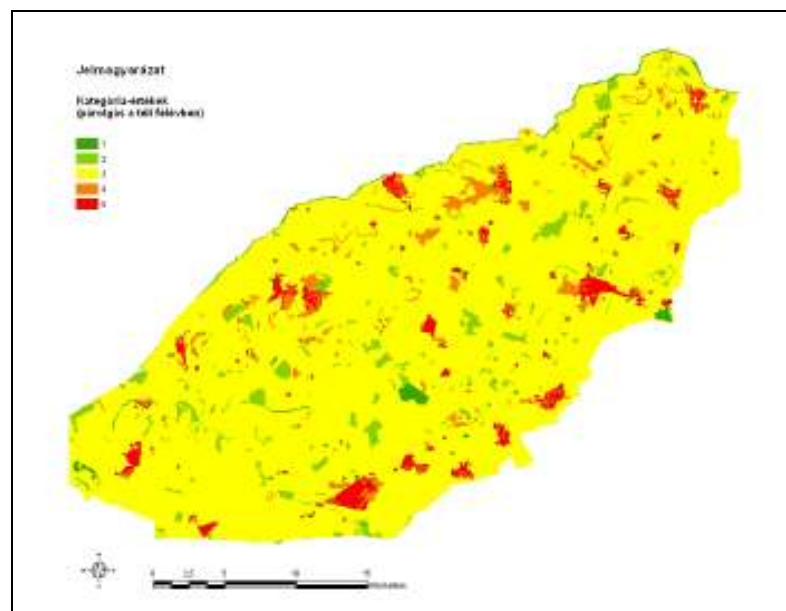
$b = 0,2$ (konstans)

$E(t')$ = telítési páratartalom (g/m^3)

e = tényleges páratartalom (g/m^3)

w = szélesség (m/s)

A tényleges párolgási értékeket (m^3), valamint a belőlük származtatott fajlagos párolgási értékeket (m^3/m^2) a területhasználatot reprezentáló felszín térrészleteihez kapcsoltam. A fajlagos értékeket *Jenks*-módszerrel átosztályoztam, így megkaptam a vizsgálati terület párolgási viszonyait bemutató térképeket a téli félévre (22. ábra).



22. ábra A Bihar sík fajlagos párolgási viszonyai a téli félévben

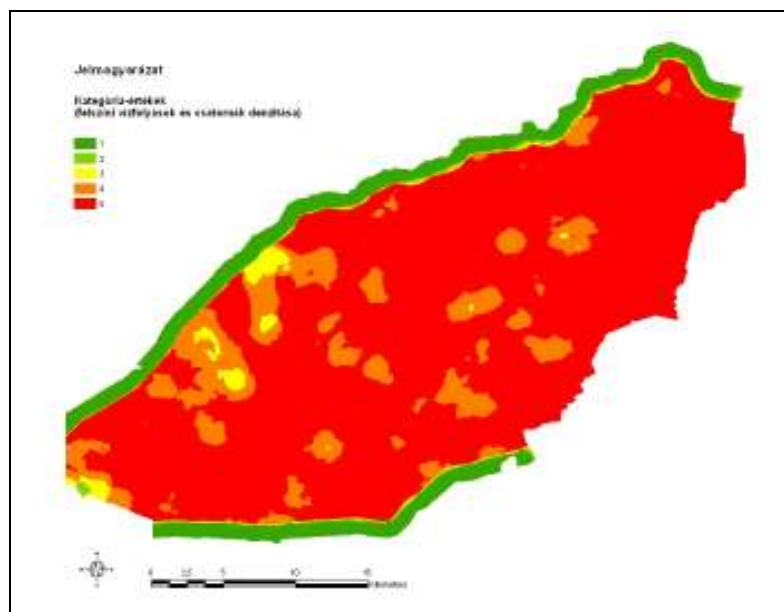
Felszíni vízfolyások és csatornák hatása

A felszínen kialakuló belvízmennyiség, valamint a talajokban felgyülemelő magas állású talajvíz elvezetésére számos mesterségesen létrehozott vízfolyás és csatorna szolgál. Az intenzív mezőgazdálkodás időszakában létrehozott belvízmentesítő csatornahálózat tényleges állapotára és azok műszaki paramétereire (mederszélesség, vízszállító-kapacitás, mederesés, feliszapolódás mértéke, stb.) nem áll rendelkezésre mérési adat, azonban megfigyeléseim szerint rendkívül heterogén minőségben vannak jelen. Mivel nem állt módomban felmérni a tényleges állapotokat, ezért a módosító tényező területi értékeinek kiszámítására az egységnyi területre jutó felszíni vízfolyás és csatorna hosszából képzett mutatót alkalmaztam (denzitás). A denzitásérték képzéséhez a topográfiai térképek alapján felépített és a vízügyi térképek szerint pontosított vonalas vízrajzi adatfedvényt használtam.

A felhasznált denzitás módszer minden megadott raszter cellára kiszámítja a vonalas objektumok megjelenésének sűrűségi értékeit. Ennek módszere, hogy minden raszter cella köré a megadott cellaméret alapján számított sugárral kört rajzolunk, majd az elmetszett vonalak szakasz hosszát elosztjuk a kör területével.

A megadott raszter-cellaméret 10 x 10 méteres volt. A bementi vonalas adatfedvényben definiált mértékegység méter volt, így a keletkezett sűrűségi értékek m/km^2 -ben kerültek kifejezésre, melyeket *Jenks*-módszer szerint az alábbi kategóriákba soroltam át (23. ábra, 10. táblázat):

- 1: 13 - 16
- 2: 10 - 12
- 3: 7 - 9
- 4: 5 - 6
- 5: 0 - 4



23. ábra A Bihari sík felszíni vizeinek és csatornáinak denzitása

10. táblázat

Kategória-érték	Terület (ha)	Terület aránya az összterületen belül (%)
1	8.439	9,74
2	908	1,05
3	1.762	2,03
4	10.835	12,50
5	64.702	74,68
Összesen:	86.646	100,0

A történelmi térképek kiértékelésének, valamint a területhasználati stabilitásvizsgálat módszerei

Az elemzések földrajzi vonatkozási rendszereként az EOVS vetületi rendszert határoztam meg; a vetületi illesztés affin transzformáció alkalmazásával történt. A történelmi térképek referenciaadataiként az EOVS 1:10.000 állami topográfiai térképszelvények tartalmát használtam; referenciapontként elsősorban templomok szolgáltak, de azonosítottam hidakat és egyéb, jelenleg is fellelhető tereptárgyakat is; szelvényenként elosztva átlagosan 6 azonosítási pontot használtam. Az elért geometriai pontosság (RMS) 20 méter alatti volt, ami meglepően jó eredménynek számít.

A fenti eljárást mindkét katonai felmérés szelvényeinek esetében alkalmaztam, eredményként megkaptam a vizsgálati területet lefedő, raszteres térinformatikai adatbázisokat.

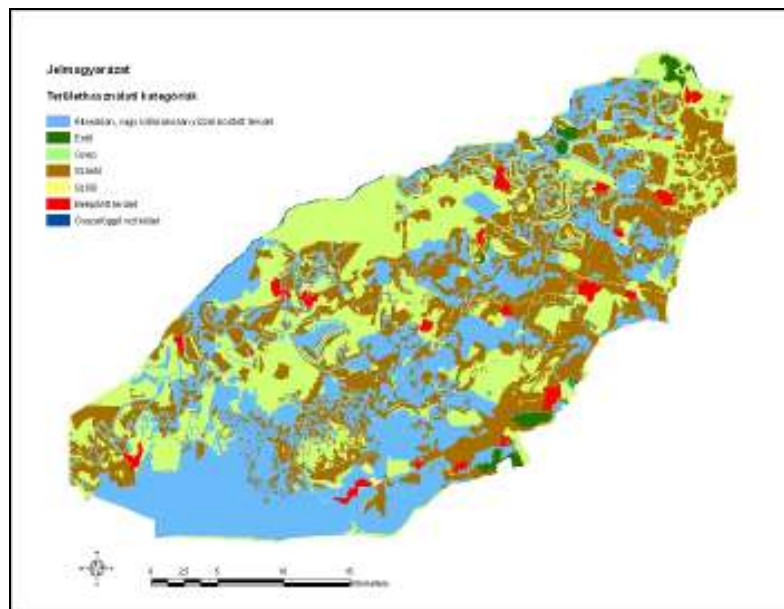
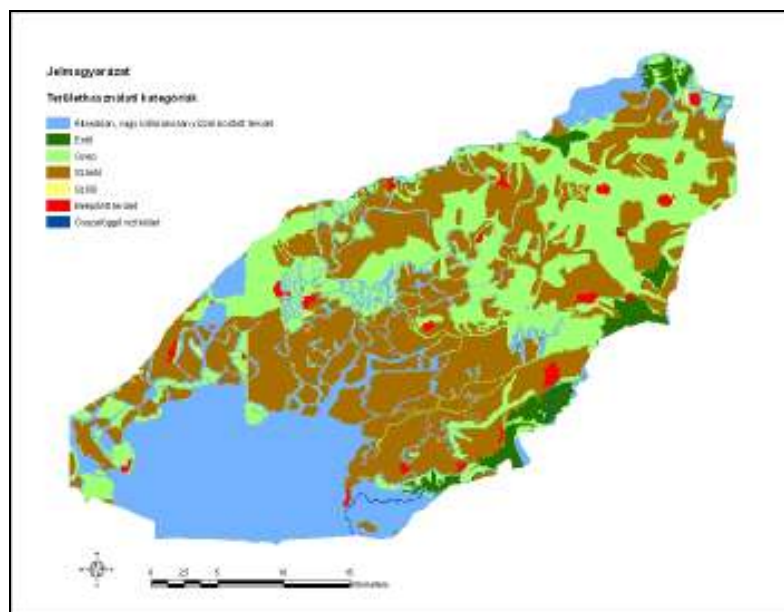
A raszteres állományok alapján elkészítettem a vektorizált adatállományokat, kapcsolva egyben a területhasználat jellemzőit is. A létrehozott fedvények mindkét történelmi adatállomány esetében az alábbi területhasználati kategóriákat tartalmazzák:

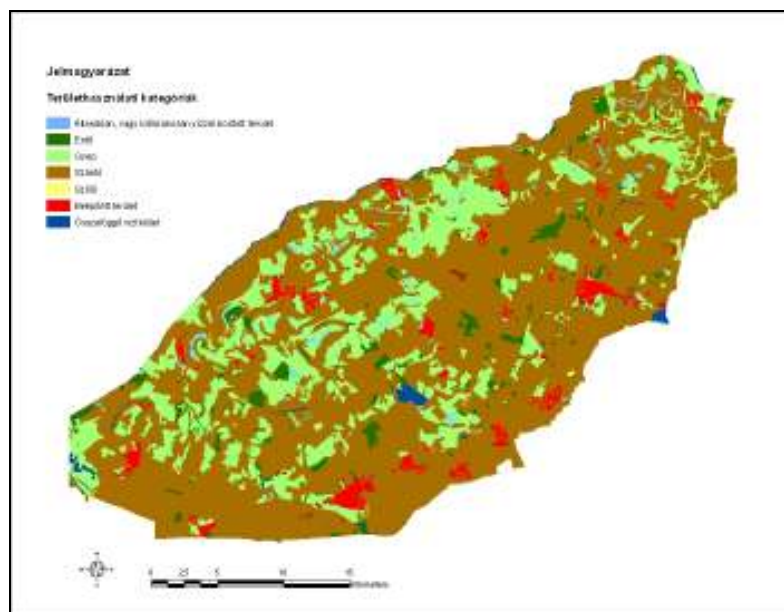
- Beépített terület (település, vagy valamilyen épített környezeti elem)
- Szántó (mezőgazdasági művelés alatt álló területek)
- Állandóan, vagy időszakosan vízzel borított terület (mocsarak, lápok)
- Összefüggő vízfelszín (felszíni vízfolyások, illetve állóvizek)
- Erdő (természetes, vagy telepített erdők)
- Gyep (természetes gyepterületek, legelők, rétek)
- Szőlő (kistáblás szőlőkultúrák)

A területhasználati stabilitásvizsgálat során további input fedvényként alkalmazott Corine CLC-100, illetve CLC-50 adatbázisok nomenklatúrája 29, illetve 84 földhasználati kategóriát használ, melyet – a történelmi adatokkal való összehasonlíthatóság miatt – összevonásokkal egyszerűsítettünk és a fent felsorolt kategóriákat képeztünk.

Az előállított adatbázisokat az ArcGIS szoftver fedvényezési műveleteinek alkalmazásával vetettem össze és területszámítási algoritmusok segítségével határoztam meg területi adataikat.

A történelmi térképek feldolgozásának eredményeként létrehozott térinformatikai adatbázist a 24-26. ábrák szemléltetik. A kutatás során nem foglalkoztam az eredményként előállított adatbázisok hibatartalmának vizsgálatával; az elemzésekből megkapott eredményeket elfogadtam, mint a korabeli viszonyokat legjobban reprezentáló értékeket.





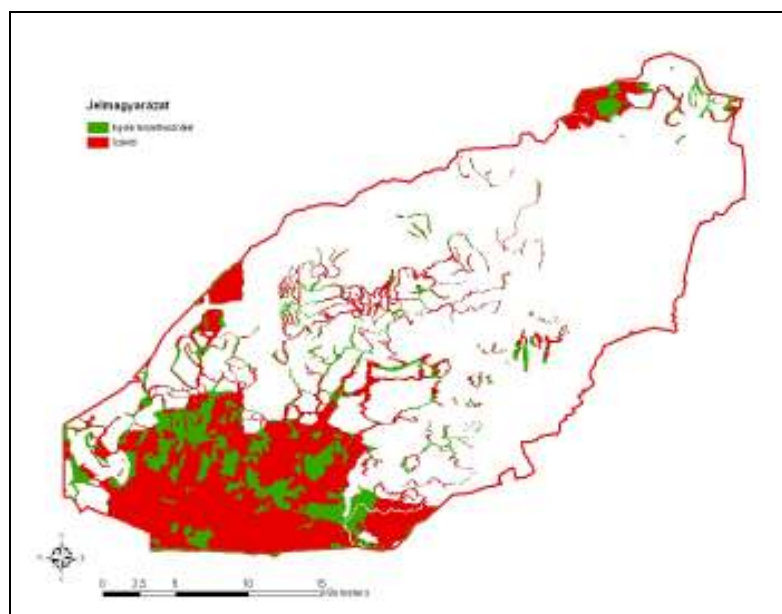
26. ábra A vizsgálati mintaterületre létrehozott fedvény a Második Katonai Felmérés térképei alapján

A három időszakban felvételezett adatok területi értékeit az 11. táblázatban mutatom be.

11. táblázat

Területhasználati kategória értéke (ha) /Adatfelvétel ideje (év)	1783	1856-1866	1999
Erdő	2.979,9	981,5	3.082,8
Időszakos, vagy állandó vízborítás	24.402,6	31.181,6	969,5
Szántó	34.446,3	26.320,2	60.372,5
Szőlő	60,8	196,4	14,6
Beépített terület	1.048,2	1.616,0	2.948,4
Gyep	23.092,8	26.156,3	18.516,0
Összefüggő vízfelszín	245,4	194,6	742,2
Összesen	86.646,0	86.646,0	86.646,0

Tekintettel a mintaterület egykori mocsarain folytatott intenzív mezőgazdálkodás alacsony hatásfokára, kiemelten vizsgáltam az egykori időszakosan vízzel borított területek földhasználati változását. Megállapítottam, hogy a vízrendezési folyamatoknak köszönhetően, a vizsgálati területen az egykori mocsarak, lápok helyét túlnyomó részben szántók foglalják el, kisebb részben gyepek és erdők. A földhasználati konverzió mértékét - melynek mértéke igen jelentős (az összterület 27%-a) - a 27. ábra szemlélteti.



27. ábra Az egykori mocsarak és lápok helyén kialakult területhasználatok

EREDMÉNYEK, ÉRTÉKELÉS

Belvízelöntési kockázatok becslési módszereinek eredményei

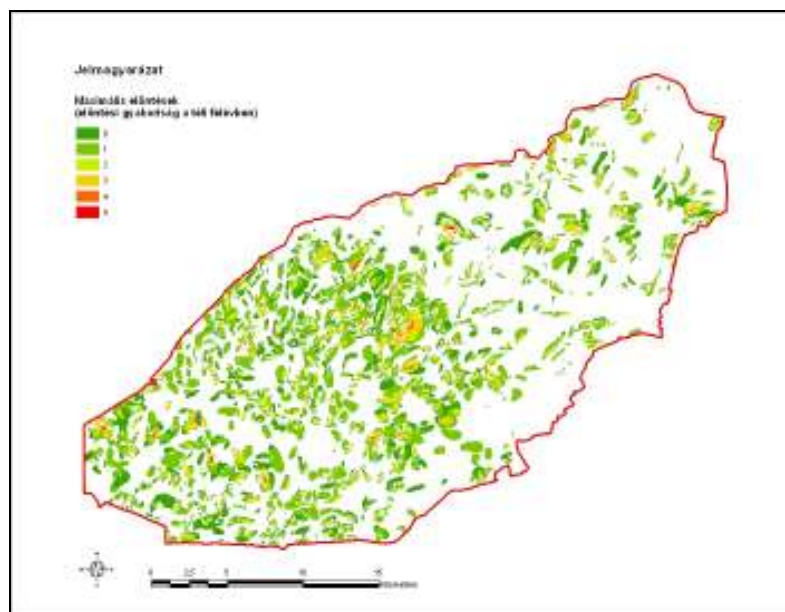
Elöntési gyakoriság alapú kockázatbecslés

A vízügyi hatóság szakaszmérnökei a maximális belvízi elöntések területi kiterjedését a helyszínen térképeken rögzítik, mely alapján analóg szakigazgatási térképeket szerkesztenek az adott évben tapasztalt legnagyobb kiterjedésű belvízről. A mintaterületről 1989-2005 közötti időszakban készült, 17 évet reprezentáló térképek digitális feldolgozásával előállítottam az időszak minden évére az elöntések maximális kiterjedésének térinformatikai fedvényeit.

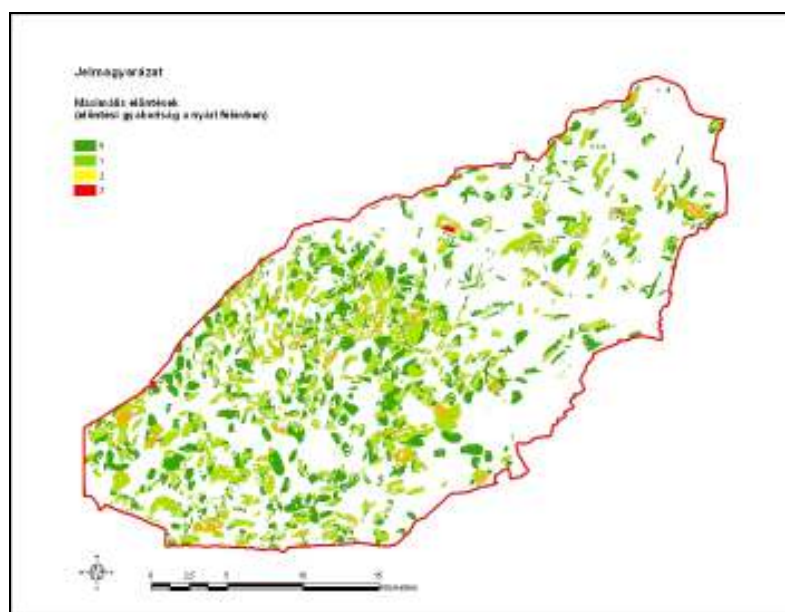
A térinformatikai fedvények ellenőrzése során kimutattam, hogy a manuális módon felvételezett adatok számos esetben pontatlan területi rajzolatot mutatnak, mivel a szakaszmérnökök nem alkalmaztak egzakt területmérési módszereket, mindössze becslés alapján rajzolják meg a jelenség kiterjedését. A hiba elhárítását úgy végeztem el, hogy minden belvízfolthoz a „Spatial join” funkció segítségével hozzárendeltem a tényleges elöntés víztükrének abszolút tengerszint feletti magassági értékét. A víztükör szintjét az ábrázolt belvízfoltot érintő legmagasabb magassági érték adta meg a domborzatmodell alapján.

A „Cut/fill” kiterjesztés segítségével elmsztem a domborzati felületet a belvízfoltok felületével, így megkaptam a két felszín különbségét. A kapott fedvény pozitív értékei tényleges elöntéseket jelöltek (azok mennyiségi és területi kiterjedésével), a negatív értékek pedig a felszín kiemelkedését mutatták meg (vagyis ezeken a térrészeken nem fordulhatott elő valós elöntés).

A téli és nyári félévben bekövetkezett tényleges elöntéseket megkülönböztetve összeadtam az egyes fedvényeket, így megkaptam a mintaterület elöntési gyakorisági értékeit minden elöntött térrészlethez a téli és a nyári félévre (28. és 29. ábra). A térképeken szereplő értékek az elöntés előfordulásának ismétlődését jelölik. E szerint minél nagyobb gyakorisági értéket kap az adott térrészlet, annál nagyobb a belvíz előfordulásának valószínűsége.



28. ábra A Bihari sík maximális előléptéseinek gyakorisági értékei 1989-2005 közötti téli félévek során



29. ábra A Bihari sík maximális előléptéseinek gyakorisági értékei 1989-2005 közötti nyári félévek során

A megvizsgált 17 év maximális előléptései közül leválogattam a 10%-os bekövetkezési valószínűségnél magasabb értékekhez tartozó terület egységeket, amelyek térfogatának és területének statisztikai értékeit településenként összesítve a téli félév esetében a 12. a nyári félév esetében a 13. táblázatban közlöm.

12. táblázat

Település neve	Elöntési vízmennyiség (m ³)	Elöntött terület (ha)	Elöntött terület aránya a település területéből (%)
Ártánd	498 811,0	5,1	0,3
Bedő	11 551 435,0	18,5	1,8
Berekbőszörmény	225 189 760,0	93,2	2,2
Berettyóújfalu	572 777 508,0	300,7	1,8
Biharkeresztes	125 013 145,0	123,1	2,5
Bojt	124 524 031,0	124,4	4,6
Csökmő	1 673 756 450,0	573,2	8,3
Darvas	294 999 158,0	186,1	4,4
Esztár	67 526 064,0	24,4	0,8
Furta	5 981 854 635,0	492,0	11,5
Gáborján	161 470,0	2,3	0,1
Hencida	373 073 837,0	120,3	3,5
Kismarja	76 685 452,0	92,7	2,0
Komádi	1 136 681 605,0	577,9	4,0
Körösszakál	3 872 750,0	8,3	0,6
Körösszegapáti	3 075 245 332,0	354,5	7,7
Magyarhomorog	1 807 491 673,0	241,1	6,1
Mezőpeterd	30 132 943,0	42,5	2,3
Mezősas	5 802 572 032,0	715,3	27,1
Nagykerek	438 092 312,0	223,4	6,0
Szeghalom	9 051 766,0	48,2	0,2
Szentpéterszeg	6 282 404,0	15,0	0,6
Told	2 014 825,0	18,3	1,2
Újiráz	51 907 080,0	75,4	4,8
Váncsod	483 068 731,0	115,6	3,4
Vekerd	116 723 906,0	65,5	8,9
Zsáka	1 407 963 213,0	578,1	7,3
Összesen:	39 578 736 586,0	20 094,2	

Az elöntési gyakoriság területi statisztikai értékei alapján megállapítom, hogy a vizsgált terület települései közül a téli félévben kialakuló belvizekkel szemben két település területének jelentős részét veszélyeztető belvíz kialakulása (Mezősas 27,1%-a, Furta 11,5%-a). További kilenc településen várható jelentős (átlagérték feletti) területi érintettség: Bojt, Csökmő, Darvas, Körösszegapáti, Magyarhomorog, Nagykerek, Újiráz, Vekerd, Zsáka.

13. táblázat

Település neve	Elöntési vízmennyiség (m ³)	Elöntött terület (ha)	Elöntött terület aránya a település területéből (%)
Bedő	6 667 818,0	12,2	1,2
Berekböszörmény	144 573 789,0	38,5	0,9
Berettyóújfalu	330 811 327,0	154,3	0,9
Biharkeresztes	33 542 883,0	58,1	1,2
Bojt	44 341 850,0	26,6	1,0
Csökmő	624 477 314,0	243,3	3,5
Darvas	11 035 056,0	10,2	0,2
Esztár	43 610 583,0	22,3	0,7
Furta	2 520 873 837,0	200,7	4,7
Hencida	40 851 606,0	9,9	0,3
Kismarja	9 847 551,0	3,9	0,1
Komádi	178 381 455,0	84,7	0,6
Körösszakál	7 745 500,0	13,6	0,9
Körösszegapáti	1 102 554 997,0	132,5	2,9
Magyarhomorog	452 487 934,0	84,4	2,1
Mezősas	1 334 805 101,0	81,3	3,1
Nagykerekéi	324 727 658,0	192,3	5,2
Újiráz	38 739 235,0	112,0	7,2
Váncsod	328 927 407,0	55,0	3,3
Vekerd	92 856 162,0	31,5	7,4
Zsáka	395 369 986,0	136,4	0,4
Összesen:	8 067 229 049,0	1 703,7	

A nyári félév elöntéseinek statisztikai értékei szerint kimondható, hogy négy településen találkozunk kiugró területi érintettséggel (Furta – 4,7%, Nagykeréki – 5,2%, Újiráz – 7,2%, Vekerd – 7,4%), további öt településen pedig átlagérték feletti a belvíz bekövetkezésének valószínűsége: Csökmő, Körösszegapáti, Magyarhomorog, Mezősas, Váncsod.

Mindkét félév adatait összehasonlítva látható, hogy az alábbi települések átlag feletti veszélyeztetettségét mutatja ki az elöntési gyakoriságok elemzése: Furta, Csökmő, Mezősas, Körösszegapáti, Magyarhomorog, Nagykeréki, Újiráz és Vekerd.

Empirikus elméleti kockázatbecslés

A módszer azon az alapelven nyugszik, hogy a belvízjelenséget kiváltó és módosító tényezőket területi bontásban számszerűsítjük, majd a jelentőségük alapján hozzájuk rendelt súlyérték szerint rangsoroljuk.

Az egyes tényezők fentiekben leírt átosztályozásával kapott értékeket a kiváltó tényezők esetében összeadtam, ezek súlyértéke azonos. Kiváltó tényezők:

1. talajok szivárgási tényezője

2. talajok potenciális tározókapacitása
3. talajvíz-mélység
4. csapadékbevétel (a téli félév esetében a téli félév csapadékvalószínűséghez tartozó csapadékmagasság, a nyári félév esetében az egynapos nagycsapadékok valószínűségéhez tartozó csapadékmagasság)

A párolgási veszteséget hordozó területhasználati fedvény súlyértéke 0,5, vagyis a párolgási osztályközök értékeinek fele, ezt a tényezőt csak a téli félév kockázatbecslése során használtam.

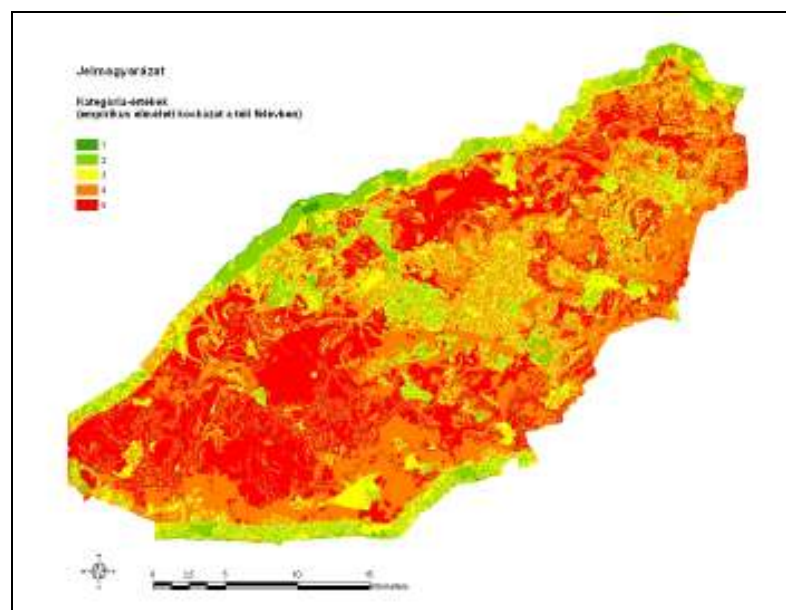
A domborzati tényező a keletkező belvíz összegyülekezési helyszíneit definiálja, így súlyértéke megegyezik a kiváltó tényezők súlyértékével.

A felszíni vízfolyásoknak és csatornáknak a belvízfoltok kialakulására gyakorolt hatását jelentősnek ítéltam, ezért a kiváltó tényezőknél magasabb, 1,5-es súlyértéket alkalmaztam.

Az eredményként kapott indexeket a *Jenks*-féle módszerrel osztályoztam és besoroltam a veszélyeztetettség mértéke szerint az alábbi kategóriákba:

- 1: nem veszélyeztetett
- 2: mérsékelten veszélyeztetett
- 3: közepesen veszélyeztetett
- 4: veszélyeztetett
- 5: erősen veszélyeztetett

A vizsgálati terület empirikus elméleti kockázati térképét (30. és 31. ábra), valamint a településenként kifejezett statisztikai értékeket (14. és 15. táblázat) az alábbiakban közlöm.



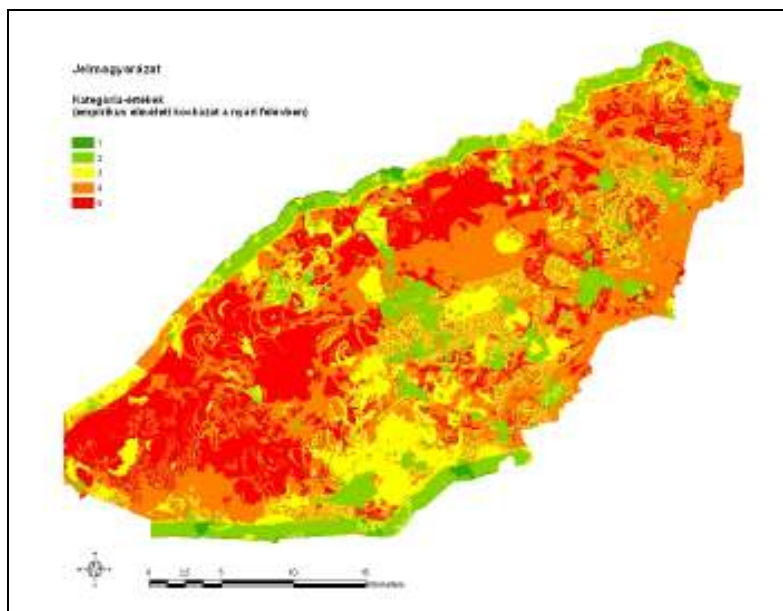
30. ábra A Bihari sík belvíz-veszélyességi térképe a téli félévben előforduló belvizek esetén
empirikus elméleti kockázatbecslés alapján

14. táblázat

Településnév / Veszélyességi kategória	1		2		3		4		5	
	Terület (ha)	Arány a telepü- lés terüle- téből (%)	Terület (ha)	Arány a telepü- lés terüle- téből (%)	Terület (ha)	Arány a telepü- lés terüle- téből (%)	Terület (ha)	Arány a telepü- lés terüle- téből (%)	Terület (ha)	Arány a telepü- lés terüle- téből (%)
Ártánd	0,0	0,0	95,4	4,9	305,9	15,6	1 209,9	61,5	354,8	18,0
Bakonszeg	127,4	24,1	296,0	56,0	82,0	15,5	23,1	4,4	0,0	0,0
Bedő	0,0	0,0	52,4	5,1	291,3	28,5	461,2	45,1	217,5	21,3
Berekböszörmény	0,0	0,0	277,9	6,5	735,1	17,2	2 301,8	53,9	953,7	22,3
Berettyóújfalu	72,2	1,3	815,9	14,8	1 272,2	23,1	1 680,7	30,5	1 668,1	30,3
Biharkeresztes	0,0	0,0	213,8	4,3	1 156,2	23,5	2 669,3	54,2	883,4	17,9
Bojt	0,0	0,0	83,0	3,1	488,9	18,2	1 339,4	49,9	772,7	28,8
Csökmő	0,0	0,0	351,0	5,1	855,6	12,3	2 468,0	35,6	3 259,2	47,0
Darvas	0,0	0,0	154,1	5,2	524,9	17,8	985,8	33,4	1 289,4	43,6
Esztár	4,8	1,1	185,4	41,6	117,8	26,4	88,6	19,9	49,4	11,1
Furta	0,0	0,0	212,4	5,0	870,0	20,3	1 582,7	36,9	1 619,8	37,8
Gáborján	4,2	0,6	94,7	14,3	349,0	52,6	159,5	24,1	55,5	8,4
Hencida	6,7	0,4	269,9	14,9	498,0	27,4	628,2	34,6	413,7	22,8
Kismarja	22,7	0,6	596,8	14,8	920,9	22,8	1 704,7	42,2	793,9	19,7
Komádi	28,0	0,2	821,7	7,0	1 620,8	13,8	4 217,4	36,0	5 029,5	42,9
Körösszakál	21,3	2,0	258,1	23,8	196,6	18,2	390,0	36,0	216,6	20,0
Körösszegapáti	0,0	0,0	305,7	6,6	929,0	20,2	2 132,2	46,4	1 230,6	26,8
Magyarhomorog	0,1	0,0	188,8	4,8	508,7	12,9	2 386,0	60,6	854,0	21,7
Mezőpeterd	0,0	0,0	0,0	0,0	576,1	31,6	1 069,6	58,8	174,6	9,6
Mezősas	0,0	0,0	648,3	24,6	928,1	35,2	958,9	36,4	102,3	3,9
Nagykereki	0,0	0,0	162,6	4,4	869,4	23,4	2 233,9	60,1	452,1	12,2
Pocsaj	3,9	3,8	54,6	53,2	33,2	32,4	9,1	8,9	1,8	1,8
Szeghalom	2,2	0,4	135,8	25,0	166,3	30,7	144,9	26,7	93,2	17,2
Szentpéterszeg	1,8	3,2	35,7	62,8	19,4	34,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Told	0,0	0,0	62,3	4,1	683,0	45,4	740,2	49,2	18,6	1,2
Újiráz	4,0	0,3	164,6	10,5	251,5	16,1	772,4	49,4	369,9	23,7
Váncsod	8,2	0,2	285,1	8,4	641,7	19,0	1 083,3	32,1	1 356,8	40,2
Vekerd	0,0	0,0	8,6	1,2	80,0	10,8	282,8	38,3	367,5	49,7
Zsáka	38,1	0,5	1 351,0	18,2	1 555,2	21,0	1 837,0	24,8	2 623,9	35,4

A térkép és a táblázat adataiból látható, hogy a téli félévben kialakuló belvizek által erősen veszélyeztetett területek a települések összterületére vetített aránya átlagosan 21,9%, míg a veszélyeztetett kategóriában ugyanez az arány 37,6%. Ez azt jelenti, hogy a vizsgálati terület településein átlagosan, a területük közel 60%-án nagy a valószínűsége a téli félévi belvíz kialakulásának.

A vizsgálati területen található települések közül ki kell emelni Csökmő, Darvas, Komádi, Váncsod, Vekerd településeket, ahol az erősen veszélyeztetett területek részaránya önmagában is meghaladja a 40%-ot. Az erősen veszélyeztetett és veszélyeztetett kategóriák összevont területi értékei szerint Csökmő, Magyarhomorog és Vekerd településeken több, mint 80%-os a területi részarány!



31. ábra A Bihari sík belvíz-veszélyességi térképe a nyári félévben előforduló belvizek esetén empirikus elméleti kockázatbecslés alapján

15. táblázat

Településnév / Veszélyességi kategória	1		2		3		4		5	
	Terület (ha)	Arány a telepü- lés terüle- téből (%)	Terület (ha)	Arány a telepü- lés terüle- téből (%)	Terület (ha)	Arány a telepü- lés terüle- téből (%)	Terület (ha)	Arány a telepü- lés terüle- téből (%)	Terület (ha)	Arány a telepü- lés terüle- téből (%)
Ártánd	0,1	0,0	226,7	11,5	152,9	7,8	1 408,4	71,6	177,7	9,0
Bakonszeg	77,6	14,7	305,1	57,7	56,8	10,7	82,4	15,6	6,5	1,2
Bedő	0,0	0,0	108,6	10,6	221,1	21,6	486,5	47,6	206,2	20,2
Berekböszörmény	0,0	0,0	587,7	13,8	1 037,2	24,3	2 209,4	51,8	434,1	10,2
Berettyóújfalu	132,4	2,4	661,8	12,0	783,7	14,2	1 972,4	35,8	1 958,8	35,6
Biharkeresztes	0,0	0,0	567,3	11,5	789,3	16,0	2 664,0	54,1	902,0	18,3
Bojt	0,0	0,0	191,2	7,1	373,4	13,9	1 472,9	54,9	646,6	24,1
Csökmő	0,0	0,0	136,6	2,0	1 127,5	16,3	2 084,1	30,1	3 585,7	51,7
Darvas	0,0	0,0	41,2	1,4	355,6	12,0	978,8	33,1	1 578,4	53,4
Esztár	6,8	1,5	227,4	51,0	100,3	22,5	71,1	15,9	40,3	9,0
Furta	0,0	0,0	213,2	5,0	748,5	17,5	1 654,0	38,6	1 669,1	39,0
Gáborján	4,8	0,7	129,2	19,5	317,5	47,9	164,9	24,9	46,6	7,0
Hencida	7,8	0,4	487,4	26,8	388,3	21,4	617,1	34,0	315,7	17,4
Kismarja	70,7	1,8	763,0	18,9	583,9	14,5	1 709,8	42,3	911,6	22,6
Komádi	88,6	0,8	1 931,8	16,5	2 338,4	20,0	3 949,4	33,7	3 409,1	29,1
Körösszakál	136,2	12,6	320,9	29,6	355,6	32,8	211,9	19,6	58,1	5,4
Körösszegapáti	0,1	0,0	736,4	16,0	1 597,0	34,7	1 872,7	40,7	391,3	8,5
Magyarhomorog	0,4	0,0	537,8	13,7	2 450,0	62,2	815,8	20,7	133,5	3,4
Mezőpeterd	0,0	0,0	0,0	0,0	232,2	12,8	1 364,2	74,9	223,8	12,3
Mezősas	0,0	0,0	1 234,3	46,8	639,8	24,3	718,5	27,2	45,0	1,7
Nagykeréki	0,3	0,0	379,5	10,2	566,9	15,2	2 473,2	66,5	298,1	8,0
Pocsaj	4,1	4,0	69,4	67,6	19,8	19,3	9,3	9,0	0,1	0,1
Szeghalom	10,8	2,0	239,6	44,2	39,3	7,2	156,4	28,8	96,4	17,8
Szentpéterszeg	2,3	4,0	38,9	68,4	15,7	27,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Told	0,0	0,0	115,6	7,7	802,8	53,4	571,4	38,0	14,2	0,9
Újiráz	69,6	4,5	163,3	10,5	165,2	10,6	848,0	54,3	316,2	20,2
Váncsod	13,8	0,4	442,7	13,1	326,7	9,7	1 199,5	35,5	1 392,5	41,3
Vekerd	0,0	0,0	3,6	0,5	84,4	11,4	205,8	27,9	445,1	60,2
Zsáka	22,6	0,3	984,2	13,3	1 258,4	17,0	1 860,4	25,1	3 279,6	44,3

A térkép és a táblázat adataiból látható, hogy a nyári félévben kialakuló belvizek által erősen veszélyeztetett területek településenkénti átlagos részaránya kisebb, mint a téli félévi belvizek esetében (19,7%); de kiemelkedően magas (nagyobb, mint 40%) Csökmő, Darvas, Váncsod, Vekerd, Zsáka települések esetében. Az erősen veszélyeztetett és veszélyeztetett osztályok összevont területei részarány-értékei szerint összesen 5 település esetében nagyobb az érték 80%-nál: Ártánd, Csökmő, Darvas, Mezőpeterd, Vekerd.

A téli és nyári félévi belvíz-veszélyességek összesített területi rajzolatát vizsgálva megállapítható, hogy a vizsgálati területen jelentős mértékben fedik egymást a két eltérő félévben kimutatott, nagymértékben veszélyeztetett területek. Az alábbi települések esetében

lehet megállapítani, hogy mind a két félévben nagy a belvizek bekövetkezésének valószínűsége: Csökmő, Darvas, Váncsod, Vekerd.

Az empirikus elméleti kockázatbecslés módszerének validálására a többváltozós főkomponens-analízist és a többváltozós lineáris regresszió-analízist végeztem el, ahol referenciafedvényként a tényleges belvízi elöntések területi kiterjedését hordozó vízügyi szakigazgatási réteget használtam. A főkomponens-analízis eredményeit a 16-18. táblázatok tartalmazzák, ahol az input fedvények jelentik a jelenséget kiváltó és befolyásoló tényezőket (1-7), és a referenciafedvényt (8.)

16. táblázat: A kovariancia mátrix

Fedvény	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,13334	0,00571	-0,00436	0,01178	-0,00317	-0,01056	-0,00084	0,0006
2	0,00571	0,81977	0,03498	0,02409	0,02602	-0,00098	0,01073	0,00267
3	-0,00436	0,03498	0,33999	0,00402	-0,00772	0,0574	-0,03935	0,00025
4	0,01178	0,02409	0,00402	0,62768	0,00013	0,2023	0,10662	-0,00264
5	-0,00317	0,02602	-0,00772	0,00013	0,14028	-0,08705	0,00933	-0,00087
6	-0,01056	-0,00098	0,0574	0,2023	-0,08705	0,73091	0,02857	0,0007
7	-0,00084	0,01073	-0,03935	0,10662	0,00933	0,02857	0,30788	-0,01659
8	0,0006	0,00267	0,00025	-0,00264	-0,00087	0,0007	-0,01659	0,13721

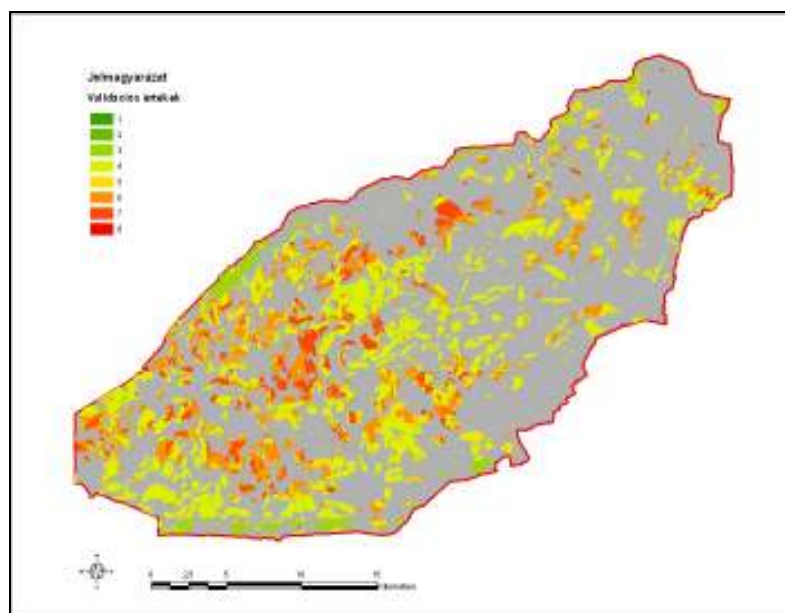
17. táblázat: A korrelációs mátrix

Fedvény	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	0,01728	-0,02047	0,04072	-0,02321	-0,03382	-0,00414	0,00443
2	0,01728	1	0,06626	0,03359	0,07672	-0,00126	0,02135	0,00797
3	-0,02047	0,06626	1	0,00871	-0,03533	0,11515	-0,12164	0,00116
4	0,04072	0,03359	0,00871	1	0,00043	0,29868	0,24253	-0,00901
5	-0,02321	0,07672	-0,03533	0,00043	1	-0,27187	0,04491	-0,00628
6	-0,03382	-0,00126	0,11515	0,29868	-0,27187	1	0,06023	0,00221
7	-0,00414	0,02135	-0,12164	0,24253	0,04491	0,06023	1	-0,08073
8	0,00443	0,00797	0,00116	-0,00901	-0,00628	0,00221	-0,08073	1

18. táblázat: A sajátértékek és sajátvektorok

	Fedvény	1	2	3	4	5	6	7	8
Sajátértékek		0.91282	0.82178	0.51332	0.33800	0.25864	0.13549	0.13524	0.12175
Sajátvektorok	1	-0,00013	0,00918	0,03732	0,00943	-0,04805	0,61877	-0,63212	0,46224
	2	0,17339	0,97976	-0,05041	-0,07193	-0,03282	0,00112	-0,01061	-0,0333
	3	0,08215	0,04923	-0,26338	0,85516	0,43479	0,03327	-0,00188	0,00095
	4	0,60447	-0,06097	0,69206	0,28818	-0,25317	-0,02082	-0,00526	-0,06601
	5	-0,07845	0,05897	0,14105	0,04541	0,02774	-0,31247	0,3377	0,86946
	6	0,75654	-0,17418	-0,56015	-0,23791	0,00805	-0,03718	0,03723	0,15529
	7	0,13888	-0,00473	0,33708	-0,34806	0,85453	0,11478	0,04279	-0,02629
	8	-0,00364	0,00395	-0,02158	0,02408	-0,11146	0,70949	0,695	-0,00975

Az eredményekből szerkesztett 32. ábra megmutatja az egyes térrészletekben együttesen előforduló tényezők számát.



32. ábra Az empirikus elméleti kockázatbecslés validációjának ábrázolása a Bihari sík területén

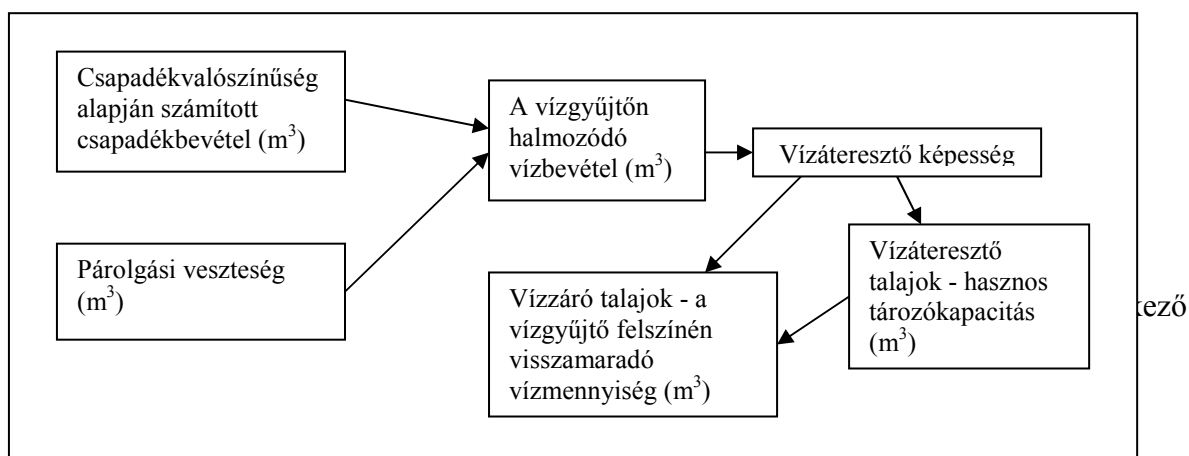
A többváltozós lineáris regresszióanalízis eredményeit a 19. táblázat tartalmazza.

19. táblázat

	Referencia	1	2	3	4	5	6	7
Cellaszám	2 756 167	2 756 167	2 756 167	2 756 167	2 756 167	2 756 167	2 756 167	2 756 167
Átlag	0,962	4,4943	1,6571	3,2672	2,967	2,9722	4,4344	4,4014
Minimum	0	1	1	0	1	1	1	1
Maximum	5	5	5	5	5	5	5	5
Szórásnégyzet	0,8208	0,5006	0,7279	0,6308	0,3195	1,1672	0,7626	1,2189
Variancia	0,6737	0,2506	0,5298	0,3979	0,1021	1,3624	0,5816	1,4856
Összeg	2 651 548	12 387 103	4 567 267	9 004 913	8 177 463	8 191 937	12 221 993	12 131 118
Medián	1	4	2	3	3	2	5	5

Mennyiségszámítás alapú kockázatbecslés

A téli és nyári félév során keletkező belvíz mennyiségének meghatározására ki kell számítanunk a vízgyűjtő terület alapú vízmérlegét. A számítás folyamatát a 33. és 35. ábra szemlélteti.



33. ábra A vizsgálati terület vízmérleg-számítási folyamata a téli félév során bekövetkező eseményekre

A téli félév során keletkező csapadékmennyiség értékét a fentiekben ismertetett módon határoztam meg, majd megfeleltettem a felbontott térrészekhez m^3 értékben. Számításaim szerint a vizsgálati terület egészén a téli félév során átlagosan $1.121.931 \text{ m}^3$ csapadékbevitel keletkezik.

A téli félévben csak párolgási veszteséggel számoltunk, aminek értékeit a fentiekben ismertetett módon számítottam ki és kapcsoltam térrészekhez. Számításaim szerint a vizsgálati terület egészén a téli félév során átlagosan 195.461 m^3 párolgási veszteséggel kell számolni.

A csapadékbevitel és a párolgási veszteség különbségéből adódó halmozott vízbevitel értéke 926.470 m^3 , amely megosztva keletkezik a vízzáró és a vízáteresztő talajborítású felszíneken. A vízáteresztő talajok esetében a víztöbblet elszivárog, amennyiben a talaj szabadföldi tározókapacitása lehetővé teszi. Kimutattam, hogy a vizsgálati területen a vízáteresztő talajok tározókapacitása maradéktalanul képes a víztöbblet befogadására. A számítás alapja a talajvíztükör és a talajszelvény-vastagsága közötti talajréteg befogadóképességének abszolút értékben kifejezett értéke volt.

A vízzáró talajokon összesen 337.878 m^3 vízmennyiség visszamaradásával számoltam. Ez a vízmennyiség a felszínen megjelenő belvíz, melynek megszűnése csak fokozatosan, a napi elszivárgás és a párolgás mértékének megfelelően következik be. A belvizes időszak tartamának számszerűsítésére minden térrészleten bekövetkező napi párolgási és (a mértékadó szivárgási tényezőtől számított) szivárgási veszteséget abszolút értékben fejeztem ki, majd a fennmaradó belvíz mennyiségét elosztottam a napi veszteség mennyiségével. Az így kapott eredmény megadja a belvíz előfordulásának átlagos időtartamát naptári napokban kifejezve a téli félév során (34. ábra, 20. táblázat). A belvízi kockázat mértékét a belvíz előfordulásának időtartama (naptári napok száma) alapján határoztam meg az alábbi beosztás szerint:

0: nem keletkezik tartós belvízi elöntés

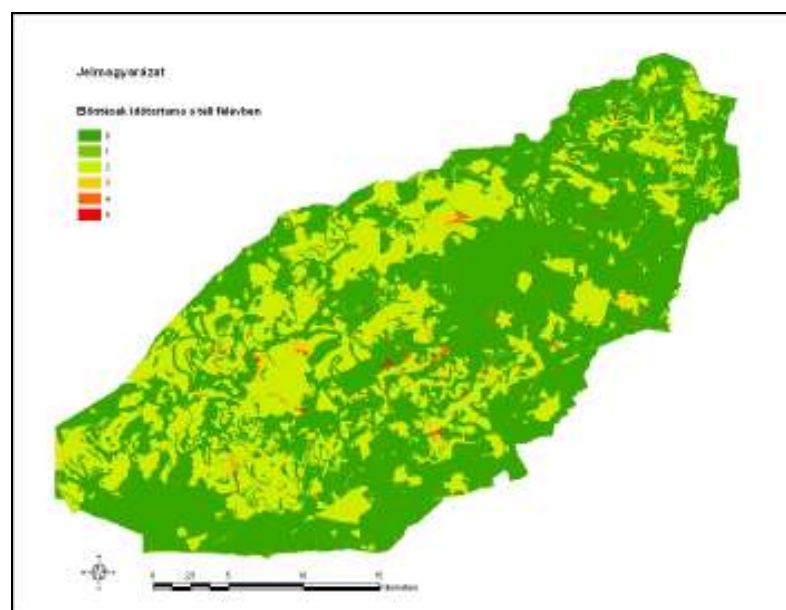
1: 0 - 11

2: 11 - 37

3: 37 - 61

4: 61 - 93

5: 93 - 120



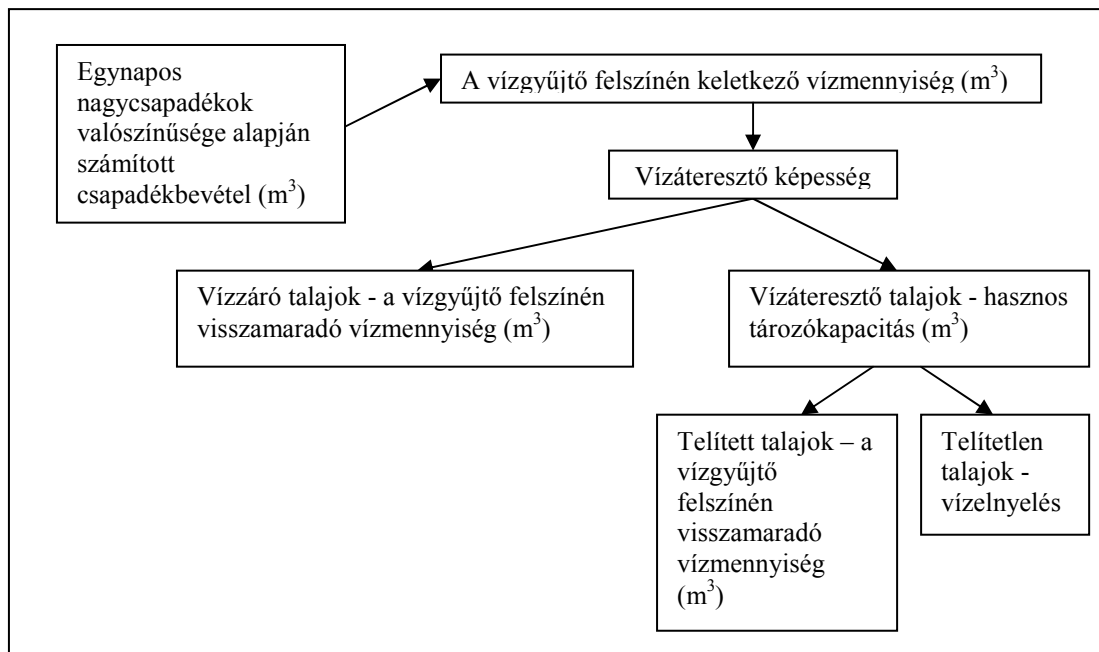
34. ábra A Bihari sík belvíz-veszélyességi térképe a téli félévben előforduló belvizek esetén
 mennyiségyszámítás alapú kockázatbecslés alapján

20. táblázat

Településnév / Veszélyességi kategória	1		2		3		4		5	
	Terület (ha)	Arány a telepü- lés terüle- téből (%)	Terület (ha)	Arány a telepü- lés terüle- téből (%)	Terület (ha)	Arány a telepü- lés terüle- téből (%)	Terület (ha)	Arány a telepü- lés terüle- téből (%)	Terület (ha)	Arány a telepü- lés terüle- téből (%)
Ártánd	4,5	0,2	197,5	10,0	35,7	1,8	16,2	0,8	0,0	0,0
Bakonszeg	0,0	0,0	128,2	24,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bedő	1,6	0,2	109,6	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,2
Berekböszörmény	11,7	0,3	1 027,3	24,1	70,9	1,7	24,5	0,6	2,5	0,1
Berettyóújfalu	8,4	0,2	2 688,8	48,8	45,7	0,8	19,4	0,4	0,1	0,0
Biharkeresztes	10,3	0,2	1 139,0	23,1	36,1	0,7	2,5	0,0	4,1	0,1
Bojt	13,9	0,5	549,3	20,5	9,6	0,4	5,8	0,2	7,5	0,3
Csökmő	23,6	0,3	2 640,9	38,1	1,6	0,0	10,2	0,1	3,3	0,0
Darvas	17,9	0,6	1 753,8	59,4	1,5	0,1	0,0	0,0	0,9	0,0
Esztár	0,0	0,0	149,0	33,4	1,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Furta	20,4	0,5	2 001,8	46,7	39,3	0,9	0,2	0,0	19,7	0,5
Gáborján	0,1	0,0	19,9	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hencida	0,2	0,0	398,6	21,9	22,2	1,2	5,2	0,3	0,2	0,0
Kismarja	3,1	0,1	1 424,0	35,3	11,2	0,3	5,8	0,1	4,8	0,1
Komádi	26,0	0,2	4 397,6	37,5	60,4	0,5	17,0	0,1	4,3	0,0
Körösszakál	2,1	0,2	337,7	31,2	19,9	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Körösszegapáti	12,4	0,3	1 333,3	29,0	65,4	1,4	38,1	0,8	11,5	0,3
Magyarhomorog	9,5	0,2	640,1	16,3	15,8	0,4	4,3	0,1	6,7	0,2
Mezőpeterd	2,1	0,1	193,8	10,6	20,7	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Mezősas	8,1	0,3	1 168,3	44,3	84,2	3,2	40,3	1,5	19,8	0,7
Nagykerek	1,4	0,0	776,4	20,9	14,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Pocsaj	0,1	0,1	2,5	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	2,7
Szeghalom	1,5	0,3	140,4	25,9	8,7	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Szentpéterszeg	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Told	0,8	0,1	141,3	9,4	3,0	0,2	20,5	1,4	0,0	0,0
Újiráz	4,2	0,3	378,2	24,2	24,1	1,5	12,9	0,8	0,0	0,0
Váncsod	22,8	0,7	1 388,1	41,1	10,5	0,3	31,0	0,9	0,0	0,0
Vekerd	7,0	0,9	306,9	41,5	38,9	5,3	7,2	1,0	13,2	1,8
Zsáka	14,8	0,2	3 912,8	52,8	58,3	0,8	22,0	0,3	15,9	0,2

Megállapítható, hogy a téli félév során a települések területének 28,9%-át veszélyeztetik tartós belvizek, melyek időtartama 11 és 61 nap között a legvalószínűbb. A vízmérleg-számítási módszerrel kimutatott eredmények szerint 13 település területének legalább 30%-át érinti a tartós belvíz előfordulása, ezek közül Berettyóújfalu, Darvas, Mezősas, Vekerd és Zsáka esetében az arány több, mint 50%!

Az extrém hosszú időtartamú (több, mint 61 nap) belvizek előfordulása minden település területe esetében 2% alatt marad, tehát megállapítható, hogy a jelenség előfordul ugyan, de nem számít dominánsnak.



35. ábra A vizsgálati terület vízmérleg-számítási folyamata a nyári félév során bekövetkező eseményekre

A nyári félévben bekövetkező belvívelöntések mennyiségének kiszámításának alapja az egynapos nagycsapadékok – térrészletekhez rendelt – átlagértékeinek meghatározása volt. Számításaim szerint a Bihari síkon átlagosan 166.343 m^3 nagycsapadékból származó bevétellel kell számolni. A vízbevétel elsődleges veszteségeként az elszivárgást számítottuk ki; a vízbefogadás mértékét a talajok telítettsége határozza meg, ezért kifejeztem a vízáteresztő talajok vízbefogadó képességét (a teljes vizsgálati területre: $4.795.344 \text{ m}^3$), majd minden érintett térrészletre egyenleget képeztem a vízbevétel és az elszivárgás mennyiségéből. Megállapítom, hogy a vízáteresztő talajok esetében a teljes csapadékbevitel azonnali elszivárgását a talaj vízbefogadó-képessége lehetővé teszi, vagyis ezeken a térrészeken nem kell felszínen megjelenő belvízre számítani. Itt meg kell jegyezni, hogy nem számoltam a felszínre érkező víz horizontális elmozdulásával, mivel az intenzív vízbevétel rendkívül hamar megy végbe, így a víz lefolyása csak a vízzáró talajok esetében tekinthető befolyásoló tényezőnek.

A vízzáró talajok esetében a csapadékbevitel azonnali elszivárgását meggátolja a talajok alacsony szivárgási tényezője, így ezeken a térrészeken felszíni vízfelhalmozódás történik,

melynek mértéke számításaim szerint 130.315 m^3 . Meghatároztam az egy napra eső párolgási és elszivárgási veszteségek abszolút értékét, amelyek segítségével kiszámítottam a nyári félév során kialakuló belvízi elöntések mértékét és időtartamát (36. ábra, 21. táblázat). A belvízi kockázat mértékét a belvíz előfordulásának időtartama (naptári napok száma) alapján határoztam meg az alábbi beosztás szerint:

0: nem keletkezik tartós belvízi elöntés

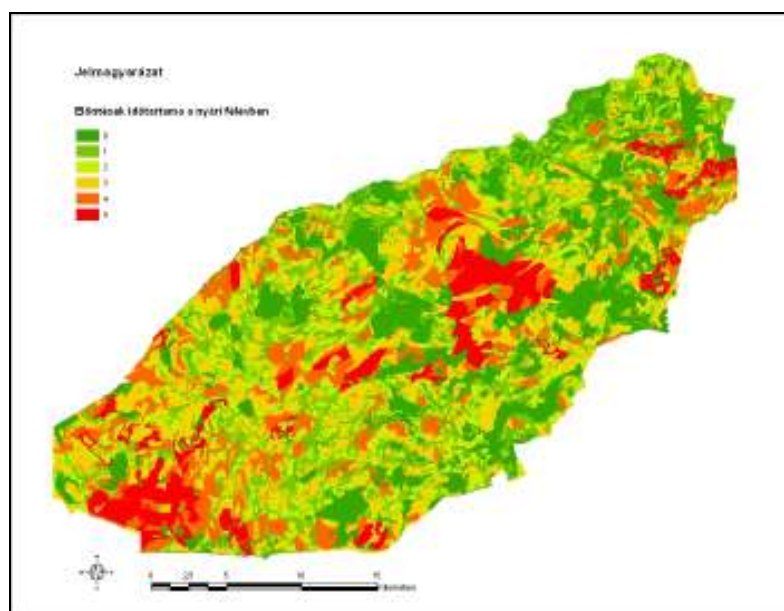
1: 1 - 5

2: 5 - 9

3: 9 - 16

4: 16 - 27

5: 27 - 57



36. ábra A Bihari sík belvíz-veszélyességi térképe a nyári félévben előforduló belvizek esetén mennyiségsszámítás alapú kockázatbecslés alapján

21. táblázat

Településnév / Veszélyességi kategória	1		2		3		4		5	
	Terület (ha)	Arány a telepü- lés terüle- téből (%)	Terület (ha)	Arány a telepü- lés terüle- téből (%)	Terület (ha)	Arány a telepü- lés terüle- téből (%)	Terület (ha)	Arány a telepü- lés terüle- téből (%)	Terület (ha)	Arány a telepü- lés terüle- téből (%)
Ártánd	188,4	9,6	352,2	17,9	256,0	13,0	41,6	2,1	234,7	11,9
Bakonszeg	127,1	24,1	70,4	13,3	86,6	16,4	84,6	16,0	2,6	0,5
Bedő	242,0	23,7	95,0	9,3	187,6	18,3	156,8	15,3	0,0	0,0
Berekböszörmény	1 088,6	25,5	834,4	19,5	590,5	13,8	334,8	7,8	106,8	2,5

Berettyóújfalu	1 238,6	22,5	743,3	13,5	1 013,0	18,4	980,4	17,8	375,0	6,8
Biharkeresztes	511,1	10,4	851,6	17,3	987,4	20,1	467,3	9,5	480,3	9,8
Bojt	666,8	24,8	471,1	17,6	521,1	19,4	11,4	0,4	0,0	0,0
Csökmő	805,0	11,6	978,3	14,1	1 291,8	18,6	1 189,6	17,2	2 004,6	28,9
Darvas	503,0	17,0	689,5	23,3	815,4	27,6	571,7	19,4	144,4	4,9
Esztár	91,4	20,5	109,3	24,5	135,3	30,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Furta	968,7	22,6	939,1	21,9	804,3	18,8	684,8	16,0	433,2	10,1
Gáborján	241,0	36,4	98,9	14,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hencida	711,2	39,2	167,7	9,2	104,8	5,8	100,7	5,5	0,0	0,0
Kismarja	991,9	24,6	678,7	16,8	480,8	11,9	197,2	4,9	282,4	7,0
Komádi	3 099,8	26,5	2 376,7	20,3	2 115,7	18,1	2 000,2	17,1	751,5	6,4
Körösszakál	252,3	23,3	302,0	27,9	164,6	15,2	35,6	3,3	0,0	0,0
Körösszegapáti	869,7	18,9	973,5	21,2	585,0	12,7	304,1	6,6	555,6	12,1
Magyarhomorog	1 073,6	27,3	840,0	21,3	820,8	20,8	379,2	9,6	51,8	1,3
Mezőpeterd	92,3	5,1	130,9	7,2	252,4	13,9	153,2	8,4	854,2	46,9
Mezősas	377,4	14,3	190,4	7,2	347,2	13,2	172,2	6,5	76,2	2,9
Nagykerek	633,1	17,0	422,2	11,4	575,4	15,5	795,3	21,4	520,1	14,0
Pocsaj	51,4	50,0	36,4	35,4	0,8	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Szeghalom	40,6	7,5	97,7	18,0	144,2	26,6	158,6	29,2	74,7	13,8
Szentpéterszeg	49,4	86,7	2,7	4,8	2,6	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Told	94,0	6,2	116,9	7,8	296,4	19,7	415,1	27,6	341,6	22,7
Újiráz	150,6	9,6	132,6	8,5	105,1	6,7	660,1	42,3	372,1	23,8
Váncsod	762,7	22,6	728,3	21,6	533,8	15,8	595,7	17,6	28,7	0,8
Vekerd	225,7	30,5	271,4	36,7	157,8	21,4	11,2	1,5	0,0	0,0
Zsáka	2 001,3	27,0	1 386,1	18,7	1 431,0	19,3	1 303,0	17,6	234,2	3,2

A nyári félévben kialakuló belvizekről elmondható, hogy időtartamuk jelentősen rövidebb, mint a téli félévben kialakuló belvizeké, melynek oka részben genetikai, részben klimatikai eredetű. Megállapítható, hogy a nyári félév során a települések területének 76,3%-át veszélyeztetik rövidebb-hosszabb időszakban belvizek, melyek időtartama 1 és 27 nap között a legvalószínűbb. A vízmérleg-számítási módszerrel kimutatott eredmények szerint 13 település területének legalább 80%-át érinti a belvíz előfordulása (Csökmő, Darvas, Furta, Komádi, Magyarhomorog, Mezőpeterd, Pocsaj, Szeghalom, Szentpéterszeg, Told, Újiráz, Vekerd, Zsáka), ezek közül Csökmő, Darvas, Szeghalom, Szentpéterszeg, Újiráz és Vekerd esetében az arány több, mint 90%!

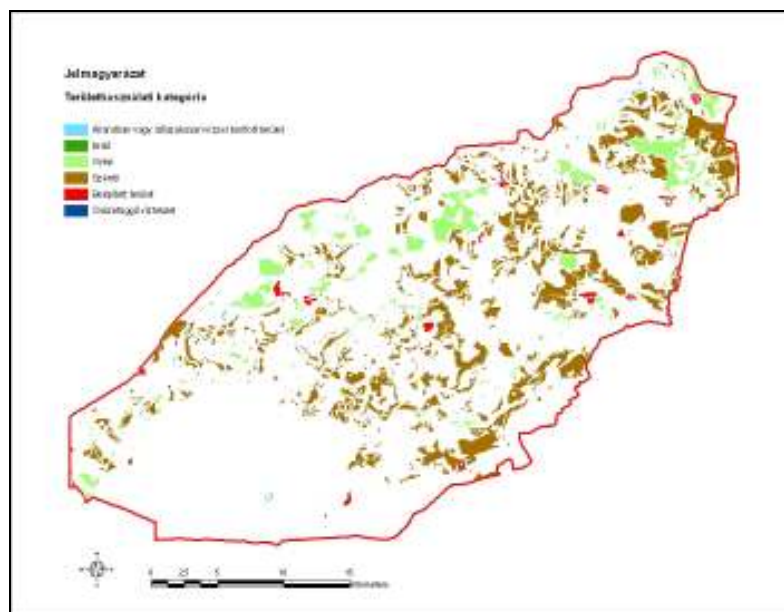
Az extrém hosszú időtartamú (több, mint 27 nap) belvizek előfordulása több település esetében magas veszélyt jelent; Mezőpeterd területének 46,9%-a, Csökmő területének 28,9%-a, Újiráz területének 23,8%-a és Told területének 22,7%-a esik ebbe a kategóriába.

Területhasználati stabilitásvizsgálat eredményei

A történelmi térképek kiértékelésével nyert területi statisztikai értékek (xxxx. Táblázat) alapján az alábbi megállapításokat tehetjük:

- A vízrendezési munkálatokat követően a vizsgálati terület erdőborítottsága kevesebb, mint felére csökkent, amit a területek szántóföldi művelésbe vonásával magyarázok; az érték napjainkra visszaállt a kétszáz évvel korábbi állapotnak megfelelően.
- Az időszakosan, vagy állandóan vízzel borított területek (mocsarak) a vízrendezés előtti állapotokhoz képest jelentősen növekedtek, aminek okaira nem sikerült egyértelmű magyarázatot adni. A legvalószínűbb feltételezés, hogy az adatfelvételezés időszaka csapadékosabb volt, ami következőképp nagyobb vízborítottságot eredményezett. Napjainkra ez a kategória arányaiban már csekély területet foglal el.
- A szántóterületek intenzív növekedése különösen szembetűnő; meghatározó a vízzel állandóan, vagy időszakosan elöntött területek rovására történt növekedés, amit a későbbiekben részletesen ismertetek.
- A vizsgálati terület szőlőtermesztés szempontjából a történelmi időkben sem játszott markáns szerepet, amit a művelési ág adatsorából is láthatunk.
- A beépített területek fokozatos növekedését a népesség növekedésével párhuzamos településtörténeti jelenségként értelmeztem.
- A gyepterületek esetében nem következett be nagyságrendi változás a vízrendezési munkálatok előtti és utáni időszakok között. Napjainkra jelentős területi visszaesést állapítottam meg, amit egyértelműen az intenzív mezőgazdaság hatásának tartok.
- Az összefüggő vízfelszínek fokozatos növekedését a mesterséges víztározók és a belvízi csatornahálózat kialakításával magyarázhatjuk.

Területhasználat szempontjából abszolút stabilnak tekintetem azokat a területeket, amelyek mindhárom adatfelvételi időpontban azonos földhasználati kategóriába tartoztak. A 37. ábra és a 22. táblázat kizárólag ezeket a területeket tartalmazza.



37. ábra A vizsgálati mintaterület földhasználati stabilitás-térképe

22. táblázat

Területhasználati kategória / A stabil területhasználat értékei	Területe (ha)	Aránya a jelenlegi összterületből (%)	Legnagyobb területfoglalási index (%)
Erdő	19	0,57	100
Időszakos, vagy állandó vízborítás	90	9,29	3
Szántó	11.318	17,66	100
Szőlő	0	0,00	0
Beépített terület	398	12,88	100
Gyep	3.483	17,55	73
Összefüggő vízfelszín	64	5,87	100
Összesen (ha)	15.372	16,64	

Megállapítom, hogy a vizsgálati mintaterület 17,7%-án nevezhető abszolút stabilnak a területhasználat. Stabilitás szempontjából kiemelkedő értékeket a szántóterületek, a gyepterületek, valamint a beépített területek kategóriái mutatnak. Extrémén alacsonyak azonban az erdőterületek és az időszakosan, vagy állandóan vízzel borított területek jellemzői. A területi részarány mellett kifejeztem a legnagyobb területfoglalási index értékeit is, ami a vizsgált időpontokban elfoglalt, mindenkor legnagyobb területhez mért jelenlegi arány.

A területhasználati stabilitás értékeinek településenkénti megoszlását a 23. táblázat tartalmazza.

23. táblázat

Település-név	Elöntött terület		Erdő		Gyep		Összefüggő vízfelszín		Szántó		Beépített terület	
	Terület (ha)	Arány a település területéből (%)	Terület (ha)	Arány a település területéből (%)	Terület (ha)	Arány a település területéből (%)	Terület (ha)	Arány a település területéből (%)	Terület (ha)	Arány a település területéből (%)	Terület (ha)	Arány a település területéből (%)
Ártánd	0,0	0,0	0,0	0,0	8,7	0,4	0,0	0,0	444,9	22,6	16,9	0,9
Bakonszeg	0,0	0,0	0,0	0,0	51,4	9,7	4,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Bedő	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	0,6	0,0	0,0	218,9	21,4	17,1	1,7
Berekbő-szörmény	0,0	0,0	0,0	0,0	40,2	0,9	0,0	0,0	733,2	17,2	0,0	0,0
Berettyó-újfalú	1,3	0,0	0,0	0,0	569,4	10,3	7,5	0,1	544,1	9,9	0,0	0,0
Biharke-resztes	0,0	0,0	0,0	0,0	178,6	3,6	0,0	0,0	1 065,1	21,6	50,5	1,0
Bojt	0,0	0,0	0,0	0,0	203,8	7,6	0,0	0,0	254,0	9,5	24,6	0,9
Csökmő	0,0	0,0	0,0	0,0	153,8	2,2	0,0	0,0	293,2	4,2	8,6	0,1
Darvas	5,0	0,2	0,0	0,0	14,2	0,5	0,0	0,0	350,8	11,9	3,2	0,1
Esztár	4,9	1,1	2,4	0,5	25,9	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Furta	2,6	0,1	0,0	0,0	214,0	5,0	0,0	0,0	315,0	7,4	31,0	0,7
Gáborján	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	31,8	4,8	0,0	0,0
Hencida	0,0	0,0	1,9	0,1	27,1	1,5	1,4	0,1	153,2	8,4	0,0	0,0
Kismarja	33,8	0,8	8,4	0,2	609,4	15,1	1,5	0,0	881,6	21,8	29,5	0,7
Komádi	15,7	0,1	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	353,4	3,0	25,2	0,2
Körössza-kál	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	301,4	27,8	19,6	1,8
Körös-szegapáti	0,4	0,0	2,2	0,0	35,1	0,8	0,0	0,0	904,3	19,7	1,9	0,0
Magyar-homorog	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	0,1	0,0	0,0	625,1	15,9	0,0	0,0
Mezőpe-terd	0,0	0,0	0,0	0,0	124,4	6,8	0,0	0,0	316,7	17,4	15,3	0,8
Mezősas	3,1	0,1	0,0	0,0	38,9	1,5	0,0	0,0	495,2	18,8	37,0	1,4
Nagykere-ki	0,0	0,0	0,0	0,0	311,7	8,4	0,0	0,0	819,7	22,0	29,7	0,8
Pocsaj	0,0	0,0	4,7	4,6	0,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Szegha-lom	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	1,0	0,0	0,0	8,6	1,6	0,0	0,0
Szentpé-terszeg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Told	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	115,4	7,7	0,0	0,0
Újiráz	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Váncsod	4,2	0,1	0,0	0,0	177,5	5,3	3,1	0,1	745,9	22,1	35,9	1,1
Vekerd	0,0	0,0	0,0	0,0	34,7	4,7	0,0	0,0	62,6	8,5	0,0	0,0
Zsáka	19,0	0,3	0,0	0,0	507,9	6,9	1,7	0,0	478,5	6,5	52,3	0,7

A stabil területhasználat értékeinek minden település összterületére vetített átlagos értéke 12,2%; legmagasabb a szántók esetében, ahol 11,4%, legalacsonyabb az összefüggő vízfelszínek esetében, ahol 0,04%.

A gyep és a szántóművelés kivételével elmondható, hogy minden földhasználati kategória területi értékei elenyészően alacsonyak minden település esetében.

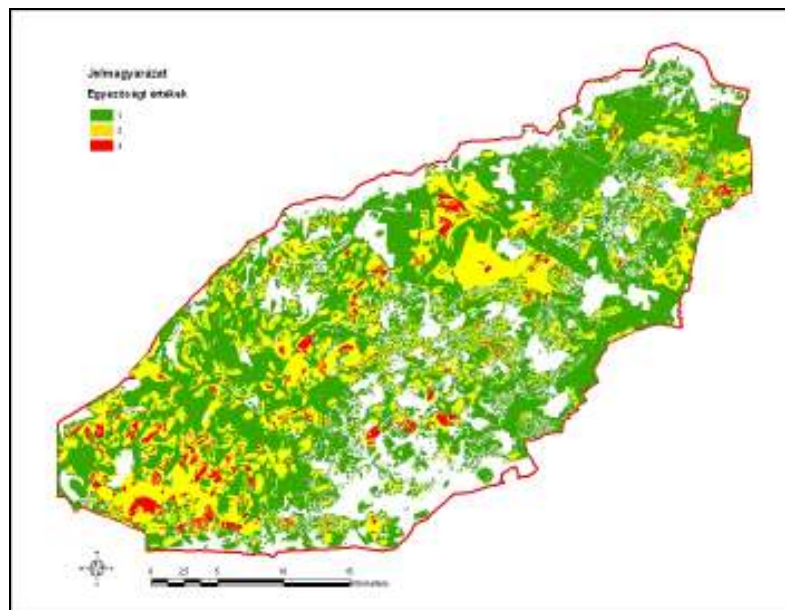
A gyepterületeknél kiemelkedő (10%-hoz közelítő, vagy afeletti) értékeket találunk Berettyóújfalu, Bakonszeg és Kismarja esetében. A szántók esetében összesen tizenöt településről állapíthatunk meg kiemelkedő értékeket, míg ezen belül további hat település büszkélkedhet 20%-nál nagyobb stabilitási értékkel (Ártánd, Bedő, Biharkeresztes, Kismarja, Nagykereki, Váncsod).

KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

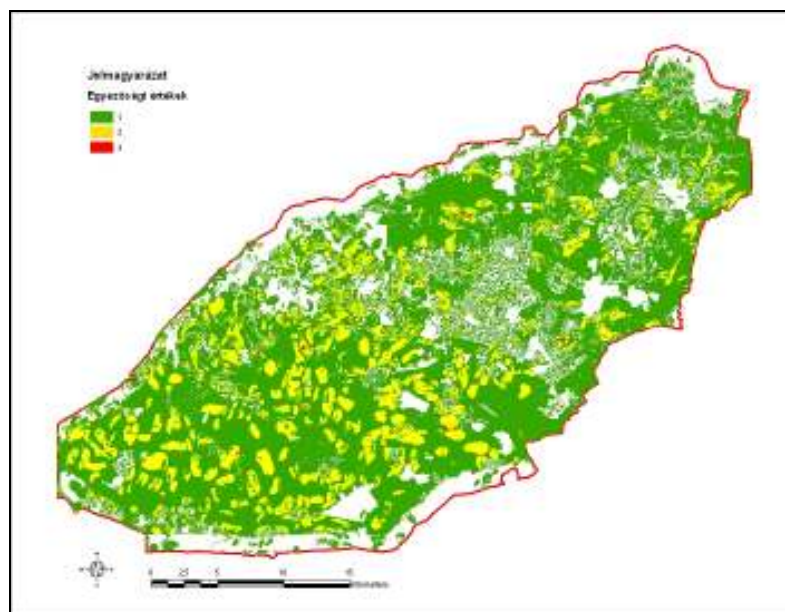
A belvíz-előfordulás vizsgálati módszereinek összehasonlító értékelése

Az alkalmazott elemzési módszerek értékelése két lépcsőben történt; elsőként az elemzések eredményeinek területi összehasonlítását végeztem el, majd egy többtényezős értékelés szerint skáláztam az eljárásokat.

Az előfordulási gyakoriságok, a keletkező vízmennyiség becslése, valamint a belvízi jelenséget kiváltó tényezők alapján végzett kockázatbecslések során kapott vizsgálati eredményeken területi összehasonlítást végeztem. Az összehasonlítás alapja a kimutatott veszélyeztetettségi kategória értékei voltak; minden esetben a magas (4-5 kategóriaértékű) objektumok kerültek leválogatásra, mint a belvízzel leginkább veszélyeztetett térrészletek. A kapott három fedvény egyesítése (union) külön a téli és a nyári félévi célfedvényekre is megtörtént, melynek eredményeit a 38-39. ábra és a 24. táblázat tartalmazza. Az ábrán és a táblázatban feltüntetett értékek (1-3) a vizsgált módszerek által kifejezett veszélyességek halmozott értékeit jelölik. Ennek megfelelően kiemelten ábrázoltam azokat az objektumokat, ahol mindhárom módszer kimutatta a belvízveszélyt.



38. ábra A belvízi jelenséget becsülő módszerek eredményeinek összevetése a nyári félévi belvízveszély esetében



39. ábra A belvízi jelenséget becslő módszerek eredményeinek összevetése a téli félévi belvízveszély esetében

24. táblázat

	Nyári félév		Téli félév	
	Terület (ha)	Arány az összterü- leten belül (%)	Terület (ha)	Arány az összterü- leten belül (%)
1	43.325	50,0	53.957	62,3
2	20.895	24,1	14.265	16,5
3	3.049	3,5	60	0,1
Összesen	67.269	77,6	68.283	78,9

Egy adott térrészt akkor értékeltem ténylegesen veszélyeztetettnek, amennyiben legalább két vizsgálati módszer kimutatta a belvíz előfordulásának magas valószínűségét. Ez alapján megállapítom, hogy a téli félév esetében a vizsgálati terület 16,6%-a, a nyári félév esetében 27,6%-a nevezhető belvízveszélyesnek.

A belvízi jelenség előfordulásának elemzési - becslési módszereit az alábbi szempontok szerint értékeltem:

1. Az elemzéshez felhasznált (felhasználható-szükséges) szakadatok mennyisége
2. Az elemzéshez felhasznált (felhasználható) szakadatok minősége
3. Az adat-előállítás idő és költségigénye
4. Az elemzésre fordított idő mennyisége

5. A kimutatott eredmények megbízhatósága
6. Egyéb, nem kategorizálható szempontok

Az értékelés egy 1-5 szubjektív skálán történt, ahol a magasabb érték az optimális irányába mutat. Mindhárom módszer esetében megállapítható, hogy a lefolytatásához szükséges keretrendszer megegyezik (hardver, szoftver, hálózat, szakismeret, környezet vonatkozásában). Az elért eredmények értékelése során az eredményfedvények geometriai pontosságát megegyezőnek vettem mindhárom módszer esetében.

Előntési gyakoriság alapú kockázatbecslés

1. Az elemzések lefolytatásához a vízügyi szakszolgálatok által rendszeresen készített papírtérképek szolgáltak. Ezek mennyisége évente belvízi öblözetenként nem haladja meg az öt darabot, vagyis kevésnek nevezhetjük. (5)
2. A felhasznált térképek információtartalmának előállítása során terepen mért adatok kerülnek felhasználásra, azonban azokat szubjektív módon felvételezik. Vizsgálataim során 14%-os területi hibaértéket (eltérést) mutattam ki, amelyet magasnak étkeltem, így megkérdőjelezhetjük a bementi adatok megbízhatóságát. A vizsgálatom során domborzati modell segítségével korrigáltam a pontatlanságokat, azonban a domborzati modell számunkra – a többi vizsgálat miatt – már rendelkezésre állt. Egy DDM előállítása jelentős idő és költségnövekedéssel járna.
A felhasznált adatok előnye ugyanakkor, hogy előállításuk olcsó és gyakorlott szakemberek által végzett, rendszeres megfigyeléseken alapul. (3)
3. Az elemzésekhez szükséges adatokat kb. 80 munkaóra alatt készítettem el, ami relatíve alacsony időráfordításnak nevezhető. Költségigénye is alacsony; piaci feltételek mellett a felhasznált adatok előállítása kb. 1 mFt-ba kerülne. (5)
4. Az elemzésre szintén kevés idő elegendő. A vizsgálati terület esetében ez 25 munkaóra volt. (5)
5. A kimutatott eredmények megbízhatósága megfelel a bementi adatok megbízhatóságának, mivel az elemzési módszer objektív mérőszámokat használ (gyakoriság – évek száma). (3)
6. Az egyéb szempontok közül három jelentős hátrányt kell kiemelni:
 - Az elemzési módszer jelentős hibája, hogy a felszínen meg nem jelenő, de a talaj túlnedvesedésében meglévő, főleg vízmennyiség rejtve marad, ezzel pedig jelentős területek esnek ki a belvízi elemzésből.

- A hidrológiai eseményeknél – a szakirodalom szerint –30-50 éves idősor adataira lenne szükség. A magyar vízügyi szakszolgálatok általában nem rendelkeznek ilyen hosszú időre visszanyúló térképes nyilvántartással, emiatt téves statisztikai eredményekre juthatunk.
- A módszer nem alkalmas a belvízi jelenség időbeli kiterjedésének meghatározására, mivel a bementi adatok csak a maximális területi kiterjedést hordozzák. (1)

Összesítve a felsorolt értékelési szempontokra adott osztályzatokat, 22-es értéket kapunk, ami az elérhető maximális 30 pont 73%-a. Ezzel az előntési gyakoriság alapú kockázatbecslés módszerét jónak értékelem, azonban megjegyzem, hogy a kapott eredmények értékeléskor célszerű figyelembe venni a vizsgált terület ökológiai sajátosságait is.

Empirikus elméleti kockázatbecslés

1. Az elemzések lefolytatásához összesen hatféle térinformatikai fedvény előállítása szükséges 1:10.000 méretarányban (domborzat, felszíni vizek, talajvíz, talaj, csapadék, területhasználat), melyekhez Magyarország teljes területére beszerezhetőek a kiindulási alapadatok. A jelen vizsgálatokhoz felhasznált adatbázisok ismertetése során kitértem az adatok előállításának folyamatára, amelyet elfogadhatunk az ország egyéb területére is. Összességében azt mondhatjuk, hogy az empirikus elméleti kockázatbecslés módszeréhez rendkívül sok adat feldolgozására, vagy előállítására van szükség. (3)
2. Megállapítjuk, hogy az elemzések lefolytatásához szükséges input adatok többségében kiváló minőségben állnak rendelkezésre. A hidrológiai vonatkozású adatok kellő hosszúságú idősorban álltak rendelkezésre. A vizsgálatunk során felhasznált üzemi és földértékelési talajfedvények, kartogramjaik és a talajszelvények laborvizsgálati jegyzőkönyveinek frissítése indokolt. Ugyancsak terepi pontosításra szorulnak a felszíni vonalas víztesteket reprezentáló topográfiai térképek is. (4)
3. A felhasznált adatok előállítása rendkívül idő és költségigényes folyamat. A vizsgálat során hozzávetőlegesen 5.500 - 6.000 munkaórát fordítottam alapadatok és származtatott adatok előállítására, ami piaci feltételek mellett – figyelembe véve a felhasznált alapadatok szolgáltatási árait is – kb. 50-55 mFt értéknek felel meg. (1)
4. Az adatok elemzése szintén időigényes folyamat volt, a ráfordított munkaidő-mennyiség kb. 300 munkaóra. (3)

5. A kimutatott eredmények pontosságát kiemelkedően jónak ítélem, mivel a bementi adatok részletes térbeli felbontásban reprezentálják a felszín térrészleteinek jellemzőit. A részletesség az elemzések során sem veszik el, mivel minden esetben görgető fedvényműveletet alkalmaztam. (5)
6. Az empirikus elméleti kockázatbecslés módszerének legnagyobb előnye, hogy minden, belvizet kiváltó tényezőt képes figyelembe venni és a táji adottságok alapján azokat differenciált súlyozással allokálni. Ehhez meg kell jegyezni, hogy nehéz pontosan meghatározni és számszerűsíteni az egyes kiváltó és befolyásoló tényezők tényleges szerepét, illetve annak súlyát a jelenség kialakulásában. Ehhez a vizsgált földrajzi terület ökológiai adottságainak elmélyült ismerete szükséges, de támaszkodhatunk az antik térképek adattartalmára is.
Ugyanakkor a módszer hátránya, hogy nem tudja kimutatni a jelenség időbeli kiterjedését, mert az idő, mint tényező nem szerepel a modellben. (3)

Összesítve a felsorolt értékelési szempontokra adott osztályzatokat, 19-es értéket kapunk, ami az elérhető maximális 30 pont 63%-a. Ezzel az empirikus elméleti kockázatbecslés módszerét közepesnek értékelem, de megjegyzem, hogy a kockázatbecslési módszer kiválasztása során el kell végezni a költség/haszon elemzést.

Mennyiségyszámítás alapú kockázatbecslés

1. Az elemzések lefolytatásához összesen négyféle térinformatikai fedvény előállítása szükséges 1:10.000 méretarányban (talajvíz, talaj, csapadék, területhasználat), melyekhez Magyarország teljes területére beszerezhetőek a kiindulási alapadatok. A jelen vizsgálatokhoz felhasznált adatbázisokat a korábbiakban ismertettem. Összességében azt mondhatjuk, hogy a mennyiségyszámítás alapú kockázatbecslés módszeréhez közepes mennyiségű adat feldolgozására, vagy előállítására van szükség. (4)
2. Az elemzésekhez felhasznált adatok minőségével kapcsolatos megállapítás megegyezik az empirikus elméleti kockázatbecslés értékelésénél leírtakkal. (4)
3. A felhasznált adatok előállítása közepesen idő és költségigényes folyamat. A vizsgálat során hozzávetőlegesen 1.500 - 2.000 munkaórát fordítottam alapadatok és származtatott adatok előállítására, ami piaci feltételek mellett – figyelembe véve a felhasznált alapadatok szolgáltatási árait is – kb. 15 - 20 mFt értéknek felel meg. (3)

4. Az adatok elemzése szintén közepesen időigényes folyamat volt, a ráfordított munkaidő-mennyiség kb. 100 munkaóra. (4)
5. A kimutatott eredmények pontosságát ebben az esetben is kiemelkedően jónak ítélem, mivel a bementi adatok részletes térbeli felbontásban reprezentálják a felszín térrészleteinek jellemzőit. (5)
6. A vízmérleg-számításokra támaszkodó térinformatikai elemzés előnye, hogy a tér minden részletére abszolút értékben fejezi ki a keletkező víz mennyiségét. Kiszámítható a talajok vízbefogadó képességének ismeretében az elszivárgó vízmennyiség, valamint a párolgási veszteség is számszerűsíthető. A felszínen többletként visszamaradó vízmennyiség pontosan meghatározható, előfordulásának időtartama is kiszámítható.

Hátránya részben éppen az előnyéből adódik; a vízmérleg számszerű mennyiségi értékei a vizsgált terület sokéves hidrológiai átlagértékeire támaszkodnak, vagyis az eredmények szükségszerűen szintén átlagértékek lesznek. Megtévesztők lehetnek a m^3 -ben kifejezett mennyiségi értékek, ezért a módszer alkalmazása során kifejezett eredményeket csak nagyságrend szerint szabad figyelembe venni.

További hátránya, hogy nem számol a felszíni vízfolyások és csatornák vízzállító kapacitásával, ami jelentős hibát eredményezhet, mivel a vízmérlegben a lefolyási veszteség szintén jelentős. A módszer pontosságának fokozásához a felszíni vízfolyásokról olyan pontos információkat tartalmazó térinformatikai fedvény szükséges, amely alapján pontos számításokra vállalkozhatunk. A vizsgálatom során sajnos ez nem állt rendelkezésre. (3)

Összesítve a felsorolt értékelési szempontokra adott osztályzatokat, 23-as értéket kapunk, ami az elérhető maximális 30 pont 77%-a. Ezzel a mennyiségszámítás alapú kockázatbecslés módszerét jónak értékelem, és megjegyzem, hogy hibáit kijavítva a legjobb értékelési módszer lehet.

Felhasznált adatbázisok összehasonlító értékelése a talajadatok alapján

Az elemzések során felhasznált térinformatikai adatbázisokat és fedvényeket adattartalmuk részletessége szerint összehasonlító vizsgálatnak vettem alá. A vizsgálat célja, hogy meghatározzam az elfogadható eredmény eléréséhez szükséges adatbázisok térbeli felbontását és adattartalmát. Ennek érdekében összehasonlítottam a különböző részletességű adatok

előállításának és felhasználásának erőforrásigényeit, valamint a használatukkal elért számszerű eredményeket. Az összehasonlítást – a belvízi jelenség előfordulásában kritikus szerepet játszó – talajadatokat reprezentáló fedvényen keresztül végeztem el. Az így kapott összehasonlítási eredményeket vonatkozási alapnak vehetjük minden felhasznált adatbázissal kapcsolatban (domborzat, vízrajz, területhasználat).

A vizsgálati területre vonatkozó, talajjellemzőket hordozó térinformatikai fedvény három különböző méretarányban állt rendelkezésemre:

- Agrotopo adatbázis, M=1:100.000
- Talajismereti térképek alapján készített adatbázis, M=1:25.000
- Üzemi talajgenetikus, valamint földértékelési térképek, kartogramjaik és jegyzőkönyveik alapján készített adatbázis, M=1:10.000

Az adatbázisok legfontosabb jellemzőit a 25. táblázatban közlöm.

25. táblázat

Jellemzők a vizsgálati területre / Adatbázisok	Agrotopo adatbázis 1:100.000	Talajismereti adatbázis 1:25.000	Talajgenetikus adatbázis 1:10.000
Földrajzi terület mérete (ha)	86.646,6	86.646,6	86.646,6
Poligonok száma (db)	63	605	4.318
Objektumok átlagos mérete (ha)	1.372,2	140,4	20,1
Kapcsolt talajjellemzők (mezők) száma összesen (db)	10	7	19
Belvízbecsléshez szükséges talajjellemzők (mezők) száma (db)	3	3	8
Beszerezés / előállítás időtartama (egységnap)	5	15	60
Beszerezés / előállítás költsége (Ft, becslés jelenértéken)	40.000	900.000	3.600.000
Adatbázis mérete (KB)	279	1.251	8.330
Forrásadatok előállításának időpontja	1991	1946	1971-1989

A 25. táblázat adataiból egyértelműen kitűnik, hogy a méretarány növekedésével egyre részletesebb térbeli információkhoz jutunk, ami különösen a térrészletek méretében ad rendkívül részletes mozaikot. Ki kell továbbá emelni, hogy az üzemi méretekben felvételezett talajadatok mélységükben és tartalmukban is nagyságrenddel több információt közvetítenek a belvízelöntési kockázat számszerűsítéséhez. Ugyanakkor az alapadatok előállítási

erőforrásigénye is jelentős növekedést mutat a méretarány növekedésével, azonban a keletkező input adat jelentősége magasabb, mint a ráfordítandó idő és költség.

Az adatbázisok aktualitásában – sajnos – nincs különbség; bár tartalmukat túlnyomó részben aktuálisnak értékeljük, egyöntetűen elmondható, hogy felülvizsgálatuk, frissítésük szükségszerű volna.

A belvízi jelenség vizsgálata során meghatároztam a mintaterület legkedvezőtlenebb hidraulikai tulajdonságokkal rendelkező talajaltípusait, melyek térbeli kiterjedésére vonatkozó összehasonlítását a 26. táblázatban mutatjuk be.

26. táblázat

Talaj altípusok / Adatbázisok	Agrotopo adatbázis 1:100.000	Talajgenetikus adatbázis 1:25.000	Talajgenetikus adatbázis 1:10.000
Erősen szolonyeces réti talaj (ha)	9.392,6 (Réti talajok)	3.460,8	3.711,0
Kérges réti szolonyec (ha)	14.387,1 (Réti szolonyecek)	2.460,1	3.040,5
Réti öntéstalaj (ha)	28.739,5 (Réti öntéstalajok)	4.380,3	2.402,3
Szolonyeces réti talaj (ha)	9.392,6 (Réti talajok)	1.639,5	6.236,5
Karbonátos terasz csernozjom (ha)	829,9 (Réti csernozjomok)	53,7	291,3
Nem karbonátos terasz csernozjom (ha)	829,9 (Réti csernozjomok)	0	1.718,4
Összesen (ha):	53.349,1	11.994,4	17.400

A táblázatban használt talaj altípusok nevezékeit az üzemi talajgenetikus felméréshez alkalmazott módszertan alapján határoztam meg. Az Agrotopo adatbázis nem tartalmaz altípus meghatározást, ezért itt a talaj főtípusa alapján számítottam a területi értékeket. Megállapíthatjuk azonban, hogy ez nem képezheti érdemi összehasonlítás alapját, ezért a továbbiakban csak az 1:25.000 és az 1:10.000 méretarányú talajfedvények összehasonlítását végeztük el. A két fedvény területi értékeinek összehasonlítása az alábbi eltéréseket mutatta:

- Erősen szolonyeces réti talaj: 6,74%
- Kérges réti szolonyec: 19,1%
- Réti öntéstalaj: 82%
- Szolonyeces réti talaj: 73%
- Karbonátos terasz csernozjom: 81%
- Nem karbonátos terasz csernozjom: 100%

Az eltérések igen jelentősek, különösen, ha kifejezzük az eltérések abszolút területi értékét (9.361,6 ha).

Megállapítom, hogy a két talajfedvény adattartalmának összehasonlítása alapján az 1:10.000 méretarányú felvételezési adatok használata alkalmas az elfogadható minőségű belvizező kockázat területi értékeinek meghatározására.

Összesítve a fenti értékelési szempontok szerint leírtakat, megállapíthatom, hogy a vizsgálati terület földrajzi kiterjedésének megfelelő vízgyűjtőre készítendő belvízi elöntési kockázat meghatározására a részletes, 1:10.000 méretarányú talajjellemzőket hordozó adatfedvény alkalmazását tartom elfogadhatónak.

Területhasználati modell meghatározása a térstruktúra környezeti szempontú átalakítása érdekében

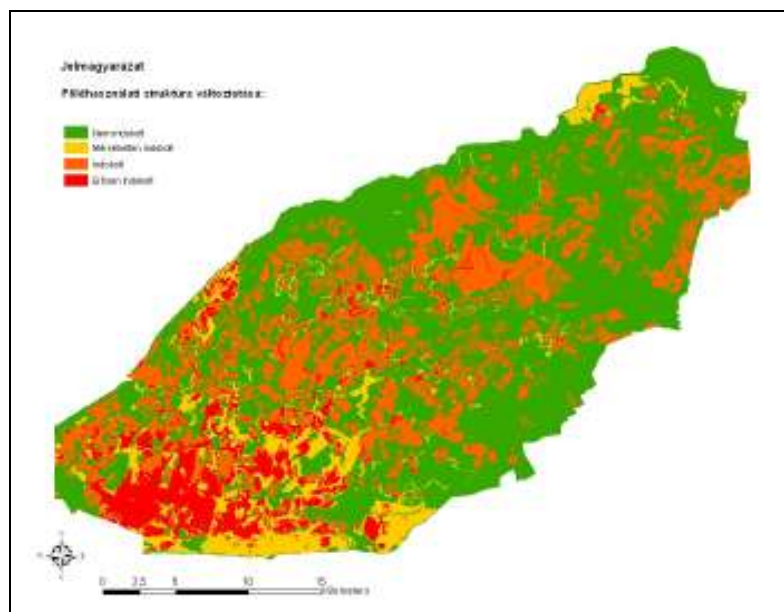
A jelenlegi területhasználati struktúra számos környezeti problémát idéz elő, ezért kiemelten fontos a térelemek ökológiai szemléletű funkció-vizsgálata. Dolgozatomban bemutattam a vizsgálati mintaterület legmarkánsabb környezeti konfliktusát, melynek kiváltó tényezőit, hatásterületét sikerült lokalizálni. A bemutatott elemzések eredményeire támaszkodva meghatározásra került a földhasználat térstruktúrájának koncepcionális modellje. A modell az alábbi paraméterekre támaszkodik:

- Területhasználati stabilitás
- Kiemelt földhasználati funkcióváltás (vízjárta területek – szántó konverzió)
- Belvízi veszélyeztetettség

A térszerkezeti modellben az alábbi alapelveket vettem figyelembe:

- A környezeti konfliktusoktól mentes területi egységek funkcióváltását nem javaslom;
- A hosszú időkeresztmetszet során egyfunkciós (stabil) területek változtatását nem javaslom;
- Az egykori vízjárta területek helyén keletkezett szántóterületek konverzióját javaslom;
- A belvíz által veszélyeztetett területek változtatását javaslom.

A kidolgozott térszerkezet-változtatási javaslatok jellemzőit a 32. ábra, településsorosan kifejezett értékeit a 27. táblázat tartalmazza.



40. ábra A Bihari sík földhasználati konverziójának térszerkezeti elemei

27. táblázat

Településnév	Nem indokolt		Mértekenesen indokolt		Indokolt		Erősen indokolt	
	Terület (ha)	Arány a település területéből (%)	Terület (ha)	Arány a település területéből (%)	Terület (ha)	Arány a település területéből (%)	Terület (ha)	Arány a település területéből (%)
Ártánd	1 610,5	81,9	0,0	0,0	355,3	18,1	0,0	0,0
Bakonszeg	488,6	92,5	1,7	0,3	38,2	7,2	0,0	0,0
Bedő	720,5	66,1	0,0	0,0	369,7	33,9	0,0	0,0
Berekböszörmény	3 610,4	84,4	76,1	1,8	566,5	13,2	22,3	0,5
Berettyóújfalu	3 659,2	61,4	110,0	1,8	2 121,2	35,6	70,3	1,2
Biharkeresztes	3 435,7	69,5	34,3	0,7	1 468,0	29,7	6,9	0,1
Bojt	2 229,2	82,3	0,0	0,0	481,0	17,7	0,0	0,0
Csökmő	1 926,0	24,9	762,9	9,9	2 243,9	29,0	2 800,9	36,2
Darvas	1 415,5	43,2	314,6	9,6	1 252,3	38,2	292,1	8,9
Esztár	436,8	97,9	9,1	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Furta	1 709,3	36,4	221,8	4,7	2 492,4	53,1	271,9	5,8
Gáborján	622,5	95,8	0,0	0,0	27,5	4,2	0,0	0,0
Hencida	1 060,0	57,9	456,3	24,9	269,2	14,7	46,3	2,5
Kismarja	3 079,1	76,4	351,9	8,7	579,4	14,4	17,7	0,4
Komádi	3 208,2	25,9	4 111,2	33,2	1 744,2	14,1	3 310,9	26,8
Körösszakál	967,5	89,4	30,2	2,8	82,1	7,6	3,0	0,3
Körösszegapáti	2 976,4	59,8	113,7	2,3	1 790,6	36,0	97,0	1,9
Magyarhomorog	2 189,8	54,1	711,8	17,6	1 057,0	26,1	86,5	2,1
Mezőpeterd	720,4	39,4	42,3	2,3	997,2	54,5	70,4	3,8
Mezősas	1 787,5	64,1	128,2	4,6	773,6	27,7	99,8	3,6
Nagykerek	2 187,1	57,6	0,0	0,0	1 608,8	42,4	0,0	0,0
Pocsaj	102,1	99,4	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Szeghalom	184,2	33,1	213,8	38,4	42,8	7,7	116,1	20,8
Szentpéterszeg	56,9	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Told	1 039,9	69,1	48,5	3,2	397,3	26,4	18,3	1,2
Újiráz	221,7	13,3	327,8	19,7	178,1	10,7	939,3	56,3

Váncsod	2 239,5	64,0	48,0	1,4	1 194,1	34,1	19,7	0,6
Vekerd	436,4	48,1	56,1	6,2	401,6	44,2	13,9	1,5
Zsáka	3 831,5	46,8	649,2	7,9	3 074,3	37,6	631,9	7,7

A táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a települések területének átlagosan 36,5%-át jelöltem konverzióra szükségesnek. Több település esetén a térszerkezet átalakítása kiemelten fontos, mivel az átalakítás indokolt és erősen indokolt kategóriáinak területi összértéke kiemelkedően nagy (több, mint 40%-os): Csökmő, Darvas, Furta, Komádi Mezőpeterd, Újiráz, Vekerd, Zsáka.

Az átalakításra javasolt területek esetében kifejeztem a talajtípusonkénti területi értékeket is (28. táblázat), mely segítheti az új földhasználati funkciók kidolgozását (alternatív földhasználat, gyepesítés, fásítás, stb.).

28. táblázat

Talaj altípus	Terület (ha)
Alföldi meszes vagy mészlepedékes csernozjom talaj	4,6
Erősen szolonyeces réti talaj	2 113,8
Karbonátkloridos szoloncsák talaj	0,9
Karbonátos csernozjom réti talaj	471,5
Karbonátos humuszos öntéstalaj	636,5
Karbonátos öntés réti talaj	1 312,3
Karbonátos réti csernozjom talaj	114,3
Karbonátos réti talaj	3 093,2
Karbonátos szoloncsák-szolonyec talaj	42,6
Karbonátos szoloncsák-szolonyec talaj	21,2
Karbonátos terasz csernozjom talaj	65,7
Karbonátos több rétegű humuszos öntéstalaj	0,6
Karbonátszulfátos szoloncsák-szolonyec talaj	8,2
Kérges réti szolonyec talaj	1 600,9
Kilúgzott csernozjom talajok	34,9
Közepes réti szolonyec talaj	3 226,1
Közepes sztyeppesedő réti szolonyec talaj	373,7
Mély réti szolonyec talaj	869,2
Mély sztyeppesedő réti szolonyec talaj	315,9
Mélyben sós réti csernozjom talaj	13,6
Mélyben sós réti talaj	292,0
Mélyben sós vagy mélyben szolonyeces csernozjom réti talaj	621,0
Mélyben szolonyeces réti csernozjom talaj	37,7
Mélyben szolonyeces réti talaj	2 500,4
Mohaláp talajok	15,7
Nem karbonátos erdőmaradványos csernozjom talaj	6,3
Nem karbonátos humuszos öntéstalaj	843,2
Nem karbonátos öntés réti talaj	1 722,3
Nem karbonátos réti csernozjom talaj	503,9
Nem karbonátos réti talaj	8 354,0
Nem karbonátos terasz csernozjom talaj	465,7

Nem karbonátos több rétegű humuszos öntéstalaj	112,8
Nem karbonátos több rétegű nyersöntés talaj	13,2
Podzolos barna erdőtalajok	326,5
Réti öntéstalaj	672,2
Rétláp talajok	1,9
Szoloncsákos lápos réti talaj	64,8
Szolonyeces csernozjom réti talaj	646,6
Szolonyeces lápos réti talaj	2,8
Szolonyeces réti csernozjom talaj	15,6
Szolonyeces réti talaj	4 006,4
Szulfátos vagy kloridos szoloncsákos réti talaj	9,9
Típusos csernozjom réti talaj	1 932,5
Típusos lápos réti talaj	634,7
Típusos meszes vagy mészlepedékes csernozjom talaj	10,3

ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Bemutattam egy jelentős földrajzi területről készült, nagyfelbontású, integrált geoadatbázis felépítésének folyamatát, mely magában foglalja a hidrológiai szempontból korrigált domborzati modellt, valamint nagy méretarányú, egységes adatkonzisztenciájú talajinformációs rendszer kialakítását.
2. Létrehoztam a vizsgálati terület idősoros felszínborítási adatbázisát és kifejeztem a földhasználat stabilitásának index-értékeit, továbbá lehatároltam azokat a területeket, amelyek az elmúlt 230 év során jelentős művelési ág-változáson mentek keresztül.
3. Településsoros területi statisztikákat készítettem a földhasználat jelenlegi és változó területi tényezőiről.
4. A belvíz-előfordulás kockázatának meghatározására alkalmazott három eljárás segítségével kifejeztem az elöntés kockázati értékeit, majd településsorosan területi statisztikákat készítettem. Összehasonlító elemzést végeztem az alkalmazott három becslési eljárás között egy általam meghatározott, gyakorlati szempontrendszer szerint, mely alapján értékeltem az elemzésekhez felhasznált talaj-adatbázisokat is.
5. Területhasználati modellt dolgoztam ki a térstruktúra környezeti szempontú átalakítása érdekében, melynek térelemeit lokalizáltam, valamint településsorosan és talaj-altípusonként területi értékekben is kifejeztem.

ÖSSZEFOGLALÁS

Magyarország területének kb. egynegyede olyan mély fekvésű sík terület, amelyről természetes úton nem folyik le a víz. A rendszeresen művelt közel 5 millió hektár szántóterületnek mintegy 10-15%-át gyakran évenként időszakosan káros felszíni víz borítja. Több év adatainak értékelése szerint évente átlagosan mintegy 130.000 hektár a belvízzel borított terület 2-4 hónap hosszan.

A tértudományos módszerek alkalmazása nélkülözhetetlen a környezeti elemek állapotváltozásának modellezésében. Az egzakt megismerés elve alapján, ezek a modellvizsgálatok is részletes területi bontású információkra támaszkodva lehetnek segítségünkre. Különösen igaz ez olyan síkvidéki területek esetében, ahol a felszíni és felszín alatti vizek állapota, mozgása, tulajdonságai a tér egyes részleteiben és időpillanataiban más-más tulajdonsággal bírnak.

A vidéki térszerkezet változását indokoló problémák ismeretében számos kutatás próbált megoldást találni az optimális környezeti feltételekhez igazodó területhasználati struktúra kialakítására a mindenkor rendelkezésre álló technikai feltételek alkalmazásával. A megválaszolásra váró kérdésekre a környezeti adottságok minél teljesebb körű ismerete és tértudományi módszerek alkalmazása segítségével lehet kielégítő válaszokat adni.

A vizsgálatok térkerete a Bihari síkság földrajzi mikrotáj volt, melyet észak-északnyugat felől a Berettyó folyó, dél felől a Sebes-Körös folyó, kelet felől a magyar-román államhatár határol. A kistáj megjelenésében, arculatában, természetföldrajzi-vízrajzi vonatkozásban is egységként kezelhető; típusos példája a magyarországi folyószabályozások alföldi hatásterületinek, mivel egyre gyakrabban fordulnak elő mindazok a környezeti konfliktusok, amelyek napjaink egyre gyakoribb problémái (földhasználati konverziós problémák, belvíz-veszélyeztetettség). A vizsgálati terület összesen 866,5 km², mely Magyarország területének közel 1%-a, az Alföld területének közel 2%-a.

A dolgozatban részletesen ismertetem a vizsgálati terület újkori és legújabb kori fejlődésének történetét; kiemelten fókuszálok a jelenlegi környezeti problémák kialakulásában kulcsszerepet játszó felszíni vízrendezési munkálatok folyamatára.

A Bihari síkság földrajzi területére összeállítandó kísérleti modellhez nagyfelbontású, integrált geoadatbázist hoztam létre, amely az alábbi elemekből tevődik össze:

- Domborzatmodell, mely az 1:10.000 méretarányú topográfiai térképek szintvonalai és magassági pontjai alapján készült.
- Talajgenetikai adatbázis, mely az 1:10.000 méretarányú üzemi genetikus és a szintén 1:10.000 méretarányú földértékelési térképek és laborvizsgálati jegyzőkönyvek alapján készült.
- Topográfiai adatbázis, mely tartalmazza a forrásként használt 1:10.000 topográfiai térképeken meglévő síkrajzi információkat.
- Közigazgatási – statisztikai adatbázis, melynek grafikai adatai az 1:10.000 topográfiai térképek, attributív adatai a Központi Statisztikai Hivatal T-Star adatbázisa alapján készültek.
- Felszínborítást tartalmazó idősoros adatbázis, melynek forrásai részben 1:28.800 méretarányú történelmi térképek (Első-, illetve Második Katonai Felmérés), részben műholdfelvételek kiértékelésével készített térinformatikai fedvények (Corine CLC-100, CLC-50).
- Integrált vízrajzi adatbázis, mely fedvényenkénti bontásban tartalmazza a felszíni vízfolyások és csatornák futásvonalát, a felszíni állóvizek területét (adatforrás: 1:10.000 méretarányú topográfiai térképek), a talajvíz-állás megfigyelő kúthálózatának (GPS-szel bemért) helyzetét és megfigyelési értékeit, valamint a belvízi elöntések maximális földrajzi kiterjedését és gyakoriságát 1:50.000 méretarányban (adatforrás: Tiszántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság).
- Természetvédelmi adatbázis, mely az 1:10.000 méretarányú ingatlankataszteri térképek alapján készült (adatforrás: Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatósága).

A vizsgálatokhoz felhasznált ESRI szoftveres környezet alapvetően vektoros szemléletű adatmodellt alkalmaz, de jól támogatja a raszteres layer-technikát is. A környezeti elemzések modellezése során elsősorban a fedvény-szemléletet alkalmaztuk, kihasználva az általunk használt szoftverek raszter-vektor interfész funkcióit is.

A belvíz előfordulásának kockázatbecslésére három módszerrel történetek vizsgálatok:

- Elöntési gyakoriság alapú kockázatbecslés
- Empirikus elméleti kockázatbecslés

- Vízmérleg-számítás alapú kockázatbecslés

A vizsgálatokat a belvizek kialakulása szerint a téli-nyári hidrológiai félévekre elkülönítve készítettem el.

A vizsgálatok során tételesen elvégeztem a jelenséget kiváltó tényezők térbeli elemzését, valamint részletesen ismertettem a vizsgálatokhoz alkalmazott térelemzési eljárásokat. A vizsgált tényezők az alábbiak voltak:

- Domborzat
- Talaj (szivárgási tényező, szabadföldi víztározó-kapacitás)
- Talajvíz
- Területhasználat
- Klimatika (csapadék, párolgás)
- Felszíni vízfolyások, csatornák

A területhasználat idősoros vizsgálatának két kiemelt célja volt:

- A területhasználati stabilitás térbeli meghatározása művelési áganként
- Az egykor időszakosan, vagy állandóan vízzel borított területeken kialakult művelési ágak lehatárolása

Bemutattam egy jelentős földrajzi területről készült, nagyfelbontású, integrált geoadatbázis felépítésének folyamatát.

Kialakítottam a vizsgálati terület hidrológiai szempontból korrigált domborzati modelljét.

Nagy méretarányú, egységes adatkonzisztenciájú talajinformációs rendszert építettem fel egy zárt vízgyűjtő teljes területére, mely egyszerre konzisztens topográfiai értelemben és hordozza a korábbiakban nem térképezett talajinformációkat.

Létrehoztam a vizsgálati terület idősoros felszínborítási adatbázisát és kifejeztem a földhasználat stabilitásának index-értékeit.

Lehatároltam azokat a területeket, amelyek az elmúlt 230 év során jelentős művelési ág-változáson mentek keresztül.

Településsoros területi statisztikákat készítettem a földhasználat jelenlegi és változó területi tényezőiről.

A belvíz-előfordulás kockázatának meghatározására alkalmazott három eljárás segítségével kifejeztem az elöntés kockázati értékeit, majd településsorosan területi statisztikákat készítettem.

Összehasonlító elemzést végeztem az alkalmazott három becslési eljárás között egy általam meghatározott, gyakorlati szempontrendszer szerint.

Összehasonlító vizsgálatot végeztem a felhasznált adatbázisokról a talajadatok alapján.

Területhasználati modellt dolgoztam ki a térstruktúra környezeti szempontú átalakítása érdekében, melynek térelemeit lokalizáltam, valamint településsorosan és talaj-altípusonként területi értékekben is kifejeztem.

A gyakorlati élet számára alapadatok szolgáltatására képes, integrált térinformatikai rendszert építettem fel, melynek segítségével csökkenthetőek a környezeti-természeti katasztrófák.

A településsorosan kifejezett belvízi elöntési kockázatok az operatív védekezési munkálatok előkészítését és támogatását hivatottak szolgálni.

Számos alapinformáció keletkezett a földhasználat jelenlegi szerkezetének megváltoztatásához, melynek felhasználásával lokalizálni lehet a változást ösztönző rendszereket és azok forrásait.

A felépített rendszer mintaként szolgálhat a birtokrekonstrukciós folyamat környezetközpontú szemlélet szerinti irányításához.

SUMMARY

About one fourth of the area of Hungary is lowlands from which water is not drained in a natural way. Approximately 10-15% of the nearly 5 million hectares of regularly cultivated plough-lands is intermittently covered by detrimental surface water, even annually. According to the data assessment of several years, an average of approximately 130,000 hectares is inundated by inland water for a period of 2-4 months each year.

The application of spatial scientific methods is inevitable in modelling the monitoring of environmental elements. According to the theory of exact research, such model-surveys can promote our work only when based on detailed spatial resolution information. It is especially the case for plainland areas, the state, movement and characteristics of surface and underground water have different characteristics regarding both the given spatial sections and instants.

In the light of the problems explaining the changes of the rural spatial structure, a number of surveys intended to find a solution to establish a land-use structure adapted to the optimal environmental conditions by applying the available technical conditions. Responses to the questions to be answered can be given by obtaining the broadest possible knowledge on the environmental conditions and by applying spatial scientific methods.

The spatial frame for the research was provided by the geographical micro-landscape of the Bihari Plain, surrounded by the River Berettyó from the North-Northwest, the River Sebes-Körös from the South and the state boundary between Hungary and Romania from the East. This micro-landscape, regarding its appearance, façade and physical geographical-hydrological features, can be classified as a unit; it is a typical example of the plainland impact areas of the river regulations carried out in Hungary, as environmental conflicts being more common today (land-use conversion problems, inland water-vulnerability) occur here more frequently. The research area in total is 866.5 km², being nearly 1% of the territory of Hungary and approximately 2% of the area of the Great Hungarian Plain.

The modern and recent landscape evolution of the research area is presented in the thesis in details; focusing on the process of surface water regulations works playing a key role in the evolvement of the current environmental problems.

To the experimental model to be compiled for the geographical area of the Bihari Plain, a high-resolution integrated geo-database, consisting of the elements below, has been established:

- A relief model, produced based on the contour lines and spot heights of topographic maps with a scale of 1:10,000.
- A soil genetics database, produced based on genetic and land-assessment maps, both with a scale of 1:10,000 and records of laboratory tests.
- A topographical database containing planimetry information included in the topographic maps with a scale of 1:10,000 used as a source.
- An administrative – statistical database, of which graphical data were produced based on topographical maps with a scale of 1:10,000, whereas the attributive data were generated by the T-Star database of the Hungarian Central Statistical Office.
- A data series database including land cover, of which sources were, on the one hand, historical maps with a scale of 1:28,800 (The First and Second Military Surveys), and geoinformational coverages produced by the assessment of satellite images (Corine CLC-100, CLC-50), on the other.
- An integrated hydrological database containing the course lines of surface watercourses and channels, the area of surface still-waters (data source: topographical maps with a scale of 1:10,000), the location (as located by GPS) of and the values observed by the ground-water monitoring network of wells, as well as the maximum geographical extent and frequency of inland water inundations in a scale of 1:50,000, on the coverage-level (data source: Trans-Tisza Region Environmental and Water Directorate).
- A nature conservation database produced based on estate cadastre maps with a scale of 1:10,000 (data source: Hortobágy National Park Directorate).

The ESRI software environment, applied for the studies, primarily uses a vector approach data model however also supports raster layer technique. To the modelling of environmental analyses, mainly the coverage-approach was applied, taking advantage of the raster-vector interface functions of the software used.

Risk-assessment of the occurrence of inland waters was studied by three methods:

- Risk-assessment based on the frequency of inundations
- Empirical theoretical risk-assessment
- Risk assessment based on water-balance calculations.

These studies were carried out for both winter and summer hydrological half-years as according to the formation of inland waters.

During these studies, a detailed spatial analysis of the factors triggering this phenomenon was conducted as well as the spatial analytical methods applied were recited in details. The factors studied were as follows:

- Relief
- Soil (filtration coefficient, field water storage capacity)
- Ground-water
- Land-use
- Climate (precipitation, evaporation)
- Surface watercourses, channels

The time series research into the land-use had two main objectives:

- The determination of the spatial characteristics of land-use stability for each branch of cultivation
- The delimitation of cultivation branches developed at areas formerly inundated intermittently or permanently

The process of developing a high-resolution integrated geo-database of a significant geographical region has also been represented in the thesis.

A corrected relief model, from the point of view of hydrology, of the research area has been developed.

A large-scale soil information system with uniform data consistence has been developed for the whole area of a closed catchment area both being consistent regarding topography and comprising soil information not mapped before.

The data series land-cover database of the research area has been established and the index-values of land-use stability have been represented.

Areas that have undergone significant changes of the branches of cultivation during the last 230 years have also been delimited.

Settlement-level spatial statistics have been produced on the current and changing factors of land-use.

By the three methods applied to define the risk of occurrence of inland waters, risk values of inundation have been represented then settlement-level spatial statistics have been produced.

A comparative analysis has been carried out among the three assessment methods applied according to a defined, practical system of criteria.

Based on the soil data, a comparative study has been conducted on the database used.

A land-use model has been developed to advance the environmental reorganisation of the spatial structure, of which spatial elements were localised as well as expressed in settlement-level and in spatial values according to soil sub-types.

An integrated geoinformatic system, viable and capable of providing basic data has been developed by which environmental and natural disasters can be reduced.

Inland water inundation risks presented on the level of settlements are predestined to advance the preparation and the support of operative protection works.

Several basic information have been generated to transform the present structure of land-use by which the use of systems impelling changes and their sources can be localised.

The system developed can serve as an example of managing the process of estate reconstruction by an environment-focused approach.

SZAKIRODALOM

1. Abel, D., J.: Relational Data Management Facilities for Spatial Information Systems. Proceedings of the 3rd International Symposium on Spatial Data Handling. 1988.
2. Acsády I.: Magyarország Budavára visszafoglalása korában. Budapest, 1886.
3. Alves, D.: A Data Model for Geographic Information Systems. Proceedings of the 4th International Symposium on Spatial Data Handling 1990.
4. Ángyán J. – Fésűs I. – Nagy Sz. – Podmaniczky L. – Tar F.: Az Agrár-Környezetvédelmi Program bevezetéséhez szükséges célprogramok területi lehatárolásának módszertani vizsgálata. Kézirat, 114 p. Gödöllő, 1999.
5. Ángyán J. – Fésűs I. – Nagy Sz. – Podmaniczky L. – Tar F.: Magyarország földhasználati zónarendszerének kidolgozása az EU-csatlakozási tárgyalások megalapozásához. Kézirat, 46 p. Gödöllő, 1997.
6. Ángyán J. – Menyhért Z.: Alkalmazkodó növénytermesztés, ésszerű környezetgazdálkodás. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 1997.
7. Ángyán J. – Podmaniczky L.: A fenntartható mezőgazdasági területhasználat magyarországi helyzete, távlatai, fejlesztésének fő területei és az állami szerepvállalás lehetséges formái. Kézirat, 136 p. Gödöllő, 1997.
8. Ángyán J.: A fenntartható fejlődés és a környezetbarát rendszerváltás a mezőgazdaságban. A mezőgazdaságtól a vidékfejlesztésig III. Falukonferencia, MTA Regionális Kutatások Központja, p. 196-206. Pécs, 1995.
9. Arogyaswamy, B., J.: An Object-Oriented Model of Geographic Information Systems: Integrating Maps, Data and Models for Decision Support. URISA Annual Conference Proceedings III. 1992.
10. Aspinall, R. J. - Pearson, D. M.: A method for describing data quality for categorical maps in GIS. EGIS 94. 444-445. 1994.
11. Bear, J.: Hydraulics of Groundwater. McGraw-Hill. 1979,
12. A kistérségi belvíz és belvíz-veszélyeztetettség térképezésének módszertani fejlesztése. AJKT Kutatási beszámoló. Debrecen, 2001. 41 p.
13. Bernát T. – Enyedi Gy.: A magyar mezőgazdaság termelési körzetei I.: A szántóföldi növénytermelés körzetei. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 1961.
14. Bernát T. – Enyedi Gy.: A magyar mezőgazdaság területi problémái. (Termelési körzetek és a területi fejlesztés.) Akadémiai Kiadó, Budapest, 1977.
15. Bernhardsen, T.: Geographic Information System. Arendal, Viak It. 1992.

16. Bill, R.: Grundlagen der Geo-Informationssysteme, Band I: Hardware, Software und Daten, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 1999.
17. Birkás M.: A talajhasználat és talajművelés EU-konform fejlesztésének területei, rövid és hosszú távú teendők. Zöld Belépő, EU-csatlakozásunk környezeti szempontú vizsgálata. Magyarország az ezredfordulón, MTA stratégiai kutatások. Budapest, 1997.
18. Bíró T. - Thyll Sz. - Lénárt Cs.: Csapadékossági vizsgálatok szerepe a belvív-veszélyeztetettség értékelésében. II. Erdei Ferenc Tudományos Konferencia. Kecskeméti Főiskola Kertészeti Főiskolai Kar. 2003. pp. 342-345.
19. Bíró T. – Tamás J.: Talajinformációs rendszerek módszertani fejlesztése a belvízzel veszélyeztetett mezőgazdasági talajok védelmének és termőképességük megóvásának érdekében. Témazáró beszámoló jelentés, FVM K+F-140/9/2000, Debrecen, 2000.
20. Bíró T. – Tamás J. – Lénárt Cs.: Belvíztérképezés a területfejlesztés szolgálatában. A földrajz eredményei az új évezred küszöbén. In: A Magyar Földrajzi Konferencia tudományos közleményei CD kiadvány (ISBN 9634825443), Szeged 2001.
21. Bíró T. – Tamás J. – Lénárt Cs. – Tomor T.: A belvív-veszélyeztetettség térbeli elemzése „A Térinformatika szerepe az agrárstruktúra átalakításában és a vidékfejlesztésben” konferencia-kiadvány, Acta Agraria Kaposváriensis, 14 p., 2002.
22. Blatt, H., G. Middleton, and R. Murray: Origin of Sedimentary Rocks. 2nd Ed. Prentice-Hall. 1980.
23. Broockmann, R.: Natur im Verbund – Theoria für die Praxis. Naturlandschaftung hessen E.V., Schriftenreihe Angewandter Naturschutz Band 3. 1987.
24. Budge, A. M. - Morain, S., A.: Access remote sensing data for GIS. GIS World VIII. (2). 45-49. 1995.
25. Bulla B.: Magyarország természeti földrajza. Tankönyvkiadó, Budapest, 1962.
26. Burrough, P.A. ‘Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment’. New York: Oxford University Press, 1986.
27. Borrough, P. A.: Accuracy and error in GIS. The AGI Source Book for Geographic Information Systems. 87-91. 1995.
28. Borrough, P. A. - McDonell, R. A.: Principles of Geographical Information System. Oxford University Press. New York, 1998.
29. Burai P. – Tomor T. – Bíró T. – Lénárt Cs.: Mértékadó belvízhozam meghatározása térinformatikai eszközökkel. II. Erdei Ferenc Tudományos Konferencia. Kecskeméti Főiskola Kertészeti Főiskolai Kar. 2003. augusztus 28-29. 342-345 p.

30. Büttner Gy.: Környezetállapot értékelés távérzékelés segítségével, informatikai vonatkozások. Környezetállapot Értékelés Program. Budapest, 2004. 16 p.
31. Büttner Gy.: A Corine CLC-50 nagyfelbontású felszínborítási adatbázis. Budapest, 2001.
32. Campbell, J. B.: Introduction to Remote Sensing. The Guilford Press. 1987.
33. Chow, V. T.: Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill. p. 680., 1973.
34. Chrisman, N., R.: Efficient digitising through the combination of appropriate hardware and software for error detection and editing. International Journal of Geographical Information Systems. 265-277. 1987.
35. Clementini, E.: Experimenting the Usability of an O-ODBMS for the Representation of Topology in GIS. EGIS 1993.
36. Cressie, N.: Geostatistics: A Tool for Environmental Modellers. ENVMOD 1991.
37. Csemez A.: Tájtervezés, tájrendezés. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 1996.
38. Csorba P.: Tájökológia. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, 1999.
39. Csornai G. – Lelkes M. – Nádor G. – Wirnhardt Cs.: Operatív árvíz- és belvíz-monitoring távérzékeléssel. Geodézia és Kartográfia, 2000/5. sz., Budapest 2000.
40. Dangermond, J.: A classification of software components commonly used in geographic information systems. Introductory readings in Geographical Information Systems. Ed.: D. J. Pequet and D. F. Marble, London, New York, Philadelphia, Taylor and Francis. 1993.
41. Dávid L. (szerk.) et al.: Az Észak-Alföldi Régió Környezetvédelmi Programja. Észak-Alföldi Regionális Fejlesztési Ügynökség, Debrecen, 2003.
42. Dávid L.: Turizmus és a Vásárhelyi Terv továbbfejlesztése. 5. Tájértörténeti Tudományos Konferencia, A táj változásai a Kárpát-medencében: a víz a tájban, Környezetkímélő Agrokémiáért Alapítvány, Gödöllő, 2004., p. 86-92.
43. Detrekői Á. - Szabó Gy.: Bevezetés a térinformatikába, Nemzeti tankönyvkiadó, Budapest, 1995.
44. Dunka S. - Fejér L. – Papp F.: A Közép-Tiszántúl vízi története. Budapest, 2003.
45. Ebner, H. - Eder, K.: State-of-the-art in Digital Terrain Modelling. EGIS 1992.
46. Erdei F. – Csete L. – Márton J.: A termelési körzetek és a specializáció a mezőgazdaságban. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó. Budapest, 1959.
47. Erz, W.: Problem der Integration des Naturschutzgesetzes in Landnutzungsprogramme. TUB, Zeitschrift der Technischen Universität, Berlin, 1978.
48. ESRI: Understanding GIS - the Arc/Info Method. Redlands, ESRI. 1993.
49. ESRI: Arc/Info Data Management. Redlands, ESRI. 1994.

50. Fejér L.: Árvizek és belvizek szorításában. Vízügyi Történeti Füzetek 16. Budapest, 1997.
51. Frank, A., U.: Requirements for Database Systems Suitable to Manage Large Spatial Databases. Proceedings of the International Symposium on Spatial Data Handling. 38-60. 1984.
52. Franke, R.: Smooth interpolation of scattered data by local thin plate splines. Comp & Maths. with Appls. Vol. 8. No. 4. pp. 237-281. Nagy-Britannia, 1982.
53. Freeze, R.A., and J.A. Cherry. 1979. Groundwater. Prentice-Hall.
54. Fritsch, D., Pfannenstein, A.: Conceptual Models for Efficient DTM Integration into GIS. EGIS 92. 701-710. 1992.
55. Fitzgerald, R. W. - Lees, B. G.: Spatial Context and Relationship in Raster Data for Thematic Mapping in Natural Systems. Symposium on Spatial Data Handling 94, Vol.1. 462-475. 1994.
56. Gábor I. – Horváth Á.: A haditérképek históriája – fejezetek a térképészet és a katonaföldrajz históriájából. Zrínyi Katonai Kiadó, 1979.
57. Gahegan, M., N. - Roberts, S., A.: An intelligent, object-oriented geographical information system. International Journal of Geographical Information Systems. II/2. 1988.
58. Gahegan, M., N. - Roberts, S., A.: An intelligent, object-oriented geographical information system. International Journal of Geographical Information Systems. II/2. 1988.
59. Gahegan, M.: Support for the Contextual Interpretation of Data within an Object-Oriented GIS. Sixth International Symposium on Spatial Data Handling. 1994.
60. Gelhar, L.W., C. Welty, and K.R. Rehfeldt. 1992. A Critical Review of Data on Field-Scale Dispersion in Aquifers. Water Resources Research, 28 no. 7: 1955-1974.
61. Goda L.: A többnapos nagycsapadékok gyakorisága. Tanulmányok és kutatási eredmények. 20. VITUKI, Budapest. 6-13., 1996.
62. Goodchild, J.: Spatial Analysis with GIS: Problems and Prospects. GISLIS 91, Vol. 1. 40-48. 1991.
63. Goodchild, M. F. - Kemp K., K.: Fundamentals of Geographical Information Systems. Core Curriculum. Santa Barbara, National Center for Geographic Information and Analysis, 1994.
64. Goodchild, M., F. - Lam, N.: Areal Interpolation: Variant of the Traditional Spatial Problem. Geo-Processing, I. 1980.

65. Goodchild, M. F. – Mark, D. M.: The fractal nature of geographic phenomena. *Annals of Association of American Geographers*. 77 (2): pp. 265-278. USA, 1987.
66. Görög L.: Magyarország mezőgazdasági földrajza. Tervgazdálkodási Könyvkiadó, Budapest, 1954.
67. Green, M.: Statistical Models for Aerial Interpolation. *EGIS 90 Vol. I*. 392-399. 1990.
68. Hadtörténeti Intézet Térképtára: Települések szelvényezése az első-második-harmadik katonai felmérések alapján. Budapest, 1999.
69. Harrach, T.: Bodenbewertung für die Landwirtschaft und den Naturschutz. *Kulturtechnik und die Flurbereinigung* 28. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 1987.
70. Harrach, T.: Ökologische Ziele und Aufgaben bei der Entwicklung den Agrarlandschaften (Kulturlandschaften) in Mitteleuropa. *Wiss Tagung über „Ergebnisse der zehnjährigen wiss. Partnerschaft JLU*, 1992.
71. Heine, G.W. ‘A Controlled Study of Some Two-Dimensional Interpolation Methods’. *COGS Computer Contributions*, Vol. 3, No. 2, 60-72, 1986.
72. Heuvelink, G. B. M. - Borrough, P. A. - Stein, A.: Propagation of errors in spatial modelling with GIS. *International Journal of Geographical Information Systems* III. 303-322. 1989.
73. Heydemann, B.: Vorschlag für ein Biotopschutzzonen-Konzept am Beispiel sSchleswig-Holsteins – Ausweisung von schutzwürdigen Ökosystemen und Fragen ihrer Vernetzung. *Sch-R*, 1983.
74. Hoogendorn, J. - Boswinkel J.: GIS as a Tool in Data Processing in Geohydrology. *EGIS90 Vol. 1*. 1990.
75. Hutchinson, M.F.: Calculation of hydrologically sound digital elevation models. Paper presented at Third International Symposium on Spatial Data Handling. Sydney, Australia, 1988.
76. Hutchinson, M.F.: A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. *Journal of Hydrology* 106: pp. 211-232., 1989.
77. Hutchinson, M. F. - Dowling, T. I.: A continental hydrological assessment of a new grid-based digital elevation model of Australia. *Hydrological Processes* 5: pp. 45-58., 1991.
78. Hutchinson, M. F.: Development of a continent-wide DEM with applications to terrain and climate analysis. In *Environmental Modeling with GIS*. Ed. Goodchild, M. F. et al., pp. 392–399. Oxford University Press, New York, 1993.

79. Hutchinson, M. F.: A locally adaptive approach to the interpolation of digital elevation models. In Proceedings, Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling. Santa Barbara, CA: National Center for Geographic Information and Analysis, 1996.
80. Ihrig D.: A magyar vízszabályozás története. VITUKI kiadványok, Budapest 1973.
81. Illyés Zs.: A tájtörténeti kutatások jelentősége a területi tervezés szempontjából. A mezőgazdaságtól a vidékfejlesztésig III. Falukonferencia, MTA Regionális Kutatások Központja. Pécs, 1995.
82. James, D. E.: Spatial Data Quality Assessment Tools for Environmental Applications. Proceedings of the Thirteenth Annual ESRI User Conference. 213-223. 1993.
83. Jankó A.: Magyarország topográfiai térképművei. Kézirat. Hadtörténeti Intézet, Budapest, 1997.
84. Jedice, E.: Biotopverband, Ulmer Verlag, Stuttgart, 1994.
85. Jenks, George F. 1967. "The Data Model Concept in Statistical Mapping", International Yearbook of Cartography 7: 186-190.
86. Jensen, J. R.: Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. Prentice-Hall. 1986.
87. Haralick, R. M.: A Spatial Data Structure for Geographic Information Systems. Map Data Processing. H. Freeman and G. G. Pieroni. New York, Academic Press. 45-234. 1980.
88. Hunter, G. J.: Techniques for Assessing the Effect of Processing Errors in Spatial Databases. URISA Annual Conference Proceedings. 24-33. 1992.
89. Huszár M.: A Körösök és a Berettyó folyók felmérése. Fordítási kézirat, Gyula, 1823.
90. Kaule, G.: Der Flächenanspruch des Artenschutzes. Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 197. Hamburg und Berlin, 1981.
91. Keller, P.: Spatio-Temporal Analysis Using GIS. GIS 91. 207-208. 1991.
92. Kerényi A.: Általános környezetvédelem. Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged. 1995.
93. Kertész Á.: A térinformatika és alkalmazásai. Holnap Kiadó, Budapest, 1997.
94. Klinghammer I. – Pápay Gy. –Török Zs.: Kartográfiatörténet. ELTE Kiadó, Budapest, 1995.
95. Kollányi L. - Pajczér T.: Térinformatika a gyakorlatban. Budapest Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem. 1995.
96. Konikow, L.F. and J.D. Bredehoeft: Computer Model of Two-Dimensional Solute Transport and Dispersion in Ground Water, USGS Techniques of Water Resources Investigations, Book 7, Chap. C2, U.S. Geological Survey, Washington, DC. 1978.

97. Kovács A.: Régi katonai topográfiai térképek szelvényezése. Kézirat. ELTE, Budapest, 2002.
98. Kreybig L.: Mezőgazdasági természeti adottságaink és érvényesülésük a növénytermesztésben. Magyar Mezőgazdasági Művelődési Társaság, Budapest, 1946.
99. Kufoniyi, O., Pilouk, M.: A Vector Data Model Integrating Multitheme and Relief Geoinformation. Sixth International Symposium on Spatial Data Handling. 1061-1071. 1994.
100. Kukovics S. – Kulcsár V.: A mezőgazdasági termelés területi tervezése. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1973.
101. Kutsal, M., D.: Integrating modelling with AM/FM for water supply. 61st Annual Convention of the American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. 374-381. 1995.
102. Lam, N.: Spatial Interpolation Methods: A Review. The American Cartographer 10. 1983.
103. Larue, T.: Strong integration of spatial domains and operators in a relational database system. SSD 1993.
104. Laurini, R.: Distributed geographic databases: an overview. The AGI Source Book for Geographic Information Systems. 45-55. 1995.
105. Láng I.: Az agroökológiai potenciál országos felméréséből. Magyar Tudomány, XXV/7. 518-536. p. Budapest, 1980.
106. Láng I.: Beszámoló az agroökológiai potenciál országos felmérésnek eredményeiről. Agrártudományi Közlemények 40., 29-98 p., Budapest, 1981.
107. Lee, J.: Comparison of existing methods for building triangular irregular network models of terrain from grid digital elevation models. International Journal of Geographical Information Systems V. 267-285. 1991.
108. Lénárt Cs. - Tamás J. - Bíró T.: Digitális terepmodellek (DTM-ek) használata a vízgazdálkodásban, In: Magyar Hidrológiai Társaság XV. Vándorgyűlés, Kaposvár. 880-892. 1997.
109. Lénárt, Cs. - Tamás, J.: Térinformatikai alapú környezeti hatásvizsgálatok Debrecen város vízbázisának védelme érdekében. Agrárinformatika '99. 149-153. Debrecen, 1999.
110. Litton, A., L.: Automated Data Capture: The Scanning Solution. Proceedings of the Thirteenth Annual ESRI User Conference. 207-216. 1993.
111. Lóczy L.: Tájértékelés, földértékelés vagy mezőgazdasági célú környezetminősítés? Földrajzi Értesítő, 38/3-4, 263-282 p. 1989.

112. Lóki J.: GIS (Geographic Information System) alapjai. Kossuth Egyetmi Kiadó, Debrecen, 1998.
113. Lóki J. – Szabó J. – Konecsny K. – Szabó G. – Szabó Sz.: Az erdősültség és az árvizek kapcsolata a Felső-Tisza-vidéken. II. Földrajzi Konferencia, Szeged, 2004.
114. Lőrinczi R.: A természetvédelmi szempontú mezőgazdálkodás földhasználati rendszerének fejlesztése Bonyhád külterületének példáján. Doktori értekezés, 108 p. SZIE, Gödöllő, 2003.
115. Mackaness, W., Beard, K.: Visualisation of Interpolation Accuracy. ACARTO11 1993.
116. Maguire, D. J.: An overview and definition of GIS. Geographical Information System: principles and application. Longman, London. 9-20. 1991.
117. Maguire, D. J. - Dangermond J.: The functionality of GIS. Geographical Information System: Principles and Application. Longman, London, 1991.
118. Marsily, G. de. Quantitative Hydrogeology. Academic Press. 1986.
119. Martonné E. K.: Magyarország természeti földrajza I. Egyetemi jegyzet, KLTE, Debrecen, 1995.
120. Márkus B.: Térinformatika. Kézirat, EFE FFFK, Székesfehérvár, 1994.
121. Márkus B.: NCGIA Core Curriculum. Geo Kiadó, Budapest, 1994.
122. Márkus F.: Az intenzív mezőgazdaság és földhasználat hatása a természeti értékekre Magyarországon. WWF, Budapest, 1992.
123. McBratney, A.B., and Webster, R. 'Choosing Functions for Semi-variograms of Soil Properties and Fitting Them to Sampling Estimates'. Journal of Soil Science, 37, 617-639, 1986.
124. McQuivey, R.S - Keefer, T.N.: Simple method for predicting dispersion in streams. J. Environ. Engng. ASCE 100(4), 997-1011., 1974.
125. Mezősi G.: A földrajzi információs rendszerek alapjai. JatePRESS, Szeged, 2000.
126. Miller, S., W.: A Spatial Data Structure for Hydrologic Applications Proceedings of the International Symposium on Spatial Data Handling I. 267-288. 1984.
127. Mitas, L. és Mitasova, H.: General variational approach to the interpolation problem. Comput. Math. Applic. Vol. 16. No. 12. pp. 983-992. Nagy-Britannia, 1988.
128. Mitasova, H.: Multidimensional Interpolation, Analysis and Visualisation for Environmental Modelling. GISLIS 1993.
129. Moore, I.D. - Grayson, R.B. – Landson, A. R.: Digital Terrain Modelling: A review of hydrological, geomorfological and biological applications. Hydrological Processes 5: pp. 3-30. 1991.

130. Morehouse, S.: The Role of Semantics in Geographic Data Modelling. Symposium on Spatial Data Handling 90 Vol. 2. 1990.
131. Nagy J. - Dobos A. - Szabó J.: Belvíz- és termőhelyvédelem az Észak-Alföldi régióban. In: Nagy J. (szerk.) Fenntartható mezőgazdaság - minőségi termelés. Vider Plussz, Debrecen, 2000. 56-107.
132. Nagy J. - Kovács J.: Növénytermesztési sajátosságok a keleti háromhatár térségben, a növénytermesztési szerkezet módosításának lehetőségei. (szerk.: Sinóros-Szabó B.) Komplex környezetkímélő agrártermelés fejlesztése Magyarország keleti háromhatár szegletében. Budapest, 1999.
133. Nagy J. (szerk.): Fenntartható mezőgazdaság □ minőségi termelés. Vider Plussz, Debrecen, 2000. 1-180.
134. Nagy L.: A búzatermesztés területi elhelyezkedése Magyarországon természeti tényezők alapján. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1981.
135. Nemzeti Vidékfejlesztési Terv az EMOGA Garanciarészleg Intézkedéseire. Budapest, 2004.
136. Németh T.: A talajhasználat hatása a környezetre, a talaj, valamint a felszíni és a felszín alatti vizek minőségére. G-10 kutatási program, zárójelentés. Kézirat, 156 p. MTA-TAKI, Budapest, 1990.
137. Németh T. - Ángyán J. - Podmaniczky L. - Szabó J.: Hazánk földhasználati zónarendszerének kidolgozása, az integrált földhasználat. In: Elek, Gy., Vécsi, B. Eds. XII. Országos Környezetvédelmi Konferencia. Siófok, 101-105. 1998:
138. Oliver, M.A. Kriging: 'A Method of Interpolation for Geographical Information Systems'. International Journal of Geographic Information Systems, Vol. 4, No. 4, 313-332, 1990.
139. Papp-Váry Á.: A földrajzi információs rendszerekről. Geodézia és Kartográfia, 42. évfolyam. 1990.
140. Paskovszkij V.: A mezőgazdasági tervszerű tájtervezés néhány módszertani kérdése. Nemzetközi Mezőgazdasági Szemle, Szófia-Budapest, 1957.
141. Pálfai I.: Az Alföld belvíz-veszélyeztetettségi térképe. Vízügyi Közlemények. LXXVI. évfolyam 3. füzet. 278-290. Budapest, 1994.
142. Pálfai, I.: A mértékadó belvízhhozam számítási módszerei. Vízügyi Műszaki Gazdasági Tájékoztató, 165. sz., Budapest 1988. 155pp.
143. Pálfai I.: A belvíz definíciói. Vízügyi Közlemények LXXXIII. évf. 3. füzet. 2001.
144. Pfannenstien, A. - Reinhardt, W.: Data Analysis in Geographical Information Systems in Combination with Integrated Digital Terrain Models. EGIS 93. 1340-1345. 1993.

145. Peters D. C. - Smith M. A.: Developing a Multiagency GIS Database for Environmental Assessment of a River Basin. Proceedings of the Thirteenth Annual ESRI User Conference. 335-347. 1993.
146. Philip, G.M. and Watson, D.F., A Precise Method for Determining Contoured Surfaces, Australian Petroleum Exploration Association Journal 22: 205-212, 1982.
147. Piwowar, J. - LeDrew, M. - Ellsworth F. - Douglas J., D.: Integration of spatial data in vector and raster formats in a geographic information system environment. International Journal of Geographical Information Systems IV. 1990.
148. Press, W.H. et al. 'Numerical Recipes in C, The Art of Scientific Computing'. New York: Cambridge University Press, 1988.
149. Rakonczai J. – Csató Sz. – Mucsi L. – Kovács F. – Szatmári J. Az 1999. és 2000. évi alföldi belvívelöntések kiértékelésének gyakorlati tapasztalatai. In: Vízügyi Közlemények Különszámai IV. kötet – Elemző és módszertani tanulmányok az 1998-2001. évi ár- és belvizekről, Budapest 2002.
150. Rakonczai János – Mucsi László – Szatmári József – Kovács Ferenc – Csató Szilvia: A belvizes területek elhatárolásának módszertani lehetőségei. In: A Magyar Földrajzi Konferencia tudományos közleményei CD kiadvány (ISBN 9634825443), Szeged 2001.
151. Rákóczi L.: A Sárrét vízszabályozása. In: Rálátás – helytörténeti, honismereti tájékoztató. Zsáka, 2002.
152. Richards, J. A.: Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction. Berlin: Springer-Verlag. 1986.
153. Royle, A.G., Clausen F.L., and Frederiksen, P. 'Practical Universal Kriging and Automatic Contouring'. Geoprocessing, 1, 377-394, 1981.
154. Rozgonyi T. – Tamás P. – Tamási P. – Vári A. (szerk.): A tiszai árvíz. Vélemények, kockázatok, stratégiák. MTA Szociológiai Kutatóintézet, Budapest, 2000. ISBN 963 8302 24 0
155. Schwarz L., R. - Chapman P. - Gravel M. A.: Integrate GPS and related technologies for rapid data acquisition. GIS World VII.. 41-43. 1994.
156. Sebestyén J.: A mezőgazdasági termelés optimális területi elhelyezkedése. Statisztikai Szemle, 38/12. Budapest, 1960.
157. Silverman, B. W.: Density Estimation for Statistics an Data Analysis. Chapman and Hall, New York, 1986.
158. Smyth, S.: A Reference Data Model for Spatial and Geographic Applications. Symposium on Spatial Data Handling 90. Vol. 2. 1990.

159. Somogyi S. (szerk.): A XIX. századi folyószabályozások és ármentesítések földrajzi és ökológiai hatásai Magyarországon. MTA-FTKI, Budapest, 2000.
160. Spence, C., D. - Art, K., G.: GIS supports hydrological modelling. GIS World 8. (1). 62-65. 1995.
161. Stefanovics P.: Talajvédelem, környezetvédelem. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1977.
162. Szabó J.: Az árvízvédelem néhány aktuális kérdése Magyarországon – a Tisza példáján. In: Debreceni Szemle, 2004/1., Debrecen, 2004.
163. Szabó J.: A Tisza részvízgyűjtőinek földrajzi és hidrológiai jellemzése. MTA-FKI, Budapest, 2003.
164. Szabó, J. - Pásztor, L.: Magyarország agroökológiai adatbázisa és annak környezetvédelmi felhasználási lehetőségei. In: Országos Környezetvédelmi Konferencia, Siófok. 156-163. 1994.
165. Szalai Gy. (szerk.): Az öntözés gyakorlati kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1989.
166. Szániel I.: A mezőgazdasági termelés területi elhelyezkedésének néhány kérdése napjainkban. Tudomány és mezőgazdaság, Budapest, 1973.
167. Szász G. : Agrometeorológia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1988.
168. Tauxe, J.D. 1994. Porous Medium Advection-Dispersion Modeling in a Geographic Information System. Doctoral Dissertation in Civil Engineering. The University of Texas at Austin, Austin, TX.
169. Tamás J.: Térinformatika I. Debreceni Egyetem, ATC-MTK. Debrecen, 2000.
170. Tamás, J.: Térinformatikai és környezeti modellezés. DATE., Debrecen, 1998.
171. Tamás, J. – Bíró, T.: Talajinformációs rendszerek módszertani fejlesztése a belvízzel veszélyeztetett mezőgazdasági talajok védelmének és termőképességük megóvásának érdekében. FVM Témazáró beszámoló jelentés. Debrecen, 2000. 28 p.
172. Tamás J. - Bíró T.: Vízkészletgazdálkodási modellezés. Egyetemi jegyzet. Debreceni Egyetem. 2001.
173. Tamás J. – Bíró T. - Lénárt Cs.: DTM-ek szerepe a hidrológiai folyamatok elemzésében. Agrárinformatika '99 Konferencia. Debrecen, 1999.
174. Thomas J., L.: Designing and Developing a Hydrologic Information System GIS Database. Proceedings of the Thirteenth Annual ESRI User Conference. 343-354. 1993.
175. Thyll Sz.: Környezetgazdálkodás a mezőgazdaságban. Mezőgazda Kiadó, 1996.

176. Thyll Sz.: A talaj szivárgási tényezőjének meghatározása és gyakorlati alkalmazása a talajcsővezetés és vízrendezés, különös tekintettel a szennyvíz és hígtrágya elhelyezés talajtani megalapozásához. Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium Növényvédelmi és Agrokémiai Központ, Budapest, 1983.
177. Thyll Sz.: Tiszántúli kötött talajok felszíni és felszín alatti vízrendezési kérdéseinek vizsgálata. Mezőgazdasági Vízgazdálkodási kutatások Magyarországon. VITUKI Közlemények 5. Budapest, 1978.
178. Thyll Sz.: A földvédelmet szolgáló belvíz-veszélyeztetettségi regionális kataszteri rendszer kidolgozása. FVM Témazáró beszámoló jelentés. Debrecen, 1999. 55 p.
179. Thyll Sz. – Bíró T.: A belvíz-veszélyeztetettség térképezése. Vízügyi Közlemények, LXXXI évfolyam, 1999. évi 4 füzet. 709-718.
180. Tomlin, C. D.: Geographic Information Systems and Cartographic Modelling. Englewood Cliffs, Prentice Hall. 86-240. 1990.
181. Tózsza I.: A térinformatika alkalmazása a természeti és humán erőforrás-gazdálkodásban. Aula Kiadó, Budapest, 2001.
182. Tuori, M., Moon, G.: A Topographic Map Conceptual Data Model. Proceedings of the International Symposium on Spatial Data Handling. 1984.
183. Varga-Haszonits Z. – Varga Z. – Lantos Zs. – Encsölné Gerencsér E.: Az éghajlati változékonyság és az agroökoszisztémák. NYME – MÉK, Mosonmagyaróvár, 2006.
184. Watson, D.F. and Philip, G.M., A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation, Geo-Processing, 2: 315 - 327, 1985.
185. Wechsler, S.: Results of the DEM User Survey, 1999.
186. Weibel, R. - Heller M.: A Framework for Digital Terrain Modelling. Symposium on Spatial Data Handling 90. 219-229. 1990.
187. Weibel, R. and Heller, M.: Digital Terrain Modelling. (Szerk.: McGuire, D. J. - Goodchild, M. F. - Rhind, D. W.) *Geographical Information Systems* Essex, UK Longman, 1993.
188. Wahba, G.: Spline models for Observational data. Paper presented at CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics. Philadelphia: Soc. Ind. Appl. Maths., 1990.
189. Wilson, J. P. – Gallant, J. C.: Terrain Analysis – Principles and applications. John Wiley and Sons Inc., New York, 2000.
190. Zevenbergen, L.W. – Thorne, C.R.: Quantitative analysis of land surface topography. *Earth Surface Processes and Landforms* 12: pp. 47-56., 1987.

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaságtudományi Karán a Interdiszciplináris Agrár- és Természettudományok Doktori Iskola keretében készítettem el a Debreceni Egyetem ATC MTK doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2007. szeptember 3.

a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy Tomor Tamás doktorjelölt 2000. - 2007. között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen, 2007. szeptember 3.

a témavezető aláírása