

Nyugat-magyarországi Egyetem
Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola
Geoinformatika Doktori Program

TÉRINFORMATIKAI MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA A VÍZGAZDÁLKODÁS TERÜLETÉN

DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS

Írta:

Horoszné Gulyás Margit

Tudományos témavezető:
Dr. Martinovich László

Székesfehérvár
2012

TÉRINFORMATIKAI MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA
A VÍZGAZDÁLKODÁS TERÜLETÉN

értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében készült
a Nyugat-magyarországi Egyetem Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori
Iskolája Geoinformatika programja keretében

Írta:
Horoszné Gulyás Margit

Témavezető: Dr. Martinovich László

Elfogadásra javaslom (igen/nem)
(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton.....%-ot ért el.

Székesfehérvár,
a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen/nem):

Első bíráló: (Dr.) igen/nem
.....
(aláírás)

Második bíráló: (Dr.) igen/nem
.....
(aláírás)

(Esetleg harmadik bíráló: Dr.) igen/nem
.....
(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján.....%-ot ért el

Székesfehérvár,
Bírálbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése.....
.....
Az EDT elnöke

Tartalomjegyzék

1.	BEVEZETÉS	9
1.1	A tudományos probléma felvetése	9
1.2	A kutatás célkitűzései.....	10
1.3	Az értekezés felépítése.....	10
2.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	12
2.1.	A táj vizsgálata	12
2.1.1.	A táj fogalma	13
2.1.2.	A táj funkciói.....	14
2.1.3.	Tájvizsgálati módszerek	15
2.1.4.	Tájökológiai modellezés	16
2.1.5.	Tájhasználat-földhasználat-felszínborítás	19
2.1.6.	Birtokrendezés, vízrendezés.....	23
2.2.	Víz a tájban	25
2.2.1.	Hidrológia - vízgazdálkodás.....	25
2.2.2.	A víz mesterséges körforgalma	27
2.2.3.	A víz, mint geomorfológiai tényező.....	28
2.2.3.1.	Biogeomorfológiai folyamatok	28
2.2.3.2.	Talajvédelem	28
2.2.4.	Lefolyás meghatározása	31
2.2.5.	Lefolyás és tájhasználat kapcsolata.....	38
3.	TÉRINFORMATIKA SZEREPE A KUTATÁSBAN	45
3.1.	Definíciók	45
3.2.	A térinformációs rendszerek alkalmazásának lehetőségei	45
3.3.	A térinformációs rendszerek alkalmazási szintjei.....	46
3.4.	Raszter-vektor modell.....	46
3.5.	Térbeli elemzések	47
3.6.	Szoftverek.....	48
3.7.	Elsődleges adatforrások.....	48
3.8.	Leíró adatok, mint a térinformatika másodlagos adatforrásai.....	50
3.9.	Elérhető adatforrások felhasználási lehetőségei.....	50
3.10.	Térinformatikai alkalmazások a vízgazdálkodásban	52
3.10.1.	WAREMA.....	52
3.10.2.	WEAP.....	55
4.	LEFOLYÁS-SZABÁLYOZÁSI FUNKCIÓ – FÖLDHASZNÁLAT.....	60
4.1.	A mintaterület jellemzése	60
4.2.	A felszíni vízháztartást befolyásoló tényezők.....	74
4.3.	Lefolyás-szabályozási funkció	75
4.4.	Lejtésviszonyok.....	78
4.4.1.	A digitális domborzatmodell megjelenési formái, hidrológiai alkalmazása	81
5.	A LEFOLYÁS-SZABÁLYOZÁSI FUNKCIÓ ÉRTÉKELÉSE	102
6.	JÖVŐBENI KUTATÁSI IRÁNYOK, LEHETŐSÉGEK	111
7.	ÖSSZEFOGLALÁS.....	112
8.	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	116
9.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	118
	IRODALOMJEGYZÉK	119
	MELLÉKLETEK	128

Rövidítések jegyzéke

AGROTOPO	Agrotopográfiai Adatbázis
AGWA	Automated geospatial watershed assessment = Automatikus, helyzeten alapuló vízgyűjtő értékelés
AKI	Agrárgazdasági Kutató Intézet
CÉT	CORINE Élőhelytérkép
CLUE-S	The Conversion of Land Use and its Effects at Small regional extent
CN	Curve Number = görbeparaméter
CORINE	Európa Környezeti Információs Rendszere, Felszínborítottsági Adatbázis
DDM	Digitális Domborzatmodell
DEM	Digital Elevation Model
DKI	Duna Kutató Intézet
DKTIR	Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer
DTA	Digitális Térképészeti Adatbázis
DTM	Digitális Terepmodell
EOV	Egységes Országos Vetület
EU	Európai Unió
FÖMI	Földmérési és Távérzékelési Intézet
GIS	Geographical Information System = Földrajzi Információs Rendszer
HM	Honvédelmi Minisztérium
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in the European Community
KINEROS	Kinematic Runoff and Erosion Model = Kinematikus Lefolyás és Erózió Modell
KSH	Központi Statisztikai Hivatal
LCM	Land Change Modeler
LTM	Land Transformation Model = Földhasználat-változás Modell
LUCC	Land use/cover change
MADOP	Magyarország Digitális Ortofotó Programja
MÁFI	Magyar Állami Földtani Intézet
MAHAB	Magyar Hidrológiai Adatbázis
MePAR	Mezőgazdasági Parcella Azonosító Rendszer
MÉTA	Magyarország Élőhelyeinek Térképi Adatbázisa
MgSzH	Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal
MKEI	Magyar Kormányhivatal Erdészeti Igazgatóság

MSZ	Magyar Szabvány
MTA	Magyar Tudományos Akadémia
NAV	Nemzeti Adó- és Vámhivatal
NAKP	Nemzeti Agrár és Környezetvédelmi Program
OHM	Operatív Hidrológiai Modul
OTAB	Országos Térinformatikai Alapadatbázis
OTAR	Vízügyi objektum és törzsadatkezelő rendszer
OVF	Országos Vízügyi Főigazgatóság
ÖBKI	Ökológiai és Botanikai Kutató Intézet
RR	Rainfall-runoff (model)
SAGA	System for Automated Geoscientific Analyses
SOTER	Digitális Talajtani és Domborzati Adatbázis
SWAT	Soil and Water Assessment Tool = Talaj és Víz Értékelő Modell
TAKI	Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet
TEIR	Területfejlesztési és Területrendezési Információs Rendszer
TESZIR	Települési Szennyvíz Információs Rendszer
TIN	Triangulated Irregular Network
TIR	Természetvédelmi Információs Rendszer
USA	United States of America = Amerikai Egyesült Államok
VÁTI	Városépítési Tudományos és Tervező Intézet
VGT	Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv
VITUKI	Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet
VIZIR	Vízgazdálkodási Információs Rendszer
VKI	Víz Keretirányelv
VKKI	Vízügyi és Környezetvédelmi Központi Igazgatóság
VM	Vidékfejlesztési Minisztérium
WAREMA	Water REsources Management in protected Areas
WEAP	Water Evaluation and Planning System

KIVONAT

Térinformatikai módszerek alkalmazása a vízgazdálkodás területén

Az értekezés a térinformatika szerepét mutatja be a hidrológia és a hidrológiai folyamatokkal összefüggő földhasználati változás területi információkra épülő metodikájának kidolgozásában esettanulmányokon keresztül.

A térinformatika számos eszközével segítséget nyújt a tájökológiai szemléletű hidrológiai modellezésben: adatfeldolgozás, rendszerszemlélet, elemzés, megjelenítés. Az esettanulmányokon keresztül ezek bizonyításra kerültek. A térbeli elemzésre adott példa, a WEAP program használata bizonyítottan megkönnyíti a döntéshozók munkáját, elsősorban a forgatókönyvek létrehozása miatt. Az összetett elemzésre és a vizuális információk megjelenítésére adott példa, a WAREMA projekt jól bizonyította a GIS számos eszközrendszerének használatát, és a megjelenítés terén játszott szerepét. A domborzatmodellek alkalmazhatósága a hidrológiai modellezés területén elfogadott módszer. Ugyanakkor a tájökológiai elemzések alapjául is szolgálhat számos funkciója révén. A domborzatmodellek elemzése révén információkat nyerhetünk a lejtők meredekségére, hosszára, alakjára, amelyek befolyásolják a felszínen lefolyó víz munkáját, így tágabb értelemben a talajvédelem kérdéskörébe is betekintést nyerhetünk.

A modell terület (Velencei-tó vízgyűjtője, Rovákja-patak vízgyűjtője) részletes földrajzi elemzése, a környezetgazdálkodással és vízgazdálkodással összefüggő térinformatikai adatbázisok vizsgálata után a lefolyás-szabályozási funkció egyéni értékskálájának kialakítására került sor.

A funkció pontos és számszerű eredményt ad a felszínborítás és lefolyás közötti összefüggésre, így hasznos eszközként szolgálhat akár a nemzeti, akár regionális, vízgyűjtőalapú hidrológiai modellezésben, a tervek elkészítésében és nyilvánosságra hozásában. A közepes léptékű vízgyűjtő modellezés elősegíti a folyamatok komplex módon történő látását, így új dimenziót nyitnak a tájökológiai és vízgazdálkodási folyamatok vizsgálatánál. A modell értéke, hogy a tájökológiát és a hidrológiai modellezést ötvözi a térinformatika segítségével, mindezt vízgyűjtő szinten.

ABSTRACT

Using GIS methods in water management

The PhD thesis is aimed to show the important role of GIS in the development of territorial information-based methodology regarding hydrology and land use change associated with hydrological processes presented in an own case study. GIS with several tools assists a number of landscape ecology related hydrological modeling approaches: data processing, systems thinking, analysis and visualization. In the case studies they have been shown.

The novelty of the medium-scale watershed modeling and the provided information can be a step forward in the decision-making. The expansion of runoff control function (eg. urban ecological research) promotes drainage (water management) operations, activities, in order to increase the precision. The value of the model is that it combines landscape ecology and hydrologic modeling using GIS, in river basin level.

1. BEVEZETÉS

1.1 A tudományos probléma felvetése

„A víz felszáll és esővé válik, jégesővé keményedik, hullámmá dagad, hegyi patakként zúdul alá, a levegő felhővé tömörül, viharokban dühöng, ezzel szemben az Anyaföld jóságos, szelíd, elnéző, a halandók szükségleteinek készséges kiszolgálója, amit kényszerből létrehoz, azt önszántából elajándékozza, de még milyen illatokat és ízeket, orvosságokat, hatásokat és színeket!”(8)

Az értekezés címében használt fogalmak (hidrológia, térinformatika) mindegyike viszonylag hosszú múlttal rendelkezik, talán az egyik legfiatalabb tudományterület a térinformatika. Mi indokolja, hogy kutatásaim fő irányaként éppen e fogalmak együttesét választottam a valamelyikükben való elmélyedés helyett? A kérdés megválaszolásához az egyes fogalmak közti kapcsolatok feltárásával juthatunk úgy, hogy vizsgálom a földhasználat, hidrológia és térinformatika kapcsolatát.

A hidrológia feladatai közül első helyen a vizek földi előfordulásának a meghatározása áll. E feladat tulajdonképpen a víz megjelenési formáinak és a víz földi körforgalmának minél pontosabb feltárását jelenti. Másik feladata a víz és környezet kölcsönhatásának a feltárása. A vízviszonyok meghatározói minden ökoszisztémának. Egy vízgyűjtő valódi rendszer, az abba történő bármely beavatkozás (legyen az természetes vagy ember általi) a vízgyűjtő egészében hat. A víz tehát a természetben és a társadalomban is a hatásközvetítés, az egységformálás és a rendszer-átalakítás közege (Stelczer, 2000).

Helyi, regionális és globális szinten a hidrológiai rendszerre legfőbb antropogén módosító hatást a földhasználati változása okozza. Egy terület mezőgazdasági művelésbe vonása, bányászati, ipari vagy egyéb célokra történő alkalmazása jelentősen módosítja a földfelszín hidrológiai sajátosságait. Ha ez a folyamat a vizsgált terület vagy régió jelentős részén megy végbe, akkor nagy hatással bír a rövid és hosszú távú folyamatokra is, beleértve a növekvő árvizeket és a csökkenő talajvíz szintet. Az urbanizált területeken mindezek a hatások koncentráltan jelentkeznek, például a növekvő árvíz szintekben, romló vízminőségben, amely vízfelhasználási problémákhoz vezethet. Fontos megértenünk, hogy a földhasználati változás és főként az urbanizáció igen nagy hatással van a hidrológiai folyamatokra mind mennyiségi, mind minőségi szempontból. A hidrológiai paraméterek változása ugyanakkor környezeti változásokat is előidéz: pl. folyó meder eróziója és mélyülése, vizes élőhelyek és folyó menti élőhelyek degradálódása, csökkenő ökológiai diverzitás. Természetesen mindezek tényleges költségekben is jelentkeznek, hiszen kezelni, csökkenteni kell ezeket a negatív hatásokat. (Bhaduri et al, 2000).

A földrajztudomány egyik területének, a tájökológiának vizsgálati területén, vagyis a tájban az egyik legfőbb ismerv a változások, a mindenkorai társadalom megnyilvánulásainak tükrözése. Fejlesztés nélkül azonban nincsen társadalmi haladás, ugyanakkor a táji adottságok befolyásolása, a táj megváltoztatásának mértéke csak becsülhető és nehezen prognosztizálható. A tájban végbemenő folyamatok rendkívül bonyolult hatásmechanizmusokon keresztül érvényesülnek, a jelenségek többsége pedig csak hosszú idő után válik érzékelhetővé. Ezért fontos a tájhasználat ismerete, felszínborítás tanulmányozása, a földhasználat modellezése, főleg annak ismeretében, hogy 1850-től világszinten mintegy 4.7 millió km² legelőt és 6 millió km² erdős területet alakítottak át mezőgazdasági művelésű tájjá (Tsegaye et al, 2010).

Mindezek alapján felmerül a kérdés: hogyan hatnak a tájalkotó tényezők a lefolyási viszonyok változására, illetve a felszínborítás, tájhasználat, földhasználat milyen irányba befolyásolhatja

a lefolyást? A probléma összetett, így nyilvánvaló, hogy a megoldási lehetőségeket is több szempontból kell vizsgálni. A vízgazdálkodási feladatok végrehajtása során nagyon fontos az ökológiai szemlélet, amit véleményem szerint legpontosabban a hazai vízgazdálkodás egyik vezetője, Kácsor László fogalmazott meg (az 1970-es években!): „...a természeti környezet megváltoztatásáról nem mondhatunk le, de rendjébe úgy kell beavatkoznunk, hogy harmóniáját ne zavarjuk meg, vagy ha megzavarni kényszerülünk, kötelességünk azt magasabb fokon helyreállítani. A cél az, hogy az ember növekvő beavatkozása a bioszféra életritmusába a káros hatások elkerülésével menjen végbe...” (Kácsor, 1984).

A fenti folyamatok, részterületek ismertetésénél hangsúlyosan jelenik meg a térbeliség kérdése. Ez alatt azt értjük, hogy a földhasználattal összefüggő mezőgazdaságnak az adott terület adottságaihoz kell igazodnia, ahhoz alkalmazkodva kell az egyes feladatokat megvalósítania. A területekre vonatkozó ismeretek tehát elengedhetetlenek az ökológiai szemléletű mezőgazdálkodáshoz.

Az eddig leírtak talán rávilágíthatnak arra, hogy a területiség kérdése felől közelítve van létjogosultsága a címben megjelölt fogalmak összekapcsolásának. Emellett kihívás is az olyan fogalmak együttes kezelése, mint a hidrológia, földhasználati változás és a térinformatika. Ennek a kihívásnak igyekeztem megfelelni kutatásaim során, remélve, hogy ezzel hozzájárulhatok a vízgazdálkodás területén az intelligens döntéshozatal gyakorlatának előmozdításához.

1.2 A kutatás célkitűzései

Doktori értekezésemben arra vállalkoztam, hogy bemutassam a térinformatika szerepét a hidrológia és a hidrológiai folyamatokkal összefüggő földhasználati változás területi információkra épülő metodikájának kidolgozásában egy általam készített esettanulmányon keresztül.

Az értekezésben az alábbi kérdésekre keresem a választ:

- Hogyan oldhatók meg térinformatikai eszközökkel a hidrológiai feladatok, illetve hogyan segíti a térinformatika a hidrológiát?
- Milyen tipikus kérdésfelvetések adódhatnak a földhasználattal és annak vizsgálatával kapcsolatosan?
- Hogyan támogatható térinformatikai eszközökkel egy konkrét vízgazdálkodási probléma, a lefolyás modellezése?
- Milyen kapcsolat állítható fel a birtokrendezés egyik fontos kérdése, a művelési ágak változása és a lefolyás-szabályozási funkció változása között?
- Milyen módszerrel tudom ezt egy esettanulmányon keresztül modellezni?
- Milyen hazai és külföldi tapasztalatok, irodalmak lelhetők fel ennek a kérdésnek a megválaszolására?

A dolgozat a térinformatika vízgazdálkodási használati lehetőségeit, feltételeit és metodikáit igyekszik feltárni a földhasználat szemszögéből.

1.3 Az értekezés felépítése

Az értekezés három részre tagolható. Először áttekintem a tájjal és a vízgazdálkodással kapcsolatos világszintű folyamatokat, valamint azokat a hazai és külföldi eredményeket, melyeket e folyamatok előmozdítása érdekében sikerült elérni a térinformatika módszereinek segítségével.

Ezt követően bemutatom a legfontosabb hazai és külföldi kutatási előzményeket. Ennek keretében áttekintem az ún. lefolyás-szabályozási funkcióval összefüggő legfontosabb kutatásokat, valamint a művelési ágak térinformatikai feltárására vonatkozó elemeket, a legfontosabb adatforrásokat, adatbázisokat.

A dolgozat legfontosabb részében esettanulmányon keresztül mutatom be a térinformatika vízgazdálkodási alkalmazási lehetőségeit egy speciális funkciót, a lefolyás-szabályozási funkció vizsgálva.

Ezt követően az elért tudományos eredmények, azok hasznosítási lehetőségei és az összefoglalás következik.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A táj vizsgálata

A táj szó valamennyiünk képzeletében valamilyen konkrét, vagy kevésbé konkrét természeti képet jelenít meg. Így szubjektív értelemben a táj tulajdonképpen természeti tájat jelent. Már a 19. század második felében megfogalmazódott az a felismerés, hogy a táj valami féle egység, szintézis, amely a különböző tájalkotó tényezők kölcsönhatása révén jön létre. Ez az összehatás minden konkrét esetben valami új egységet hoz létre. Más szóval ez azt jelenti, hogy egymáshoz hasonló tájak léteznek ugyan, de teljesen azonosak sohasem.

A tájnak kettős jellege van. Működési egység, tehát anyag és energiamozgás történik benne, ugyanakkor vizuális forma is egyben (Csorba, 2007).

A táj olyan dinamikus egység, amelyben a természetes és mesterséges rendszer egymással kölcsönhatásban áll. Számos tudományos munka igyekezett megérteni és megértetni a tájat befolyásoló hatásokat. A közvetlen mérések azonban nem elegendőek annak megismeréséhez, hogy maga a folyamat hogyan megy végbe. Az empirikus modellekben a vizsgálatokat összekapcsolják különböző hely- és időskálák alapján annak érdekében, hogy átfogóan megismerjük a táj-, földhasználat-változás folyamatát (Parker et al, 2002).

A tájökológia kifejezés Troll, C. nevéhez fűződik, aki 1939-ben alkalmazta először a szakirodalomban, egy kelet-afrikai szavanna légifénykép interpretációjával kapcsolatban. A tudományág kialakulása és kibontakozása a múlt század derekára tehető, napjainkban pedig reneszánszát éli. A biológiai és a geográfiai megközelítésű ökológiai irányzatok egymáshoz közelednek, ugyanakkor megmaradt a két szemléletmód közötti különbség (Kertész, 2008).

A geográfia tértudomány, ezért a geográfusokat mindig a „hol” és a „miért ott” kérdés érdekli a legjobban. A tájökológiát némelyek „horizontális ökológiának” nevezik, arra utalva, hogy a tudományterület megkülönböztetett figyelmet fordít az anyag- és energiafolyamatok területi elrendeződésére. A tájökológia a térbeli elrendeződések sokszínűségének feltárására, az ember helyének, lehetőségeinek meghatározására hivatott tudomány (Schweitzer, Tiner, 2000).

A tájökológia elsősorban a helyi kapcsolatok feltárására törekszik a tájalkotó elemek között vagy az ökoszisztémában, másodsorban az energia- és anyagáramlásra, harmadsorban a tájmozaikok időbeni dinamikájára fókuszál (Turner et al, 2001).

A tájökológia fő törekvése, hogy feltárja a táji adottságokat, potenciális lehetőségeket és ezeket valamilyen kompromisszum keretében összhangba hozza a társadalom által megfogalmazott igényekkel. A probléma abban rejlik, hogy a társadalmi igényt felmérni rendkívül nehéz, hiszen ez egy soktényezős és gyorsan változó komponenst tartalmazó kérdés (Csorba, 2006).

A tájökológiai tervezés fő feladata a táj optimális hasznosításának kialakítása lenne, de ennek megvalósítása már csak azért sem könnyű, mert a kérdés igen ritkán merül fel olyan formában, hogy mi lenne egy adott terület leghelyesebb, legcélszerűbb használata. Az esetek döntő többségében arra vagyunk kíváncsiak, hova helyezhető el a lehető legkisebb mértékű környezeti következmény nélkül valamilyen erőforrást hasznosító társadalmi-gazdasági tevékenység, földhasználat (Lóczy, 2005).

A tájökológiai, geoökológiai kutatásoknak általában két lényeges követelményt kell kielégíteniük: egyrészt gyakorlati kérdések megoldására alkalmasnak kell lenniük, másrészt kívánatos, hogy azok a földrajzi realitást korrekten tükrözzék. Geográfiai szempontból a fő cél az lehet, hogy a kutatás kvantitatív és kvalitatív jellemzést adjon a táji ökorendszeréről. Újabban egyre gyakran használatos a geoökológia kifejezés részben a tájökológiával szinonim, részben pedig

attól jelentősen eltérő értelemben (Mezősi, Rakonczai, 1997). A geoökológia kifejezés nyomai az 1960-as évek angol irodalmáig nyúlnak vissza, bár tartalmi értelmezése az 1930-as évek végéig vezethető vissza. Ma ezt az iskolát Leser 1970-es évek közepétől kialakuló tevékenységével kapcsolják össze. Meghatározásuk szerint a geoökológia a tájháztartás térbeli sajátosságainak földrajzi-geotudományi vizsgálatával foglalkozik (Csató, Mezősi, 2003; Horoszné, 2010/2).

2.1.1. A táj fogalma

Ha a számtalan tájdefiníciót összehasonlítjuk, akkor valamennyi esetben hasonló, csaknem azonos fogalmakkal találkozunk: térbeli, területi egység, a földfelszín részlete, kivágata. A táj meghatározásában tehát szerepelni kell annak, hogy a táj a földfelszínnek egy darabja, még hozzá valamilyen szempontból egységesnek tekinthető része. Másodsorban célszerű arra is utalni, hogy a tájat élő és élettelen tényezők, továbbá az ember alakítja, harmadrészt, valamilyen rendszerről, hatásrendszerről van szó. Mindezek alapján az egyik legjobb meghatározást Bulla Béla adta 1947-ben: „*a táj tájalkotó tényezők (szerkezet, domborzat, éghajlat, hidrológiai hálózat, természetes növénytakaró) és az ember tájalkotó, kultúrateremtő tevékenységének természetes együttese, szintézise. Földrajzi területegység, amelyhez hasonló van a Földön, de teljesen azonos soha. Tehát minden táj önálló individuum, egyéniség.*” Kiegészítésképpen Pécsi Márton definícióját is idézem: „*...a táj hosszú természettörténeti és rövid, de igen hatékony gazdasági fejlődés együttes eredménye*” (Kertész, 2003). Az Európai Tájegyezmény (2000) megfogalmazása szerint: „*- a táj emberek által érzékelt területet jelent, amelynek karaktere a természeti, illetve a humán tényezők hatása és kölcsönhatása eredményeként jön létre*” (Konkolyné, 2003). Még kettő tájfogalmat érdemes megemlíteni, amely tartalmát tekintve nem jelent nagy változást. Az egyik a tájépítésznek, Möcsényi Mihálynak a tájról szóló meghatározása (1968): „*a táj nem más, mint a természet és társadalom kölcsönhatásainak ellentmondásos, ezért dialektikus egysége. A táj egyrészt a társadalom anyagi életfeltétele, másrészt magas rendű vizuális-esztétikai kvalitások hordozója. Ezért az ember és a természet manifesztálódott története.... A táj a társadalmi igényeknek megfelelően bioszférából nooszférává alakított, emberiesített természet.*” (Csemez, 1996). Magyarországon „A természet védelméről” született (1996/LIII.sz.) törvény hivatalos, jogi kategóriává tette a tájat, mégpedig a következő értelmezésben: „*a táj a földfelszín térben lehatárolható, jellegzetes felépítésű és sajátosságú része, a rá jellemző természeti értékekkel és rendszerekkel, valamint az emberi kultúra jellegzetességeivel együtt, ahol kölcsönhatásban találhatók a természeti erők és a mesterséges (ember által létrehozott) környezeti elemek.*”(Lóczy, 2002; Horoszné, 2010/2).

Mindegyik tájdefiníció megfelelő a tájkutatók számára, ám leginkább akkor, ha összességét tekintjük. A Bulla-féle definícióban kiemelendő a tájalkotó tényezők felsorolása, illetve a földrajzi szemlélet: a tájnak, mint a Föld egy darabjának kiemelése, ugyanakkor hiányolható az idő szerepének kihangsúlyozása. A Pécsi-féle definícióban nagyon fontos az időlépték meghatározása: hosszú természeti és rövid gazdasági fejlődés. Hiányosságaként kiemelném, hogy nem tér ki arra az igen fontos tényre, hogy a táj a Földön elhatárolt területegység. Az Európai Tájegyezmény említi először a kölcsönhatást, ami a tájökológiai kutatások egyik alapeleme, hiszen minden mindennel összefügg és hatnak egymásra, így anyag- és energiaáramlás megy végbe. Ugyanakkor hiányolom, hogy (a Pécsi-féle fogalomhoz hasonlóan) a földrajzi szemlélet háttérbe került. A Möcsényi-féle meghatározásban találkozunk a nooszféra kifejezéssel, mint a bioszféra ember által alkotott részével, vagyis egy külön szférával. Ez utóbbi definíció egyébként túlhangsúlyozza az emberi tényezőt. A meghatározás pontatlansága a túlzott szaknyelvben keresendő, mely elrejtí színtén a földrajzi sajátosságokat. Az 1996/LIII.sz. törvény pedig kitűnően összefoglalja az előzőeket, bár meg kell említeni, hogy

inkább kölcsönhatásban működnek (és nem találhatók) az elemek; előnye viszont, hogy rendszerszemléletet teremt. A fenti fogalmakat szintetizálásával – egyes, konkrét tájakra vonatkoztatva – az alábbi új definíciót hoztam létre:

„A táj a hosszú idő alatt lezajló természeti és rövid, de igen hatékony humán tájalkotó tényezők kölcsönhatásaként jön létre a földfelszínen, térben lehatárolhatóan, a nooszférában rendszert alkotva. Vizuális-esztétikai és működési egység egyben, amelyhez hasonló van a Földön, de teljesen azonos soha.”

2.1.2. A táj funkciói

A gyakorlatban könnyebben használhatók azok az újabb keletű definíciók, amelyek a tájfunkciókban igyekeznek megragadni a táj lényegét (I. táblázat). A számtalan, egymást gyakran átfedő funkció szigorúan véve már nem is a tájhoz, hanem az emberi társadalom természeti környezetéhez kapcsolódik (Lóczy, 2002). Ezek alapján bölcs dolog a természeti és kultúrtáj szétválasztása. Ezek meghatározására a disszertáció eltérő jellege miatt nem térek ki.

A rendkívül összetett táji rendszer adta sok lehetőség közül – tekintettel a potenciális használhatóságra – az alábbi funkciókat és potenciálokat érdemes vizsgálni:

Domborzati- és talajtani alrendszerhez kapcsolódóan:

- a talaj filter- és puffer-funkciója,
- a felszín erózióval szembeni ellenállásának funkciója.

A hidrológiai alrendszerhez kapcsolódóan:

- talajvíz-képződési funkció,
- lefolyás-szabályozási funkció.

Az éghajlati alrendszerhez kapcsolódóan:

- levegőregenerálódási funkció,
- bio- és agroklimatikus funkció.

A biotikus tényezőkhez kapcsolódóan:

- ökotópképző funkció,
- természetvédelmi funkció.

Potenciálok (pl.):

- termőhelypotenciál,
- vízellátottság.

Az eredményeket ún. geoökológiai térképen jelenítjük meg. Annak ellenére, hogy a geoökológiának hosszabb múltja van, alig találkozunk az irodalomban geoökológiai térképpel. Ennek részben az az oka, hogy a geoökológia által feltárt funkcionális kapcsolatok olykor nehezen térképezhetőek. Egyesek a geoökológiai térképet úgy képzelik el, ami az összes abiógén tényezőt egyszerre, mintegy egymásra vetítve ábrázolja. Határozottan elkülöníthető egy analitikus (egy-egy tényezőcsoportot elemző) és egy komplex (soktényezős kombinált értékelés) integrációs fok. Hazánkban ilyen jellegű kutatás a Szegedi Tudományegyetemen történt, ahol négy kisebb (10-50 km²) vízgyűjtőre történt geoökológiai térképezés (Mezősi, Rakonczai, 1997; Mezősi, 2003).

I. táblázat: A legfontosabb tájfunkciók.

FUNKCIÓCSOPORT	főfunkciók	részfunkciók
TERMELŐ (GAZDASÁGI) FUNKCIÓK	megújuló erőforrások biztosítása	<i>biomassza</i>
		<i>vízkeszletek</i>
	meg nem újuló erőforrások biztosítása	<i>ásványi nyersanyagok</i>
		<i>fosszilis energiahordozók bányászata</i>
SZABÁLYOZÓ (ÖKOLÓGIAI) FUNKCIÓK	anyag- és energiaforgalom szabályozása	<i>talajfunkciók</i>
		<i>hidrológiai funkciók</i>
		<i>meteorológiai funkciók</i>
		<i>a populációk és a biocönózisok szabályozó, regeneráló funkciója</i>
TÁRSADALMI TÉRFUNKCIÓK	lélektani funkció	<i>esztétikai funkció</i>
		<i>etikai funkció</i>
	információs funkció	<i>tudományos kutatás és oktatás</i>
		<i>környezeti károk</i>
	humánökológiai funkciók	<i>bioklíma-hatások</i>
		<i>szűrő- és tompítófunkció</i>
		<i>vegyi hatások</i>
		<i>akusztikai hatások</i>
	rekreációs (felüdülési) funkció	

Forrás: Lóczy, 2002.

2.1.3. Tájvizsgálati módszerek

A modern ökológiai szemléletű táj kutatás módszertanilag egy hibrid rendszer, amelyben együtt vannak jelen a természeti és a nehezen metrizálható társadalomtudományi elemek. A geo- és ökoszisztéma ún. sztochasztikus rendszerek, mivel a jelenségek bekövetkezését, lefolyását csak valamilyen valószínűségi szinten tudjuk előre jelezni (Csorba, 2006).

Használt eljárások:

- Terepi felvételezés: terepi mérések, távérzékelés, globális helymeghatározó rendszerek alkalmazása;
- Laboratóriumi elemzések: pl. kémiai és fizikai paraméterek meghatározása;
- Adatfeldolgozás: statisztikai feldolgozás (pl. gyakoriság, középérték meghatározása), geostatisztikai módszerek alkalmazása (adatok térbeli változása);
- Tájökológiai modellezés.

Jelenlegi kutatás során a fent említett eljárások közül három módszert alkalmaztam: távérzékeléses adatok vizsgálatát (terepi felvételezés), adatfeldolgozást és a modellezést. A mintaterület, a Rovákja-patak vízgyűjtőjének nagysága miatt (kb. 80 km²) a laboratóriumi elemzéseket nem használtam (túl sok lett volna a mintavételi pont), ez utóbbi a kisebb (50 km² területnél kisebb) tájegységeknél történő vizsgálatoknál lehet különösen hasznos. A következőkben a tájökológiai modellezést emelem ki, mert a dolgozat témájából adódóan ez különösen fontos szerepet tölt be. A terepi felvételezés és az adatfeldolgozás mind a földrajzosok, a tájökológusok, mind a hidrológusok szempontjából jól ismert eljárások.

2.1.4. Tájökológiai modellezés

Az elméleti modell valamilyen rendszer elméletileg elképzelt, matematikailag szabatosan leírható, idealizált mása; feladata az, hogy a vizsgált rendszer tulajdonságait vagy valamely folyamat lejátszódását többé-kevésbé helyesen megmagyarázza. Egyik felhasználási területük a rendszerelemzés. A rendszerelemzés térben és időben, több méretarányban vizsgálja a környezeti rendszereket, elhatárolja környezetüktől, megállapítja létezésük peremfeltételeit, alrendszerekre bontja őket, leírja, hogyan viszonyulnak egymáshoz. A modellek előre tudják jelezni a rendszer jövőbeli állapotát vagy éppen rekonstruálni a múltbeli körülményeket. A rendszerelemzés legegyszerűbb módja megegyezik a tudományos kutató munka módszertani lépéseivel (Lóczy, 2002).

Modell számos módon készíthető. A fizikai modell az objektum vagy rendszer pontos leképezése csökkentett méretben (itt hívom fel a figyelmet a térinformatikában is használt fogalmak különbözőségére!). Fizikai modelleket a mérnökök számos területen alkalmazzák, de az ökológusok is fizikai modelleket építenek például a vízhálózathoz, forrásokhoz vagy az egész ökoszisztémához kapcsolódóan. Ezzel ellentétben az absztrakt modellek szimbólumokat használnak: például egy verbális modell szavakat használ, a grafikus modell képekben jelenít meg, a matematikai modell is szimbólumokat használ a különféle kapcsolatok kifejezésére. A II. táblázatban azok a matematikai modellek láthatók, amelyek fontos szerepet játszottak a XX. századi ökológia fejlődésében.

A modellek számos módon segítik a tudósokat. A probléma konkretizálása és a koncepció tisztázása az egyik erőssége. Az adatok vizsgálata és a megjelenítés szintén fontos részük, de az egyik legfontosabb, hogy előrejelzéseket is készíthetünk velük (Turner et al, 2001).

Egy másik fajta csoportosítási lehetősége a modelleknek a céljuk szerinti osztályozás. Az ökonómiai modellek általában a különböző szervezeteknek a politikai, jogi eseményekre történő reagálást figyelik. A környezeti modellek ugyanezen események környezetre gyakorolt hatását vizsgálják (Britz et al, 2010).

II. táblázat: A modellek fejlődése az elmúlt évszázadban.

	Ökológiai modellek fejlődése	Kapcsolódó technológiai változások
1900 – 1959	Lotka-Volterra modellek (1912) Leslie mátrix modellek (1945)	Fotogrammetria
1960 – 1969	Első ökoszisztéma modellek Nemzetközi Biológiai Program (IBP) Népesedési modell	Analóg számítógépek
1970 – 1979	Erdőgazdálkodási modellek (JABOWA/FORET) Vízgyűjtő modellek Korai tájökológiai modellek	LANDSAT Digitális számítógépek
1980 -	Folt dinamika modellek Térbeli modellek Általános cirkulációs modellek (GCMs) Integrált ökológiai-ökonómiai modellek	Földrajzi Információs Rendszerek (FIR) - Geographic Information Systems (GIS) Személyi számítógépek Szuperszámítógépek

Forrás: Turner et al, 2001.

Osztályozás: A két legfontosabb csoport a tartalmi (milyen céllal) és a formai (milyen eszközzel) osztályozás. A tartalmi felosztás (A) (statikus, dinamikus, prognózis, egyéb modell) egyszerűen térbeli szempontból differenciálatlan, egy-, két- vagy háromdimenziós modelleket különböztet meg. A különböző célú modellek természetesen más és más formában jelennek meg. A formai felosztás (B) alapján megkülönböztethetünk grafikus modelleket, tájökológiai térképezést, matematikai modellt (Lóczy, 2002).

A/1 Statikus modellek: inkább a rendszer állapotát, mintsem a benne végbemenő folyamatokat tükrözik. Feladatuk annak bemutatása, hogyan bontható az ökoszisztéma alrendszerekre, hogyan kapcsolódnak ezek egymáshoz, melyek a közöttük érvényesülő legfontosabb kölcsönhatások.

A/2 Dinamikus modellek: a modellek legtöbbször dinamikus vagy funkcionális, hiszen céljuk az ökoszisztémák működésének magyarázata. Az ún. *mérleg modell* bemutatja, hogy milyen külső hatásokra milyen változásokat produkál a rendszer, amelynek belső felépítését, a belső hatásmechanizmusokat nem ismerik. Ezért ezeket „fekete doboz” modellként is szokták emlegetni.

A/3 Prognózismodellek: feladata a jövőbeli változások előrejelzése, vagyis időbeli szimulációs modellek. Ez a fajta modellezés veti fel a legtöbb módszertani, megbízhatósági és

gyakorlati kivitelezési problémát, így ez a legkevésbé megoldott. Az időbeli változások feltárásához célszerű a földrajzi információs rendszereket igénybe venni.

A/4 Egyéb modellfajták: ilyen az *általános tájökológiai modell*, az *értékelő modell*, a *döntéshozó modell*. Ez utóbbi opciókat, választási lehetőségeket tár fel egy megfogalmazott cél szempontjából. Ezek általában a területi tervezést átfogó, ökológiai-ökonómiai modellek (Lóczy 2002). A németországi Környezetkutató Központban kétféle döntés-előkészítő módszert is kifejlesztettek. Az ún. querfurti modell többfunkciós elemzésekre, több ismérv szerinti értékelésre, optimális tájszerkezet-javaslatokra képes. A másik eljárást, amelyet ún. torgau modellnek neveznek, kifejezetten a természeti erőforrások és az ezeket veszélyeztető gazdasági fejlődés közötti, jellegzetesen földhasználati konfliktus elemzésére alakítottak ki. A közvélemény bevonásával feltárták a környezeti konfliktusokat, majd ezeket felhasználva forgatókönyveket vezettek le (Lóczy, 2005). A tájhasználat-változás hatásainak elemzésére szolgáló ún. CLUE-S modellel meghatározott dinamikusan alakuló táji mintázatok a geoökológiai térképezés módszerének segítségével tovább finomíthatók (Duray, 2008).

B/1 Grafikus modellek: egyszerű, de szemléletes megjelenítési mód. Az ökoszisztémák működését a legérzékletesebben a minőségi jellegű folyamatára mutatja be.

B/2 Tájökológiai térképezés: tulajdonképpen a hagyományos térképek is grafikus modellek. A tájökológiai térképek a legalkalmasabbak a tájszerkezet elemzésére, de céltérkép-ként ábrázolhatják pl. az ökológiai tájtípusokat.

B/3 Matematikai modell: az utóbbi évtizedekben a matematikai modelleknek több generációja alakult ki, a viszonylag egyszerű tapasztalati összefüggéseket leíróktól, az okozati viszonyokon át a valószínűségi alapú modellekig (Lóczy, 2002).

Részfeladatok: A vizsgált rendszerre ható természeti alrendszerek összes fontos tényezőjét fel kell mérni. A dinamikus modellekben a kiinduló állapotot komplex adatbázissal kell leírni. A térbeli modellezés előfeltétele a *felbontás* megállapítása, ami térben a felhasznált információs háló közének meghatározását jelenti. Időben is értelmezhető: azt fejezi ki, hány időkeresztmetszetet kívánnak kialakítani. A *parametrizáció* során az ún. subgrid (a modell felbontásánál részletesebb mintázatú) jelenségek is bekerülnek a modellbe. Ide tartoznak a térbeli interpoláció különböző eljárásai, pl. a *krigelés*, mellyel a bizonyos távolságon belüli térbeli változatosság súlyozásos átlagolással, szemivariogramok segítségével képezhető le. Azt a folyamatot, amikor ellenőrizzük a változók kiválasztásának helyességét, *kalibrálásnak* nevezzük. Az ún. *skálaszabály* értelmében a paraméterértékek csak bizonyos időbeli és térbeli skálán végzett kísérletekkel kalibrálhatók. A kalibrálás ideális módja az iteratív eljárás, amikor minden paramétert külön-külön határoznak meg. Minden modellezéskor alapvető feladat a *peremfeltételek* meghatározása. Ezek a rendszer külső környezetét leíró olyan állapotjelzők, amelyek a szimuláció időtartama alatt nem változnak, hosszabb időre vonatkozó átlagértékek. Ha egy-egy peremfeltétel módosítása után megismételjük a modell futtatását, kiderül, mennyire befolyásolja az adott peremfeltétel a végeredményt, ezért ezt az eljárást *érzékenységvizsgálatnak* nevezik. A gyakorlati használhatóság megkívánja a modellek *tesztelését*. A modell *érvényesítése* (validation) során azt akarjuk megállapítani, megfelelően tükrözi-e a valóságot. Az érvényesítés egyik eleme a verifikáció. Minőségbiztosítási feladat, mivel azt vizsgálja, hogy a számításokat valóban úgy végzik-e, ahogyan az elvi modell megköveteli. Nem szabad azonban megfeledkezni, hogy a modell csak a valóság erősen leegyszerűsített, általános formája. Akkor jó, ha a lényegret adja vissza, és lényegtelen mozzanatokat hanyagol el (Lóczy, 2002).

Méretarány: A földrajz egyik jellegzetessége a meghatározott térbeli dimenzió nagyságokban, mérettartományokban való gondolkodás. A tájak különböző mérettartományban léteznek, hasonlóan a tájtervek hierarchikus felépítéséhez. A földrajz vizsgálati tárgyai nemcsak meg-

követelik a különböző méretarányban való gondolkodást, hanem arra is kényszerítik a földrajzi kutatót, hogy releváns munkamódszert alkalmazzon. Minden földrajzi kutató előtt ismert ez a probléma, amely abban áll, hogy szoros kapcsolat van a figyelembe vett méretarány és a megragadott tartalom között, következésképp a kutatás céljában és az alkalmazott módszerekben is kell lenni ilyen megfelelésnek. A méretarány és a módszer összefüggésére jó példa az USA-ban kialakított és a tájértékelésben nagy népszerűsége szert tett metrikák rendszere. Ezeket jellemzően az USA-ban szokásos táji méretekre dolgozták ki (kb. 1:100 000 méretarány). Az európai gyakorlatban a tervezés nagyobb léptékhez szokott és a módszer adaptáció nélkül nehezen alkalmazható. A talajerózió vizsgálatánál alkalmazott modellek esetében a kifejezetten parcellákra, mezőgazdasági táblákra kidolgozott modellek csak nagy méretarányban dolgoznak, míg a kisvízgyűjtőktől (max. néhány 10 km²) a nagyobb folyók vízgyűjtője (1000-10.000 km²) felé haladva a modellek felhasználhatósága is eltolódik az egyre kisebb méretarányok (felbontás) felé. A vízgyűjtőkre is alkalmazható modellekkel szemben ma már alapkövetelmény valamilyen GIS-modul megléte. Általánosságban elmondható, hogy minél nagyobb méretarányban, minél kisebb területre alkalmazható egy modell, annál többféle és pontosabb bemeneti paraméterre van szükség. A nagyobb területekre alkalmazott, kis méretarányú modelleknél viszont a generalizálás miatt a pontosság fog sérülni. A nagy területek erózióját hosszú távra (100 év felett) kiszámító modelleket felszínfejlődési modelleknek nevezzük (Barta, 2004).

Az objektumok dimenzionális rendszerével gyakran kell foglalkozni, pl. a tájbeosztásnál. A felszínhasználati kategóriáknál, pl. jól megfigyelhető egyfajta aggregáció, ahogy egyre magasabb szintekre lépünk a hierarchiában, az egyes parcellákat különböző hierarchikus csoportokba tudjuk rendezni a használati típus, intenzitás alapján.

A tervezés többnyire területi vonatkozású adatokat használ, a tájföldrajz pedig tud térbeli adatokat szolgáltatni, azaz látszólag problémamentesnek tűnik a tájföldrajz adatszolgáltatása. A fő gond ennek a földrajzi adatbázisnak az előállításával van, nevezetesen, hogy a pontszerű mérési eredmények térbeli kiterjesztése miként valósítható meg. Valószínűleg a gyakorlat szempontjából ez az egyik legfontosabb, de máig megoldatlan földrajzi feladat. Az elvi gond az, hogy a pontszerű objektumok matematikai értelemben többnyire diszkrét, a földrajzi jelenségek pedig általában folytonosak, így az átalakításuk csak súlyos kompromisszumokkal, statisztikai módon lehetséges. Problémát jelent a tájhatár kérdése, meghatározása. A határ a térképeken vonalként jelenik meg, a valóságban ez gyakran több tíz kilométeres átmeneti sávot jelent. Ennek következtében igen nagy eltérések mutatkoznak a hazai tájakat mutató térképeken, így a Kistáj-kataszter 1990-es és 2011-es kiadása között is. Ez megnehezíti a numerikus elemzéseket. Hasonló problémába ütközünk, ha talajtérképeket vagy éghajlati elemek térképeit akarjuk felhasználni.

A dimenzióval kapcsolatban a gond nemcsak térben, hanem időben is fennáll. A természeti környezetben lezajló folyamatok emberi léptékkal lassúak, gyorsak, periodikusak lehetnek. (Mezősi, 2003).

2.1.5. Tájhasználat-földhasználat-felszínborítás

Mivel a disszertációmban is sokszor emlegetem a tájhasználat, földhasználat, felszínborítás szavakat, érdemes ezeket először értelmezni. Gyakran szinonimaként használják őket, pedig lényegi eltérésekkel találkozunk a fogalmaknál.

A földhasználat fogalma alatt mindig a vizsgált területen, illetve a régióban kialakult, vagy kialakítható művelési ágakat [Az ingatlan-nyilvántartásról szóló CXLI. törvény végrehajtásáról szóló 109/1999.(XII.29.) FVM rendelet 40-49.§-ai értelmében: szántó, rét, legelő, szőlő, gyümölcsös – ezek a mezőgazdasági területek; erdő; nádas; halastó; művelés alól kivett terü-

letek] (7), azok arányait (egye művelési ágak dominanciáját) értjük. Ilyen értelemben alapvetően eltérő adottság mutatkozik egy vegyes földhasználatú övezet (rét, legelő, szántó, erdő, nádas stb.), illetőleg egy szántó vagy csak erdő földhasználatú övezet között.

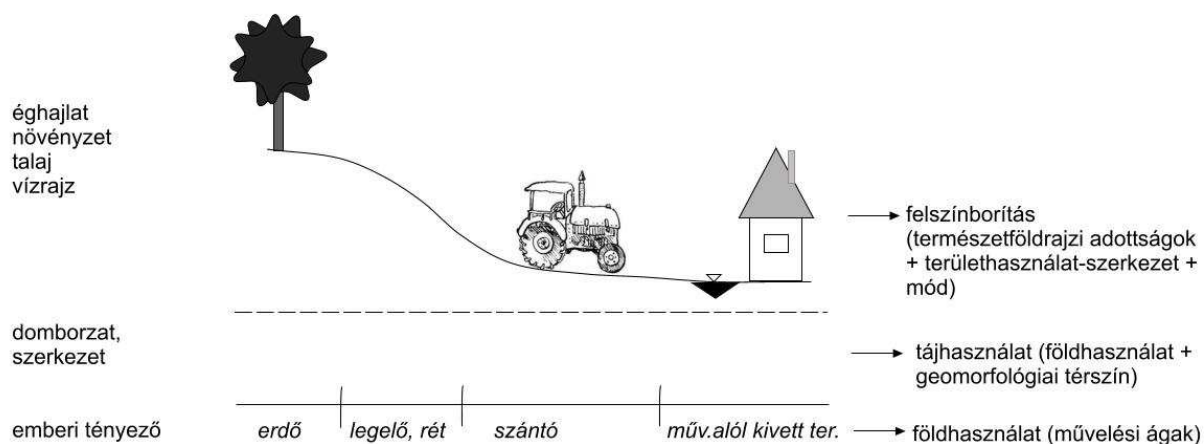
A tájhasználat fogalmába nemcsak az előzőek és a földhasználati elemek (művelési ágak) tartoznak, hanem az alépítmény, a geomorfológiai térszín: domborzat is, amelyeken a művelési ágak elhelyezkednek. Ez a legfőbb oka, hogy a táj változása valójában a művelési ágak változása, változtatása folyamatával történik (Dömsödi, 2009).

A tájhasználat a tájként lehatárolt téregységben folytatott természeti és humán, valamint művi erőforrás-hasznosítás révén létrejövő, területhez kötött tevékenységek összessége. A hivatalos meghatározás szerint röviden: a „tájpotenciál társadalmi célú érvényesítése”(MSZ 20370:2003), ahol a tájpotenciál az adottságok összességét jelenti.

A tájhasználat vizsgálata az antropogén hatásokat mutatja. A használat lenyomata a terület-használat-szerkezet, vagyis az előbb említett földhasználat emberi szempontú osztályozása (a mezőgazdasági területeket összevonjuk, a kivett kategóriákat viszont tovább bontjuk). A geomorfológiával és a vízhálózattal együtt, arra épülve a területhasznosítás mutatja a táj fő struktúráját. Ezen belül a használati mód és intenzitás a lényeges karakteradó elem. A természetföldrajzi adottságok, a területhasználat szerkezet és mód együttesen a felszínborítási kategóriákat hoznak létre. A természetes és természet-közeli élőhelyek és mesterséges felszínek, illetve antropogén elemek minden tájrészletre, illetve tájra jellemző mozaikszerkezetet alkotnak, amelyek tükrözik a természeti adottságokat és a használatot is. A felszínborítás vizsgálatát Európában egységes rendszer szerint készítik az országok a CORINE Land Cover program keretében (Konkolyné, 2003).

Tájalkotó elemek

Használati típusok



Forrás: saját szerkesztés

1. ábra: A földfelszín használatának különböző típusai.

A tájhasználat milyenségét és intenzitását a művelési ágak aránya tükrözi. A művelési ágak, illetve azok szerkezete fejezik ki a földterületek használatának módját. A művelési ág tehát egy adott földterületre jellemző, tényleges hasznosítási módot jelenti, mely lehet szántó, kert, gyümölcsös, szőlő, gyepek (rét, legelő), erdő, nádas, halastó és művelés alól kivett terület (Kis, 2009) (1. ábra).

Európában és máshol az utóbbi 50 évben a mezőgazdaság fejlődése felgyorsult: modernizálódott és intenzifikálódott. A változások a táj struktúrájának átalakulásához vezettek, amely módosította a földhasználatot és birtokrendezést. A földhasználat-változás a biodiverzitás módosulását is okozta: a föld használatának egyszerűsödése a biodiverzitás csökkenéséhez vezet. Ugyanakkor ez egy visszaható folyamat: a mezőgazdasági intenzifikáció egyik célja a területegységen elérhető hozamnövekedés, valamint a hozam becslésének egyik módja a területegység termelékenysége. A táj heterogenitásának (komplexitásának) mérőfoka az adott területegységen lévő élőhelyek száma, vagyis a földhasználati kategóriák száma, elrendezése. Az intenzifikálás és a heterogenitás elvesztése gyakran ugyanazon érem két oldalát jelenti. (Persson et al, 2010).

Az Európai Unió agrárpolitikája várhatóan 2013-ban megváltozik. A figyelem valószínűleg a biodiverzitás és más, veszélyben lévő tényezők felé fordul. A jövő agrárpolitikájának hatása a földhasználatra és a földhasználat intenzitásának változására jelenleg tehát még ismeretlen. Felszínborítási térképek és modellek ismertek, de a földhasználat intenzitására vonatkozó térképek és modellek ismeretlenek, főleg nem bizonyos felbontásban. Ez gyakran a homogén adatbázisok, modellek, monitoring-rendszerek és térképezési stratégiák hiánya miatt fordul elő (Temme, Verburg, 2011).

Számos tanulmány készült a földhasználat, felszínborítás változás vizsgálatára regionális és helyi szinten, de ezek gyakran magát a változás tényét tárják csak fel, vagy a változás hatását szocio-ökonómiai szempontból vizsgálják. A távérzékelés segítségével térképezett földhasználat, felszínborítás változások mennyiségi kiértékelést adnak, de nem magyarázzák vagy teszik érthetőbbé a kapcsolatot a változás és kiváltó okai között. (Tsegaya et al, 2010)

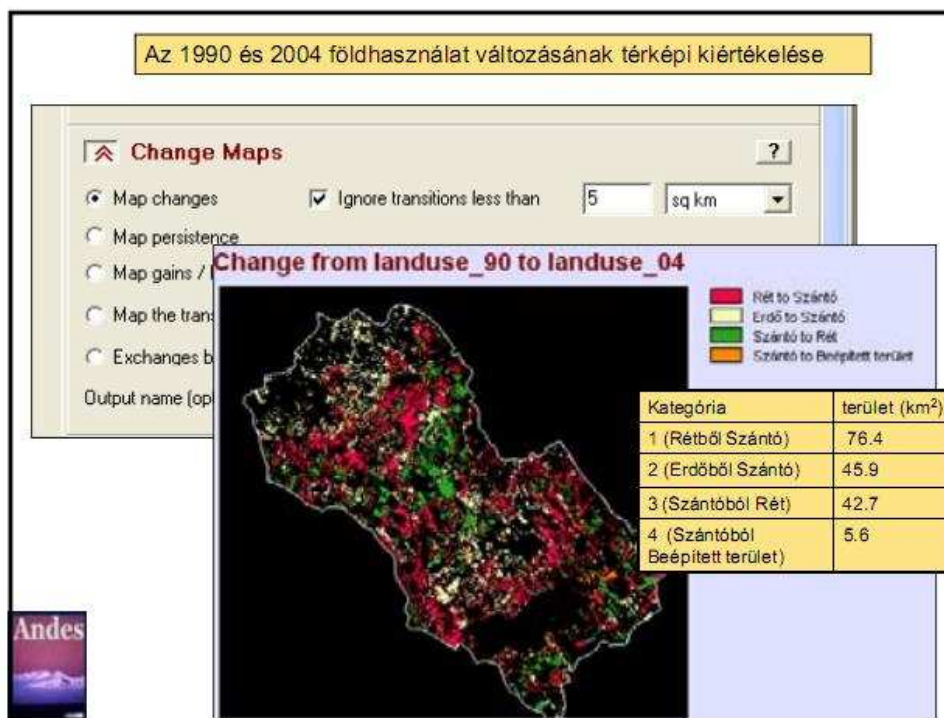
A külföldi szakirodalomban LUCC modellnek (LUCC = Land use/cover change, vagy LULC = land use/land cover change) nevezett földhasználat-változást vizsgáló rendszerek hét átfogó, egymást részben átfedő kategóriába sorolhatók: matematikai egyenleteken alapuló, rendszer, statisztikai, szakértő, fejlődési, sejtes felépítésű és hibrid modellek (Parker et al, 2002).

A földhasználat-változás vizsgálatára használt programok: A tájhasználat, földhasználat változásának nyomon követésére több program is elterjedt. A fő csoportot a raszteres elemzéseken alapuló programok jelentik. Ezek a programok igen hasznosak és nagy megbízhatóságúak, hiszen a táj használatának elemzésére a raszteres elemzés, mint módszer az alkalmasabb, szemben a vektoros elemzéssel. A legfőbb előny, hogy a tér minden pontjára, vagyis pixelére lesz információ, és így az elemzések (összeadás, kivonás, szorzás stb.) is elvégezhetők.

Az úrfelvételek kiértékelésére alkalmas program az ERDAS és az ILWIS is. A földhasználat-változás vizsgálatára igen alkalmas az IDRISI szoftver (IDRISI Andes, Taiga, Selva). Az IDRISI raszter alapú térinformatikai (GIS) és képfeldolgozó rendszert a Clark University (USA)(<http://www.clarklabs.org/>) fejlesztette ki. A 20 éves folyamatos fejlesztésnek köszönhetően igen hatékony térinformatikai és képfeldolgozó eszköztárral rendelkezik. Az IDRISI 15 The Andes Edition verzióban lehetőség nyílik a környezetvédelmi monitoringra, változás- és idősoros elemzésekre, összetett és több szempontot figyelembe vevő döntés előkészítésre, bizonytalanság elemzésre, helyzetelemzésre és modellezésre. A Land Change Modeler (LCM) egy adott idő intervallumban bekövetkezett változások statisztikai kiértékelésének és a változások térbeli elemzésének biztosít új eszközöket. A Land Change Modeler modullal – a két különböző időpontban készült tematikus térképek alapján – az érintett terület változásának elemzését végezhetjük el. Az LCM modullal a változásokat mutató grafikonokat és térképeket lehet elkészíteni, melyekről leolvasható az egyes kategóriák változásának mértéke. Az adatok elemzését a következő szempontok szerint vizsgálhatjuk:

- kategóriánkénti területcsökkenés, illetve növekedés,
- kategóriánkénti változás (területnövekedés és csökkenés különbözete),
- adott kategória átmenete egy meghatározott (vagy bármely) kategóriába.

Ezeket a változásokat, valamint a kategóriák stabilitását térképen is tudjuk ábrázolni (2. ábra). A terület változásaiból trendek állapíthatók meg a jövőre nézve is (Veróné, 2009).



Forrás: Veróné, 2008.

2. ábra: Land Change Modeler segítségével végzett földhasználat-változás a Velencei-tó vízgyűjtőjén.

A tájökológiai rendszerek szinte minden lényegi tényezője és mozzanata olyan egymásra épülő hierarchikus kapcsolatot alkot, amelyik a közös végső célt, az életfolyamatok sokféleségének kibontakozását és önfenntartó, illetve a külső stressz-hatásokkal szembeni ellenálló képességük növelését valósítja meg. Ezzel szemben a piaci mechanizmus által irányított, a műszaki tudományos kutatás eredményeire épülő művi rendszerek (pl. növénytermesztési, vízellátási stb. rendszerek) lényegileg és szükségszerűen elkülönülésre és öncélúságra törekednek. Ez elsősorban azt jelenti, hogy a művi rendszerek szerkezete mindig azt feltételezi, hogy az adott rendszer, illetve alrendszer a saját célját vagy céljait a tervezéskor megállapított saját eszközeivel a többi rendszer (alrendszer) céljától és eszközeitől függetlenül képes teljesíteni, és működése csakis ily módon lehet hatékony, illetve gazdaságos.

Ugyanakkor már Szesztay Károly (2000), neves hidrológusunk véleményével egyezően jelen disszertáció szerzője is úgy gondolja, hogy a fejlődés gazdasági, szociális, kulturális és környezeti összetevője egyenrangúan és egymást támogatva kell, hogy érvényesüljön. Ebből levonható az a következtetés, hogy a piaci mechanizmus által szabályozott rendszerekben is követnünk kell a természetes rendszerek komplex, egymásra utalt szerkezetét és működését.

A fenntartható, jövőbe tekintő, tartós megoldásként ennek a szemléletnek kellene érvényesülnie a hazai vízgazdálkodásban, s többi közt elsősorban a területhasználati és növénytermesztési politika síkján. A kialakult egyoldalú gyakorlat eredményeképpen a jelenlegi struktúrában az éves és évelő növények, a szántóföldi és a rét-legelő területek, valamint a különböző erdőállományok és a szabad vízfelületek párolgásának a talaj- és tájfejlődésre gyakorolt hatásaiban

igen nagy különbségek vannak. A területhasználatok (így a különféle növények) megfelelő arányú és területi elrendezésű együttesét a jövőben a térszíni vízháztartás kívánatos irányzatú vízháztartás-szabályozásának hatékony eszközévé lehetne tenni.

A víz szerepe így válik összekötő kapoccsá nemcsak a természeti erőforrásrendszer egyes alrendszerei között, hanem a természetes tájfejlődés és a társadalmi, gazdasági fejlődés alapvetően eltérő folyamatai között is (Vermes, 1997).

2.1.6. Birtokrendezés, vízrendezés

A második világháború után az agrárágazatra a jelentős mértékű beruházások, a termelés gépesítése, kemizálás, birtokkoncentráció lett egyre inkább jellemző. Ez természetesen számos negatív velejárót eredményezett. Közülük néhány a termelési alapokat romboló jelenségek közé sorolható.

Ezek között említhető például a termőtalaj pusztulása: szervesanyag-tartalmának, biológiai életének csökkenése, savanyodása, vizenyősödés, láposodás, szikesedés, illetve sivatagosodás, kiszáradás, talajvízszint süllyedés, a talajszerkezet romlása, porosodás, tömörödés. Továbbá a növényi és állati genetikai alapok beszűkülése, pusztulása, a biodiverzitás csökkenése, a gyomosodás, fajspektrum-beszűkülés, rezisztencia, vagy a mezőgazdasági területek és termékek mezőgazdasági, ipari, közlekedési és kommunális eredetű szennyeződése, a mezőgazdasági terület csökkenése az iparosítás és az urbanizáció következtében.

A magyar mező- és erdőgazdaság fejlesztése szempontjából a bioökológiailag egyenlő fontosságú négy természeti tényezőcsoport (fény, hő, levegő, víz) közül társadalmi szempontból a legsajátosabb a víz. Egyrészt azért, mert meghatározza a termelés mennyiségét és minőségét, másrészt azért, mert mind térben és mind időben a leginkább szabályozható. A mezőgazdasági termelés biológiai jellegéből következik, hogy legfőbb termelőeszköze a termőföld. Valamely mező- és erdőgazdasági üzem legfontosabb termelési gazdálkodási bázisa annak termőterülete. A kialakulás-, többségében a határvonalak egyenes volta és a települések miatt, a terület eltérő termőhelyi területrészeket foglal magában. A sokszor több 100 km²-es kiterjedés, a vízforgalmi befolyásoltság eltérő beavatkozásokat jelent a vízrendezésben, a meliorációban ármentesítésben, mederszabályozásban egyaránt. Előzőekből az is következik, hogy a mező- és erdőgazdasági célú vízrendezést komplex vízgazdálkodási környezetbe kell illeszteni. A bővülő feladatkör azt jelenti: a térben és időben jelentkező káros vizeket rendezetten elvezetjük, de az egyes területeken már kárt okozó vizeket megpróbáljuk más területeken hasznosítani. A birtokrendezés feladatköre az elkövetkező években sajátos területekkel bővül, gazdagodik. 2003 októberére az érintett tárcák közreműködésével elkészült a Tisza árvízvédekezési és kárelhárítási koncepció-terve, a Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztése. A komplex program az árvíz biztonságos elvezetésén túl kiterjed az érintett térség terület- és vidékfejlesztésére, az új típusú tájgazdálkodás alkalmazására és meghonosítására az árapasztók területén, valamint a Tisza-menti térségek, települések infrastruktúrájának fejlesztésére is. Az új árvízvédelmi rendszer lehetőséget nyújt majd új típusú mezőgazdálkodáshoz, földhasználathoz és egy ökológiai hálózat kialakításához (Petrasovits, 1982; Szabó, 2010/1).

A környezet- és tájgazdálkodás, a többfunkciós, hosszú távon működőképes, fenntartható mezőgazdálkodás alapelve az iparszerű rendszer függetlenedési alapelveivel szemben a környezeti alkalmazkodás, vagyis az, hogy a földet mindenütt arra és olyan intenzitással használjuk, amire az a legalkalmasabb, illetve amit képes károsodása nélkül elviselni. A környezet- és tájgazdálkodás legfontosabb kiindulópontja, alapeleme a környezethez, az ökológiai feltételekhez a lehető legnagyobb mértékben alkalmazkodó földhasználati szerkezet, egy olyan földhasználati, gazdálkodási rendszer kialakítása, amely a környezetből, annak adottságaiból fakad, intenzitása és formája a termőhely környezeti érzékenységének, sérülékenységének, toleranciá-

jának, ill. termőképességének (fertilitásának), termelési potenciáljának egyaránt megfelel. A földhasználati, területi elemzési valamint földértékelési, környezetminősítési munkák, ill. a gyakorlat részéről megfogalmazódó igények készítették elő azt a széles körű elemző munkát, amely Magyarország agroökológiai potenciáljának (vagyis a mezőgazdasági terület hosszabb időszakra jellemző teljesítőképességének) felmérését, az objektív területi fejlesztés megalapozását szolgálta. Hazánkban a földhasználati zónák koncepciója az Országos Biodiverzitás Megőrzési Stratégia előkészítéseként összeállított tanulmányban látott napvilágot. Az uniós tagországoknak az 1990-es évektől kötelező a hazai viszonyokhoz igazodó agrárkörnyezeti program koncepciójának és gyakorlatának kialakítása. Olyan programot kellett meghirdetni, amelynek feladat a környezet, a természet védelmét, a táj fenntartását és megőrzését célzó mezőgazdasági termelési módszerek kialakítása és terjesztésének támogatása. Ezért készült el hazánkban is 1999-ben a földhasználati zónarendszerre építve a területileg differenciált és a többfunkciós mezőgazdálkodás modelljének megfelelő agrárfejlesztés kereteit rögzítő Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Program (NAKP). E program kidolgozása során készült el az egész országra kiterjedően a földhasználati zónabeosztás (Ángyán, 2003; Szabó, 2004; Szabó, 2010/1; Horoszné, 2010/1; Horoszné, 2010/3; Horoszné, 2010/4).

A műszaki, jogi (ingatlan-nyilvántartási) adatokon alapuló földhasználati tervezések, és ez által a tájhasználatot is befolyásoló fejlesztések a birtokrendezés koordináló szerepét bizonyítják. A külterületi rendezés bár sokrétű (mivel a céljai is igen összetettek), közös alapjait, „közös nevezőjét” a birtokviszonyok, ill. a birtokrendezések adják. A birtokrendezés, vízrendezés, „telkesítés” kapcsolata a klasszikus „kataszteri”, „kultúrmérnöki” tevékenységi körökből eredeztethető, és a klasszikus hazai vízrendezések (folyók szabályozása, lápvidékek lecsapolása) több évszázados időszakára vezethető vissza. A birtokrendezés koordináló szerepe szempontjából az is megállapítható, hogy ez a munkafolyamat a táj nagymérvű változását, átalakulását, rendezését is magával hozta, amely során birtoktestek tízezrei kerültek összevonásra, megosztásra, és a „telkesítés” műveletével a vizes, lápos, mocsaras területeken újabb és újabb – helyrajzi számmal ellátott – földrészletek, mezőgazdasági művelés alá vont területek keletkeztek (Dömsödi, 2009).

A vízrendezés általános célja olyan tartós vízháztartási helyzet kialakítása, amely lehetővé teszi, hogy egy adott táblán, mint termőhelyen a víztöbblet ne váljon termést és termelést korlátozó tényezővé. Ezt úgy éri el, hogy a talaj felszínéről, a talajszelvényből vagy a talajvízből képes elvezetni, illetve csökkenteni a helyileg káros vizet. A korszerű vízrendezés eredményeként nemcsak a káros víztöbbletek által okozott hátrányok és veszélyek csökkennek, hanem fokozódik a hasznosítható és hasznosuló csapadék aránya is. Hozzájárulhat továbbá a mezőgazdasági területekről elfolyó vagy oda kerülő vizek minőségének védelméhez. Mindezekon keresztül a hatékonyabb vízhasznosítás alapja, hozzájárul a növénytermelés vízigényének kielégítéséhez a vízrendezés. Egyes becslések szerint a vízrendezéssel 30-40 % termésnövekedés érhető el, mely részben a terméstöbbletből, részben a vízkárelhárításból ered (Szabó, 2004).

A vízrendezéseket a XXI. században ún. természet-harmonikus szemlélettel szabad tervezni és végrehajtani (Kaliczka, 1998). Vízrendezés alatt a természet hidrológiai hatásai és a földfelszín, valamint a felszínközeli talajrétegek közötti kedvező kapcsolat kialakítását értjük, amely hatással van a terület vízháztartására. A vízrendezés során törekednünk kell a hasznosítható vizek visszatartására, valamint arra, hogy csak a felesleges, nem tárolható vízmennyiség kerüljön gyors levezetésre. A vízrendezés feladata a vízkárok megszüntetése is (Homoródi, 1996).

A növénytermesztés évezredek óta használt természetes közege a talaj, s bár a technika fejlődése következtében már más közegen is természetesen növényi kultúrákat, a talaj a jövőben is a termelés meghatározó tényezője marad. A földművelő kultúra hajnalától napjainkig az emberiség folyamatos törekvése az, hogy a természeti behatások és a használat miatt már leromlott talaj termelékenységét helyreállítsa, a terméseredmények további növeléséhez a termelékenységet fokozza. A talaj termelékenységének – gazdálkodás meghatározott technikai és technológiai szintjének megfelelő – tartós fokozása, a kedvezőtlen természeti tényezők hatásainak kiküszöbölése, vagy jelentős mérséklése érdekében a talajra gyakorolt hatást, módszert, eljárást, vagy különböző hatások rendszerét meliorációnak nevezzük. A vízrendezés elsősorban hazánk 87%-át kitevő mezőgazdaságilag művelt területét érinti, de a fennmaradó 13% sem nélkülözheti. A termőterületek védelme és a termőképesség fokozásának egyik láncszeme a mezőgazdasági vízrendezés, s mint egy fontos műszaki beavatkozás a komplex melioráció része. A vízrendezési, vízhasznosítási művekkel szemben is alapvető tájrendezési követelmény, hogy hatásukra a mezőgazdasági terület a rendezettség, szabályosság látványát nyújtsa, ezzel növelje a táj esztétikai értékét (Horoszné, 2010/3; Szabó, 2010/2).

2.2. Víz a tájban

A víz természetes körforgalma, vagyis a víznek a napsugárzás és nehézségi erő hatására létrejövő, állandó állapot- és helyváltoztatása nem más, mint a légkörben (atmoszférában), az óceánokban és a szárazföldeken található, legkülönbözőbb megjelenési formájú vizek közötti kölcsönhatások rendszere.

A vízgyűjtők geomorfológiai jellemzői, domborzata rendkívül nagymértékben befolyásolja a felszínre hullott csapadék sorsát. Nemcsak a lefolyást, hanem a beszivárgást, a párolgást és a tározódást is. Ezek hatásvizsgálatának alapjait az ún. vízgyűjtő kataszterekben rögzítik (Ghimessy, Szarvas, 1978).

2.2.1. Hidrológia - vízgazdálkodás

A vízháztartási folyamatokat meghatározott mértékben és keretek között az emberi tevékenység szabályozni képes. A vízháztartás szabályozásának célja, hogy az adott hidrológiai egységben mindenkor vagy meghatározott kockázatot vállalva, valamilyen szempontból kedvező legyen a vízháztartási állapot. A vízháztartás valamilyen társadalmi-gazdasági igénynek megfelelő szabályozása a vízgazdálkodás lényege (Vermes, 1997). A gazdasági élet fejlődése azt eredményezte, hogy alapvető kérdéssé vált a döntések meghozatalában a vízigény és vízkészlet pontos ismerete, vagyis a vízkészlet-gazdálkodás (Károlyi, 1975).

A hidrológia tudományának legalapvetőbb feladatai közé tartozik egy adott területre jellemző vízháztartási elemek meghatározása, ezek ismeretében a terület vízkészletének leírása: a vízmérleg meghatározása. A vízmérlegeket mindig adott területegységre vonatkoztatva írják fel: ez általában a vízgyűjtő terület, de a feladat céljától függően ettől eltérő vízgazdálkodási egységekre (felszíni vizek felületére, az ezeket kísérő parti sávra, közigazgatási egységekre) is számíthatunk vízmérleget. A vízmérleg elemeket két nagy csoportra bonthatjuk: természetes és mesterséges (emberi tevékenység által befolyásolt vagy más néven antropogén) elemekre.

A természetes vízmérleg elemek közé soroljuk a vizsgált területegység felszínére hulló csapadékot (C), a növényzet párologtatását és a felszín párolgását, összefoglaló néven az evapotranszpirációt (P), a lefolyást (L) és a természetes vízkészletváltozást (ΔK_t).

A mesterséges vízmérleg elemek (ξ) alatt az emberi tevékenységek következtében fellépő, a vízkészletet csökkentő vagy növelő tényezőket, meghatározott célú vízkivételeket és vízbevezetéseket értünk.

Mindezek ismeretében már felírható a vízháztartási mérleg általános alakja:

$$\gamma' = \gamma'(C, P, L, \Delta K_i; \zeta_1, \zeta_2 \dots \zeta_k).$$

A vízgazdálkodás mindenkori funkcióit megszabják a vízzel kapcsolatos társadalmi igények (Vermes, 1997). Ezek a fő feladatkörök a következők:

- a víz kitermelése és rendelkezésre bocsátása mind a lakosság, mind az ipar, mind mezőgazdaság számára;
- a vízkészletekkel való racionális és hosszú távú gazdálkodás kialakítása;
- a kitermelt víz legjobb hatásfokú felhasználásának, illetve újrahasznosításának segítése;
- a használt vizek összegyűjtése, kezelése;
- a természetes vizek mennyiségének és minőségének védelme a más ágazatokból származó szennyezésekkel szemben;
- a speciális vízi ökoszisztémák és vízi élőhelyek védelme és fenntartása;
- a vizek mennyiségi és minőségi kártételei ellen való védekezés és megelőzés megszervezése;
- a vizek lefolyásának szabályozása, folyómedrek karbantartása;
- a vízi utak hajózásra való alkalmassá tétele és fenntartása;
- a vizek tározása;
- a vízienergia-nyerés és -kihasználás lehetőségeinek megteremtése;
- mindezek érdekében különféle műszaki létesítmények építése és fenntartása.

A vízgazdálkodás minden országban az adott természetrajzi, gazdasági és társadalmi viszonyoknak megfelelő szervezet feladata. Magyarországon, a sajátos földrajzi és vízrajzi adottságok miatt, maga a vízgazdálkodási tevékenységnek, a vízügyi igazgatásnak és a vízjognak régi hagyományai vannak. Az egységes és önálló vízügyi irányítás Magyarországon először 1953-ban valósult meg. Ekkor állították fel az Országos Vízügyi Főigazgatóságot és a területileg illetékes vízügyi igazgatóságokat (VIZIG). Az 1885. évi XXIII. törvénycikk volt az első vízügyi alaptörvény, az 1964. évi IV. törvény a második vízügyi alaptörvény, a vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény a harmadik alaptörvény. Ez utóbbi megalkotása az 1990-es években szükségszerűvé vált, mert a rendszerváltás után a társadalmi és gazdasági viszonyokba olyan változás következett be, amely szükségessé tette a vízjog felülvizsgálatát. A vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény módosításáról a 2001. évi LXXI. törvény új feladatokat határozott meg, mint az államnak, mint önkormányzatoknak. 2000. december 29-én hatályba lépett a "A közösségi cselekvés kereteinek meghatározásáról a víz-politika területén" című 2000/60/EK Irányelv, (VKI) ami az unió új víz-politikája érvényesítésének legfontosabb eszközévé vált. A VKI hatályba lépése számos jogi következménnyel, a meglévő uniós és nemzeti szintű törvénykezés átalakításával, jogharmonizációval járt együtt Magyarország számára is (Homoródi, 1996; Báthori, 2010).

Jogállami és piacgazdasági környezetben működik a vízgazdálkodásért felelős hatóság, s 1990 óta törvény is szabályozza a vízgazdálkodást, ezt 1995 óta nem újították meg. A magyar vízgazdálkodás évszázados alakulása lassú folyamat. Még felismerhetők a múlt évszázadban megfogalmazott elvek, és mai fejlesztési szándékok kötődnek hat évtizede kimunkált műszaki lehetőségekhez. Politikai nézetek és gazdasági körülmények változása során a legutóbbi

„rendszerváltásig”, lényegi vonásait megtartva fejlődött a jog és szakigazgatás intézményrendszere, valamint a munkamegosztás rendje (egyén, társulat, állam).

Korábban a magyar vízgazdálkodás kiemelkedően fontos feladata a vízviszonyok rendezése, a vizek bőségéből fakadó károk csökkentése volt. Ez hangsúlyosan befolyásolta mind az intézményrendszer, mind pedig a tudományos munkálkodás, illetve a vízgazdálkodási infrastruktúra alakulását. Számos okból viszonylag erőtlenül fejlődött a vizek hasznosítása, és az öntözés fejlesztése során vált bizonyossá, hogy az ország felszíni vízkészletei mennyiségileg igen kedvezőtlen eloszlásúak, amelyekkel tervszerűen gazdálkodni csak a hidrológiai folyamatok részletes megismerésével és folyamatos megfigyelésével lehet.

A vízszabályozásoknak és a gyorsan növekvő, területileg koncentrálnódó vízhasználatoknak az ökológiai és vízháztartási következményei élesedő társadalmi konfliktusokat keltettek. A mai magyar vízgazdálkodásban együttesen keltenek gondot a paradigmaváltó követelések, valamint a rendszerváltás intézményváltoztató törekvései, gazdasági korlátai és politikai bizonytalanságai.

A konfliktusok kezelésének, és megelőzésének módja: a víz természeti egysége és a vízgazdálkodás társadalmi–gazdasági megosztottsága közötti ellentmondást feloldó integrált vízgazdálkodás.

Az integrált vízgazdálkodás lényegében koordináció. Arra irányul, hogy minden olyan tervet, tevékenységet összehangoljanak, amelyek közvetlenül vagy közvetve kapcsolatba kerülnek a természet vízháztartásával, és megváltoztatják annak társadalmi jelentőségű tulajdonságait (Hajtun, 2010; Orlóczi, Szilávik, 2011).

2.2.2. A víz mesterséges körforgalma

Az ember megjelenése a Földön, tevékenysége, majd fokozódó beavatkozásai a víz-, az energia- és az anyagháztartásba egyre jobban befolyásolta és befolyásolja, illetve egyre nagyobb mértékben megváltoztatja a víz természetes körforgalmát.

Az emberi tevékenység a víz természetes körforgalmában elsősorban a víz szennyezése révén érezteti hatását. Másik területe a vízgyűjtőn végzett különböző beavatkozások. A talajfelszín a települések és a közlekedési utak építésével egyre vízzáróbbá válik, a rossz talajművelés, valamint az árterületek megszüntetése, erdők irtása, a gyors vízlevezetést célzó intézkedések csökkentik a terület vízviisszatartó képességét, meggyorsítják a lefolyást. Az ésszerű talajművelés, melioráció, erdők telepítése, vízhasznosítási és árvízi tározók építése viszont növeli a terület tározóképeségét és mérsékli a káros vízhozam-ingadozásokat. A vízhasználatok is egyre inkább éreztetik hatásukat. Különösen az öntözés növeli a párolgást és csökkenti a lefolyást (Stelczer, 2000).

A különböző emberi beavatkozások nyomán fokozódó mértékű változások következtek be az ökoszisztéma „vérkeringésében”, a vízkörforgás és a vízháztartás beszivárgási, lefolyási, tározódási és párolgási folyamataiban, valamint az ezekhez kapcsolódó bio-geokémiai és energetikai ciklusokban. A halmozódó és gyakran pozitív visszacsatolással is növelt hatások eredőjeként következett be a folyók és tavak szennyeződése, valamint a vízi élőhelyek biológiai egyensúlyának megbomlása; majd – a térszíni utánpótlódás mértékében – a felszín alatti vizek minőségének fokozatos romlása. Rendszervizsgálati megközelítésben a fenti hatásláncolat kiindulópontja a terület – a föld – és a vizek használata; közvetítő közege a szárazföldi vízkörforgási ciklus, végső eredménye pedig a tájökológiai rendszerek, valamint a felszíni vizek társadalmilag jelentős tulajdonságainak változása. A tájfejlődési és a hidrológiai folyamatokat befolyásoló tevékenységek két nagy csoportja közül a terület- és földhasználatok mindjárt a kiindulópontjában (a csapadékhullás és a beszivárgás helyén) érintik, és teljes egé-

szében befolyásolják a vízkörforgás alakulását. Ilyen módon ezek hatása elsődleges és átfogó: a táj és a vízgyűjtőterület egészét átjárja. A vízszabályozások és a felszíni vízhasználatok hatása általában szűkebb és részlegesebb, mert ezek a ciklusnak jóval későbbi szakaszába, a mederbeli vízfolyásba nyúlnak csak be, bár a parti sáv, a hullámtér és az árvízi elöntések által esetenként ezeknek is lehetnek visszahatásai (Orlóczy, Szilávik, 2011).

2.2.3. A víz, mint geomorfológiai tényező

Ha szem előtt tartjuk, hogy ma már a földfelszín-formáló külső (exogén) tényezők között a víz a legjelentősebb, igazolható, hogy a területi kötöttség ellenére eme szerepéről is szólni kell. Hatása nemcsak közvetlenül, folyadék vagy szilárd formájában (eső, hó, jég), hanem közvetetten (talajnedvesség) a defláció illetőleg az elsivatagosodás szempontjából alapvető jelentőségű. A hazánkban oly gyakori lejtős tömegmozgások egyik fő tényezője a víz, a túlnedvesedés. Ilyenek a földcsuszamlások, suvadások, sár- és talajfolyások illetőleg a talajlemosások a lejtőn (Ghimessy, Szarvas, 1978). A lejtős tömegmozgások egyik következménye az árkos erózió kialakulása, vagyis a vízmosások felszaporodása dombvidékes területeinken. Ezek időbeli változása légifelvételeken vagy ortofotókon is követhető.

2.2.3.1. Biogeomorfológiai folyamatok

Azokat a felszínformáló jelenségeket, amelyeket elsődlegesen élő szervezetek indítanak meg vagy tartanak fenn, biogeomorfológiai folyamatoknak nevezzük. Ezek az élő szervezetektől független külső folyamatokkal együtt, a felszínformálódás természetes folyamatainak az együttesét alkotják. Ezekben a folyamatokban az egyre kiterjedtebb emberi beavatkozások külön csoportot, az ún. antropogén felszínformáló folyamatokat jelentik. A domborzat antropogén eredetű megváltozásának folyamatait Pécsi M. nyomán az alábbi táblázatban (III. táblázat) lehet összefoglalni (Ghimessy, Szarvas, 1978).

2.2.3.2. Talajvédelem

Az időnként jelentkező súlyos károk bebizonyították, hogy korunk mának élő embere hogyan veszélyeztetheti a jelen és jövő generációinak fenntartását megalapozó nemzeti örökségünket és kincsünket, a termőtalajt. A rendkívül csapadékos időjárás súlyos károkat okoz a mezőgazdasági talajok felszínének lepusztításával és elhordásával. A nagy mennyiségű, intenzíven lezúduló csapadékot egy idő után még az egyébként jó szerkezetű talajok sem képesek elnyelni. A nedvességgel telített talajok felszínén összegyűlt víz a lejtők irányába sodorja a szétiszapolódott talajrészecskéket. Az emberi tevékenység hatására a természetes vegetáció megbomlik, a természetes állapot megszűnik, és így a lejtőn lefolyó víz több anyagot ragad magával, mint amennyi a természetes mállás által pótlódik. A természeti erőkhöz kívül az emberi tevékenység által is befolyásolt, fokozott mértékű talajpusztulási folyamatot gyorsított erózióknak nevezzük (Thyll, 1992; Szabados, 2010).

A Föld felszínén globális problémát jelent a vízerózió. Míg a természetes körülmények között lejátszódó ún. geológiai erózió mértéke évente csupán 0.1-3 t/ha, addig a művelt területek eróziója ennek akár 6-100-szorosa is lehet, jóval meghaladva a talajképződés éves ütemét. Hazánkban is mind a dombvidéken, mind a nagyobb reliefű sík alföldeken egyaránt komoly gondot jelent a mezőgazdaság számára a talajerózió. Mérésére és modellezésére országszerte számos kísérlet folyik, melyek során a legkülönbözőbb talajú és művelési módú területek erózióját határozzák meg közvetlen terepi méréssel, illetve különböző talajeróziós modellek segítségével (Barta, 2004).

III. táblázat: A domborzat megváltozása az emberi tevékenység következtében.

Behatás	Közvetlen tevékenység (antropogén hatás)	Antropogén hatásra kiváltott másodlagos (antropogén-természeti) folyamatok
1. A domborzat exkavációja	1.1.Felszíni árkolás, csatornázás. 1.2.Külfejtés. 1.3.A domborzat művi el-egyengetése	Omlásos, csuszamlásos folyamatok felélénkülése, ill. újak kialakulása. Mechanikai szuffózió, felszín berogyása, felületi lemosódás felerősödése. Az exogén gravitációs folyamatok gyengülése.
2. A domborzat állékony-ság deformálása	2.1.A természetes növényzet kiírtása. 2.2.A talaj művelése. 2.3.A domborzat statikus leterhelése építményekkel. 2.4.A domborzat dinamikus leterhelése járművekkel. 2.5.Talajkiszáritás. 2.6.Talajnedvesítés.	Talajpusztulás, lemosás felgyorsulása, barázdás-árkos erózió, defláció, medrek feliszapolódása. Felszíni süllyedés. Omlások, földmélyutak képződése. Elmocsarasodás, szikesedés, talajszerkezet romlása.
3. A domborzat mesterséges feltöltése	3.1.Töltések, utak, gátak. 3.2.Feltöltések. 3.3.Hányók. 3.4.Feliszapolás.	Természetes lefolyás rosszabodása, gátak mechanikai romlása. Roskadás. Rétegtömörödés, omlások, csuszamlások. Hasznosítható területek bővülése.
4. A domborzat beépítése	4.1.Domborzatvédelmi – talajvédelmi berendezések, építmények. 4.2.A felszín mesterséges burkolása.	A lejtő, a felszín stabilitás-fokozása. A felületi lefolyás extrém felgyorsulása.

Forrás: Ghimessy, Szarvas, 1978.

A lejtő irányú keréknyomok, vízerecskék, terephajlatok elősegítik a barázdás vízerózió kialakulását. A jól látható, 10-25 cm mély barázdákat a lehető leggyorsabban, már a soron következő talajműveléskor meg kell szüntetni. Ellenkező esetben a záporok tovább növelik a barázdák mélységét, 0.5-3 méter mély és 0.5-0.8 méter széles árkokat, vagy szélsőséges esetben ennél is nagyobb vízmosásokat alakíthatnak ki. A már kialakult tágas árkok, szakadékok csak nagyobb volumenű, a felszín megbontásával járó földmunkával szüntethetők meg. Ez a tevékenység a mezőgazdasági célú tereprendezés. Azokon a meredek szántó területeken, ahol több méter mély vízmosás jellegű erózió alakult ki, érdemes megfontolni az érintett terület művelési ágának változtatását. Az elhordás mellett külön figyelmet igényel a szedimentációs területek és az eliszapolódott vízelvezető árkok kezelése. Zárt növényállományban, a levelekről közvetve a földre hulló esőcseppek kisebb mechanikai hatást fejtenek ki, mint a fedetlen talajokon, emiatt nagymértékben csökken a talajpusztulás. Az élő növényeken kívül a talajfelületet borító elhalt növényi maradványok is erősítik ezt a hatást. Ezért az eróziós károk csökkentése érdekében érdemes a talaj fedettségének biztosítására törekedni.

Igazán jó eredményeket csak a vízgyűjtő terület egészét érintő, komplex beavatkozással (meliorációval) lehet elérni. A talajvédelmi feladatok egy része – figyelembe véve a jellemző birtokviszonyokat – csak több földhasználó összefogásával oldható meg. Ennek során célszerű megvizsgálni a kialakított táblák nagyságát, alakját, gyepesített talajvédő fordulósávok, a táblákat vagy az utakat szegélyező talajvédő fasorok létesítésének lehetőségét. Amennyiben a feladatot több földhasználó közösen oldja meg, az nemcsak költségtakarékosabb, de egyúttal hatékonyabb talajvédelmi rendszer létrehozását is eredményez (Szabados, 2010).

A SOWAP Talaj- és vízvédelmi program az ipar, a nem kormányzati szervek, az akadémiai intézetek és a gazdák együttműködése. A program célja a hagyományos mezőgazdálkodási gyakorlatból adódó környezeti, gazdasági és társadalmi kérdések vizsgálata. A 2003 óta, Európa három országában futó programban a hagyományos (szántásos) talajművelés és a talajkímélő (szántás nélküli) művelés gyakorlatát hasonlítják össze. A hazai vizsgálatok Keszthely mellett, Dióskálón és Szentgyörgyváron folynak. Mintegy 100 ha-on, sávosan váltják egymást a szántott és a szántatlan művelésű parcellák. Vizsgálják a talaj-veszteséget, a lezúduló vizek összetételét, a művelésbe vonható növénykultúrák körét és a növénytermesztés technológiai sajátosságait. A környezeti hatások vizsgálatába tartozik a giliszták és rovarok számlálása, a területen táplálkozó és fészkelő madarak megfigyelése. A program fontos területe a mezőgazdálkodás jövedelmezőségének elemzése is. 2003 óta az alábbi eredményeket érték el:

- a talajveszteség a tizedére csökkent;
- a csapadék a talajba szivárgott és nem folyt el a területről;
- a giliszták száma hatszorosára növekedett;
- a talaj CO₂ kibocsátása harmadára csökkent;
- a területek madárlátogatottsága és fajgazdagsága megháromszorozódott;
- a mezőgazdasági termelés jövedelmezősége változatlan maradt;
- a terméshozamok a 3. évtől búza, kukorica, repce termesztésekor 5-15 %-kal nőttek;
- csökkent a mezőgazdasági gépek üzemanyag-felhasználása, a művelés költsége;
- szélsőségesen aszályos évben a kukoricatermés 12%-os növekedése kiemelkedő jövedelmet adott a gazdának.

2010-ben a talajkímélő művelésben az őszi káposztarepce hektáronként 430 kg-mal, az őszi búza 300 kg-mal termett többet, mint a szántott művelésben. Ez a terméstöbblet ma már nem csak a talaj jobb vízmegőrző képességének, hanem az elmúlt hét év alatt folyamatosan javuló talajszerkezetnek és mikrobiológiai aktivitásnak köszönhető (10).

A Balaton régióban ehhez kapcsolódik a MARGINS program, ami már a Jó Mezőgazdasági Gyakorlat kidolgozására irányul. A program azokat a kombinált talajművelési módszereket vizsgálja, amelyekkel meg lehet akadályozni a növényvédő szerek lemosódását. A különböző mezőgazdasági technológiai elemek együttes alkalmazása új lehetőségeket teremt. A gyakorlatban már széles körben alkalmazott talajvédő művelési módok és a növény-szegélyek együttes alkalmazása egymás hatását erősítik a talaj- és vízvédelem érdekében. A szegélyterületek egyszerre több feladatot is ellátnak, mert a vizek védelme mellett táplálkozási lehetőséget is nyújtanak a rovaroknak, növelve a mezőgazdasági környezet biodiverzitását. A módszerek együttes alkalmazása rugalmasságot ad, növeli az eredményességet, lehetőséget teremt arra, hogy változatos táj-környezetben is biztosítsuk a felszíni vizek vízvédelmét (11; Horváth, 2010).

2.2.4. Lefolyás meghatározása

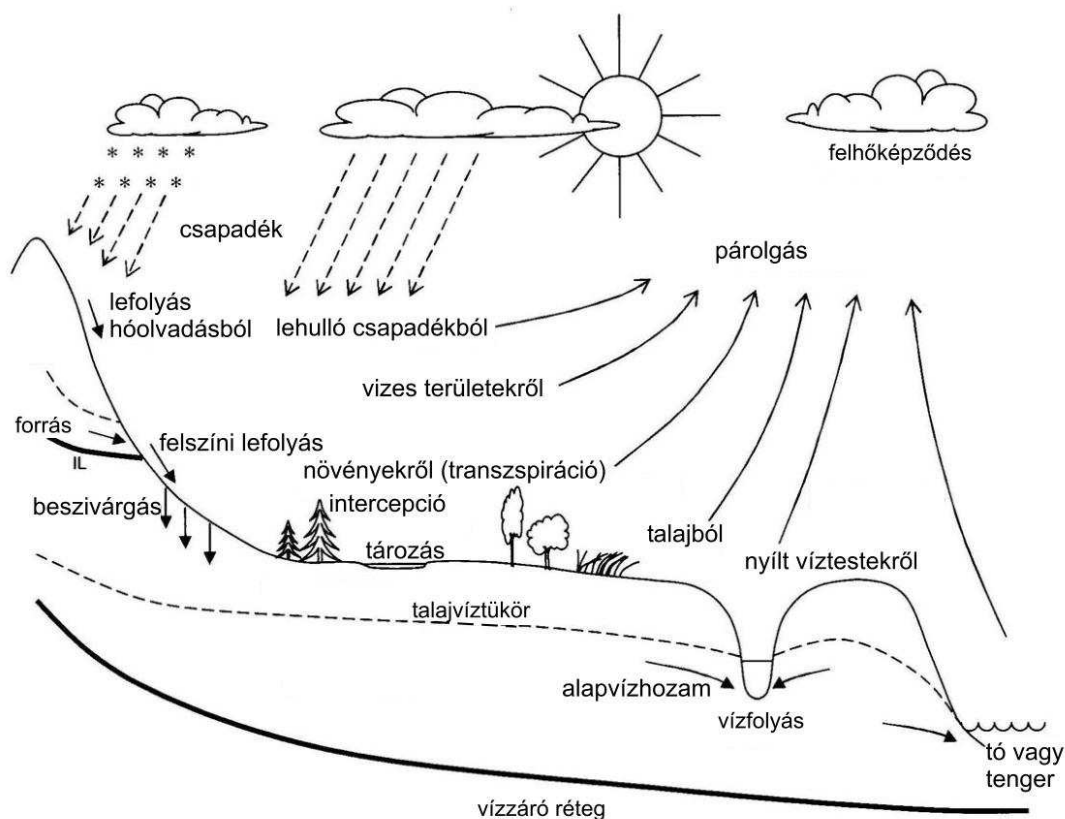
A lefolyás a vízháztartási mérlegben a felszíni vizek mennyiségét jellemző tag. A lefolyás (runoff) a víz mozgása a felszínen és annak felszíne alatt a víz természetes körforgásában. SI-mértékegysége milliméter.

A lefolyás kialakulásának lényege, hogy a lehullott eső, illetve az olvadó hótakaróból származó hólé bizonyos része a földfelszín lejtőin – a nehézségi erő hatására – megindul, a domborzatok legmélyebb pontjain összegyülekezve először a természetes mélyvonulatokat követve, majd a már bevájt medret bizonyos magasságig megtöltve halad a völgyfenék lejtésének irányába (3. ábra). A völgyfenéken egyre nagyobb vízfolyásokat alkotva jut el a végső befogadóig, a tengerekig. A felszíni lefolyás kezdeti szakasza – mint a vízgyűjtő területen lefolyó víz – jellemzően területi jelenség, melyet térfelszíni (felületi) lefolyásnak nevezünk, míg a második szakaszban – amidőn a víz egy jól körülhatárolható vízfolyásmederben folyik – jellemzően vonal menti jelenség, melyet felszíni lefolyásnak hívunk (Stelczer, 2000).

A lefolyás térben összevont, időegységre vonatkoztatott eredője a vízfolyás egy szelvényében mért vízhozam. A vízhozam folyamatos mérésére a vízfolyásokon mérő-műtárgyakat építenek, szelvényeket jelölnek ki, melyeken a kialakuló vízállást mérik (Kalicz, 2006).

A felszín alatti lefolyás esetében is két típust különíthetünk el: közvetlenül a vízzáró réteg felett lefolyó vizet; és a talaj felszíne alatt mozgó hipodermális vizet. Ez utóbbi akkor következik be, amikor a víz a talaj tulajdonságai és az esőintenzitás következtében úgy szivárog be a talajba, hogy nem éri el a talajvizet, hanem laterálisan (oldalirányban) a lejtő irányába mozdul el.

A felszínre érkező csapadék előbb a növénytakarót nedvesíti át, majd a felszín mikromélyedéseit tölti ki. A víz egy része beszivárog, elpárolog, a fölös vízmennyiség vízlepel és kis vízerek formájában összegyülekezve az erózióbázis felé mozog. Az eső kezdetétől számítva a lefolyás akkor indul meg, amikor az eső intenzitása a beszivárgás és párolgás ellenében meghaladja a növényzet által felfogott és a mikromélyedésekben visszatartott vízmennyiséget.



Forrás: saját szerkesztés

3. ábra: A vízgyűjtők hidrológiai körforgása – séma.

A lefolyást több tényező is befolyásolja, ezek irodalmi adatokból jól ismertek (Károlyi, 1975). Az első, talán földrajzos szemmel az egyik legfontosabb, a morfológiai tényezők:

- a vízgyűjtőterület nagysága,
- alakja,
- magassági és tározási viszonyai,
- a terep és meder esése.

A második a meteorológiai tényezők:

- a csapadék mennyisége, formája, intenzitása, eloszlása,
- hóvíztartalom,
- napsugárzás, lég- és talajhőmérséklet,
- szélsebesség és irány,
- potenciális párolgás,
- levegő páratartalma.

A harmadik a talaj befolyásoló hatása:

- a talaj összetétele,
- víztartalma,
- tározóképesége,
- beszivárgási kapacitása,
- talajvíz szintje.

A negyedik a földhasználat befolyásoló hatása:

- a növénytakaró,
- művelési mód.

Az éghajlati tényezők közül a csapadék esetében a rövid ideig tartó, de heves esők hatására a felszínen sokkal nagyobb vízhozamok folynak le, mint akkor, ha ugyanaz a csapadékmennyiség hosszabb idő alatt, kisebb hevésséggel hullik le. Ezért a nyári záporok, különösképpen, ha kis vízáteresztő képességű, tömörödött talajra hullanak, rendszerint nagyon megnövelik a felszíni vízfolyások vízhozamát. Ugyancsak nagy a felszíni vízfolyások vízhozama tavasszal is, akkor, ha az enyhülés hirtelen érkezik, és ezért a hó gyorsan olvad. A hóolvadásból származó vizek gyakran fagyott, vízzel teljesen telített talajon folynak le.

Jelentős hatásuk van a domborzati viszonyoknak, különösképpen a terület tagoltságának, a lejtők meredekségének, hosszának és alakjának. A terület meredekebb vagy hosszabb lejtői elősegítik a felszíni lefolyás keletkezését, gyorsítják és összpontosítják a vizet. Lankásabb lejtőkön viszont a víz lassabban folyik, és több ideje marad arra, hogy a talajba szivároгjon. Ennek következtében a felszínen lefolyó vízmennyiség csökken. A lejtő hossza a lefolyó víz tömegét és sebességét befolyásolja. A lejtő hosszával arányosan nő a lefolyó vízlepel rétegvastagsága és ezzel tömege. A lejtőhossz növekedésével fokozódik az erózióveszély. A lejtőhossz és a lejtőhajlás között összefüggés tapasztalható: általában minél nagyobb a lejtőhajlás (lejtőszög), annál kisebb a lejtőhossz (Károlyi, 1975; Thyll, 1992).

Hatása van továbbá a vízgyűjtő terület alakjának is. Ez lehet kerek vagy elnyúlt, ezt fejezi ki az ún. vízválasztó tagoltsága is. Ha a vízgyűjtő területek nagysága azonos, a víz az első esetben gyorsabban jut el meghatározott pontba, vagyis nagyobb lefolyó vízhozamok keletkeznek, mint a második esetben, amikor a lefolyás hosszabb idő alatt játszódik le.

Nem kevésbé jelentősek a talajviszonyok sem. Ilyen jellemző például a talaj szemösszetétele, szerkezete, áteresztőképessége és egyéb olyan tulajdonságai, amelyek a beszivárgás lejátszódását és intenzitását befolyásolják. A morzsás, jó szerkezetű vagy a lazább (homok-, iszapos homok) talajok a csapadékvíz jelentős részét elnyelik, ezáltal csökkentik a felületen lefolyó vízhozamokat. Ellentétes tulajdonságuk van a tömörödött, vizet át nem eresztő talajoknak, különösen akkor, ha a terep esése nagyobb. A kopár, letarolt lejtőkön, hegyoldalakon csaknem a teljes csapadék a felszínen folyhat le. A talaj vízgazdálkodási jellemzői közül a víznyelő, vízáteresztő és víztartó képesség játszik szerepet. A talaj víznyelő képessége határozza meg, hogy a talajra hullott csapadék milyen mértékben képes a mélyebb rétegekbe szivároгni, illetve hajlamos-e a talaj felszíni víz képződésére. A rövidebb ideig tartó kis és közepes intenzitású esők hatását elsősorban a felszín víznyelő képessége befolyásolja. A hosszabb időtartamú esők hatását a mélyebben fekvő talajréteg vízáteresztő képessége határozza meg. A talaj víztartó képessége a növényzet vízigényének kielégítése révén hatással van a talajvédő növényállomány kialakulására (Károlyi, 1975; Thyll, 1992).

Nem szabad figyelmen kívül hagyni a biológiai jellemzőket sem. Ilyen pl. a növénytakaró. Az erdő pozitív hatása a csapadék beszivárgásával összefüggő sokrétű kedvező tulajdonságával magyarázható. Az erdő növényzete és avartakarója vízelnyelő, vízszabályozó és vízelosztó szerepet tölt be. A jó kezelt, záródott erdő nagy záporok és gyors tavaszi hóolvadás esetén is talajelhordás nélkül elvezeti a csapadékot. Nagymértékben beszivároг a víz a sűrű koronájú, vegyes fából álló, aljnövényzettel borított erdők talajába. Negatív irányú változás következik be, ha az erdőben rendszeresen legeltetnek, vagy erdőirtás során. A fák kivágásával a fedetlen talajról a lehulló csapadék lefolyása a kísérletek szerint 5 – 40-szer gyorsabb, mint az erdőben. A rendszeres talajművelés hatására az avartakaró és az alatta felhalmozódott

szervesanyag-készlet is nagyon gyorsan lebomlik. Különösen a déli kitettségű domboldalakon, lejtőkön nagyon erős a napfény besugárzása, a talaj erősen felmelegszik, hiszen a lomboszat és az avar árnyékoló, hőkiegyenlítő hatása nem érvényesül. A felmelegedett talajra nagy energiával hulló esőcseppek a talajszemcséket nemcsak nagy energiájuk miatt, hanem a talaj és a csapadék hőkülönbségének a hatására is könnyen szétrombolja. Az esőzés megindulását követően csakhamar kialakul a lejtőn az összefüggő vízlepel, amely a fedetlen részeken akadály nélkül magával ragadja a felaprózódott talajt. Ugyanakkor az erdőnek a vízkészletre gyakorolt hatását hazai viszonyok között alig ismerjük. A talaj-előkészítések különböző módjainak, a hektáronként ültethető csemeteszámnak, a talajápolásnak, erdőnevelési műveleteknek vízkészletre gyakorolt hatását számszerűen nem vagyunk képesek megmondani, mindez nagyon hátráltatja a víztakarékos erdőgazdálkodás kialakítását. Erdészeti hidrológiai megfigyeléseket hazánkban az Erdészeti Tudományos Intézet kezdett végezni. Legrégebbi – 1954 óta ma is üzemelő – kísérleti területük a Kiszárai Erőziómérő Állomás. Az 1980-as évek derekán az akkor még Erdészeti és Faipari Egyetem a Sopron melletti Hidegvíz-völgyben kezdett el egy kísérleti kisvízgyűjtőt kiépíteni. Elősegíti a csapadékvíz beszivárgását, és csökkenti a felszínen lefolyó vízmennyiséget a rétek jól kifejlett növényzete is. Ezzel szemben a lejtős szántóföldek, különösképpen, ha betakarítás után növénytakaró nélkül maradtak, kisebb mértékben képesek a csapadékvizet visszatartani. A jól beállt, sűrű növényállományú gyepek megközelítik a legtükrösebb növénytakarót, az erdő hatását. A gyeptakarók a vizet közvetlenül a talajba vezetik (Károlyi, 1975; Thyll, 1992; Mátyás, 1996; Kalicz, 2006).

A csapadékvizek felszíni lefolyását jelentős mértékben befolyásolják a mezőgazdaságilag hasznosított talajok használatának, megművelésének és trágyázásának jellemzői, a művelési ágak helyszínrajzi elrendezése, a vetésszám megválasztása és minden egyéb olyan beavatkozás és létesítmény, amely a talaj eredeti lefolyási viszonyait megváltoztathatja. A szintvonalakra merőlegesen haladó szántás és vetés növeli a felszínen lefolyó vízhozamot, minthogy a barázda kis vízelvezető árokká válik. Viszont a művelési ágak megfelelő megválasztása, a táblák helyes elrendezése, a szintvonalak irányában haladó szántás, a lejtős területeken haladó utak megfelelő elhelyezése a felszínen lefolyó vízhozamot jelentősen csökkentheti (Júva, 1966; Károlyi, 1975).

A lefolyást a fentiek alapján módosíthatja a vízgyűjtő geometriai paraméterei. A vízgyűjtőterület a vízfolyás valamilyen szelvényéhez, illetve állóvízhez tartozó azon terület, amelyről az összegyülekező és lefolyó csapadék a vizsgált szelvényen átfolyik, illetve az állóvizet táplálja (Homoródi, 1996). A vízgyűjtő határát a vízválasztó jelöli ki.

A vízgyűjtő meghatározó szerepet tölt be a lefolyási viszonyok alakulásában (Stelczer, 2000). Ugyanis

- a vízgyűjtőnek a Földön elfoglalt helye megszabja a vízgyűjtő uralkodó klímájának fő vonásait;
- a vízgyűjtő kiterjedése, alakja és lejtésvizsgálata, egyenként és egymásra hatásukban is, meghatározzák a felületi lefolyás idejét (összegyülekezési időt), a vízfolyás nagyságát és vízjárását;
- a vízgyűjtő geológiai felépítése elsősorban a vízrendszer alakját és sűrűségét;
- a vízgyűjtő talajviszonyai a felszíni és felszín alatti lefolyást, továbbá az erózió nagyságát;
- a vízgyűjtő tájolása pedig a hótakaró kialakulását, a hóolvadás folyamatát, a vízfolyások jégviszonyait befolyásolja.

A vízgyűjtőterület jellemzőinek elemzése és mennyiségi leírása a vízgyűjtőkön lezajló hidrológiai és tájékológiai folyamatok megismerésének (modelljezésének) egyik fontos alapja.

A felszíni csapadék tározódása a lefolyás megindulását kisebb-nagyobb mértékben késlelteti. A késleltetés mértéke függ a terepadottságoktól, a lejtéstől, a felszín érdességétől, erdőkben az avartakaró vastagságától. Az ideiglenesen tározódó víz egy rész elpárolog, tovább csökkentve a csapadék lefolyást adó hányadát. A felszínt elérő csapadéknak a beszivárgással és a lefolyás megindulása előtt bekövetkező párolgással csökkentett hányada a lefolyásképző csapadék.

Azt a folyamatot, amelynek során egy adott térségben lehulló csapadék egy része a terep felszínén és a felszín alatt mozogva eljut a vízfolyásmederbe és abban koncentrálódva mozog tovább, a lefolyás összegyülekezésének nevezik. A csapadék lefolyást adó hányadának a vízfolyás adott pontjáig való eljutásához szükséges időtartam a lefolyási idő. Adott csapadéknak csupán meghatározott hányada képez lefolyást. A lefolyás és az adott lefolyást kiváltó csapadék viszonyszáma a lefolyási tényező. A lefolyás számításakor figyelembe vett időszak növekedésével egyre nagyobb szerepet kapnak a térszín domborzati, talaj- és növényi adottságai (Vermes, 1997).

Fontos a hó formájában felszínre hulló csapadék mennyisége is, mivel csak olvadáskor következik be a lefolyása, ilyenkor viszont igen gyorsan, rövid idő alatt történik meg.

A lefolyó víz sebességét nagymértékben meghatározza a felszín növényborítottságának jellege. A lefolyás mennyiségi kifejezésére a fajlagos lefolyást (q) használják.

Becslésére hazánkban a legelterjedtebb módszer a Kenessey által kidolgozott eljárás, melynek segítségével a talaj vízáteresztő-képessége, a felszín lejtése és a növényfedettség alapján számítható ki a fajlagos felszíni lefolyás. Első lépésként a lefolyási tényezőt kell kiszámítani, mely a lefolyt vízmennyiség és a csapadék hányadosával egyenlő. Majd a Kenessey által megállapított lefolyási tényezőket megfeleltetni a terület adottságainak. A IV., V., VI. táblázatokban az egyes kategóriákhoz tartozó lefolyási tényezők értéktartományait a módszer úgy adja meg, hogy azokon belül az adottságoknak megfelelően lehetőség legyen a differenciálásra. A lefolyási tényező értéke 0 és 1 közé esik, a 0 azt jelenti, hogy nincs lefolyás, az 1 pedig azt, hogy a teljes vízmennyiség lefolyásra kerül. Ha ez az érték pl. 0.5, az azt jelenti, hogy a lehulló csapadék 50%-a folyik le.

IV. táblázat: A lejtési viszonyok tájékoztató tényezői (α_1).

Lejtés		a lejtési viszonyok tényezői
1. Igen erős lejtő	< 35%	0.10
2. Közepes lejtő	11-35%	0.06
3. Szelíd lejtő	3.5-11%	0.04
4. Sík vidék	3.5% <	0.01

Forrás: Homoródi, 1996.

V. táblázat: A talaj vízáteresztő képesség szerinti csoportosítása (α_2).

A talaj vízáteresztő képessége	a vízáteresztő képesség tényezői
1. Igen vízzáró talaj	0.10
2. Kissé áteresztő talaj	0.06
3. Áteresztő talaj	0.03
4. Igen áteresztő talaj	0.01

Forrás: Homoródi, 1996.

VI. táblázat: A talaj növényfedettség szerinti csoportosítása (α_3).

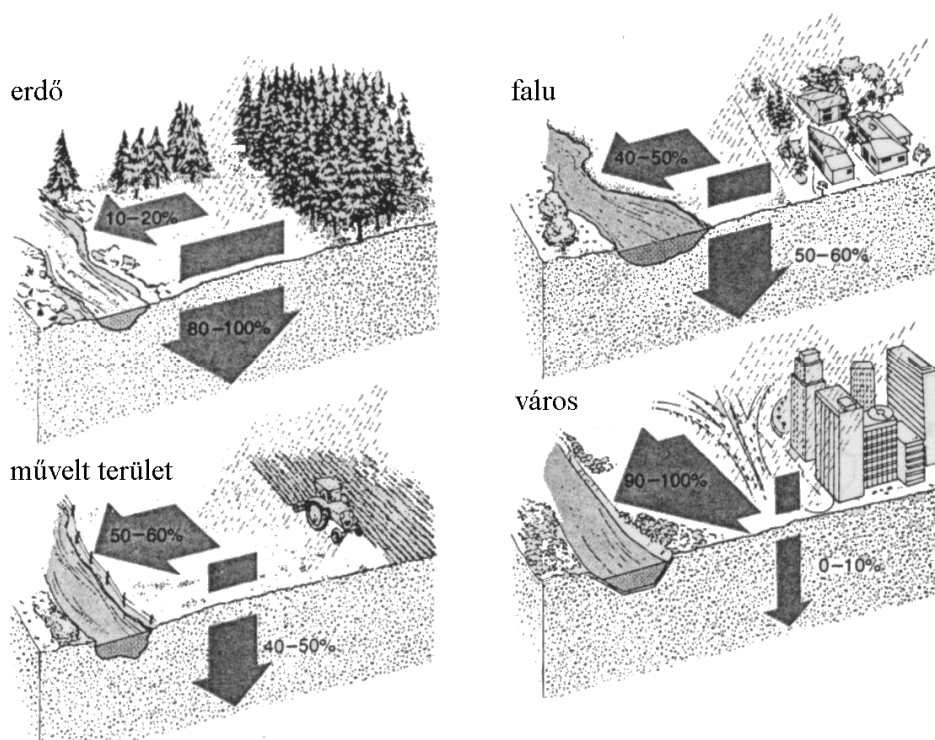
Növényi talajfedettség	a növényi talajfedettség tényezői
1. Kopár szikla	0.10
2. Rét, legelő	0.08
3. Feltört termőtalaj, erdő	0.05
4. Zárt erdő, laza hordalék	0.01

Forrás: Homoródi, 1996.

Az évi átlagos lefolyási tényező ennek megfelelően:

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3.$$

A lefolyási tényező értéke általában a tájhasználat intenzitásával arányosan nő. A 4. ábrán a különböző tájhasználati típusok esetén bekövetkező lefolyó, illetve beszivárgó csapadékhányadokat olvashatjuk le. Az erdő, mint láthatjuk, a lefolyó víz legnagyobb részét visszatartja. Egy nagyvárosban pedig a legtöbb felület le van betonozva (utak, terek, épületek, stb.), a víznek kevés lehetősége van beszivárogni a talajba, ezért akár 100%-os is lehet a lefolyás.



Forrás: Szabó, 2002.

4. ábra: A tájhasználat hatása a lefolyásra, illetve a beszivárgásra.

A lefolyási hányadot, vagyis egy konkrét hidrometeorológiai helyzetben, adott területen bekövetkező lefolyást a vízgyűjtő terület nagyságából (T ; ha), a vízgyűjtőterületre hullott csapa-

dék mennyiségéből (h ; mm / 1 mm csapadék 1 hektáron 10 m^3 vizet jelent) és a lefolyási tényezőből (α) számíthatjuk ki:

$$Q=10\alpha hT \text{ [m}^3\text{/idő]}.$$

A fajlagos lefolyás kiszámításához az eredményt el kell osztanunk a területtel, ami így kiejti a területi változót az egyenletből, a módosult képlet tehát a következő:

$$Q=10\alpha hT/T=10\alpha h \text{ [m}^3\text{/ha/idő]}.$$

Természetes lefolyás: A vízgyűjtők hidrológiai tulajdonságairól, vízkészletéről elsődlegesen a természetes lefolyás jellemzői adnak képet. Természetes lefolyásnak általánosan azt a lefolyást nevezzük, amelyet akkor figyelhetnénk meg, ha a vízgyűjtő hidrológiai viszonyai semmiféle emberi beavatkozásnak, vízhasználatnak nem volnának kitéve. Tény azonban, hogy a vízgazdálkodási szempontból érdeklődésre számot tartó vízgyűjtők között ilyen csak elvétve és egyre kevesebb akad. Hasonlóképp, a mért lefolyás adatok is többé-kevésbé befolyásolt vízfolyásokról származnak. Ezen okok miatt, a természetes lefolyás alakulását, mennyiségi jellemzőit általában csak közvetett módon, az észlelt lefolyásadatoknak az antropogén hatásokra vonatkozó információkkal való egybevetése, korrekciója alapján lehet meghatározni.

A természetes lefolyás és a vízhozammérő állomásokon észlelt tényleges lefolyás közötti különbségek többféle hatásra vezethetők vissza, amelyek azonban alapvetően két csoportba sorolhatók:

- A lefolyásviszonyok megváltoztatásából következő hatások, amelyek a vízgyűjtőn a beszivárgási, az evapotranspirációs, az összegyülekezési folyamatokat, illetve a felszín alatti vizekkel való kapcsolatot módosítják, és amelyek közös jellemzője, hogy tartósan érvényesülnek, többnyire lassan alakulnak ki és a megváltoztatásukra irányuló esetleges szándék vagy intézkedés is csak hosszabb idő, esetleg több évtized után hoz eredményt. A lefolyásviszonyokat módosító hatások körébe sorolhatóak a területhasználati változások (urbanizáció, erdősítés/erdőirtás, művelési ág és mezőgazdasági technológiaváltás), illetve a felszín alatti víz szintjének jelentős mértékű változtatása. Minthogy lassan végbemenő és kevésbé monitorozott folyamatokról van szó, a lefolyásviszonyok változását indukáló hatások nehezebben azonosíthatóak és gyakran maguk a folyamatok sem különíthetők el egyértelműen a klímaváltozás hatásaitól.
- A vízhasználatok hatásai, amelyek már a medrekben összegyülekezett, lefolyó vagy tározódó vizeket érintik. Ide tartoznak a vízkivételek, vízátervezetések, a szenny- és használtvíz bevezetések és a tározás. Ellentétben a lefolyásviszonyokat érő hatások általában kevésbé feltárt és nehezen számszerűsíthető voltával, a vízhasználatok helye és mértéke ismertnek tekinthető. A vízgyűjtők nagy részén a vízhasználatokhoz köthető hatások felülmúlják a lefolyásviszonyok változásából adódóakat.

A természetes lefolyás, természetes vízkészlet fogalmának csak az előzőekben leírt általános definíciójára nézve van szakmai közmegegyezés, gyakorlati értelmezésére nincs. Az elmúlt évtizedek vízkészlet-gazdálkodási gyakorlata a természetes lefolyást alakító tényezők körébe beleértette a lefolyásviszonyok antropogén módosítását is, nem választva el azokat a klimatikus hatásoktól. Tekintettel a lefolyásviszonyokat módosító tényezők helyének, típusának és

hidrológiai hatásának feltáratlanságára, jelenleg is ez a megközelítés látszott járhatónak – annak ellenére, hogy a VKI lehetővé teszi, adott esetben elvárja a jó vízállapot érdekében az összegyülekezés színterein való beavatkozásokat is (Szalay, 2009).

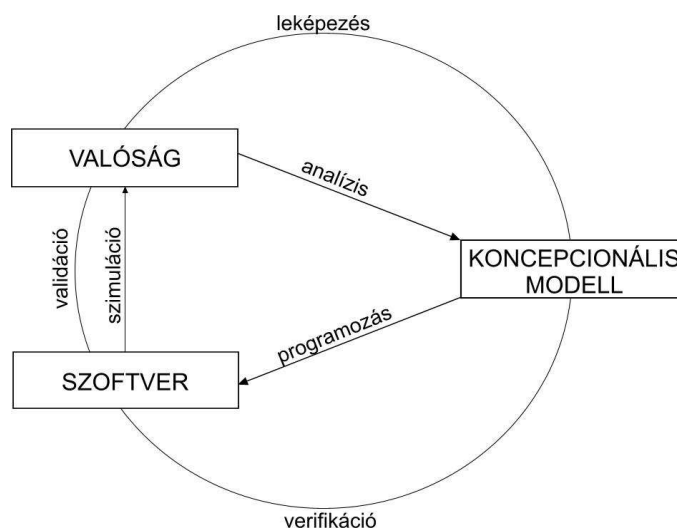
2.2.5. Lefolyás és tájhasználat kapcsolata

A hidrológiában számos modellt alkalmaznak. Ezek áttekintésére csak röviden kerül sor. A hidrológiai modellezés az egyik legösszetettebb feladat a térinformatikai elemzés során a sok, nehezen meghatározható modellparaméter miatt. A hidrológiai modellek története mintegy 150 évre vezethető vissza. 1856-ban a Darcy-törvény leírásával kezdődött. A felszíni és felszín alatti vizek mozgásjelenségeinek leírása hosszú ideig gyakorlati tapasztalatokra, majd a térbeliséget nehezen kezelő fizikai-matematikai modellekre épült. A víz mozgásjelenségeinek pontosabb leírása csak a topográfia figyelembe vételével, a digitális domborzatmodellek (DEM, DDM) segítségével valósulhatott meg, melyek előállításához számítógépekre volt szükség. A DDM-k segítségével gyorsan lehatárolhatóvá válnak a vízgyűjtők, szimulálhatóvá válik a lefolyás, a vízhálózat. A számítógépes modellek az 1960-as évektől kezdtek elterjedni. Napjainkban több száz számítógépes modell létezik, de a leggyakrabban használtak száma kevesebb, mint egy tucat (Singh, Fiorentino, 1996; Szabó, Bíró, 2003).

A hidrológiai modelleknek három fő típusa van: analóg, fizikai és matematikai modellek. A modellek használata során számos alapfogalmat ismernünk kell:

- validáció: a modell és a valóság összevetése;
- koncepcionális modell: szóbeli leírás, egyenletek, folyamatok és kapcsolataik, amelyek a valóság leírására törekszenek;
- verifikáció: a modell ellenőrzése;
- szimuláció: a modellezés tényleges végrehajtása.

A modellalkotás általános folyamatát ábrázolja az 5. ábra.

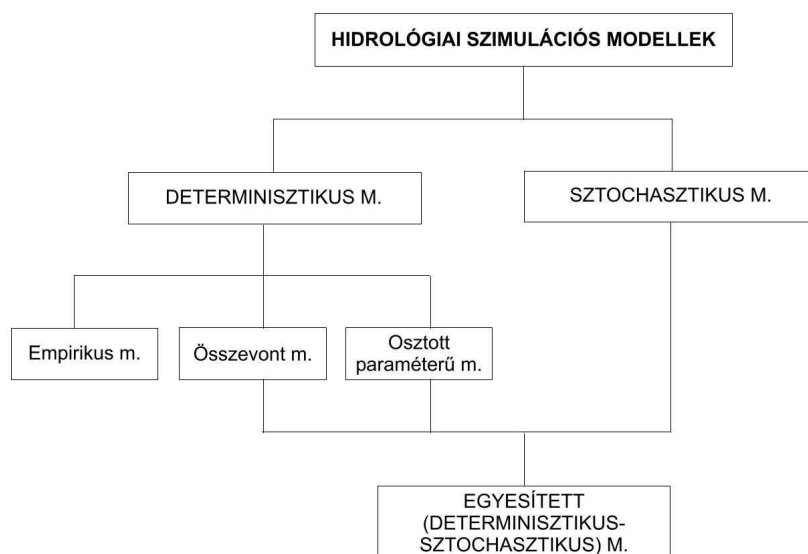


Forrás: saját szerkesztés.

5. ábra: A modellalkotás folyamata.

A legáltalánosabban használt modellek a matematikai (numerikus) modellek. Az első numerikus modellt 1851-ben Thomas James Mulvaney alkotta meg. Ez vált ismertté racionális módszerként, mely segítségével a csapadék hatására kialakuló árvizek nagyságára tudnak közelítő összefüggést adni. Az így becsülhető vízhozamok képezik a tervezett mérnöki létesítmények

egyik kiinduló adatát (Kalicz, 2006). A matematikai modellek általános elnevezése a szimulációs modell. A 6. ábra a szimulációs modellek típusait ábrázolja.



Forrás: saját szerkesztés.

6. ábra: A matematikai modellek típusai.

- sztochasztikus modell: a véletlen hatását figyelembe veszi;
- determinisztikus modell: a véletlen hatását nem veszi figyelembe;
- empirikus modell: tényleges fizikai folyamatoktól elvonatkoztatott, tapasztalati összefüggésekre épített modellek;
- összevont modell: a folyamatok térbelisége nem játszik szerepet;
- osztott paraméterű modell: térben osztottak.

A szimulációs modellek igen hatékonynak bizonyulnak a vízgyűjtő vizsgálatok során és a vízgyűjtő skálájú forgatókönyvek értékelésénél. Az ilyen típusú modellek használata során ugyanakkor gyakran integrálni kell a GIS-t, a távérzékelést és az adatbázis-kezelést a bemenő adatok kezelésére, vizsgálatára és megjelenítésére. Egy ilyen példa a valós-idejű interaktív vízgyűjtő-szimulációra alkalmas szoftvercsomag (RIBS=real-time, interactive, basin simulator), amely integrálja a radar-alapú csapadék-előrejelző modellt, a digitális domborzat-modellen alapuló csapadék-lefolyás modellt és más adatbázisokat a valós-idejű árvizek előrejelzéséhez. A GIS-t és egy talajvíz-modellt (MODFLOW) integráltak egy másik példában regionális talajvízmozgások elemzéséhez. Igen gyakran egy külön felületet, modult is létrehoznak a könnyebb használat érdekében (He, 2003). Egy ilyen modulra jó példa a külön kiterjesztésként kezelt ArcHydro az ArcGIS rendszeren belül.

Az ember, hogy szolgálatába állítsa a természetet, mélyrehatóan átalakította környezetét, majd kiapasztotta erőforrásait. Az ipari társadalmak felborították az ökoszisztémák egyensúlyát, amivel a fajok életét is veszélybe sodorták. Ez hatványozottan igaz a hidroszférára, a vízi ökoszisztémákra is (Zámbori, 2001). Melyek ennek fő jellemzői:

- túlnépesedés és a környezet túlzott kihasználása: 2012. május 22-én a Föld népessége 7 042 milliárd fő (9), a jelenlegi növekedési ütem évi 1%-os. A Föld számos országában már jelenleg is akkora a lélekszám, hogy a túléléshez sokkal több természeti erőforrásra lenne szükség, mint amennyi rendelkezésre áll. Az élelmezéshez egyre több

termőföld kell. A termőföldnyerés módja pedig gyakran a vizes élőhelyek kiszárítása, mocsarak, lápok lecsapolásával, ártéri területek megművelésével. A növényi kultúrák öntözése egyre több vizet fogyaszt, ami a felszín alatti vízkészletek kimerítéséhez, a folyók eltereléséhez vezet.

- technológiai fejlődés: Az ipari civilizációk kialakulásáig, a XIX. század közepéig a természetes ökoszisztémák szinte érintetlenek maradtak, mivel az ember csak csekély mértékben befolyásolta környezetét. Azóta az energiatermelés együtt jár a folytonosan növekvő mennyiségű gáz és szennyező anyagok levegőbe való kibocsátásával.

Onstad és Jamieson végezte el az első olyan kísérletet 1970-ben, amelyben hidrológiai modellt használtak fel a földhasználat-változásnak a lefolyásra gyakorolt hatásának becslésére. A kutatók érzékenységi vizsgálatokat végeztek annak érdekében, hogy illusztrálják a különböző konzervációs módszerek hidrológiai reakciót. Számos egyéb vizsgálódás történt még más kutatóktól a világ különböző helyein (pl. Belgium, Thaiföld, Ausztrália, India), de probléma volt a kevés adat és a modell-érvényesítés (validation) hiánya (Lørup et al, 1998).

A számítógéppel támogatott modellezést legalább 25 éve használják a földhasználat-változás hatásának vizsgálatára a vízgyűjtőkön. Az utóbbi években a vizsgálódások a klímaváltozás hatását próbálták kutatni. A vízgyűjtő modellek szintén jól használhatók a vízminőség vizsgálata, például az elsavasodás terén. Egy általánosan elfogadott modell létrehozása igen kíváncsú lenne. Erre már egy USA kormányzati kutató, Friedman is rávilágított 1984-ben, mégpedig az alábbi okokból: számos modellben a bizonytalansági fokot nem ismerjük; a modelleket gyakran csak egyszeri célra használják, így a megbízhatósága sem derül ki; a döntéshozók alkalmadtán óvatossá a modellekkel szemben néhány múltbeli helytelen modellezési eljárás miatt; a modellfejlesztés gyakran hangsúlyosabb, mint az érvényesítés és kalibrálás (Ewen, Parkin, 1996).

A csapadék-lefolyás modellek (RR-model: rainfall-runoff model) alapelve, hogy a csapadékból bizonyos matematikai egyenletek alapján megbecsüljük a lefolyó víz mennyiségét (2).

A modelleknek számos variációja létezik:

- NAM: lehetővé teszi az emberi beavatkozásoknak a hidrológiai ciklusba való figyelembe vételét (pl. öntözés, vízkivételek).
- Az UHM: alternatíváját jelenti olyan területeken, amelyekre nem állnak rendelkezésre vízhozam adatok, vagy ahol az egység idősor technika már jól kidolgozott.
- SMAP: havi talaj-nedvességtartalom modell, amely akkor hasznos, ha csak havi input adatok állnak rendelkezésre.
- URBAN: olyan lefolyás-becslő módszerek, amelyek kimondottan ember lakta területekre készültek.
- FEH: vízgyűjtő szintű lefolyás-becslés az Egyesült Királyság *Flood Estimation Handbook* (árvíz becslési kézikönyv) alapján
- DRiFt: félig-elosztott csapadék - lefolyás - geomorfológiai megközelítés. (2)

A csapadék-lefolyás modellek egyik legnagyobb bizonytalansága a bemenő adatok pontosságától függ (Wilk, Hughes, 2002). Kisvízgyűjtőkre a legegyszerűbb csapadék-lefolyás modellek közé tartozik az SCS- módszer és a racionális módszer. Az előbbit inkább városias területekre használják, míg a racionális módszert a vidéki területekre (Hamer et al, 2007).

Mivel a kutatásom alapvetően arra irányul, hogy a földhasználat-változás hatását vizsgáljam a lefolyásra, ezért a hidrológiai modellek fizikai alapjait nem taglalom.

Az urbanizáció okozta hidrológiai változásokkal számos irodalom foglalkozik. Az emberi fejlesztések csökkentik a beszivárgási kapacitást a tájban, koncentrálnak az árvizeket és minőségi és mennyiségi problémákat okoznak a víztestekben. Az utóbbi két évtizedben nagy előrehaladás történt a vízgyűjtő hidrológiai adottságaira történő emberi hatás mérésére. Nem csupán minőségi változásokra irányuló vizsgálatok történtek, hanem a vízhozamot meghatározó terepi vizsgálatok is, beleértve az emberi tevékenység és földhasználat-változás kutatását is. A lefolyás nagyságának változását számos tényező előidézheti: csapadék intenzitása, nagysága; idő paraméterek; talaj vízáteresztő képessége. Az egyik olyan faktor, ami befolyásolható, az a felszínborítás mértéke, nagysága, textúrája (Yang, Li, 2011).

A különböző művelési ágakkal bíró vízgyűjtő vízháztartását az egyes művelési ágak arányából és sajátosságaiból adódó összetevők határozzák meg (Vermes, 1997).

Egy vízgyűjtőn belül annak számszerű meghatározása, hogy a földhasználat és felszínborítás változása milyen hatással van a lefolyás dinamikájára, a hidrológusok egyik érdeklődési területének számít. Kevés olyan jól definiált modellt ismerünk, amely számszerűsíti a kapcsolatot a földhasználat-változás és a lefolyási folyamat között. Számos módszerrel próbálkoztak már, hogy ezt a hiányt megszüntessék, de a földhasználat változás hatásának előrejelzésére még nem született általános és hitelt érdemlő modell. Kezdetben a földhasználat-változásnak a lefolyásra gyakorolt hatását vízgyűjtőkön vizsgálták és különböző eredmények láttak napvilágot (Hundecha, Bárdossy, 2004).

Mások az urbanizált területeket osztályozták különböző felszínborítási kategóriákba és ezeknek a hatását vizsgálták. A fő módszer a különböző földhasználati adatbázisok és a műholdfelvételek összevetése volt, matematikai kapcsolat felállítása a két adat között, majd egyfajta „átlátszósági index” létrehozása. Az így létrehozott felszínborítási kategóriák hatását vizsgálták a vízgyűjtő hidrológiai rendszerében. Az alkalmazott hidrológiai modell, az AGWA (Automated geospatial watershed assessment = Automatikus, helyzetten alapuló vízgyűjtő értékelés), egy többfunkciós hidrológiai eszköz vízgyűjtő modellezésnél. ArcGIS-es felülettel az AGWA kettő, vízgyűjtők hidrológiájával foglalkozó modellt használ: a SWAT (Soil and Water Assessment Tool = Talaj és Víz Értékelő Modell) modellt és a KINEROS (Kinematic Runoff and Erosion Model = Kinematikus Lefolyás és Erózió Modell) modellt.

A SWAT egy hidrológiai és vízminőséget vizsgáló modell hosszú-távú szimulációkra. Mezőgazdasági és urbanizált tájakon is egyaránt használható. A talajértékekből és a hidrológiai értékekből egy ún. Hidrológiai Reakció Egységet (Hydrological Response Unit =HRU) generál.

A KINEROS a kinematikus hullám elvét alkalmazza, elsősorban kis vízgyűjtőkre (Yang, Li, 2011). A SWAT modell egy komplex, elméleti, hidrológiai, félig osztályozott modell térbelileg világos parametrizációval. Időben folytonos modell, amely napi léptékekben dolgozik. A modell fejlesztése során a cél az volt, hogy a földhasználati változás hatását előre jelezzék a különböző területeken (hidrológia, talajtan, környezetvédelem) állomással nem rendelkező vízgyűjtőkön.

Az AVSWAT modell az ArcGIS szoftverrel kombinált fejlesztést takarja, egyébként a GRASS nyílt forráskódú térinformatikai szoftverrel is használható a SWAT modell (Di Luzio et al, 2004).

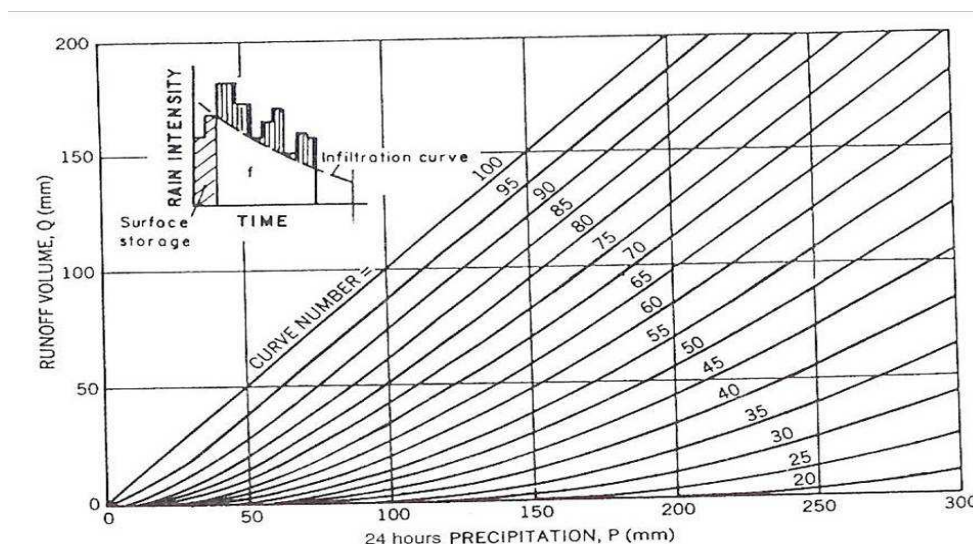
A STREAM modellt elsősorban kisvízgyűjtők (1-10 km²) vizsgálatára fejlesztettek ki, a lefolyás és erózió transzportáló hatását vizsgálja (Evrard et al, 2010). A vízgyűjtő szintű modellezés másik példája a SHETRAN, amely a SHE (Système Hydrologique Européen) modell továbbfejlesztett változata. Ez egy fizikai alapú, osztott áramlási és transzport modell, amely a földhasználat-változás hatását próbálja előre jelezni.

A Beven által 1984-ben fejlesztett *TOPMODEL* (topográfiai alapú elméleti modell) a lefolyást jelzi előre kicsi, mérce nélküli, csapadékos vízgyűjtőkön (Ewen, Parkin, 1996).

A *HBV-IWS modell* egyszerű felépítésű, a svéd Meteorológiai és Hidrológiai Intézet dolgozta ki és a Stuttgarti Egyetemen fejlesztették tovább. Viszonylag kevés az adatigénye és az egyszerű vízgyűjtő folyamatokat vizsgálja (Hundecha, Bárdossy, 2004).

Az *L-THIA* (Long-Term Hydrologic Impact Model) modellben elég egyszerű módon számították ki a lefolyást, ezzel modellezve a földhasználat-változás lehetséges hosszú távú hatását. A modell az ún. görbeparaméter (CN = curve number) módszert használja a lefolyás kiszámításánál, ennek előnye, hogy számos bonyolult modell egyik alapértékét jelenti és csupán olyan adatokat igényel, mint a talajtípus, földhasználat és klimatikus paraméterek. A modellnek van egy ArcGIS-ben használható modulja is (Bhaduri et al, 2000). A görbeparaméter (CN) egy olyan tapasztalati érték, amelyet a hidrológiában a csapadékhullásból származó közvetlen lefolyás vagy beszivárgás előrejelzésére használnak (5) (7. ábra).

A módszer a vízgyűjtő tervezés megkönnyítését szolgálja, mégpedig úgy, hogy a lefolyás maximumát számítja ki a földhasználat és talajviszonyok ismeretében. Elsősorban a felszíni lefolyás számszerűsítésére használják (Deepak et al, 2010).



Forrás: 6.

7. ábra: A görbeparaméter értékei.

Az erózió és a hordalékmozgás különböző törvényszerűségeket mutat a nagy és kis vízgyűjtőkön. A vízgyűjtők nagysága és a hordalékmozgás mértéke közötti kapcsolatot először a XX. század második felében vizsgálták. Az utóbbi 30 évben erős korrelációt állapítottak meg tudósok a vízgyűjtő nagysága és a hordalékmozgás mértéke között. Az utóbbi 50 évben széles körűen kutatták a földhasználat-változás hatását a felszíni lefolyásra és a hordalékmozgás mértékére, és különböző modellekkel próbálták szimulálni. A hidrológiai paraméterek közül a csapadékot használják a kutatók előszeretettel, mivel ez igen szoros kapcsolatban van a felszíni lefolyással és a hordalékmozgással is. Kutatások kimutatták, hogy a földhasználat hatása a felszíni lefolyásra két módon jelentkezik: egyrészt a földhasználat módja (pl. teraszos szántóföldi művelés), másrészt a földhasználatok aránya (művelt és erdős területek aránya) befolyásol (Zhang et al, 2010).

A vízgyűjtő hidrológiai viszonyaira ható földhasználat változást számos modell mutatja be, amelyeknek a térbeli és időbeli skáláik különbözőek. A mezőgazdasági és urbánus területeken nagyobb a lefolyás mértéke, mint a természeteshez közel álló területeken. A megnövekedett lefolyás ugyanakkor számos káros anyagot is szállít az üzemek területéről és a városiasodott területekről. A megnövekedett lefolyás gyakoribb és intenzívebb árvizek okozója is lehet és módosítja a vizes élőhelyek és a talajvízkészlet részesedését a vízkészletekből. A tápanyagban gazdag lefolyás növeli a felszíni vizek eutrofizációra való hajlamát. Számos gyakorlati útmutató látott világot azzal kapcsolatban, hogyan tudnánk megvédeni a felszíni víztesteket, mint a tavakat és folyókat a módosított lefolyástól. Ezek az útmutatók előírják a fejlesztés nagyságának módosítását, ezáltal megvédve az erózióra hajlamos területeket, valamint pufferzónák létrehozását a vízfolyások mentén. A fejlődés mértékének módosítása problémás, hiszen állandóan változik. Az USA-ban, ha a jelenlegi városiasodási ütemet vesszük figyelembe, 20 éven belül megduplázódik a városias területek nagysága. A lefolyás csökkentésének több módja is van:

- Az egyik a városiasodás mértékének lassítása.
- Egy másik mód az erdőterületek növelése.
- A pufferzónák kialakítása is a felszíni vizek védelmét szolgálja a területi szennyeződés ellen, mégpedig úgy, hogy csökkenti a felszíni lefolyás mértékét. Általánosságban a pufferzónák kialakítása bizonyos távolságra történik az épületek vagy konkrét mezőgazdasági tevékenység körül. A vízfolyások menti pufferzóna csökkenti a partfal eróziójának mértékét. A pufferzóna nagyságát számos tényező befolyásolja: topográfiai viszonyok (pl. lejtés), a talajtípusok vagy maga a földhasználat. A tervezés során megadhatunk tucatnyi lehetőséget a lefolyás szabályozására. A földhasználat és a természeti erőforrások tervezésében alkalmazzák azokat a modelleket, amelyek összekapcsolják a földhasználatot és a hidrológiát. Ezekkel a modellekkel, már a döntéshozók számára is világosan elérhető információkat nyerhetünk a jövőbeni földhasználat-változás trendjéről. A modell eredményét összehasonlíthatjuk jelen feltételekkel vagy akár a kívánatos földhasználati rendszerrel.
- A történeti elemzések is hasznosak lehetnek, hiszen a múltbeli trendek alapját képezhetik a jövőbeni vizsgálódásnak. Ezek főleg akkor különösen relevánsak, ha a múltban nagymértékben változott a földhasználat. Választ kaphatunk arra a kérdésre, hogy a jelenbeli földhasználati viszonyok rosszabb hatással vannak-e a jövőbeni lefolyás alakulására, mint a múltbeli.

A földhasználat-változás vizsgálatának egyik eszköze lehet az LTM modell (Land Transformation Model = Földhasználat-változás Modell). A modell elsősorban a népességnövekedésre fókuszál. Tíz paramétert használ kiinduláskor, majd a mesterséges neurális hálózatokat (ANN = artificial neural network) használva végez vizsgálatokat (Deepak et al, 2010).

A mesterséges neurális hálózatok egy biológiai indíttatású program, ami a biológiai neurális hálózat néhány tulajdonságát modellezi. A biológia és más tudományterületek (matematika, fizika, pszichológia) eredményeit is felhasználja. A természetes neuron-hálózatok vagy mesterséges neuron-hálózatok N-hálók származástól függetlenül a hálók működésének mechanizmusa többé-kevésbé megegyezik: ezen hálózatok alapelve, hogy a számolásokat egymással összekapcsolt kis feldolgozóegységek, neuronok végzik. A számítások során fontos szerepet játszik a neuronok közötti kapcsolatrendszer, ezért a neurális hálókat konnektív hálózatoknak, a velük foglalkozó szakembereket pedig konnektionistáknak is nevezik (4).

A földhasználat-változásnak a hatását nemcsak a hidrológia szempontjából vizsgálták, hanem például a biodiverzitásra gyakorolt hatását is. Bár számos tanulmány készült, a pontos hatásokat még nem tárták fel. Vizsgálták a múltban lezajló felszínborítás-változásokat régi tér-

képek, légifelvételek alapján. A biodiverzitás vizsgálata azonban bonyolultabb, hiszen a régi fajok a növényföldrajzi bibliográfiában lelhetők fel (Zimmermann et al, 2010).

A területhasználat változásának elemzése különösen nagy jelentőségű a döntően mezőgazdaság dominanciájú területeken, hiszen a nem pontszerű szennyező források révén a patakok vízminőségét is jelentősen befolyásoló tényezőről van szó. Mezőgazdasági, tájtervezési és vízgazdálkodási szempontból is fontos a területhasználat fenntartható tervezése, optimalizációja (Szilassi et al, 2008).

A hidrológiai modellek pontossága a környezet ábrázolásától függ, hiszen mind a felszíni, mind a felszín alatti víz esetében definiálnunk kell azt a közeget, ahol a víz mozog. így kapcsolat van a többi folyamatot leíró modellel is (pl. domborzatmodellek). A domborzatmodellekből levezethető derivátumok (lejtőszög, lejtőkitettség) és egyéb paraméterek (nedvességi index, felszíntagoltsági mutató, stb.) például a domborzat és a talajkörnyezet sokoldalú, pontosabb jellemzését teszik lehetővé (Szabó, Bíró, 2003).

3. TÉRINFORMATIKA SZEREPE A KUTATÁSBAN

3.1. Definíciók

Mottó: „A térinformatikába vetett bizalmunk azon a hiten alapszik, hogy a földrajz fontos.”

A fenti idézet Jack Dangermond-tól, az ESRI alapítójától és elnökétől származik a XXI. század elejéről (Hagett, 2006). 1950 óta a földrajztudósok rendelkezésére új, nagy teljesítményű eszközök állnak rendelkezésre. Ennek egyik következménye a világról gyűjtött adatok mennyiségének óriási növekedése lett. A hagyományos forrásokhoz társult a műholdas megfigyelésekből származó információáradat is. A korábbi évszázadok adathiánya helyett ma már az adattúllengés problémájával kell megbirkózni. A fő kérdés: Hogyan szemezhetjük ki az értékes információt az adattengerből?

A térinformatika, a földrajzi információs rendszerek dinamikus fejlődése következtében szinte naponta keletkeznek új kifejezések. A szakirodalomban gyakran szinonimaként használják a térinformatika és a földrajzi információs rendszer fogalmát. A térinformatika tudomány, az informatika egy speciális ága, olyan informatika, amelyben az információ alapjául szolgáló adatok földrajzi helyhez köthetők. A földrajz szakterületen belül egyre jobban terjed a geoinformatika illetve a geoinformációs rendszerek fogalom, abból az elvből kiindulva, hogy a Föld (görögül geo) az a hely, amelyhez az adatok illetve információ kapcsolódnak (Detrekői, 2002).

A földrajzi információs rendszer (angolul Geographical Information System, GIS) hardver, szoftverek, adatbázisok és módszerek olyan egysége, mely egy rendszerbe integrálja a térbeli és leíró adatokat, ezáltal segíti a komplex tervezési és irányítási feladatok megoldására szolgáló térbeli adatok gyűjtését, kezelését, feldolgozását, elemzését, az információk megjelenítését, a földrajzi folyamatok megfigyelését, vizsgálatát és modellezését (Bogdán, 2005; Márkus, 2010).

A GIS a térinformatika tudományának eszköze, melynek segítségével valamely földrajzi helyről kap információt a felhasználó (Márkus, 2004).

A térinformatika az adatok térbeli-időbeli kezelésének igen hatékony módszere, mivel egyetlen rendszerbe integrálja a földrajzi és leíró adatokat, így a hagyományos adatbázis műveletek a földrajzi adatokon is elvégezhetők. Mindezen lehetőségeivel hatékonyan tudja segíteni a különböző, területhez kapcsolódó (mezőgazdaság, vízgazdálkodás, környezetvédelem, regionális tervezés-fejlesztés stb.) döntés előkészítést. Nem lebecsülhető előnye a térinformatikának az sem, hogy a – lehetséges tényezőkre vonatkozó információon alapuló – döntés az optimálishoz közelebb álló eredményt ad, mint a hagyományos úton megalapozott, ezen kívül jelentős anyagi megtakarítást eredményez, és nagymértékben csökkenti a döntés lehetséges káros következményeinek esélyét. További előnye a földrajzi információs rendszerek alkalmazásának a gyors átfutási idő, valamint az, hogy a számítógépes megoldás matematikailag, geometriailag pontosabb a hagyományos megoldásoknál (Magyari, 2005).

3.2. A térinformációs rendszerek alkalmazásának lehetőségei

Mire használható a GIS? Mindenre és mindenütt, ahol korábban térképeket, helyszínrajzokat, vázrajzokat használtak, de a digitális adatbázis természetesen sokkal többre képes, mint a grafikus térkép és a hagyományos adattár.

A térinformációs rendszerek alkalmazásához két alapvető funkció határozható meg:

- térbeli elemzés elvégzése,

- vizuális információk kezelése.

A térbeli elemzés a helyhez kapcsolódó kérdések megválaszolását teszi lehetővé (Bogdán, 2005). Ilyen alapvető kérdések:

- helyre vonatkozó: Mi található ezen a helyen? (Mekkora a szennyezőanyag-kibocsátás?)
- körülményekre vonatkozó: Hol van...? (Hol van vízmérce?)
- trendre vonatkozó: Mi változott meg? (Hogyan változott a talajvízszint az elmúlt évben?)
- útvonalra vonatkozó: Melyik a legkedvezőbb út? (Mi a legrövidebb út az állomás eléréséhez?)
- jelenségre vonatkozó: Mi a jelenség...? (Milyen hatása lehet az árvíznek?)
- modellezéssel kapcsolatos: Mi történik, ha...? (Mely területeket érinti a belvíz képződése?)

A vizuális információk kezelése során lehetőségünk van a térinformatika alkalmazásával a kétdimenziós, térképi ábrázolás helyett a háromdimenziós megközelítésre.

3.3. A térinformációs rendszerek alkalmazási szintjei

A GIS a felhasználók által igényelt információk előállítására szolgál. A felhasználói kör tárgasságától függően megkülönböztetünk egyedi, speciális igényeket kielégítő, illetve általános célú rendszert. Az egyedi rendszer egy adott feladat megoldására, vagy egy szakterület támogatására készült, például a közmű-nyilvántartási rendszer. Az általános célú, közcélú, gyakran komplex rendszer célja egy adott földrajzi környezet, valamennyi fontos földrajzi jellegű adatának összefogása, például a természetvédelmi információs rendszer.

A modellezett terület kiterjedése szerint beszélünk lokális rendszerről, amely egy kisebb terület részletesebb leírását adja; regionális rendszerről, ha egy összetett földrajzi területet modellezünk; illetve globális rendszerről, ha valamilyen szempontból teljes területet kell vizsgálnunk.

A felhasználót szerepétől, feladatától függően más-más érdekli a valós világból. A felső vezetés, irányítás szintjén a szervezet erőforrásainak áttekintése, a gyors döntéshozás támogatása a legfontosabb. Erre a célra alakították ki a menedzsment információs rendszereket. A középvezetés szintjén a GIS, mint döntés-előkészítő rendszer funkcionál. Az operatív GIS a mindennapi munkát támogatja: adatgyűjtés, adatintegrálás, számítógépes térképezés, adatszolgáltatás stb. (Márkus, 2010).

A térinformatikai módszerek jelentősen lerövidítik az adatfeldolgozáshoz szükséges időt, megnövekednek a kombinációs lehetőségek, s mivel a szubjektív kiértékelést egy következetes gépi adatfeldolgozás helyettesíti, a hibalehetőségek és pontatlanságok nagymértékben csökkennek. Mivel az alapadatokból a későbbiekben többszörös következtetéseket vonunk le, ezért alapvető fontosságú az alapadatok precizitása (Utasi, 2001).

3.4. Raszter-vektor modell

A térinformatikai rendszerek alapvető különbözősége a valós világra alkalmazott adatmodellben nyilvánul meg, mely szerint raszteres és vektoros rendszerekről beszélhetünk.

A raszteres modell a vizsgált területet azonos méretű alapelemekre, cellákra bontja, melyben minden cella önálló értékű. Fő alkalmazási területe a légi és műholdfelvételek feldolgozása.

A raszteres modell választását több dolog indokolhatja:

- ha az adatnyerés eleve raszteres formában történik (például távérzékelő műholdak, légifényképezés),
- a raszteres adat előállításának vannak automatizált formái (például szkennelés),
- viszonylag egyszerű, számítógéppel jól kezelhető adatszerkezet jön létre,
- kódolási eljárásokkal viszonylag jól tömöríthetők az adatok,
- a fedvények közötti műveletek végrehajtása a vektoros adatszerkezethez képest egyszerűbb,
- viszonylag könnyű áttérni raszteres modellről vektorosra.

A vektoros modell a valós világot pontokkal, vonalakkal és poligonokkal, mint alapelemekkel írja le. E modellben az alapelemeknek nem kell szükségképpen a vizsgált területet teljesen kitölteni (objektumszemlélet), csak a feldolgozandó objektumokat töltjük be a rendszerbe.

Pontszerű objektumok lehetnek például a kutak, források; vonalszerű objektumok a vízfolyások; poligonok például a természetvédelmi területek (Bogdán, 2005; Márkus, 2010).

3.5. Térbeli elemzések

A helyzeti és táblázatos (leíró) adatok kombinálásával tudjuk a térinformatikai adatbázisunkat létrehozni, amellyel képesek vagyunk az eredmények gyors megjelenítésére, ellenőrzésére, lekérdezésére, valamint további elemzések elvégzésére.

A térbeli műveletek csoportosítására sokféle lehetőség van. Vannak műveletek, amelyek az adatbázis tartalmát változatlanul hagyják (pl. mérés a képernyőn), vannak olyanok, amelyek az adatbázis felhasználásával új adatokat vezetnek le (pl. poligon területének meghatározása), végül vannak olyanok, amelyek egy új fedvényt, esetleg új adatbázist állítanak elő (pl. metszés)(Bogdán, 2005; Márkus, 2010).

Egyszerű térbeli műveleteknek az egy adatszinten végezhető műveleteket nevezzük (Bogdán, 2005; Márkus, 2010).

Ilyenek például:

- mérés a képernyőn,
- számlálás,
- számítások,
- távolság, terület, átlag,
- szerkesztések,
- transzformációk,
- Thiessen poligon, övezet-generálás,
- vektor-raszter konverzió,
- keresés, szelekció.

Összetett térbeli műveleteket több fedvény felhasználásával végezzük el. Ilyen elemzés például:

- szelvények egyesítése (merge),
- átlapolás (overlay): egyesítés (union), metszet (intersect), azonosítás (identity),
- kivágat (clip),
- részekre bontás (split),
- kompozit.

3.6. Szoftverek

A feladat jellege meghatározza az alkalmazni kívánt adatmodellt és szoftvert, melynek szempontjai: a feldolgozandó bementi adatok tulajdonságai, a megfelelő felbontás és pontosság, az elemzési lehetőségek, számítási sebesség, memóriaigény, tárolás. A környezetgazdálkodásban és vízgazdálkodásban használt adatok egy része térképekről, mérésekből származik, ekkor a vektoros rendszerek használata a gyakoribb. Ugyanakkor a légi és műholdfelvételek, domborzati adatok feldolgozásához a raszteres rendszereket alkalmazzák. A korszerűbb szoftverek már lehetőséget biztosítanak a raszter-vektor átmenet megvalósítására is. Néhány vektoros és raszteres rendszer a teljesség igénye nélkül:

1. raszter alapú:
 - IDRISI – Clark University,
 - ERDAS – Erdas,
 - DigiTerraMap – Digiterria,
 - AUTODESK MAP – AutoDESK USA,
 - GRASS GIS – USA-CERL, Open Source,
 - ILWIS – ITC, Open Source.
2. vektor-alapú:
 - ArcGIS – ESRI,
 - AUTOCAD – AutoDESK USA,
 - MAPINFO – Mapping Information Systems Corporation,
 - GEOMEDIA – Intergraph,
 - MICROSTATION – Bentley Systems,
 - QGIS – Open Source,
 - SAGA GIS – University of Hamburg, Open Source.
3. objektum alapú:
 - Smallworld – IBM,
 - GreenLine – Kolibir InterMap Kft.

3.7. Elsődleges adatforrások

Az ökológiai alapú tájértékelés nagyszámú komplex, egymással szoros kapcsolatban álló tényező vizsgálatán és együttes értékelésén alapul. Az egyes tényezők tulajdonságait, másokkal történő kölcsönhatását különböző becslésekből, modellekből, mérésekből nyert táblázatos, térképi és egyéb adatokkal jellemezhetjük. Ezek összevetése, kiértékelése, összefüggéseik helyes feltárása azonban – az adatok nagy mennyisége és különböző típusa miatt – hagyományos eszközökkel gyakran kivitelezhetetlen, költséges, hosszan elhúzódó feladat elé állítja a szakembereket. Az ilyen típusú feladatok gyors, hatékony megoldását jelenleg egyedül a földrajzi információs rendszerek, térinformatikai módszerek alkalmazása jelentheti (Mezősi, Rakonczai, 1997).

Az alábbiakban a vízgazdálkodás és környezetgazdálkodás szempontjából legjelentősebb magyarországi térinformatikai fejlesztéseket ismertetem. Az ismertetett adatokról metaadat-leírást készítettem, amit a melléklet tartalmaz.

A lehetséges felhasználható adatbázisok körét itt teszem közzé, amik közül kiválasztottam az elemzésekhez szükséges adatokat.

Domborzat

1. Lejtőkategóriák:

- Magyarország Digitális Domborzati Adatállománya, FÖMI térképi adatbázis, M=1:10 000, <http://www.fomi.hu> ;
- Digitális Térképészeti Adatbázis, Magyar Honvédség Térképészeti Közhasznú Nonprofit Kft, M=1:50 000, www.topomap.hu;
- Digitális Domborzat Modell, DDM-10, Magyar Honvédség Térképészeti Közhasznú Nonprofit Kft, M=1:10 000, www.topomap.hu;
- Digitális Domborzat Modell, DDM-50, Magyar Honvédség Térképészeti Közhasznú Nonprofit Kft, M=1:50 000, www.topomap.hu.

2. Földtani adatok

- Magyarország felszíni földtani térképe, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (volt MÁFI), M=1:100 000, www.mafi.hu;
- Magyarország mélyföldtani térképe, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (volt MÁFI), M=1:100 000, www.mafi.hu;
- Magyarország felszíni földtani térképe, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (volt MÁFI), M=1:200 000, www.mafi.hu;
- Magyarország mélyföldtani térképe, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (volt MÁFI), M=1:500 000, www.mafi.hu;
- eWater – felszínalatti vizek országos adatbázisa, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (volt MÁFI), www.mafi.hu.

Talajinformációs adatbázisok

1. Üzemi Genetikus Talajtérkép, Fejér Megyei Kormányhivatal Növény- és Talajvédelmi Igazgatósága, M=1:10 000;
2. Agrotopográfiai Adatbázis (AGROTOPO), MTA-TAKI, M=1:100 000, www.mta-taki.hu;
3. Országos Talajdegradációs Adatbázis, MTA-TAKI, M=1:100 000, www.mta-taki.hu;
4. Magyar Digitális Talajtani és Domborzati Adatbázis (HunSOTER), MTA-TAKI, M=1:500 000, www.mta-taki.hu;
5. Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer, MTA-TAKI, M=1:25 000, www.mta-taki.hu.

Földhasználati, felszínborítási adatbázisok

1. CORINE Land Cover adatbázis, FÖMI, M=1:100 000, <http://www.fomi.hu/corine/>
2. CORINE Land Cover adatbázis, FÖMI, M=1:50 000, <http://www.fomi.hu/corine/>;
3. Magyarország erdőterületei, MgSzH Erdészeti Igazgatósága, interaktív térképi állomány, <http://erdoterkep.mgsh.gov.hu/> ;
4. VINGIS adatbázis, FÖMI, www.fomi.hu;
5. Magyarország Élőhelyeinek Térképi Adatbázisa (MÉTA), MTA-ÖKÖBI, www.novenyzetiterkep.hu.

Vízgazdálkodási adatbázisok

1. Vízgazdálkodási Információs Rendszer (VIZIR), Országos Vízügyi Főigazgatóság, www.vkki.hu, www.vizugy.hu;
2. Vízügyi Térinformatikai Adatbázis, Országos Vízügyi Főigazgatóság, www.vkki.hu, www.vizugy.hu;
3. Vízügyi Adattár, Országos Vízügyi Főigazgatóság, www.vkki.hu, www.vizugy.hu.

Egyéb, környezetgazdálkodási adatbázisok

1. MADOP (Magyarország Digitális Ortofotó Programja), FÖMI, 1:30 000 méretarányú légifelvétel; 5 m × 5 m rácsméretű, 1 m magassági pontosságú digitális domborzatmodell; 1:10 000 méretarányú megfelelő digitális ortofotó, www.fomi.hu;
2. MePAR (A mezőgazdasági parcellák azonosításának rendje a 2004-es évtől az EU támogatási rendszerben), FÖMI, www.mepar.hu;
3. Természetvédelmi Információs Rendszer (TIR), Vidékfejlesztési Minisztérium Környezet- és Természetvédelmi Helyettes Államtitkársága, www.termeszetvedelem.hu;
4. Területfejlesztési és Területrendezési Információs Rendszert (TEIR), VÁTI (Magyar Regionális Fejlesztési és Urbanisztikai Nonprofit Közhasznú Társaság), <http://teir.vati.hu>;
5. Magyarország Kistájainak Katasztere, MTA-CSFKFI, www.mtafki.hu.

3.8. Leíró adatok, mint a térinformatika másodlagos adatforrásai

Fontosnak tartom azonban azoknak az intézményeknek az ismertetését, amelyek a leíró, attribútum adatokat szolgáltatják. A vízgazdálkodás, környezetgazdálkodás szempontjából az alábbi adatbázisokat tartom a legjelentősebbnek:

1. Központi Statisztikai Hivatal (KSH): ismétlődő adatsorok, amelyek kiválóan alkalmasak folyamatok, trendek szemléltetésére is. Ilyen a T-STAR adatbázis, amely a KSH településszisztematikai adatbázisrendszere. Általános Mezőgazdasági Összeírások, melynek során teljes körű mezőgazdasági adatfelvételre kerül sor.
2. Agrárgazdasági Kutató Intézet (AKI): hazánk legjelentősebb agrárökonómiai szellemi bázisa.
3. Magyar Tudományos Akadémia (MTA) kutató intézetei által gyűjtött elsősorban gazdasági-társadalmi adatok.

3.9. Elérhető adatforrások felhasználási lehetőségei

A VII. táblázat az elérhető digitális adatbázisokat rendszerezi aszerint, hogy az egyes területi tervezési, lehatárolási kérdésekben melyeket érdemes elsősorban használni. Természetesen ez nem jelenti azt, hogy bizonyos esetek nem kívánják meg az adatok körének szűkítését vagy bővítését. Az alaptérképekből mindig a tervezés léptékének megfelelően kell kiválasztani a tervezés alapját, illetve a szemléltetés szempontjából a legalkalmasabbat (Magyari, 2005).

A földhasználati statisztikai adatokkal szemben növekvő minőségi, megbízhatósági és objektivitási követelményeket hagyományos felmérési módszerekkel egyre nehezebb teljesíteni. A távérzékelés új adatnyerési lehetőséget ad és adatforrásként szolgálhat a földhasználat felmérésében és a földhasználati statisztikai adatbázis létrehozásában. A CLUSTER (Classification for Land Use Statistics, Eurostat Remote Sensing project – Klasszifikáció földhasználati statisztikák számára) Eurostat projekt vizsgálja a távérzékelés alkalmazhatóságát a statisztikai adatnyerésben (Verőné, 2009).

Jelen kutatás során a kivastagított adatbázisokat használtam (VII. táblázat).

VII. táblázat: Elsődleges adatforrások rendszerzése.

Térkép	Felhasználás	Mezőgazdasági alkalmazás	ÉTT tervezés	VTT tervezés	Tájtermesztés optimalizálása	Kedvezőtlen adottságú területek lehatárolása	Tájhasználat elemzés	Ár- és belvíz elleni védekezés	Vízrendezési terv készítése	Vízgazdálkodási terv készítése
Alaptérkép	OTAB	x			x		x			
	DTA-50		x	x		x		x	x	x
	Kataszteri térkép		x	x					x	
	Közigazgatási határ					x		x		x
	Kistáj-kataszter				x		x			
	Agroökológiai körzetek			x	x			x	x	x
Felszín-borítás	CORINE 100	x			x	x	x			
	CORINE 50	x	x	x		x		x	x	x
	MÉTA		x	x			x	x	x	
	Erdőtérkép			x				x		
Dom- borzat	DDM 100	x			x					
	DDM 10			x				x	x	
Természet- védelem	Védett területek		x	x			x	x	x	x
	NATURA 2000		x			x	x	x	x	x
	Ramsari területek		x	x			x	x		x
Talaj-információ	Agrotopográfiai adatbázis	x			x	x	x	x	x	x
	Kreybig talajinformációs rendszer	x		x					x	x
	Belvíz-veszélyeztetettségi térkép	x		x		x		x	x	x
	Erózió	x					x		x	x
	Üzemi genetikus talajtérkép	x			x	x	x	x	x	x

Forrás: Magyar, 2005 alapján saját szerkesztés.

3.10. Térinformatikai alkalmazások a vízgazdálkodásban

A térinformatika, mint tudomány és a GIS, mint ennek eszköze számtalan módon fordítható egy kutatás javára. A vízgazdálkodási folyamatban betöltött szerepe alapján 3 csoportját különböztethetjük meg:

- vizualizálás eszköze;
- tervezési folyamat rendszere;
- elemző funkció.

Az első csoportot a vizualizálás jelenti. Ez alatt azt értem, hogy a vízgazdálkodási tervezési folyamatot kiegészíti, a döntéstámogatást megkönnyíti vizuális eszközeivel, de a GIS egyéb funkcióit, lehetőségeit nem használja. Ennek egyik példája a tervdokumentációkba készülő térképek, ábrák.

3.10.1. WAREMA

Egyik legjelentősebb természeti erőforrásunk a víz, amely azonban nem áll korlátlanul rendelkezésünkre. Ez a felismerés vezetett az Európai Unióban a Víz Keretirányelv (VKI) megalkotásához 2000-ben (2000/60/EK). A VKI, illetve a vízgyűjtő-gazdálkodás egyes szabályairól szóló 221/2004 (VII.21.) sz. Kormányrendelet előírja, hogy 2009 végéig vízgyűjtő-gazdálkodási tervet kell készíteni az ország teljes területére. A vízgyűjtő-gazdálkodási terveket (VGT) 42 vízgyűjtő-gazdálkodási tervezési alegységre kell elkészíteni, amelyekből az egyik ilyen alegység a Velencei-tó vízgyűjtője. A vízgyűjtő-gazdálkodási terv egy szabályozási és intézkedési program, amely biztosítja, hogy az ezek alapján végrehajtott beavatkozásokkal a környezeti célkitűzések megvalósíthatók legyenek. A WAREMA (Water Resources Management in Protected Areas, 2006-2008) projekt keretében egy fenntartható (környezeti, társadalmi gazdasági szempontból) hosszú távú térségfejlesztési koncepció készült, amely a távlati cél eléréséhez meghatározza az alapvető prioritásokat és elérési módokat. A WAREMA projekt a nemzetközi eredmények összehasonlításával egy innovatív módszertant alakított ki, amely segíteni tudja a VGT munkálatait (Területi Tervezési Koncepció, 2008; Horoszné, 2010/3).

A WAREMA projekt célja a Velencei-tó vízgyűjtőjének olyan komplex elemzése, melynek eredményeivel elősegíthető a tó vízminőségének javítása, a terület védelme. A nemzetközi projektben magyar oldalról a Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kara (projektvezető: Horoszné Gulyás Margit) és a Fejér Megyei Agrárkamara (projektvezető: Szalai Bálint) vett részt.

A fentiekben meghatározott fejlesztési cél eszköze a vízgyűjtő-gazdálkodási terv hosszú távú célkitűzéseire (2015) igazodó, olyan területfejlesztési koncepció elkészítése, amely szintén hosszú távra határozza meg a fejlesztés stratégiai céljait és prioritásait a védett területekkel és a vízgazdálkodással kapcsolatos szakmai összefüggések tekintetében (Területi Tervezési Koncepció, 2008).

A mintaterület, a Velencei-tó vízgyűjtője hosszú tervezési múltat tekint vissza, tehát célszerű az elmúlt időszak tervezési munkáiból kiindulni, amelyek alapvető információkat szolgáltatnak jelen projekthez annál is inkább, mert a tó vízminőségének megőrzése és a természetes víz üdülő- és idegenforgalmi igénybevétele, illetve ennek egyensúlyban tartása állt mindig is a tervezési munkák középpontjában.

A Velencei-tó vízgyűjtőjének jelenlegi tervezési feladata a Velence-tó – Vértes kiemelt üdülőkörzet területfejlesztési koncepciójához áll legközelebb, de a térségre olyan agrár- és vidékfejlesztési stratégiák, programok készültek, amelyek e munka szempontjából is alapvetőek. Ugyancsak hasznosíthatók voltak a megyére, régióra vonatkozó üdülés- és idegenforgalmi

koncepciók. A Velencei-tó térségében, a WAREMA projekt keretében a koncepció elkészítésénél tehát egy sor már kidolgozott programnak a WAREMA céljának megfelelő újra értékelésével és beillesztésével tudtunk tervezni.

A WAREMA projekt az alulról való tervezés módszertanát szorgalmazta az érintettek széleskörű szakmai és társadalmi bevonásával. A WAREMA projekt keretében az érdekeltek bevonása és a tervezési folyamatban való szerepük, egy tartós együttműködésen, egy „együtt dolgozáson” alapult, amelynek célja a különböző szervezetek, civil partnerek érdekeinek folyamatos képviselése a tervezéstől a megvalósításig.

A szakmai munka különböző fázisainak egyeztetésében azok az intézményi partnerek vettek részt, akik, részben, mint hatóságok az anyagot véleményezték, részben, mint szakigazgatási szervek támogatták munkánkat szakági anyagokkal, információkkal.

A WAREMA projektben a GIS, mint a vizualizálás eszköze jelenik meg. A projekt mintaterületként a Velencei-tó vízgyűjtőjét (602 km²) jelölte ki. Fontos szempont volt a jól lehatárolhatóság, a változatos környezet mind természetföldrajzi, mind gazdaságföldrajzi értelemben. A térképek elkészítéséhez számos adatbázist (talajtani, agroökológiai, természetvédelmi, gazdaságföldrajzi, domborzat stb.) használtunk fel (1:100 000-es méretarányban), ezek beszerzésében a Fejér Megyei Agrárkamara volt segítségünkre. Vektoros adatmodellen végeztünk térbeli műveleteket (főként egyszerű térbeli műveleteket).

A koncepció készítését egy alapos helyzetfeltárás előzte meg, amelyet a SWOT analízis táblázatában foglaltunk össze. A Velencei-tó vízgyűjtő területe egy dinamikusan fejlődő térség, ugyanakkor a térségben kiemelkedő védettségű természeti értékek vannak. A vízgyűjtő területén a védelmi kategóriát a természet- és tájvédelem, a legfontosabb erőforrások vonatkozásában pedig a vízvédelem és termőföld védelem képviseli. Az adottságok vonzataként megjelenő fejlesztési lehetőség elsődlegesen az üdülés és idegenforgalom, de hasonló súllyal szerepel a térségben az agrárgazdaság. A gazdasági funkciók fejlődése mellett a kiegyenlített térszerkezeti fejlődés fontos eleme a települési környezet fejlesztése, amely magában foglalja a lakossági, települési infrastrukturális és szolgáltatási fejlesztéseket. A védelmi kategóriák, a fejlesztési lehetőségek és igények összefüggései egy ún. térhasználati konfliktus mátrixba (VIII. táblázat) rendezve vizsgálhatók.

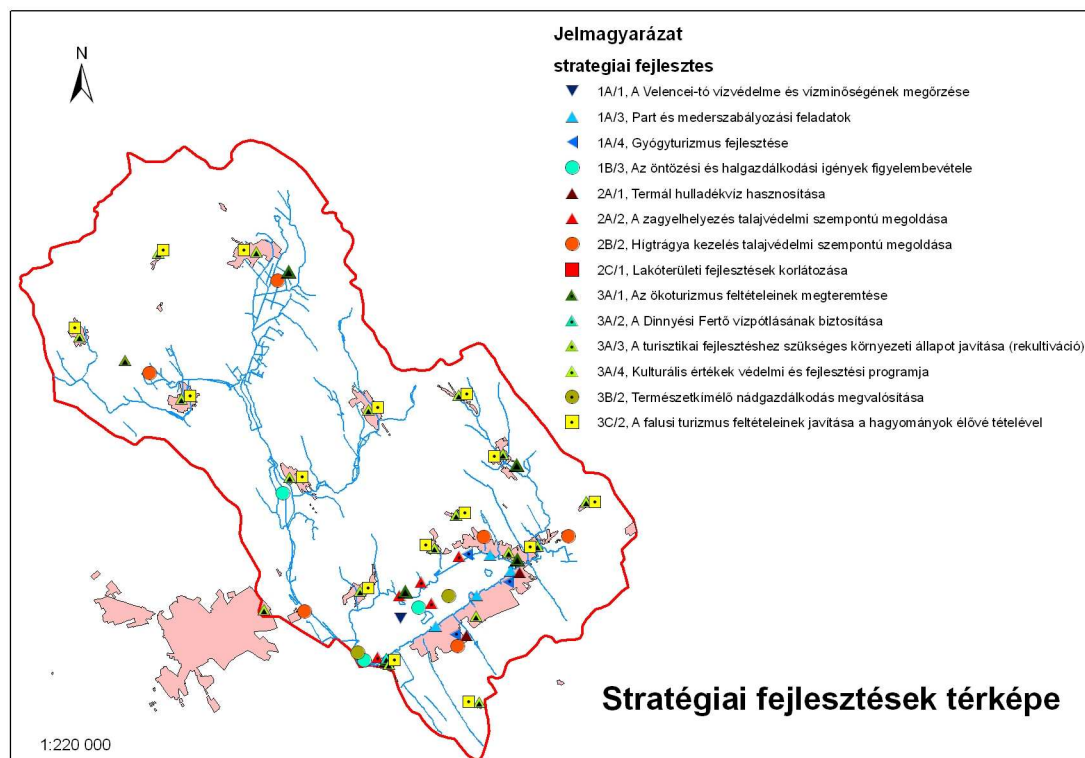
A WAREMA projekt keretében készülő hosszú távú fejlesztési koncepció készítése kapcsán, az érdekeltekkel történt konzultációkon a Velencei-tó vízgyűjtő területére az alábbi jövőkép fogalmazódott meg. A vízgyűjtő terület továbbra is egy dinamikusan fejlődő térség lesz, ahol a fejlődés alapja a környezet minőségi jellemzőinek változása. A térség adottságai alapján célszerűen a fenntartható fejlesztés forгатókönyve alapján dolgoztuk ki a koncepciót. A koncepció prioritásai és a stratégiai programok a konfliktus mátrixhoz hasonlóan ugyancsak mátrixba rendezhetők, ahol a mátrix első sorában és oszlopában három-három prioritás szerepel, míg a mátrix mezőiben az összefüggéseknek megfelelő stratégiai programok helyezkednek el, ebből készült a stratégiai fejlesztés térképe (8. ábra).

VIII. táblázat: Térhasználati konfliktus mátrix a Velencei-tó vízgyűjtőre.

Természeti erőforrások	Hasznosítása	Fejlesztési lehetőségek, igények		
	Védelme	Üdülés, idegenforgalom	Mező- és erdőgazdaság	Települési környezet, szolgáltatás
	Víz	1. A tó megfelelő vízszintjének biztosítása 2. Víztisztaság (árkok, vízfolyások állapota) 3. Strandok, kikötők kotrása 4. Termálvíz további hasznosítása 5. Golfpályák vízigényének biztosítása	1. A mezőgazdaság és halgazdálkodás vízigényének biztosítása 2. Mezőgazdasági kemikáliák használata és vízszenyezés 3. Állattartó telepek nitrát szennyezése a talajvízben	1. Időszakos vízhiány (Pákozd, Sukoró) 2. Szennyvízelvezetés hiányosságai (nitrát szennyezés veszélye) 3. Elmaradt partfal rekonstrukciók 4. Belterületi vízrendezés hiánya 5. Hulladéktárolók biztonsága
	Termőföld	1. Termál hulladékvíz elhelyezése 2. Talajvédelmi szempontból zagyterek biztosítása	1. Talajerózió a dombvidéki területeken 2. Mély fekvésű területek elvizenyősödése 3. Birtokrendezés hiánya	1. Lakóterületek terjeszkedése 2. Illegális hulladéklerakók
	Természeti, környezeti, kulturális értékek	1. Ökoturizmus lehetősége 2. A Dinnyési Fertő élőhely megőrzéséhez vízpótlás szükséges a tóból. 3. Csákvári repülőtér hasznosíthatósága 4. Börgöndi repülőtér zavaró hatása 5. Felhagyott bányák tájképi romboló hatása	1. Erzékeny természeti területeken védelmi célú földhasználat és agrotechnika alacsony szintje 2. Nádvágás szükségessége	1. Települési zöldterületek hiánya 2. Székesfehérvár keleti ipari területeinek terjeszkedése 3. Tájképi elemek veszélyeztetettsége a beépítés növekedésével

Forrás: saját szerkesztés

A koncepcióban, a fenntarthatóság érvényesítésének egyik legjelentősebb eleme annak az igénynek a megfogalmazása, hogy a térség vízhasználatának megosztását nem kizárólag a Velencei-tó vízszintjének biztosítása érdekében kell szabályozni. A térség egyéb természeti- és tájvédelmi szempontjait is figyelembe véve olyan vízkészlet-gazdálkodás szükséges, amely elősegíti a térség agroökológiai gazdálkodásának kialakulását és az öko-turisztikai kínálat kiteljesedését. Ezzel biztosítható az egész térség fejlesztése szempontjából a társadalmi, gazdasági és környezeti követelmények egyensúlyi helyzete.



Forrás: saját szerkesztés.

8. ábra: Stratégiai fejlesztések a Velencei-tó vízgyűjtő területén.

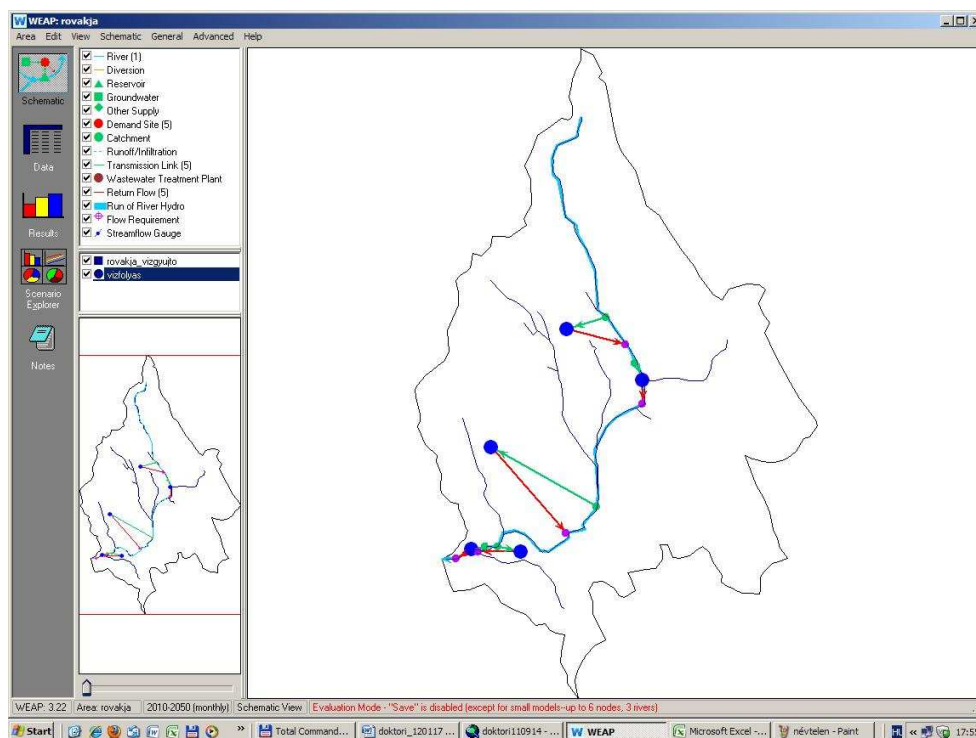
3.10.2. WEAP

A szimuláció vagy modellezés eredményeképpen közelebb jutunk valamilyen térbeli objektum vagy jelenség lényegének megértéséhez (Márkus, 2010). Az egyszerű, helyre vonatkozó kérdéseken és a szűréseken túl előrejelzésekre is rákérdez (Hagett, 2006).

A modellek segítségével feltehetünk és meg is válaszolhatunk „Mi történik, ha...?” típusú kérdéseket. Egy ilyen modell a WEAP modell (Water Evaluation and Planning System), amelyet a Stockholm Environment Institute (SEI) fejlesztett ki 1988-ban azzal a céllal, hogy egy rugalmas, integrált és átlátható tervezési eszközt nyújtson a fenntartható vízkészlet-gazdálkodás céljából. A program segítségével olyan kérdésekre kaphatunk választ, mint

- mi történne, ha a népességszám nőne?
- mi történne, ha drasztikusan csökkenne a talajvíz szintje?
- mi történne, ha nőnének a vízigények?
- mi történne, ha hatékonyabb öntözési formát választanánk?
- mi történne, ha változna a földhasználat?

A döntéstámogató rendszer felépítéséhez szükség van a vízkészletek és a lehetséges vízhasználók kézi bevitelére. A program támogatja az ArcGIS-ben készített vektoros és raszteres formában készített rétegeket, ugyanakkor a tényleges elemzésben ezek nem vesznek részt.



Forrás: saját szerkesztés.

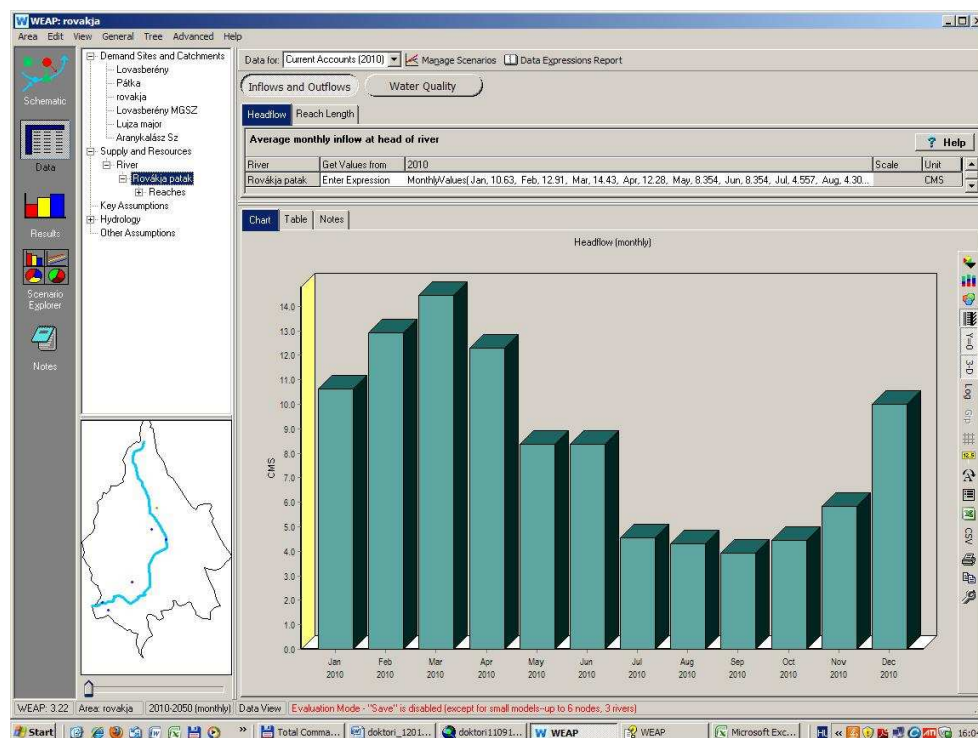
9. ábra: A mintaterület a WEAP programban.

A szoftver, mint a tervezési folyamat eszköze elsősorban vektoros adatok kezelésére alkalmas, korlátozottan raszteres adatmodell is lehet használni. Az elemzéshez vektoros adatokat és attribútum adatokat használtam fel, amelyeket a Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóságtól kaptam.

A program felépítése látszólag egyszerű, öt lehetőség közül lehet választani: térképi séma kialakítása (9. ábra), adatbevitel, eredmények bemutatása, forgatókönyvek közti böngészés és jegyzet készítése. Vizsgálatomhoz a térképi felület kialakításához a Rovákja-patakot digitalizáltam, mivel vízhozam adatok is erre a vízfolyásra adottak. A vízkészletek és vízhasználók térképi megjelenítése után az adatbevitel következett (10. ábra).

Három előrejelzést, forgatókönyvet (scenario) készítettem 2010. év (referenciaév) és 2050. év között. Kíváncsi voltam, mi történik,

- ha kétszeresére nő a népességszám (népesség forgatókönyv)?
- ha felére csökken a csapadékmennyiség (klíma forgatókönyv)?
- ha kétszeresére nő a vízhasználat (vízhasználat forgatókönyv)?



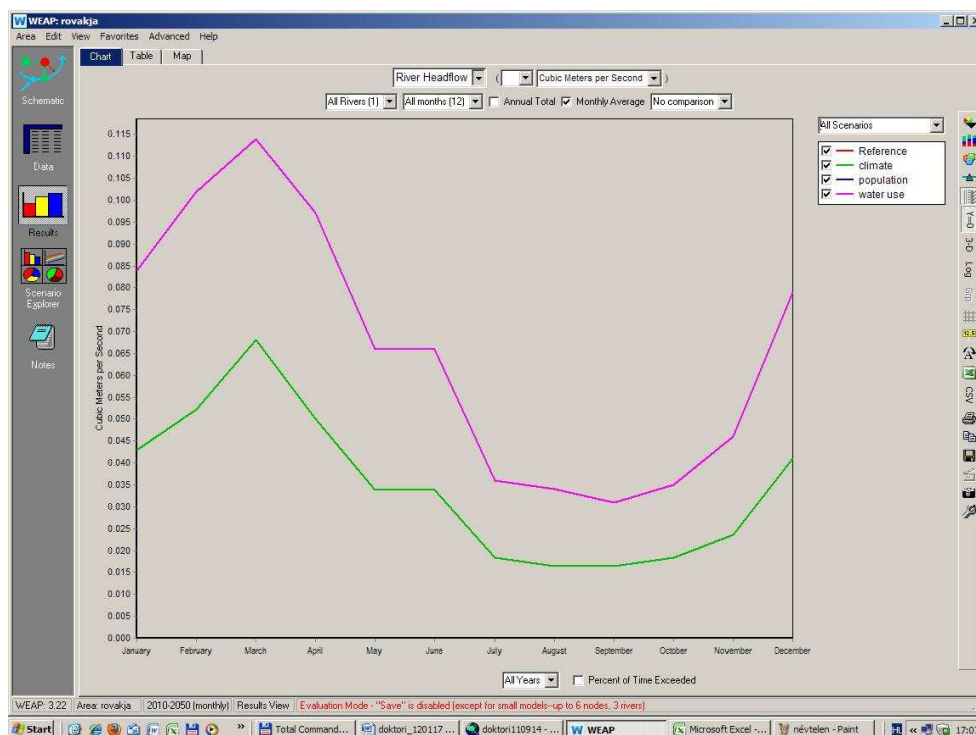
Forrás: saját szerkesztés.

10. ábra: Adatbevitel a WEAP programban.

A 2010-es év adott volt az adatbázis miatt, a vizsgált időszakon belül erre az évre voltak az utolsó hidrológiai adataim; megelőző kutatásaim során 40 év alatt történt hidrológiai változásokat vizsgáltam, így egyértelmű volt, hogy a jövőre vonatkoztatva is ezt választom, így lett a 2050. év a záróévem. A háromféle forgatókönyvnél használt paraméterek számszerűsítésénél fontos szempont volt, hogy jól látható eredményeket kapjak. A csapadékmennyiség csökkenése előrelátható (a különböző klímaváltozási forgatókönyvek alapján), a népesség növekedése pedig folyamatos, bár tendenciájában valószínűleg lassulni fog.

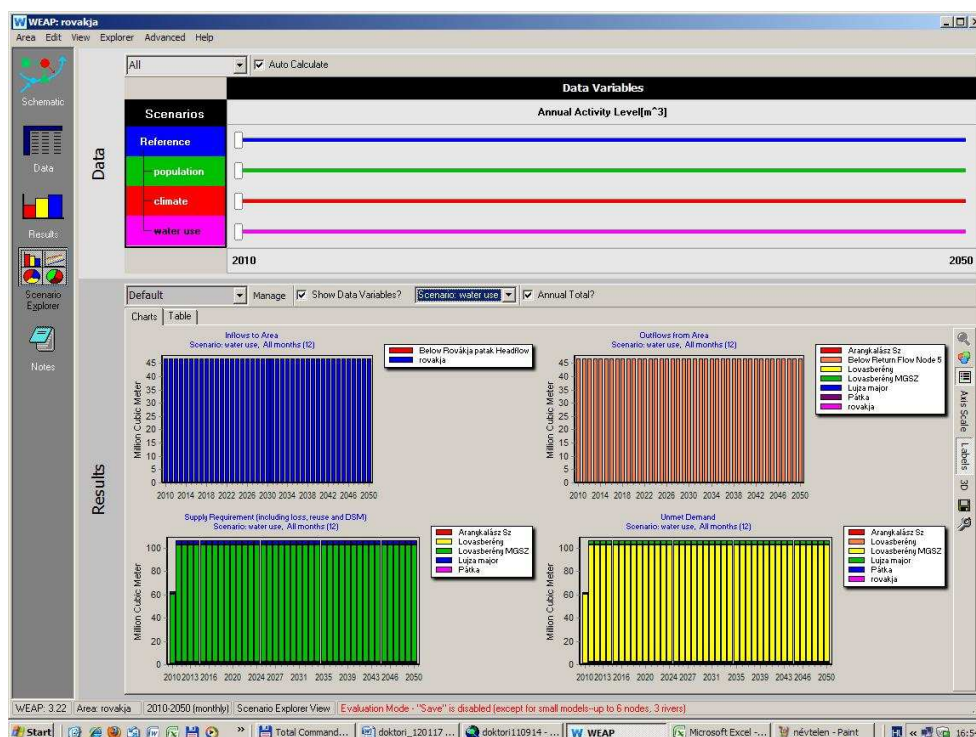
A részletes adatbevitelt követően megvizsgáltam a program által előállított eredményeket. A 11. ábra a Rovákja-patak havi átlagos vízhozamait mutatja referenciaévben (2010) és klíma forgatókönyv esetében. Láthatjuk, hogy a vízhozamok is felére csökkennek a csapadékmennyiség drasztikus csökkenése miatt. A különböző meteorológiai paraméterek megadásával az eredmény finomítható.

Az eredmények közötti böngészést segíti elő a forgatókönyveket összehasonlító funkció, ahol egy ablakon belül lehet tanulmányozni a különböző típusú vízgazdálkodási adatok időbeni változását. A 12. ábrán a vízhasználatok változását bemutató forgatókönyvön keresztül lehet vizsgálni a vízhozam adatokra és a vízfelhasználókra vonatkozó elemzéseket.



Forrás: saját szerkesztés

11. ábra: Vízhhozam adatok változása a klíma függvényében.



Forrás: saját szerkesztés

12. ábra: A vízhasználatok előrejelzése.

A program előnye, hogy nagyszámú adatbevitelre van lehetőség a feladattól függően: föld-használati-változás vizsgálata, vízminőségi elemzések, vízgazdálkodási mérleg készítése, víz-rendezési számítások.

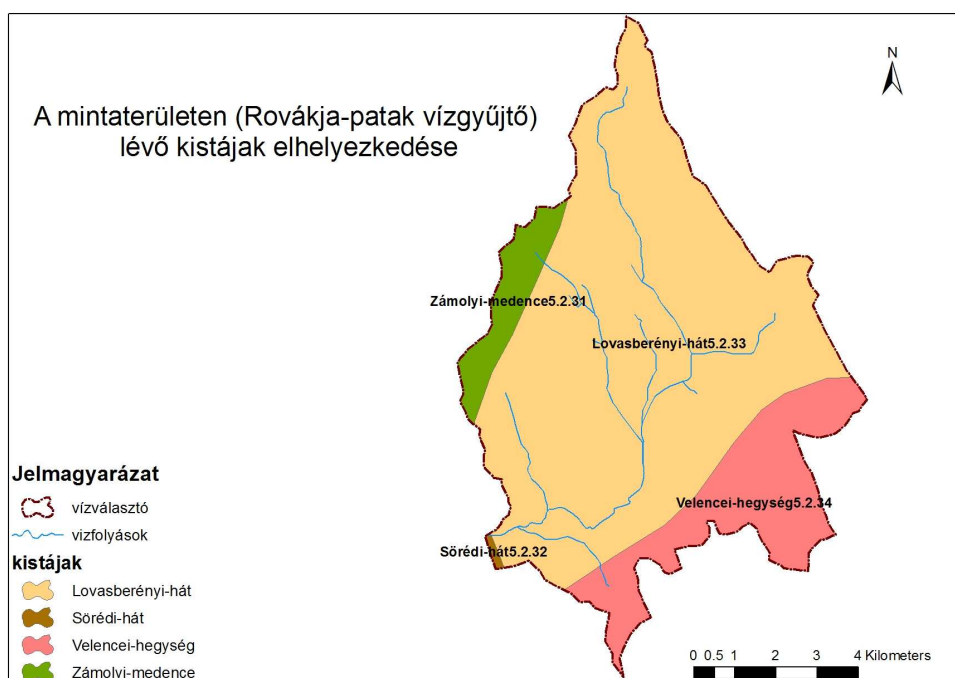
A számomra negatív tulajdonság az, hogy mindent kézzel kell szerkeszteni. Az importálás funkció számtalan helyen megjelenik, de csak a megjelenítés szintjén. A térképi felület kialakítása, a rengeteg adat bevitele nagyon sok időt elvesz. Ezt ellensúlyozza, hogy az elemzések gyorsan végrehajthatódnak és vizuálisan is szép kivitelben támogatják az eredmények a döntéshozatalt. A próbaverzió ingyenesen letölthető a program web lapján (<http://www.weap21.org/>), bár a Mentés funkció ebből a verzióból hiányzik (kivéve kis modellek esetében).

4. LEFOLYÁS-SZABÁLYOZÁSI FUNKCIÓ – FÖLDHASZNÁLAT

4.1. A mintaterület jellemzése

A kutatást a Rovákja-patak vízgyűjtőjén végeztem, melynek kiterjedése 78.5 km². Ez a méret már elegendő komplex (tájökológiai) kutatások, felmérések készítéséhez, valamint kielégíti azt a kíváncsiságot is, hogy kicsi legyen a mintaterület. Kiválasztásánál szempont volt a terep ismerete.

A Rovákja-patak vízgyűjtője Magyarország kistájainak kataszterében a Vértes-Velencei-hegyvidék (5.2) középtájon belül érinti a Lovasberényi-hát (5.2.33) és a Velencei-hegység (5.2.34) kistájakat (Marosi, Somogyi, 1990) (13. ábra). Határai a Vértes-hegység, a Zámolyi-medence, a Császár-víz síkja a Fehérvári-hegylábfelszínen, a Pázmánd-Verebi-dombvidék és a Váli-völgy síkja. A tájhatárok változása már régóta a geográfusok, tájökológusok érdeklődési körébe tartozik, ennek részletezésére jelen dolgozatban nincs lehetőség. Fontos figyelembe venni a térinformatikai kutatásoknál, hogy a tájak határai nem egzakt határokat jelentenek, sok paraméter alapján lehet meghatározni. Így lehet, hogy egy kistáj, táj határa gyakran kilométereken átívelő sávot takar. Ez természetesen problémát jelenthet a modellezésnél. Kutatásom során a határt diszkrét vonalnak vettem.

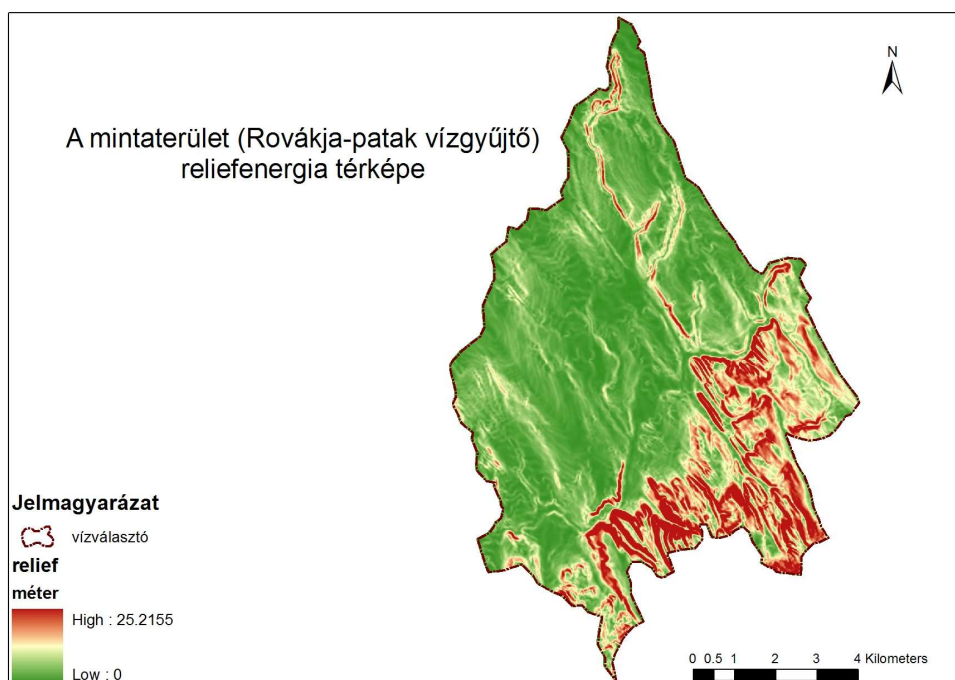


Forrás: saját szerkesztés

13. ábra: A vízgyűjtő kistájainak elhelyezkedése.

A vízgyűjtő mintegy 78 km² kiterjedésű, változatos domborzati viszonyokkal. A sík részek alluviálisan feltöltődtek, a dombsági rész alapzatában pannóniai rétegeket is találunk, erre ülepedett le a jégkorszakban (pleisztocén) a lösz. A vízgyűjtő nagy része a Lovasberényi-hát kistájon helyezkedik el. A Lovasberényi-hát a Vértes és a Velencei-hegység között ÉÉK-DDNy-i irányban hosszan elnyúló, eróziós-deráziós völgyelésekkel és fiatal perem-süllyedésekkel tagolt, pannóniai alapzatú aszimmetrikus löszös hát. K-en a Váli-völgy, ÉNy-on a Zámolyi-medence, Ny-on a Császár-víz teraszos völgye határolja. A földtörténeti újidő során energikus lejtőjű löszös háttá történő formálásában fiatal szerkezeti mozgásoknak, a

folyóvízi erózióknak, a felszínt felületileg letaroló deráziós folyamatoknak és a löszképződésnek volt jelentős szerepe. A térszín általános lejtősödése irányában kialakult konzekvens és szubszekvens völgyek felszínét lapos hátakra, keskeny vízválasztó tetőkre és eróziós-deráziós tanúhegyekre tagolták. Hosszú, energikus lejtői erősen erodáltak, átlagos magassága 170 m a tszf., az átlagos relatív relief 34 m/km². A kistáj jelenlegi ismereteink szerint semmilyen hasznosítható nyersanyaggal nem rendelkezik.



Forrás: saját szerkesztés

14. ábra: A vízgyűjtő relief-térképe.

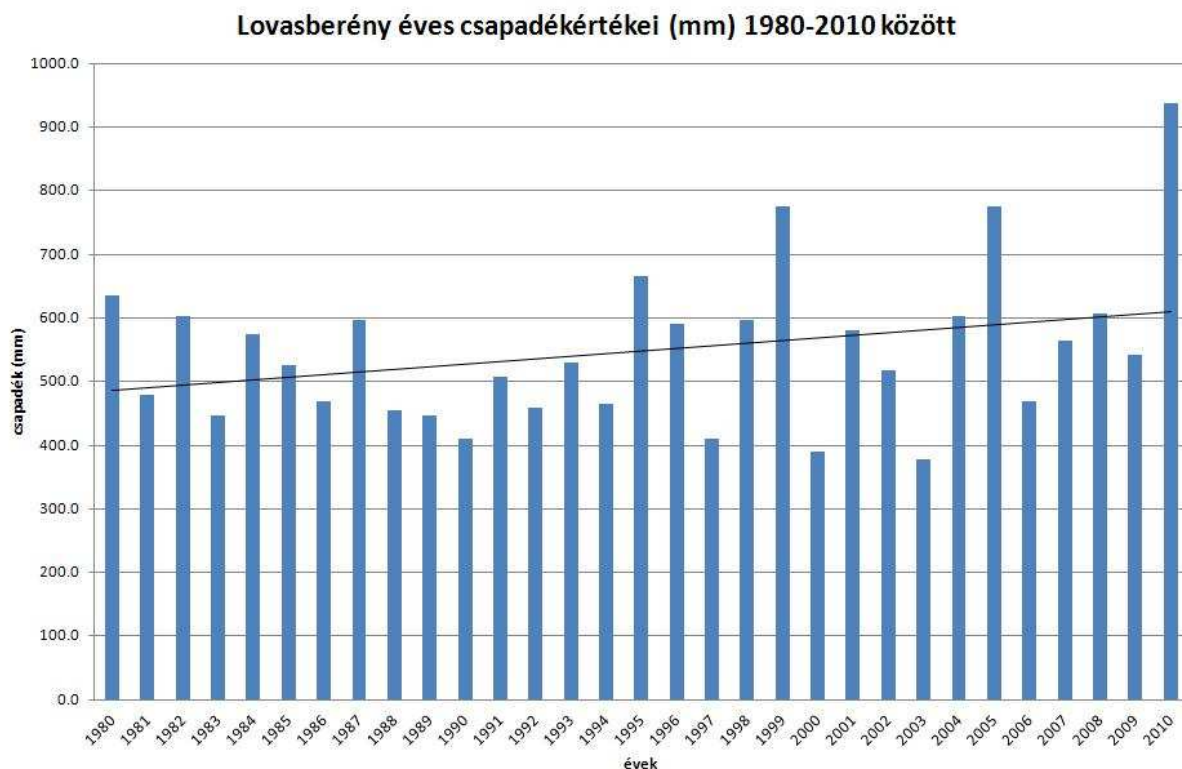
A vízgyűjtő lejtési viszonyait mutató reliefenergia-térkép az 1:10 000-es topográfiai térkép alapján készült DEM segítségével került bemutatásra (14. ábra). A térképen is jól látszik a vízgyűjtőn lévő domborzati kettőség, amely a fenti leírásból is kitűnik.

A Velencei-tó és vízgyűjtője kis kiterjedése ellenére sem sorolható teljes egészében egy éghajlati körzetbe. A Bartholy J. és Weidinger T. (Karátson, 1999) által kidolgozott, az éghajlati elemek területi eltéréseit és a tájegységek határait egyaránt figyelembe vevő éghajlati körzetbeosztás alapján, a Velencei-tó vízgyűjtő területén a III., dunántúli-dombsági körzet, az I., alföldi körzet osztoznak. Legnagyobb, a tótól északra fekvő része, így a Rovákja-patak vízgyűjtője is az óceáni hatásokat mutató, hűvösebb nyarú III. c körzetbe, kisebb, déli része a szárazabb, melegebb I. b körzetbe tartozik.

A vízgyűjtőre vonatkozó meteorológiai és hidrológiai adatokat a Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóságtól kaptam meg. Mérsékeltén hűvös-mérsékeltén száraz, D-en már inkább a száraz éghajlati típusba tartozik a kistáj. Évente mintegy 1980 óra napsütés várható, az évi középhőmérséklet 10.6-10.9 °C (Zámoly, Agárd adatai, 1987-2000), a fagymentes időszak hossza átlagosan 186 nap, a hótakarós napok száma évente átlagosan 38 nap. Az ariditási index 1.17 körüli, uralkodó szélirány az É-i, átlagos szélesség 3 m/s körüli.

A vízgyűjtőre hulló évi csapadék 377-938 mm között (1990-2010 között, Lovasberény állomás), a csapadékos napok száma évi 72-151 nap között mozog. 1980-2010 között számolt csapadékátlag 549 mm (15. ábra). A legtöbb csapadék kora nyáron esik (június), a legkeve-

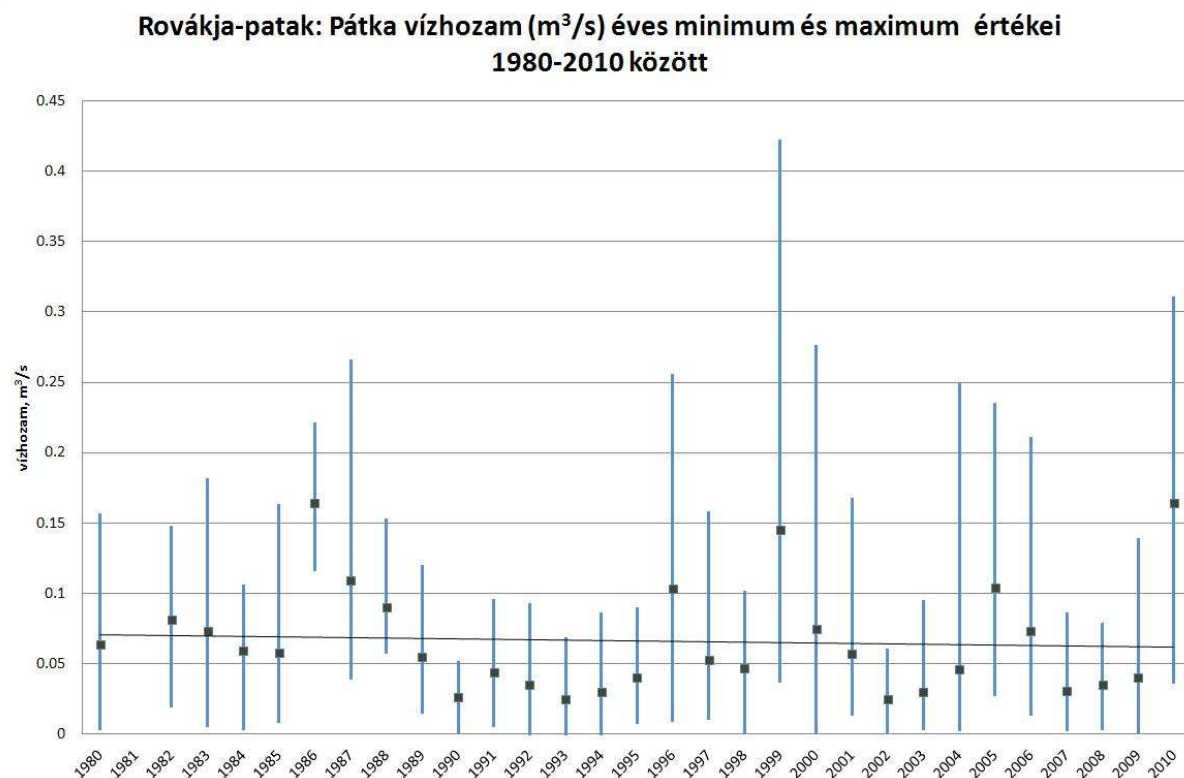
sebb tavasszal (március). Érdekes megfigyelni egy kora őszi csapadéktöbbletet is (szeptember) (Mediterránium hatása), valamint, hogy a tárgyidőszakban növekedett az évente lehullott csapadékmennyiség. Valószínűsíthető, hogy a két megállapítás között kapcsolat állítható fel, de ezekre vonatkozóan nincsenek egzakt kutatások a vízgyűjtőn. Egyes jelentések, modellek szerint a globális éghajlatváltozás egyik hazai következménye lesz a nyári csapadék csökkenése és az őszi-téli csapadék növekedése. A vízgyűjtőn jelenleg az átalakulás fázisát figyelhetjük meg: még nyáron van több csapadék, de már számottevő az őszi csapadékmennyiség, emiatt egyenlőre az éves csapadékmennyiség is növekedést mutat. Valószínűsíthető, hogy pár éven belül a folyamatok a modellek szerint fognak alakulni és csökkenni fog az éves csapadékmennyiség.



Forrás: saját szerkesztés

15. ábra: Éves csapadékösszegek a vízgyűjtőn Lovasberény állomás adatai alapján.

Fő vízfolyása a Rovákja-patak, melynek árvízi vízhozamát $35 \text{ m}^3/\text{s}$ -ra becsülik. Az árvizek szokásos ideje a tavasz és a kora nyár, míg a kisvizek ősszel jelentkeznek. A 30 éves vízhozam idősorán (1981-ben adathiány) belül évenkénti igen nagy változékonyságot figyelhetünk meg. Az éves minimum vízhozamok $0\text{-}0.117 \text{ m}^3/\text{s}$, az éves maximum vízhozamok $0.095\text{-}0.421 \text{ m}^3/\text{s}$ között változnak. A legnagyobb éven belüli különbség 1999-ben jelentkezett. A csapadékkal ellentétben a vízhozam idősnál, így a lefolyás tekintetében is csökkenő trend figyelhető meg (16. ábra).



Forrás: saját szerkesztés

16. ábra: Vízhozam idősor Pátka állomáson 1980-2010 között.

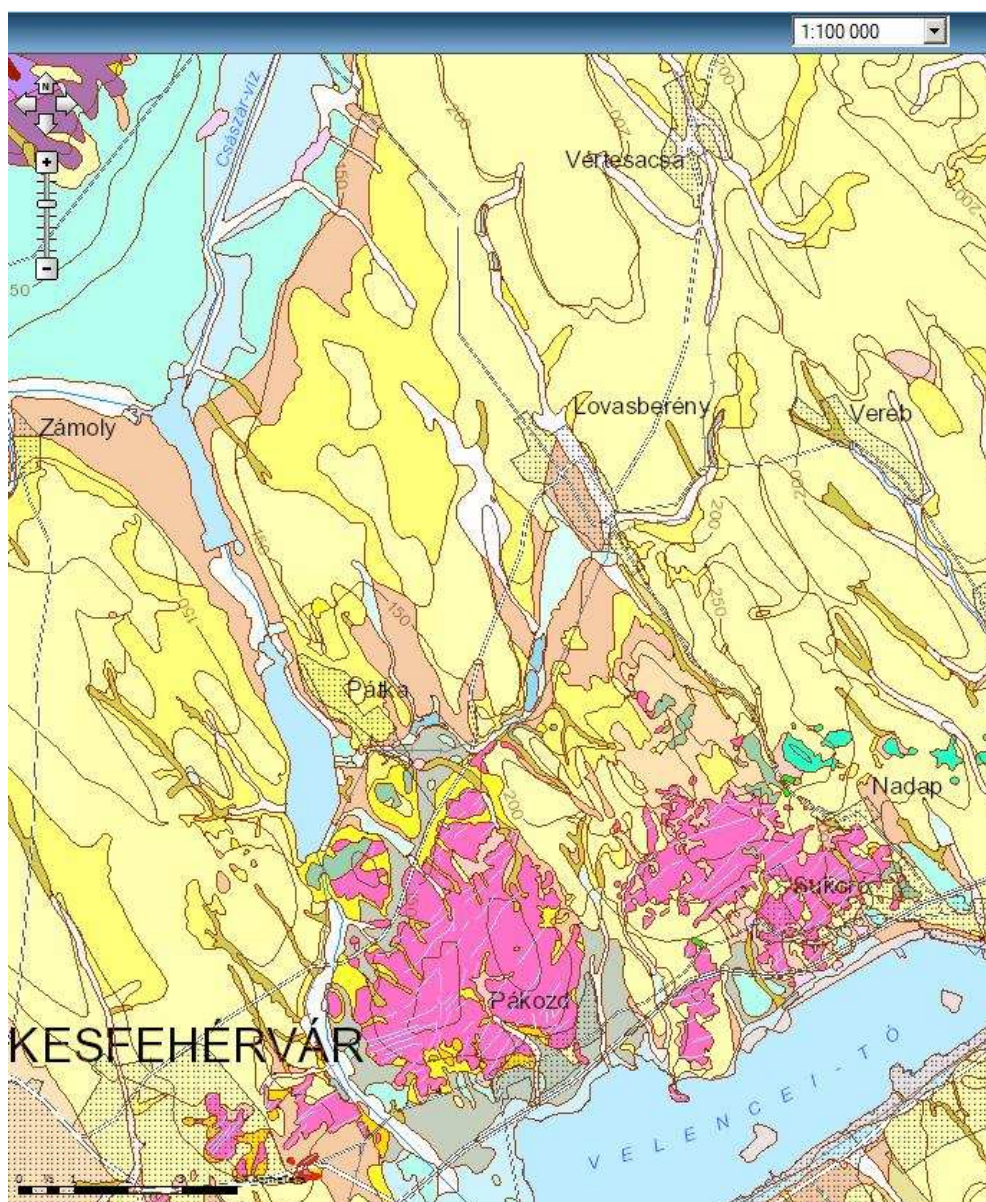
A vízminőség II. osztályú. Forrásai közül megemlíthető a lovasberényi János-forrás (20 l/p.). A talajvíz a völgytalpakon 2-4 m, a lejtőkön 4-6 m között érhető el, míg a hátakon néhol hiányzik. Mennyisége nem számottevő. A rétegvízkészlet kevés, artézi kút is alig van.

Növényföldrajzi körzetesítés alapján a Bakony-Vértesi flórajárásba (Vesprimense) tartozó kistáj legfőbb potenciális erdőtársulásai a molyhos tölgyesek, a sajmeggyes karsztbokorerdők, helyenként lösztölgyesek, illetve csertölgyesek. A lágyszárú fajok között megtalálható a nagy sikárfű, a csenkeszfélék és az árvalányhajak. Az erdészetiileg kezelt területeken zömében fiatalok, keménylombos, helyenként fenyőerdők találhatók. A mezőgazdasági műveléssel hasznosított területek elterjedtebb kultúrái a búza, a kukorica, a silókukorica és a paradicsom.

A vízgyűjtőt D-i részén helyezkedik el, egyben D-i határát is alkotja a Velencei-hegység. A Velencei-hegység a Dunántúli-középhegység DK-i előterében elhelyezkedő ÉK-DNy-i csapásirányú óidei kristályos röghegység, karbon kori gránitpluton (=gránit anyagú magma a kéregben megreked, majd lassan kihűlve megszilárdul). Egész tömege egységes típusú, nagy szemű biotitos gránitból áll, amelyet a hegység ÉK-DNy-i csapásirányával megegyező irányú telérek szelnek át és behálózzák az egész gránitfelszínt. A többszörösen tönkösödött, gyengén tagolt (átlagos relatív relief 64 m/km²) alacsony középhegység (átlagos magassága 195 m a tszf.) domborzatát ma pusztuló fosszilis tönkmaradványok, enyhén lejtősödő fosszilis hegyláb felszínek, kőzetminőségi különbségek következtében kialakult denudációs formák és a gránit sajátos lepusztulás formái jellemzik. Ásványi nyersanyagai közül a legjelentősebbnek ítélt fluorit csekély készlete kimerült, illetve további kitermelés gazdaságtalanná vált. Növényvilágában elterjedtebb potenciális erdőtársulásai a mészkerülő tölgyesek, a molyhos kocsánytalan tölgyesek. A málladozó sziklákat számos helyen nyílt sziklai társulások fedik. A jellegzetes lágyszárú vegetációban megtalálható az árvalányhaj, a csenkesz, a sárga hagyma,

az olasz varjúháj és a nagy sikárfű. Az erdőgazdasági területeken vegyes korú, zömmel keménylombos, kisebb felületeken fenyőerdők díszlenek (Marosi, Somogyi, 1990).

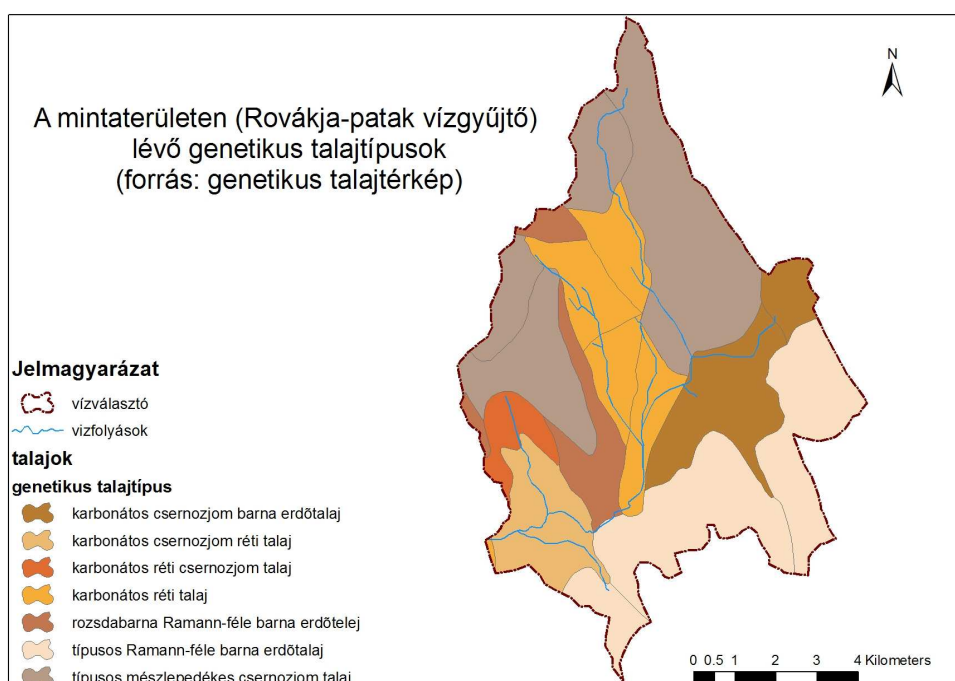
A vízgyűjtő felszíni földtani képződményeiről a MÁFI internetes térképállományában találhatunk információkat, ezt mutatja a 17. ábra is. Az ábrán a formációk, képződmények kódjai láthatók, ezeket nem kívánom részletezni, csupán pár fontos információt kívánok leszűrni. Az egyik, hogy a fehérrel és világoskékkel jelzett képződmények, ezek folyóvízi-mocsári üledékek, amik jelzik, hogy a holocénben elöntött terület volt. A másik a Velencei-hegység szépen kirajzolódó késő-karbon kori (óidei) Velencei Gránit Formációja (pink színnel). Szintén jól látszódik a pleisztocén során lerakódott eolikus lösz elhelyezkedése, ez a Velencei-hegység egy részén is megfigyelhető (homok színnel). Érdekes még a Tihanyi Formációnak a jelenléte (napsárga színnel), amely egy agyagos összetet jelent és medenceperemi kifejlődésre utal.



Forrás: MÁFI, <http://loczy.mfgi.hu/fdt100/>

17. ábra: A Rovákja-patak vízgyűjtőjén lévő felszíni földtani formációk.

A vízgyűjtőre vonatkozó talajinformációs adatokat a Fejér Megyei Kormányhivatal Növény- és Talajvédelmi Igazgatóságtól kaptam 1:10 000-es méretarányban (18. ábra). A vízgyűjtőn 3 genetikai talajtípus osztozik: barna erdőtalaj (42%), csernozjom talaj (36%) és a réti talaj (22%) (IX. táblázat). Összehasonlításképpen elkészítettem az AGROTOPO adatbázis (1:100 000) alapján is a genetikai talajtérképet (19. ábra). Látható, hogy a nagyobb felbontású talajtérképen több talajtípus található, míg a kisebb felbontású Agrotopográfiai adatbázis esetében csak 3 talajtípus. A tájökológiai kutatások és egyáltalán táji szintű kutatások során mérvadó, hogy adott területre minél több információval rendelkezzen a kutató. Így megállapítható, hogy a Rovákja-patak vízgyűjtőjével azonos nagyságú vagy kisebb vízgyűjtők esetében érdemes nagyobb felbontású talajtérképeket használni, ezek lehetnek üzemi genetikai talajtérképek vagy a Kreybig talajinformációs rendszer is. A szakirodalomban ritka a közepes nagyságú vízgyűjtők (50-100 km²) vizsgálata, így a tanulmány előre mutató és segítséget nyújthat a hasonló léptékű elemzések során.

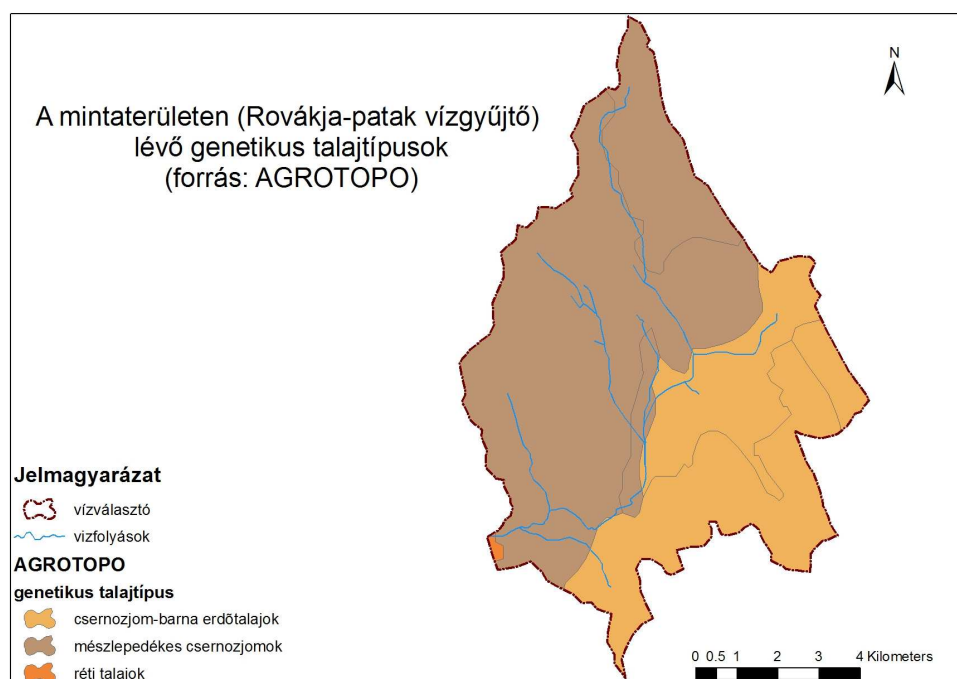


Forrás: saját szerkesztés

18. ábra: Genetikai talajtípusok a vízgyűjtőn (genetikai talajtérkép alapján).

A talajok fizikai tulajdonságai tekintetében hasonlóan változatos a kép, és természetesen igen nagy az összefüggés az alapkőzettel (20. ábra).

Legnagyobb arányban a vályog és homokos vályog fizikai féleségű talajok helyezkednek el a vízgyűjtőn, ez megfelel a lösz alapkőzet nagy kiterjedésének is (X. táblázat).



Forrás: saját szerkesztés

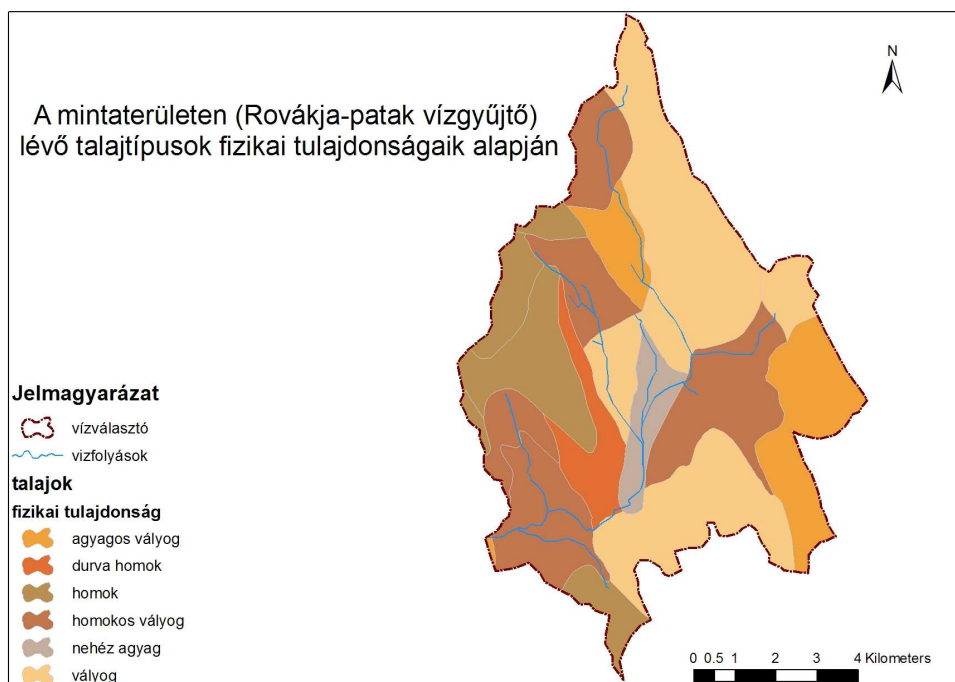
19. ábra: Genetikai talajtípusok a vízgyűjtőn (AGROTOPO adatbázis alapján).

IX. táblázat: Talajtípusok területi megoszlása (%).

Talajtípus	Területi részesedés (%)
Típusos Ramann-féle barna erdőtalaj	24
Karbonátos csernozjom barna erdőtalaj	12
Rozsdabarna Ramann-féle barna erdőtalaj	6
Típusos mészlepedékes csernozjom talaj	33
Karbonátos réti csernozjom talaj	3
Karbonátos csernozjom réti talaj	7
Karbonátos réti talaj	15

Forrás: saját szerkesztés

A lösszel fedett hegyláb felszíneken vályog mechanikai összetételű, termékeny barnaföldek képződtek. A Velencei-hegység É-i lejtőjéhez csatlakozva csernozjom barna erdőtalajok nagyobb foltja fordul elő. Ezek a lösszen képződött, vályog mechanikai összetételű talajok kedvező termékenységek, a lejtőviszonyok miatt azonban területük jelentős részét szőlők fedik. A kiváló mezőgazdasági adottságú, mészlepedékes csernozjomok löszös üledéken képződtek, többségük vályog mechanikai összetételűek, vízgazdálkodásuk a kitűnően morzsás szerkezet következtében kedvező tulajdonságokkal jellemezhető. Humusztartalmuk 2% körüli. Termékenységi besorolásuk a III. talajminőségi kategória. Zömmel szántók, de rét-legelő, szőlő és gyümölcsös is található területükön. A réti talajok zömmel a vízjárta területeken alakultak ki.



Forrás: saját szerkesztés

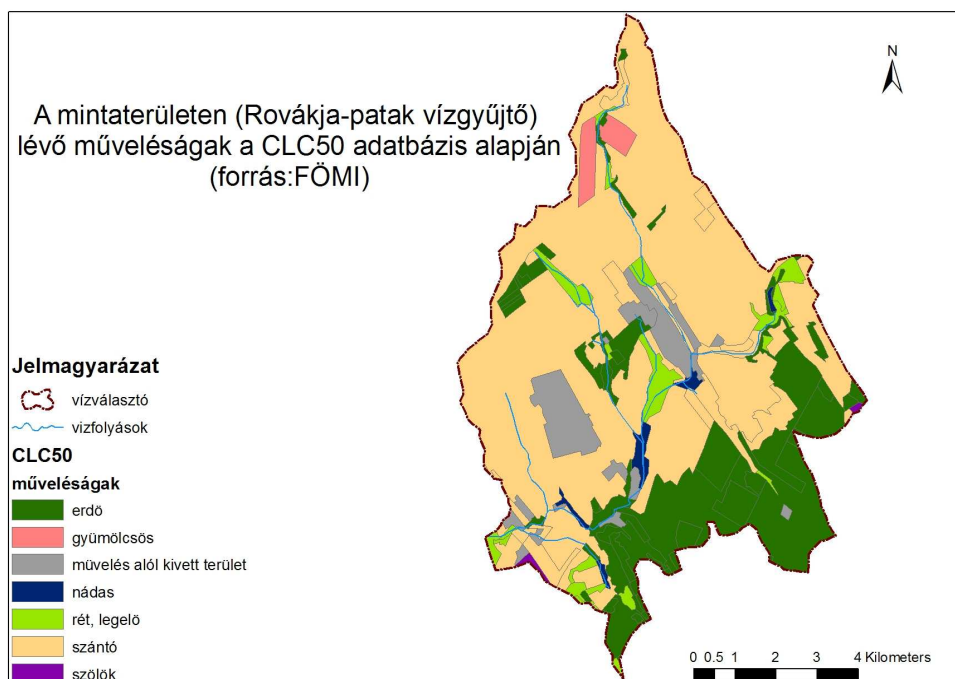
20. ábra: Talajtípusok elhelyezkedése a vízgyűjtőn mechanikai tulajdonságaik alapján (genetikus talaj-térkép alapján)

X. táblázat: Talajok fizikai tulajdonságaik alapján, területi megoszlásban (%).

Talajtípus	Területi részesedés (%)
agyagos vályog	9.66
durva homok	4.85
homok	14.68
homokos vályog	31.62
vályog	35.22
agyagos vályog	9.66
nehéz agyag	3.97

Forrás: saját szerkesztés

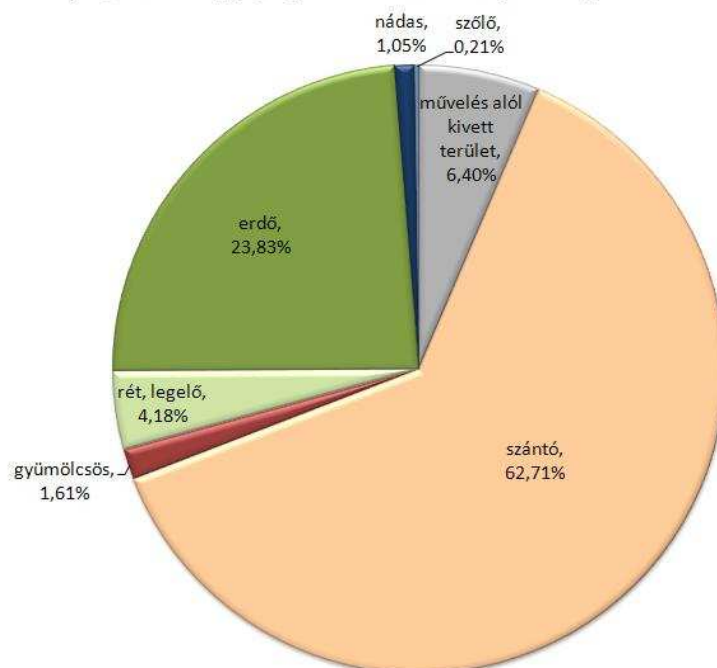
A vízgyűjtőn az éghajlati, talajtani és domborzati adottságoknak megfelelően legnagyobb arányban a szántók képviseltetik magukat (kb. 62%), de igen nagy az erdők aránya, ami a Velencei-hegységnek köszönhető (24%) (21, 22. ábra). Az elemzést a CLC50 adatbázist felhasználva végeztem el, de összehasonlításképpen a CLC100 adatbázist is vizsgáltam (23, 24. ábra). Ezek két időpontra készült adatbázisok (CLC100: 1990 és 1992-ben készült LANDSAT TM felhasználásával; CLC50: 1998-ban és 1999-ben készült SPOT felhasználásával), így összehasonlíthatók, bár hozzá kell tenni, hogy kategória-rendszerükben különböznek. Az arányok hasonlóak lettek mindkét esetben apró különbségekkel: a szántóterület csökkent, az erdők aránya és a művelés alól kivett területek aránya nőtt a CLC50-ben a CLC100-hoz képest.



Forrás: saját szerkesztés

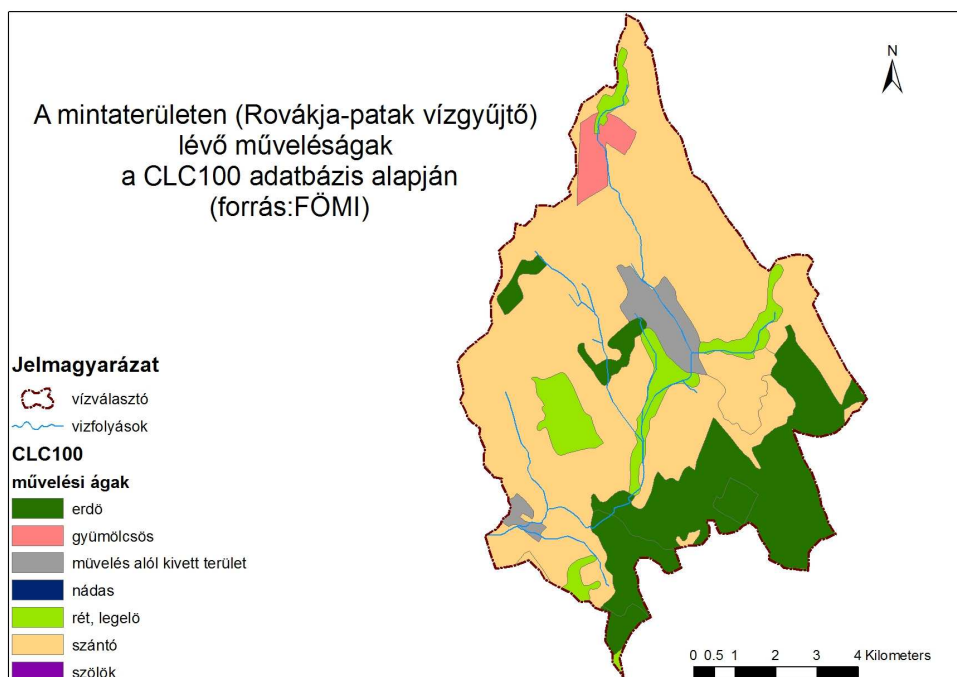
21. ábra: Művelési ágak elhelyezkedése a mintaterületen a CLC50 adatbázis alapján.

A Rovákja-patak vízgyűjtőjén a művelési ágak megoszlása CLC50 alapján



Forrás: saját szerkesztés

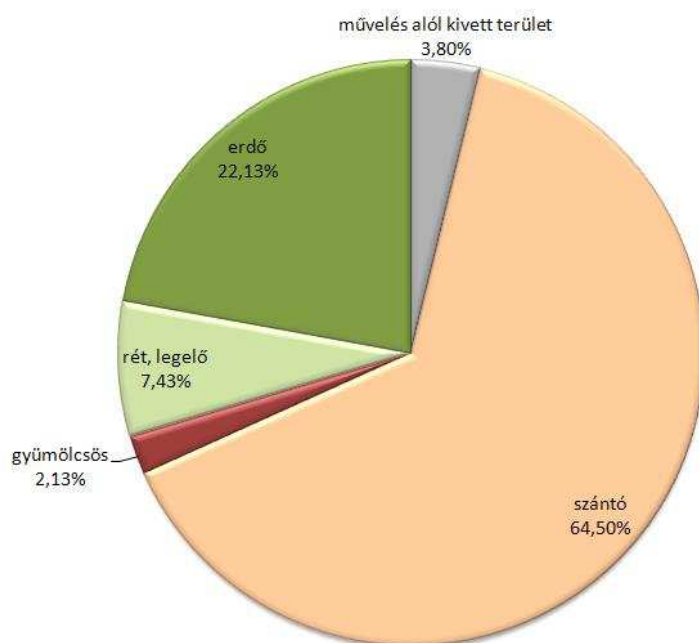
22. ábra: CLC50 alapján készített statisztika a művelési ágakról.



Forrás: saját szerkesztés

23. ábra: Művelési ágak elhelyezkedése a mintaterületen a CLC100 adatbázis alapján.

**A Rovákja-patak vízgyűjtőjén a művelési ágak megoszlása
CLC100 alapján**



Forrás: saját szerkesztés

24. ábra: CLC100 alapján készített statisztika a művelési ágakról.

A Rovákja-patak vízgyűjtőjét feloszthatjuk különböző mezőgazdasági és természeti tulajdonságokkal rendelkező területekre Zimmermann (2010) alapján (XI. táblázat):

XI. táblázat: A mintaterület agro-ökonómiai tulajdonságai.

Agro-ökonómiai tulajdonságok	Terület	Természetföldrajzi tulajdonságok
Hegyvidéki területek – vulkanikus kőzetből	Velencei-hegység	300-400 méter magas alacsony középhegységek, nem vízáteresztő vulkanikus kőzetből (gránit, andezit), csapadékos É-i oldal
Legelő, rét turisztikai hasznosítással	Rovákja-patak mente	Alacsony tengerszint feletti magasságú, folyóvízi üledékel fedett terület
Vízpart halászati hasznosítással	Pátkai-tározó	1970-es évek végén létesült tározó elsősorban vízgazdálkodási, másodsorban horgászati céllal
Mezőgazdasági területek kedvezőtlen fekvéssel	Lovasberényi-hát	Átlagosan 200 méter magas dombsági táj, löszön kialakult talajokkal, hosszú lejtőkkel

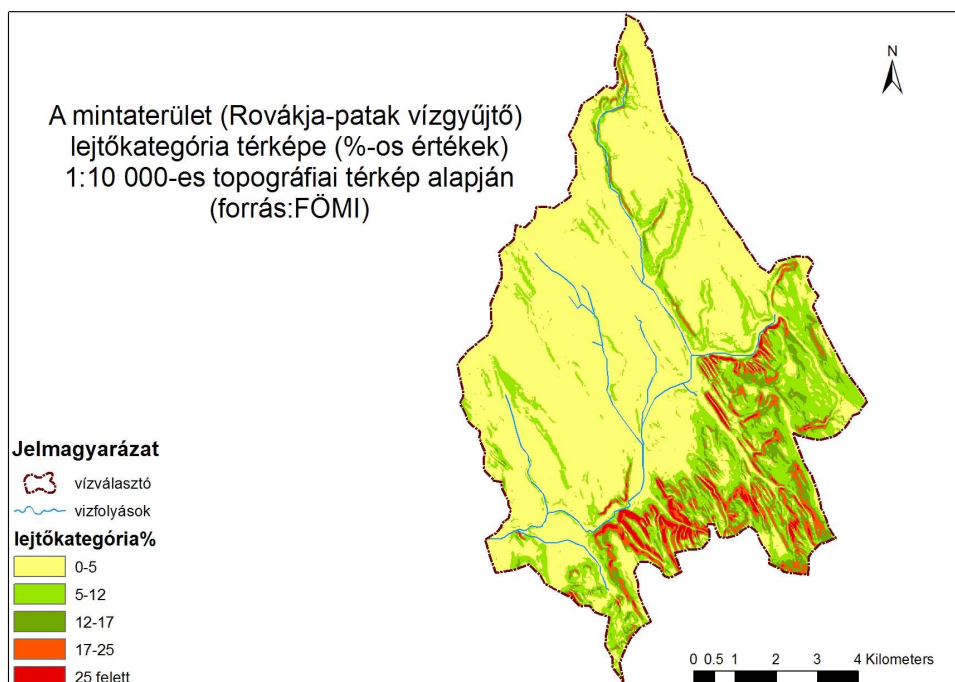
Forrás: saját szerkesztés

A vízgyűjtő tagoltságában is kettősség mutatkozik, mely a lejtőkategóriák %-os arányában is megmutatkozik. Az osztályozást a mezőgazdasági művelésre való alkalmasság szempontjából vizsgáltam. Az átlagos 5.3%-os lejtőkategória érték nagy különbségeket takar. A Lovasberényi-háton gyenge a tagoltság, itt a 0-5%-os lejtőhajlású felszínnek alkotják a domborzat nagy részét, míg a Velencei-hegységnél, formájából adódóan, megjelennek a 12% feletti lejtők (25. ábra). A völgyek futásában szépen kirajzolódik egy ÉNy-DK irányú törésrendszer, ez megfelel a terület őstörténeti fejlődésével.

Az általános leírás után következzen egy összefoglaló táblázat a vízgyűjtő főbb geometriai paramétereiről (XII. táblázat).

Az adatokból kiolvasható, hogy közepes tengerszint feletti magasságú terület a vizsgálati terület, a közepes nagyságú vízgyűjtők közé tartozik. A vízválasztó tagoltsága azt mutatja, minél nagyobb 1-nél az érték, annál tagoltabb a vízválasztó. Ez elsősorban az összegyülekezési folyamatra hat ki: a déli részokról, a hegység területéről rövidebb idő alatt ér a Rovákja-patak medrébe a lehullott és lefolyt vízcsepp, mint a Lovasberényi-hát területéről. A növényborítottság vagy erdőborítottság mértéke meglehetősen nagy (nagyobb, mint a hazai átlag), ez csökkentheti a lefolyás nagyságát.

A termékeny talajtakaróval fedett terület formálását napjainkban legnagyobb mértékben a felszíni leöblítés mellett az antropogén tényezők befolyásolják. A lejtők ma már nagymértékben erodáltak, ami főleg a medencék és a nagyobb eróziós völgyek felőli peremeken szembe-tűnő. Ez jelentkezik a talajeróziós folyamatokban is, ami viszont gátját szabja az optimális gazdasági hasznosításnak (Ádám, Marosi, Szilárd, 1988).



Forrás: saját szerkesztés

25. ábra: A lejtőkategóriák %-os megoszlása a vízgyűjtőn.

XII. táblázat: A vízgyűjtő geometriai adatai.

Vízgyűjtő legalacsonyabb pontjának magassága (m)	121
Vízgyűjtő legmagasabb pontjának magassága (m)	349
Vízgyűjtő átlagos magassága (m)	180
Szintkülönbség (m)	228
Vízgyűjtő területe (km ²)	78.5
Vízgyűjtő kerülete (km)	50
Vízválasztó tagoltsága (-)	1.59
Kilépő vízfolyás rendűsége (-)	6
Vízfolyás-sűrűség (-)	0.47
Vízgyűjtő átlagos lejtése (‰)	5.78
Vízfolyás esése (‰)	4.66
Vízfolyás hossza (km)	16.31
Növényborítottság mértéke (%)	24.22

Forrás: saját szerkesztés

A társadalmi igények hatására 1962-ben kezdődtek el a tószabályozási munkák a Velencei-tavon. A spontán fejlődést, 1970-ben a kormányzati szervek intézkedésére, felváltotta a régió fejlesztését átfogó központi programja. Az első Velencei-tavi Fejlesztési Programot a kormány 1001/1971. sz. határozatával hagyta jóvá. Ennek eredményeként az 1980-as évek közepére a Velencei-tó és környéke az ország egyik legjelentősebb vízparti üdülőkörzetévé fejlődött. A második Fejlesztési Programot a 2014/1985. (VI.11.) sz. határozatban fogadták el, ebben megállapítják, hogy a Velencei-tó különleges védelmet igénylő nemzeti érték. A fejlesztési program az 1986-2000 időtávra készült (Hajós, 1988). Az 1980-as évek végén az állami erőforrások jelentős csökkenése következtében a fejlesztési programban előirányzott

feladatok mintegy 30-35%-a elmaradt. Ennek következtében az elért eredmények, különösen a környezetvédelmi problémák hatására, veszélybe kerültek. Új problémaként jelentkezett a rendszerváltást követően, hogy a települések párhuzamos fejlesztési törekvései hatására, a földterületek privatizációja, de a korábbi ökológiai szempontokat mellőző fejlesztések szemléletbeli hiányosságai miatt is, a természeti, táji környezet rovására a tájhasználat szabályozatlanná vált, a természeti értékek károsodtak. E negatív változások ellensúlyozására születtek 1995-ban és 1996-ban a kormányhatározattal elfogadott intézkedési tervek. Az Országos Területfejlesztési Koncepciót elfogadó 35/1998. (III.20.) OGY. Határozat a Velencei-tó – Vértes térséget kiemelt üdülőkörzetként jelölte meg. Az elkészült Területfejlesztési Koncepciót a 1117/2003. (XI.28.) sz. határozattal hagyták jóvá (3).

A Rovákja-patakon 2001-2005 között történt vízrendezési munka, a 3+800 és 4+100 km szelvények között kisvízi medret alakítottak ki rőzseművel. Ebből sajnos a 2011. októberben történt adatfelvételkor (26. ábra) nem sok minden látszott, valószínűleg a korábbi nagyvizek megrongálták a rőzseművet.



Forrás: saját felvétel

26. ábra: Rovákja-patak korábbi vízrendezési munkáinak nyoma.

A Rovákja-patak a Víz Keretirányelv keretében készített vízgyűjtő-gazdálkodási terv szerint erősen módosított víztest. A fenti dokumentum alapján 2021-ig jó ökológiai állapotot kell elérni, ennek érdekében az alábbi intézkedéseket kell betartani:

- meder melletti viszonyok rendezése (ártér helyreállítása, hullámtér szélesítés, hullámtéri gazdálkodás, védősáv);
- meder-rehabilitáció dombvidéki kis- és közepes vízfolyásokon, fenntartással;
- szennyezett üledék egyszeri eltávolítása (vízminőség javító kotrás);
- települési, ill. üdülőtérleti mederszakaszok rehabilitációja;
- tározók üzemeltetése szükség esetén a hasznosítási forma megváltoztatásával (vízleeresztés, vízviisszatartás, szabad tározótér biztosítása) az alvízi szempontok figyelembevételével;
- duzzasztók üzemeltetése az alvízi szempontok, illetve a hosszirányú átjárhatóság figyelembevételével (szükség szerint a duzzasztás megszüntetése);

- víztakarékosságot elősegítő intézkedések (technológia-korszerűsítés);
- belterületi jó (vízvédelmi) gyakorlat;
- állattartótelepek korszerűsítése;
- jó halgazdálkodási gyakorlat;
- jó horgászati gyakorlat;
- szűrőmezők kialakítása (mellékvízfolyások torkolatánál, tározók felett, utak, vasutak és települések csapadékvíz-bevezetéseinél).

A térségben a természeti értékek jelentős turisztikai vonzerőt képviselnek, de védelmük nemcsak ezért, hanem az élő- és megújuló természeti erőforrások megőrzése érdekében is fontos. A turizmus megjelenésével és megerősödésével egyre inkább előtérbe került a két oldal közötti optimális egyensúly meghatározásának igénye. A Velencei-tó – Vértes kiemelt térségben országos, regionális és helyi jelentőségű ökológiai folyosó rendszerek maradtak fenn. Az ökológiai folyosók egy része hatékonyan működik, mint folyamatos megszakítatlan élőhely, illetve mint helyi klímát befolyásoló elem: ilyen többé-kevésbé a Vértes-hegységet és a Velencei-tó természetvédelmi területét összekötő Császárvíz vonala. A NATURA 2000 területek a térségben döntően a meglévő országos jelentőségű védett természeti területeket és magterületeket fedik le a Velencei-hegység területén, nagyságuk mintegy 1500 ha. Kapcsolata ökológiai folyosókkal biztosított. A védett területek a vízgyűjtőn mintegy 23%-kal részesednek. Külön említést érdemel a két földvár, a Mihályvár és a Szűzvár.

A vízgyűjtő a Velencei-tó vízgyűjtőjéhez tartozik, így „feszített” vízgazdálkodású térség, miután a rendelkezésre álló vízkészletek, az utóbbi évtizedekben mind gyakoribb aszályos időszakban, rendszeresen alulmúlják a vízgyűjtőn jelentkező turisztikai és gazdasági jellegű vízigényeket. A természetvédelmi és turisztikai hasznosítású Velencei-tó szabályozott vízszintek között üzemel, amely azonban a csapadékhány és az erős párolgás okozta egyensúly-hiány miatt több esetben „felborult”. A vízhasználatokat 1993-tól korlátozni kellett, amit a szoros vízgazdálkodási körülmények között, azóta is fenn kell tartani.

A szennyvízcsatorna hálózat tekintetében minden településen szükség van kisebb-nagyobb mértékű bővítésre és korszerűsítésre, továbbá a bekötések ösztönzésére. A Rovákpatak kis vízhozama miatt Lovasberény térségében III. fokozatú (nitrogén és foszfor eltávolítással) szennyvíztisztítás kiépítése szükséges.

Általában az egész vízgyűjtőn megoldást igényel a nem csatornázott területeken a szippantott szennyvizek ellenőrzött kezelése, illetve a termelőtől történő igazolt elszállítással a hulladék nyomon követése. Ugyanakkor a tisztítótelepeken keletkező szennyvíziszapok elhelyezése és hasznosítása vízjogi engedélyek alapján kialakított műszaki megoldásokon és ennek megfelelően működtetett és a környezetvédelmi hatóságok által ellenőrzött létesítményeken alapul.

A mezőgazdasági tevékenységek tekintetében, az állattartó tevékenységnél a legnagyobb volumenű a szarvasmarha-tartás, Pátka környékén pedig még a lótarás. Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy a Velencei-tó többi részvízgyűjtőjéhez képest az állattartás során keletkező szerves trágya mennyisége elenyésző.

A térségben a környezetszennyező források részben csökkentek, részben növekedtek. A mezőgazdaságban alkalmazott műtrágyák és növényvédő szerek minősége és mennyisége általában nehezen ellenőrizhető, de általános tapasztalat, hogy a kemikáliák árának emelkedésével felhasználásuk mennyisége csökken. A talajvédelem szempontjából a térségi meliorációs és rekultivációs feladatok nagyrészt megtörténtek (1980-as évek). Kisebb részének elmaradása gondot okoz továbbra is (a talaj és erózióvédelmi beavatkozások, a tervezett védőfásítások, a vízfolyások torkolati szakaszainak rendezése, a szűrőmezők kiépítése stb. több he-

lyen elmaradt). Nagyobb gondot okoz, hogy az elkészült beavatkozások, rendezési művek karbantartása elmaradt, állapotuk leromlik. Ez utóbbiak hiánya különösen a csapadékosabb időjárás esetén jelenthet gondot. Ugyanis az időszakos vízfolyások vize szűrés, tisztítás nélkül kerül a tóba, bemosva a korábbi száraz periódusban felhalmozódott szennyeződések (illegálisan elhelyezett szippantott szennyvíz, hulladék stb.). A Velencei-tónál – a vízgyűjtőn végrehajtott központi beavatkozások eredményeként (állattartó telepek megszüntetése, melioráció) – sikerült ezt a folyamatot legalábbis a mezőgazdaság oldaláról mérsékelni. (Külterületen a mezőgazdasági majorok és állattartó telepek által kibocsátott szennyezőanyagok a tulajdoni változások, a termelés csökkentése vagy a teljes felhagyás, kedvező esetben a korszerű technika alkalmazása következtében csökkentek a talajt és talajvizet érő káros hatások.)

Összefoglalva a vízgyűjtőn az alábbi emberi hatások érvényesülnek:

- A vízgyűjtőn lévő halastavak: hatásuk kettős, a feltöltésük időszakában csökkentik a vízgyűjtőről történő lefolyást, kiürítésük alkalmával pedig növelik azt.
- Tározók hatása: két tározó is létesült a vízgyűjtő területen, 1970-ben a Zámolyi- és 1974-ben a Pátkai-tározó. A két tározó megépítésével, üzemeltetésével a Velencei-tó szélsőséges vízszíntingadozásait kívánták kiküszöbölni és a tó vízszintjét szabályozni.
- A vízgyűjtőn történő öntözés: hatása az előbbieknél kisebb.
- A vízgyűjtő mezőgazdasági művelése is hatással van a tó vízháztartására, mivel a lefolyás a műveléssel változhat. Amennyiben megváltozik a művelés, pl. csökken vagy nő a szántóföld területe, vagy a mélyszántás alá vont területek nagysága, a lefolyás kis mértékben nő, vagy csökken. A mélyszántás bevezetése a lefolyás kismértékű csökkenésével jár. A lefolyást megváltoztathatja az erdőirtás vagy telepítés is, ha az jelentős területen történik (Baranyi, 1973).

4.2. A felszíni vízháztartást befolyásoló tényezők

A vízgyűjtő csapadék és lefolyási viszonyait tekintve feltűnik, hogy a növekvő csapadékmennyiségek ellenére is csökken a lefolyás. Felvetődik a kérdés: mi lehet az oka ennek?

A mederben mozgó víz mennyiségét alapvetően a vízgyűjtő kiterjedése határozza meg. A vizsgált területen egy nagyobb (Rovákja-patak) és több kisebb, időszakos vízfolyás (Kis Mihály-patak, Sági-patak, Kender-patak) osztozik.

A dinamikus felszíni vízkészlet kialakulása szempontjából alapvetőek a mezőgazdasági művelésű felszínek lejtői (XIII. táblázat). Ebben a tekintetben jelentősek a területi szélsőségek. A domborzat vízáadó képességének három változata különböztethető meg a lejtés alapján:

- Nincs említésre méltó lefolyás az 5%-os és ennél enyhébb felszíneken. Csak kivételesen nagy intenzitású csapadék esetén várható innen felszíni víz. A Rovákja-patak vízgyűjtő legnagyobb területen előfordul, elsősorban a vízfolyásokhoz közeli helyeken.
- Közepes vízádnak minősíthetők az átlagosan 5-17% közötti lejtők. A mintaterület egyharmada ebbe a kategóriába tartozik.
- A 17% felettiek befolyásolják a legnagyobb mértékben a felszíni vízkészleteket. A Velencei-hegység révén a Rovákja-patak vízgyűjtőjének egy része ebbe a kategóriába esik.

XIII. táblázat: Lejtőkategóriák a vízgyűjtőn.

Lejtőkategória	Terület (km ²)	Terület (%)
0-5%	52.29	66.6
5-12%	16.33	20.8
12-17%	5.09	6.5
17-25%	3.32	4.2
25% felett	1.49	1.9
	78.52	100

Forrás: saját szerkesztés

A felszíni vízkészlet befolyásolása szempontjából döntő jelentőségű az egyes lejtőkategóriák-nak a befogadó mederhez viszonyított elhelyezkedése is.

A felszíni lefolyást ezen kívül még számos tényező befolyásolja, ezeket részletesebben a 2.2. fejezetben ismertettem, csak röviden: talaj, növényzet, meteorológiai tényezők.

4.3. Lefolyás-szabályozási funkció

A csapadék- és olvadékvizek felszínen történő gyors lefolyása jelentősen hátráltatja a talaj és ezáltal a növényzet vízfelvételét, ugyanakkor – ha a gyors lefolyás nagy területen érvényesül – árvizek okozója lehet. Mind mezőgazdasági, mind vízügyi szempontból egyaránt nagy jelentőségű a magas lefolyási értékkel rendelkező területek feltérképezése, ahol a kiegyenlített-lefolyási viszonyokra, a direkt lefolyás csökkentésére kell törekedni.

A direkt lefolyás alatt a csapadék azon részét értjük, amely a lehullás vagy az elolvadás után rövid időbeli késleltetéssel a területéről elvezetődik. Minél nagyobb a direkt lefolyás részese-dése, annál szélsőségesebbek a lefolyási viszonyok és annál nagyobb az árvíz veszélye (1).

A táji ökorendszerekben lezajló természeti folyamatok alapvetően a lefolyási viszonyok ki-egyenlítettettebbé tétele és a direkt lefolyás mérséklése irányába hatnak. E képességet az ökorendszer lefolyás-szabályozási funkciójának (runoff control function, Abflussregulationsfunktion) nevezzük (1). A lefolyás-szabályozási funkció érvényesülése alapvetően a lefolyási viszonyok függvénye, amelyek a vízgyűjtő klímája és a geoökológiai viszonyai által meghatározottak. A lefolyási csúcsértékek nagysága döntő mértékben a terület-re hullott csapadék mennyiségétől és intenzitásától, valamint a vízgyűjtőnek a csapadékos területek lefolyási irányaihoz viszonyított fekvésétől függ (Mezősi, Rakonczai, 1997). A lefo-lyás-szabályozási funkció Zepp 1989-es meghatározása szerint a táj vízvisszatartó képességét jelenti. Az éghajlati viszonyok, a lejtőviszonyok, a talajfedettség, a talaj vízraktározási képes-sége, a geológiai viszonyok és a vízfolyáshálózat mind-mind befolyásolják a lefolyási viszo-nyokat, esetenként felgyorsíthatják azt. Minél nagyobb a táj lefolyás-szabályozási értéke, vagyis a vízvisszatartási képessége, annál kisebb az esélye a hirtelen lezúduló árvizeknek. A lefolyás-szabályozási funkció becslése elsősorban az ökológiai egységekre és nem a hidroló-giai egységekre történik, ha térben vizsgálódunk. Ezek alapján a lefolyás-szabályozási funk-ció H. Zepp-féle meghatározása: térben differenciált, mennyiségi becslés, ami a közvetlen lefolyást időben állandósítja és az ökológiai egységek területét stabilizálja (Steinert, 2005).

A lefolyásszabályzó funkció tehát néhány környezeti elem paramétereinek függvénye. Értékét befolyásolják a csapadék mennyisége és intenzitása, a lejtőviszonyok (kitettség és a lejtő szö-

ge), a talaj mechanikai összetétele, az alapkőzet jellege, továbbá a növényzettel való borítottság, s a növényzet által felvehető vízkészlet mennyisége. Módosító tényezőként figyelembe vehető még a vízgyűjtő nagysága és alakja, a vízfolyásokat érintő szabályozások milyensége (tárolók, derítők, védművek) és a beépítettség mértéke.

A direktlefolyás ismeretének fontossága miatt a hidrológiai gyakorlatban a domborzati viszonyok alapján lehatárolt vízgyűjtőterületeken, mint hidrológiai egységeken végeznek kvantitatív lefolyásszámításokat, amelyeknél mindig egy feltételezett csapadékmennyiségből indulnak ki. A geoökológiai vizsgálatok középpontjában ugyan mindig területi egységek állnak, amelyek határai azonban különbözhetnek a vízgyűjtőhatároktól. Ezért célszerűbb e funkció értékelését olyan módszerrel végezni, amely az ökológiai területi egységekre vonatkoztatható, azok direktlefolyást szabályzó, de időben állandóbb tényezőit területileg differenciálni képe. Mivel az ökológiai térbeli egységek vízgyűjtőterületek részeit képezik, így ez az értékelés a vízgyűjtőben megvalósuló lefolyás részletes analízisének alapjait is kínálja (Mezősi, Rakoczi, 1997). A vizsgálatokat azokra a legkisebb egységekre végezzük, ahol a különböző paraméterek egységesek, ezt ökotípusnak is hívhatjuk.

A funkció kialakításához a forrást ZEPP és STEINERT M. U. munkássága jelentette, de a helyi viszonyokra adaptáltam. A pontrendszer kialakításához, a kategóriák kialakításához szakemberekkel konzultáltam. Az értékeléshez a következő tényezőket vettem figyelembe (XIV. táblázat, 27. ábra):

- talajfedettség, növényborítás: CORINE (CLC50, CLC100), LANDSAT műholdfelvételek (1986, 2011) alapján;
- lejtésviszonyok: DTA-50 és 1:10 000-es topográfiai térkép alapján készített DEM szerint;
- infiltrációs kapacitás: talajok mechanikai tulajdonságai alapján;
- a növényzet által felvehető vízkészlet: talajok vízkészlete alapján;
- alapkőzet.

Minél nagyobb az összpontszám, annál nagyobb a vízvisszatartási képessége a területnek. Például egy erdős terület az 1. kategóriába kerül, a beépített területek az 5. kategóriába.

XIV. táblázat: Lefolyás-szabályozási funkció részletezése Steinert, 2005 alapján.

Tényezők	Pontérték				
	1	2	3	4	5
felszínborítás CLC50	2112, 22112, 22111, 24221	2111	14, 22, 24, 32	32	31
lejtő, ° DEM	>35	15-35	7-15	2-7	0-2
beszivárgási kapacitás a talaj mechanikai tulajdonságainak függvényében Genetikus Talajtérkép	agyag	agyagos vályog	vályog	vályogos homok	kavics, homok
növények által felvehető víz- készlet (mm/m)	<60	60-140	140-220	220-300	>300

Forrás: Steinert, 2005 alapján saját szerkesztés.

talajfedettség	lejtésviszonyok	mechanikai összetétel	vízkeszlet	pontérték
<i>típus</i>	<i>lejtőszög</i>	<i>összetétel</i>	<i>növények számára felvehető vízkeszlet (mm/m)</i>	
kukorica, zöldségfélék, kapások	> 35 fok	agyag	< 50	1
gabona (kiv. kukorica)	15 - 35 fok	agyagos vályog	50 - 90	2
fűves területek	7 - 15 fok	vályog	90 - 140	3
bozotos (ugar), sarjerdő	2 - 7 fok	vályogos homok	140 - 200	4
erdő	0 - 2 fok	kavics, homok	> 200	5

a beépített területek minden esetben az összesített értékelés V. osztályába kerülnek

környezeti jellemzők	
<i>módosító tényezők</i>	<i>módosító érték</i>
feltalajban 30%-nál több vázanyag	1
zárt avartakaró	-1
talaj hidromorf jellege	-1
2 m-nél magasabb talajvízszint	-1
2 m-nél vast. agyagos-márgás alapkőzet	-2

osztály	összesítés	értékelés
I	> 18	nagyon magas
II	14 - 17	magas
III	10 - 13	közepes
IV	7 - 9	gyenge
V	< 6	nagyon gyenge

A lefolyás-szabályozási funkció tényezőnkénti és összesített értékelése H. ZEPP (1989) szerint.

Forrás: (1) alapján saját szerkesztés

27. ábra: Lefolyás-szabályozási funkció értékelése H. ZEPP szerint (1).

Az infiltrációs kapacitás minősítése a talaj mechanikai összetétele alapján történik. A magas vázanyag tartalom, a zárt avartakaró módosító tényezőként jelentkezik (1). Hazánk taljai esetében többek között a Várallyay Gy. által 1980-ban kidolgozott vízgazdálkodási kategória-rendszer ad lehetőséget a beszivárgás becslésére, mely a 1:100000 méretarányú Magyarország Agrotopográfiai térképsorozatában az egész ország területére rendelkezésre áll. A fizikai talaj-féleség (ami a talaj agyag-, iszap- és homokfrakciójának százalékos megoszlásából határozható meg) segítségével következtethetünk a víznyelés sebességére és a vízzel telített talaj hidraulikus vezetőképességére (Szabó, 2002).

A növényzet által felvehető vízkeszlet a talaj felső 1 m-es részében általában rövid ideig tárolt, a növények számára rendelkezésre álló vízmennyiség mm-ben (1). Ezt idegen szóval disponiblis víznek, más kifejezéssel hasznos vízkapacitásnak hívjuk. A hasznos vízkapacitás a talajnak az a víztartalma, melyet a vízkapacitás és a holtvíztartalom különbsége határoz meg (Stelczer, 2000).

A kapott pontértékeket minden ökológiai egységre külön kell összesíteni, osztályba sorolni (1).

A mintaterület, a Rovákja-patak vízgyűjtőjének kiválasztásánál figyelembe vettem az alábbi fontos szempontokat:

- A terület egyértelműen elhatárolható legyen. Ez a disszertációban egy patak jól definiálható vízgyűjtője. Ebben az esetben ugyanis a vizsgálatokat úgy lehet elkészíteni, hogy a területen kívüli zavaró tényezők szerepe kevésbé jelentős legyen.
- A vizsgálatba vont terület mérete tegye lehetővé a részletes feldolgozást, térképezést.
- A vidék domborzata, talaj, természetes növényvilága legyen változatos, azaz érdemi összehasonlításokra, a térfolyamatok elemzésére legyen lehetőség.
- A területen folytatott társadalmi-gazdasági tevékenység sokrétű legyen. A vízgyűjtőn elhelyezkedő Lovasberény mintegy 2000, Pátka település mintegy 1000 lakosú. A domborzati különbségek miatt a vidéken erdőgazdaság, nagy- és kisüzemi mezőgazdaság is előfordul, de található itt felhagyott bánya is.

4.4. Lejtésviszonyok

A terep domborzati viszonyainak ábrázolására a szintvonalas ábrázolási mód a XX. században egyeduralkodóvá vált a topográfiai térképeken. A szintvonalas domborzatábrázolás geometriai elvekre épül, segítségével meg lehet határozni a terep domborzati viszonyainak egy választott alapfelülethez viszonyított abszolút magasságát, valamint az egyes terepi objektumok relatív magasság különbségét, valamint a terep lejtősségét, a lejtők irányát és meredekségét.

Szemlélteti a lejtősség mértékét, hiszen ahol nagyobb a lejtőszög, ott a szintvonalak sűrűbben, ahol kisebb a lejtőszög, ott távolabb haladnak egymástól. Szemlélteti továbbá a domborzat jellemző alakulatait, a vízválasztó és vízgyűjtő idomokat. Hiányossága, hogy nem mutatja meg szemléletesen a pozitív és negatív domborzati formákat. Ezen különböző kiegészítő ábrázolási formákkal lehet segíteni (árnyékolás, színfokozatos ábrázolás stb.) (Mélykúti, 2004).

A földrajzi szemléletű kutatásokban a domborzat mindig fontos rendező elv. A domborzat ugyanis olyan tájalkotó tényező, amelyre a többi faktor térbeli eloszlását igen jól rá lehet építeni. A topográfiai térkép ugyanis a földrajzi információs rendszer legrészletesebb, legmegbízhatóbb adatforrása. Ha digitális formába alakítjuk, sokkal könnyebb kiszámítani és különböző modellekbe beilleszteni a domborzat jellemző paramétereit. Manapság nélkülözhetetlen például a hidrológusok számára a lefolyásviszonyok, a vízhálózat rekonstrukciójakor (Lóczy, 2002).

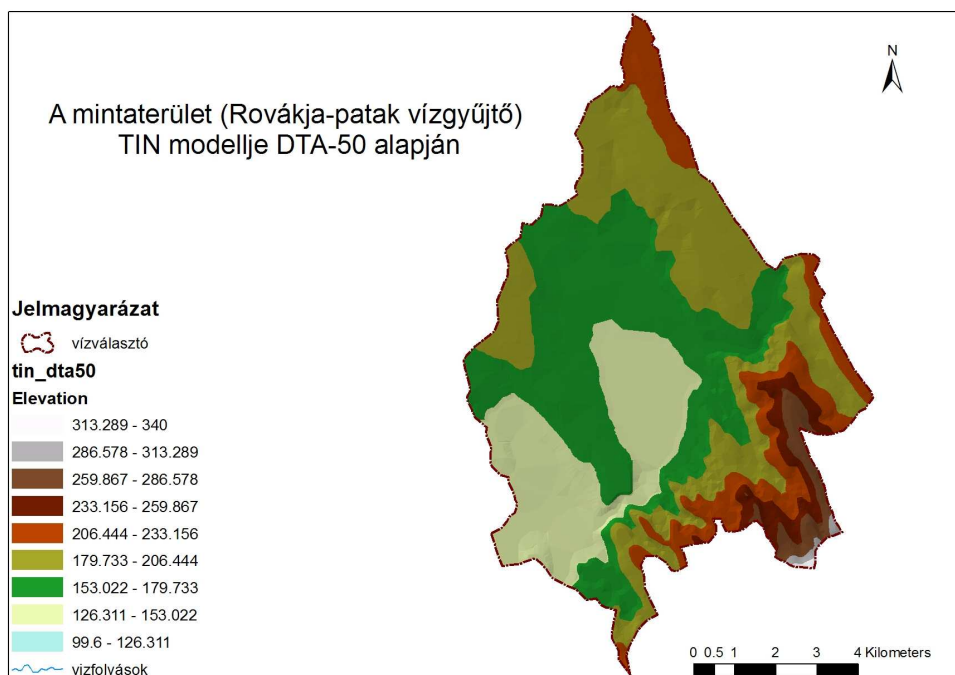
A digitális domborzatmodellezés gyökerei az 1950-es évek közepére nyúlnak vissza (Márkus, 2004). A digitális domborzatmodell (DDM) (vagy digitális magassági modell – DEM) a terepfelszín célszerűen egyszerűsített mása, amely fizikailag számítógéppel olvasható adathordozón tárolt terepi adatok rendezett halmazaként valósul meg. A DDM a modellezés folyamatában – digitális modellező rendszer segítségével – információkat szolgáltat a modellezett terepfelszín egészének vagy kiválasztott részletének lényeges sajátosságairól. Ezt a napjainkban már részleteiben kidolgozott technológiát a számítógépes tervezésben, térképészetben megkülönböztető névvel digitális domborzatmodellezésnek hívjuk.

Egyéb felületek (például talajvíz felszíne, növényzettel borított felszín) számítógépes modelleket digitális felszínmodelleknek (DFM) nevezzük. A felszín modellezése speciális megoldásokat kíván. Ha a tereptárgyakat is modellezni akarjuk, akkor digitális terepmodellről beszélünk (DTM) (Márkus, 2011).

A DDM-eknek két fajtája alakult ki, a raszteres és a vektoros modellek. Vektoros például a TIN (28. ábra), raszteres a GRID, ahol a $h(x,y)$ függvényt egy $H[i;j]$ mátrixszal közelítjük (29, 30. ábra). Jellemző paramétere a felbontás és a pontosság (Szijártó, 2007).

A digitális domborzatmodellek (DDM) a földfelszín elemzésének rendkívül hasznos és igen szemléletes eszközei, a Föld fizikai felszínét digitális magassági adatokkal írják le. A model-

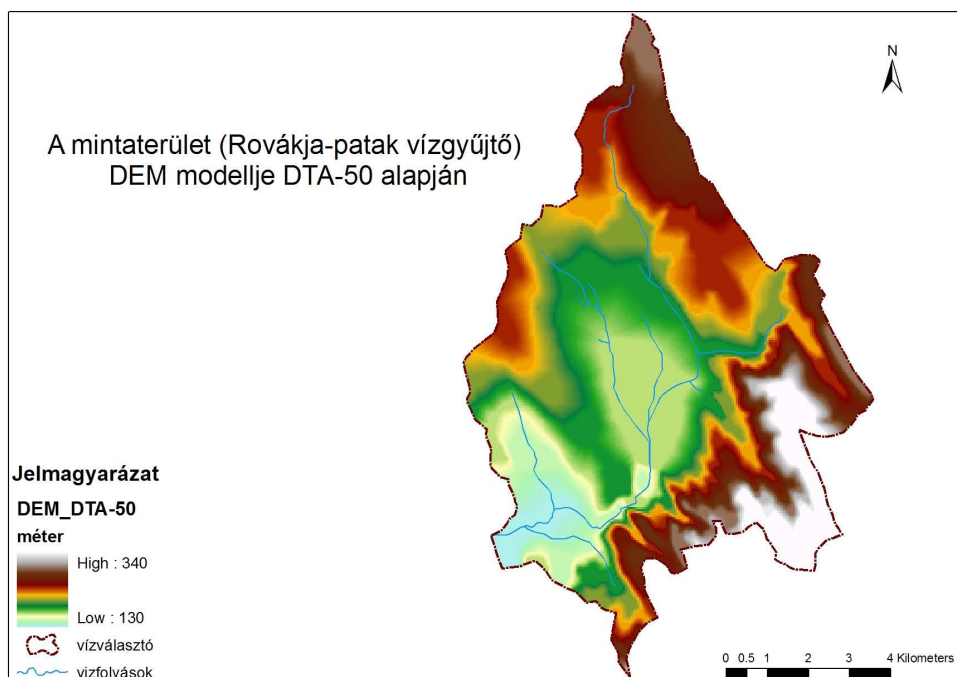
lek kialakításakor a vizsgált területet szabályos vagy szabálytalan idomokkal, általában négyzetekkel (formája a rács /grid/), illetve háromszögekkel (TIN – Triangulated Irregular Network) lefedik, s a lefedéshez használt idomok csúcspontjainak magasságát meghatározzák. A rácshálós módszer alapja, hogy a domborzatot szabályos területekre osztjuk fel, aminek eredménye egy pontmátrix. Térbeli interpolációval a megfelelő hálózat rácspontjaira vonatkoztatjuk a magasságadatokat. Minél sűrűbb a pontok koncentrációja, annál nagyobb a DDM felbontása. A háromszögesített szabálytalan hálózat (TIN) a szabálytalan eloszlású mintapontokat egyenesekkel köti össze, így egy szabálytalan háromszög-hálózatot kapunk. A háromszögek illeszkednek egymáshoz, ezáltal biztosítják, hogy a felület folytonos lesz.



Forrás: saját szerkesztés

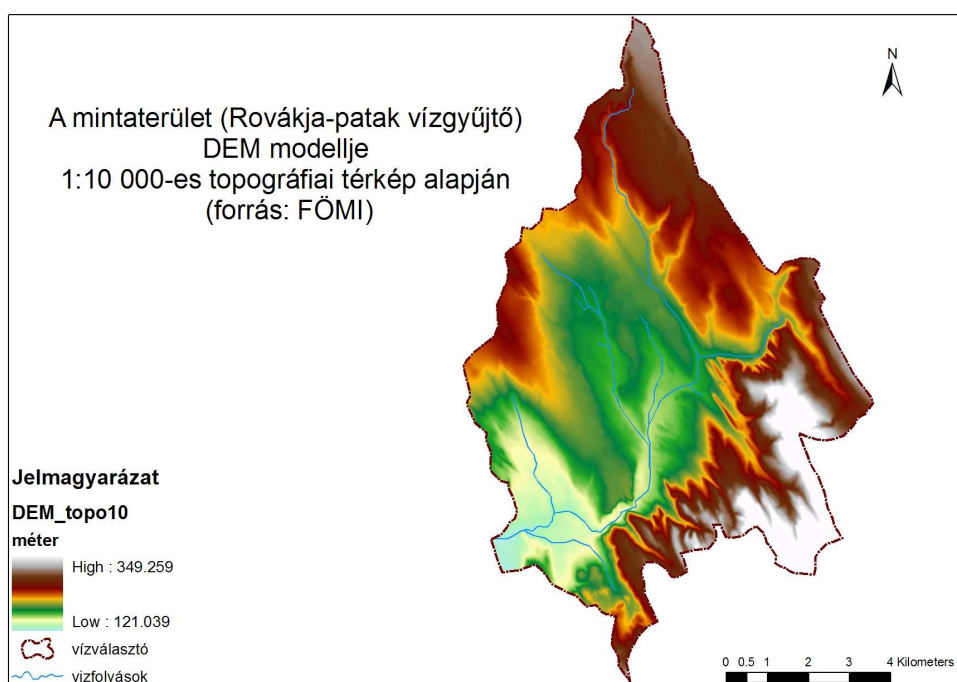
28. ábra: Vektoros DDM a mintaterületre.

A két DDM között is látszódik a méretarányból adódó különbség. A DTA-50 alapján készített raszteres DDM modell felbontása 50 méter, míg az 1:10 000-es topográfiai térkép alapján készült DDM felbontása 10 méter. Értelemszerűen a cellák (pixel) méretét meghatározza a méretarány. Nem meglepő, hogy már ekkora vízgyűjtő területnél is látszódik, hogy a domborzati különbségek sokkal jobban előtűnnek a nagyobb felbontású DDM esetében. A lefolyást befolyásoló domborzati tényezők, így a völgyek hálózata, a sík területek elhelyezkedése, a nagyobb relief energiával rendelkező területek lehatárolása, így mindezen tényezők elemzésére is alkalmasabb az 1:10 000-es topográfiai térkép. A DTA-50 használhatóságát elsősorban a nagyobb (100 km² feletti) vízgyűjtők esetében látom. Fontos azonban a DDM-ek fizikai mérete is, a számítógép kapacitása, így az elemzések végrehajtásának gyorsasága szempontjából. A kisebb felbontású DDM adatállománya értelemszerűen kisebb, így az elemzések könnyebben, gyorsabban végrehajthatók. A nagyobb felbontású DDM több adatot tartalmaz, ezért némely elemzést, statisztikai vizsgálatot megfelelő kapacitású számítógéppel lehet elvégezni.



Forrás: saját szerkesztés

29. ábra: Raszteres DDM a mintaterületre 1:50 000-es adatbázis alapján.



Forrás: saját szerkesztés

30. ábra: DEM a mintaterületre 1:10 000-es adatbázis alapján.

A domborzatmodellek elsődleges alkalmazása a hidrológiai modellezésben a felszíni összegyülekezési és lefolyási irányok vizsgálatára szolgál. A lefolyási irányok lehető legjobb közelítő meghatározására több algoritmust is kifejlesztettek, de mind azon a feltevésen alapul, hogy a domborzatmodell mentes az algoritmikus hibák okozta, valószerűtlen, pontszerű túlmélyítésektől és nagyobb kiterjedésű, „lefolyástalan” területektől. A domborzatmodellek minőségével szemben támasztott általános minőségi követelmények teljesítése mellett e „göd-

rők” megfelelő kiszűrésével és elhárításával zavartalanná kell tenni a lefolyási útvonalakat (Bódis, 2008).

A digitális magassági modell létrehozásával meghatározhatjuk a víz felszínen történő mozgását, a lefolyást. A lejtőmeredekség-térkép megmutatja a terepfelszín egyes pontjain a lejtőhajlás mértékét. Ennek alapján a lejtési irányokból meghatározhatóvá válnak azok a térrészek, ahonnan a felszíni vizek szétterülnek, illetve ahol a vizek összegyűlekeznek (Nagy et al, 2007).

4.4.1. A digitális domborzatmodell megjelenési formái, hidrológiai alkalmazása

Digitális terepmodellek készítése térinformatikai szoftverrel könnyedén megvalósítható. A hidrológiai elemzések elvégzéséhez számtalan ingyenes és licence-szel rendelkező szoftver lelhető fel az Interneten. Jelen kutatásban a licence-szel rendelkező szoftverként az ESRI ArcGIS 9.3 programot használtam Spatial Analyst kiterjesztéssel, elsősorban azért, mert eddigi kutatásaim során is ezzel dolgoztam. Az ingyenes szoftverek közül kettő kerül bemutatásra, mindegyik elérhető az Open Source GIS oldalán (opensourcegis.org) vagy a Free GIS oldalán (freegis.org): az egyik az ArcGIS moduljaként működtethető (Spatial Analyst kiterjesztés helyett) DEM Surface Tools; a másik a SAGA GIS (System for Automated Geoscientific Analyses), amely egy komplex hidrológiai elemzéseket is tartalmazó nyílt forráskódú szoftver. Természetesen még számos olyan nyílt forráskódú programot találunk, amely alkalmas hidrológiai elemzésekre (pl. GRASS, HydroSIG).

Fontosnak tartottam, hogy mind az oktatásban, mind a kutatásban is ismertebbek legyenek a nyílt forráskóddal rendelkező szoftverek. Számtalan érvet és ellenérvet lehetne felsorolni a jogtisztaság és a nyílt forráskóddal rendelkező szoftverekkel kapcsolatban. Az értekezésben elsősorban azokat a pozitívumokat és negatívumokat sorolom fel, amelyeket a konkrét vizsgálat során tapasztaltam. Mivel kutatásom tárgya a vízgazdálkodás térinformatikai bemutatása, így elsősorban arra koncentráltam, melyek azok a funkciók, módszerek, amelyeket a lefolyás modellezésében hasznosítani tudunk. A bemutatás a DDM-en és az annak alapján nyerhető információkon keresztül történik, kihangsúlyozva a lefolyás vizsgálata szempontjából lényeges elemeket.

A DDM egyik fő feladata, hogy a domborzati térképeknel jóval szemléletesebben ábrázolja egy-egy terület domborzatát. A lehetséges megjelenítési módok közül a legegyszerűbb a magasságnak megfelelő színezés, ami azonban nem kelt térhatást. Klasszikus megoldás a raszteres hálózat „megemelésével” (azaz magassági adatok hozzárendelésével) készült, háromdimenziós hatást keltő tömbszelvény.

A megjelenítés különböző módjain kívül a DDM-ekből többféle olyan információ származtatható, melyet korábban manuálisan kellett térképezni, ezeket hívjuk derivátumoknak. A felszín Lipschitz-folytonosságát feltételezve beszélhetünk elsőrendű és másodrendű parciális deriváltakról. Elsőrendű derivált a lejtőszög és kitettség, másodrendű deriváltak a lejtő- és síkdomborúság (Bódis, 2008).

Elsőrendű deriváltak

A DDM egyik fő feladata, hogy a domborzatot ne csupán szemléltesse, hanem alapelemének, a lejtőnek minél több tulajdonságát mérje is. A lejtőszög-kategóriák térképezése korábban manuálisan történt, s jelentős hibaforrások terhelték. A korszerű DDM-et előállító szoftverek számára a lejtőszög tangensének kiszámítása nem jelent gondot.

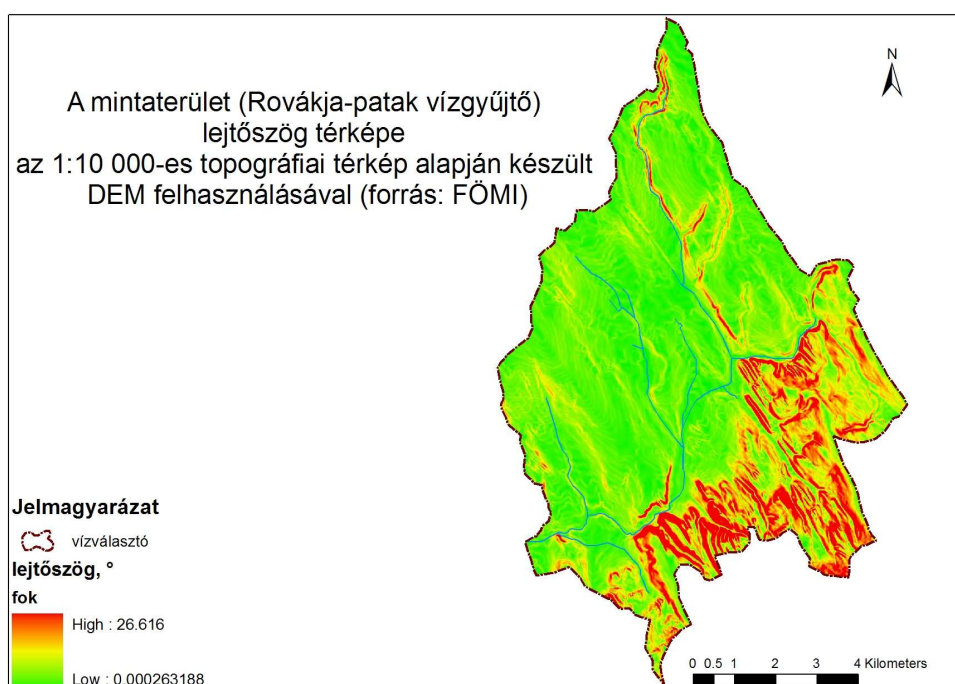
A lejtés (Slope) sok elemzésnek kiinduló adata, ahol a lejtést általában lejtőkategóriákban ábrázolják. A szabványos kategóriába sorolás a következő táblázat (XV. táblázat) segítségével történik.

XV. táblázat: Lejtők osztályozása.

Lejtőkategória	Lejtés, %	Minősítés	Megjegyzés
I	<5	sík	erózió hatása nem jellemző
II	5 - 12	enyhén lejtős	gépesítési, sáncolási határ
III	12 - 17	lejtős	speciális szántást igényel
IV	17 - 25	enyhén meredek	szántóföldi művelés határa
V	>25	meredek	szántóföldként nem művelhető

Forrás: saját szerkesztés

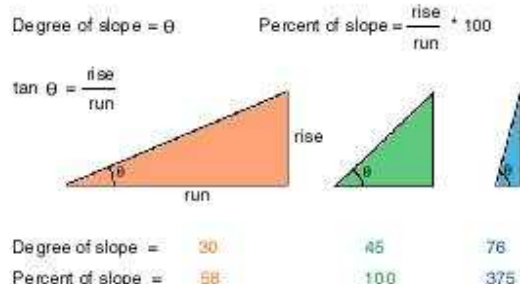
A lejtőszög, mint lokális geometriai paraméter az adott cella közvetlen környezetében a legnagyobb magasságkülönbség irányába eső lejtő lejtőszögét fejezi ki (31. ábra). Megadható koordináta-geometriai módszerekkel, vagy a felület első parciális deriváltjaként, kifejezhető radiánban, fokban, vagy százalékban. A közvetlen alkalmazások között említhetők a felszín meredekségére, felszíni és felszín alatti lefolyásra, erózióra, anyagáramlásra, geoökológiai funkciókra, mezőgazdasági művelhetőségre, beépíthetőségre vonatkozó tanulmányok.



Forrás: saját szerkesztés

31. ábra: DEM elsőrendű deriváltja, a lejtőszög - ArcGIS.

A négyzetes raszteres modellben minden elemi cellának 8 szomszédja van, ezek magasságértékeiből számítható a központi cella lejtőszögének a tangense, melyet aztán besorolnak a megfelelő kategóriába (32. ábra).



Forrás: ESRI.

32. ábra: A lejtőszög kiszámításának módja.

A DEM Surface Tools és a SAGA GIS (33. ábra) segítségével is lehet lejtőszöget számítani, így térképet készíteni. A DEM Surface Tools három számítási módszert ajánl fel, míg a SAGA GIS hét különböző módszert.

A lejtés kiszámításának alapvető módja, hogy figyelembe vesszük a K-Ny (East-West, G) és É-D (North-South, H) irányú gradienseket, majd az alábbi képletet használják:

$$\% \text{ Slope} = (G^2 + H^2)^{0.5}$$

A térinformatikai programok által kiszámolt lejtőszögek az eltérő számítási módszer miatt különbözőek lehetnek. Ha veszünk egy 3×3 cellából álló rasztert, akkor a Z1, Z2... stb. pontok a magassági értékeket mutatják, L a távolságot.

Z1	----	Z2	----	Z3
Z4	----	Z5	----	Z6
Z7	----	Z8	----	Z9

Három olyan módszer létezik, amelyet igen gyakran használnak.

A. 4-cella módszer (4-cell method):

$$\text{East-West Gradient} = (-Z4 + Z6) / 2L$$

$$\text{North-South Gradient} = (Z2 - Z8) / 2L$$

B. Horn-módszer (Horn's method):

$$\text{East-West Gradient} = [(Z3 + 2*Z6 + Z9) - (Z1 + 2*Z4 + Z7)] / 8L$$

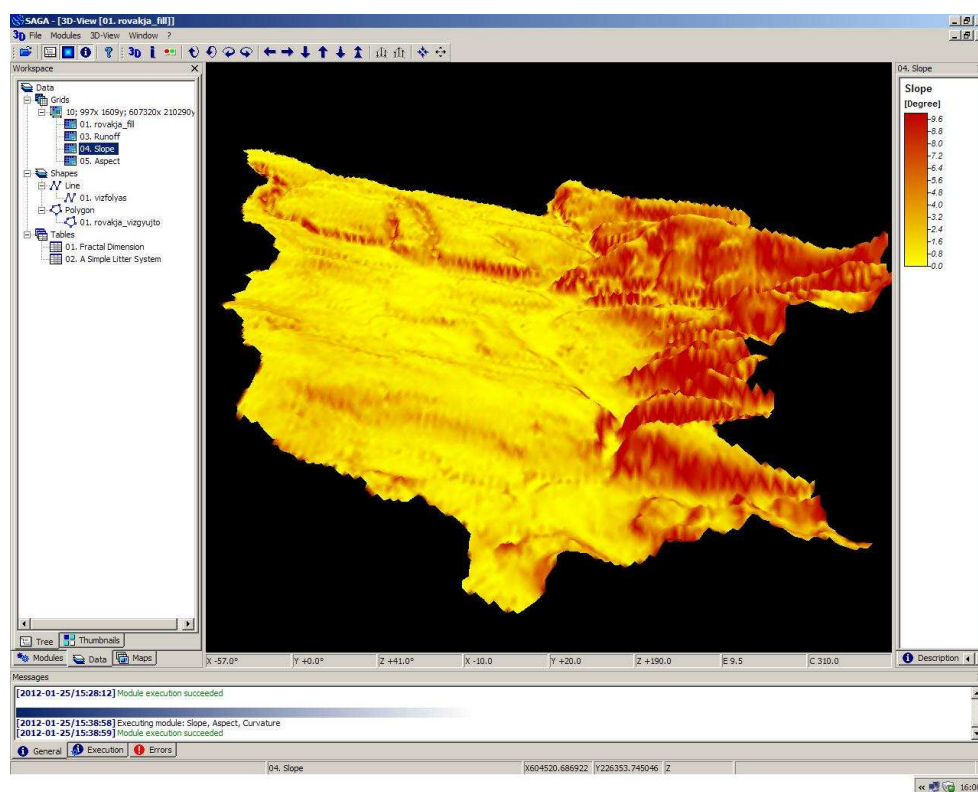
$$\text{North-South Gradient} = [(Z1 + 2*Z2 + Z3) - (Z7 + 2*Z8 + Z9)] / 8L$$

C. Sharpnack-Akin-módszer (Sharpnack & Akin's Method)

$$\text{East-West Gradient} = [(Z3 + Z6 + Z9) - (Z1 + Z4 + Z7)] / 6L$$

$$\text{North-South Gradient} = [(Z1 + Z2 + Z3) - (Z7 + Z8 + Z9)] / 6L$$

Az ArcGIS a Horn-módszert alkalmazza, míg a SAGA GIS mind a három módszert felajánlja.



Forrás: saját szerkesztés

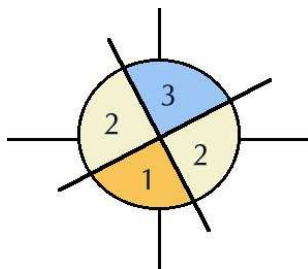
33. ábra: DEM elsőrendű deriváltja, a lejtőszög 3D modellje K-Ny-i irányultsággal – SAGA GIS.

Az elemzést mindegyik számítási móddal elvégeztem, szignifikáns különbséget nem mutatott ki. A minimum és maximum értékek közti változékonyság 3%-on belül volt. A további elemzéseknél a Horn-módszert alkalmaztam.

A felszín lejtésviszonyait fejezi ki a reliefenergia is, amely valamely területelem domborzatának változékonyságára utaló jelzőszám.

Amikor a program kiszámította a cella maximális lejtését, egyidejűleg meghatározta annak irányát is, amiből a kitettségre lehet következtetni.

A lejtésirány szerinti kategorizálás kitettségi osztályokat eredményez, amit általában a 17%-nál nagyobb lejtésű domborzat esetében vesznek figyelembe. Az elgondolás azonban nem minden esetben helytálló, hiszen a mezőgazdasági területek (tehát főként 17%-nál kisebb lejtésű területek) vízháztartását is befolyásolja, hogy milyen szögben és milyen napszakban éri a több napsugárzás. Helyesebb tehát az egész területen figyelni a kitettség alakulását. A kategória-határok a fő égtájakhoz nem szimmetrikusan, hanem azokhoz képest 22,5°-kal eltolva helyezkednek el (XVI. táblázat). Ennek a magyarázata az, hogy a levegő hőmérséklete a Nap mozgását megkésve követi. Az 1. osztályba a délies lejtők tartoznak, amelyeket reggeltől estig ér a nap. A 2. kitettségi osztályba sorolt területek reggel illetve este kapnak napsütést. A 3. kategóriában kevés a napsütés, különösen télen (34, 35. ábra)(Márkus, 2011).



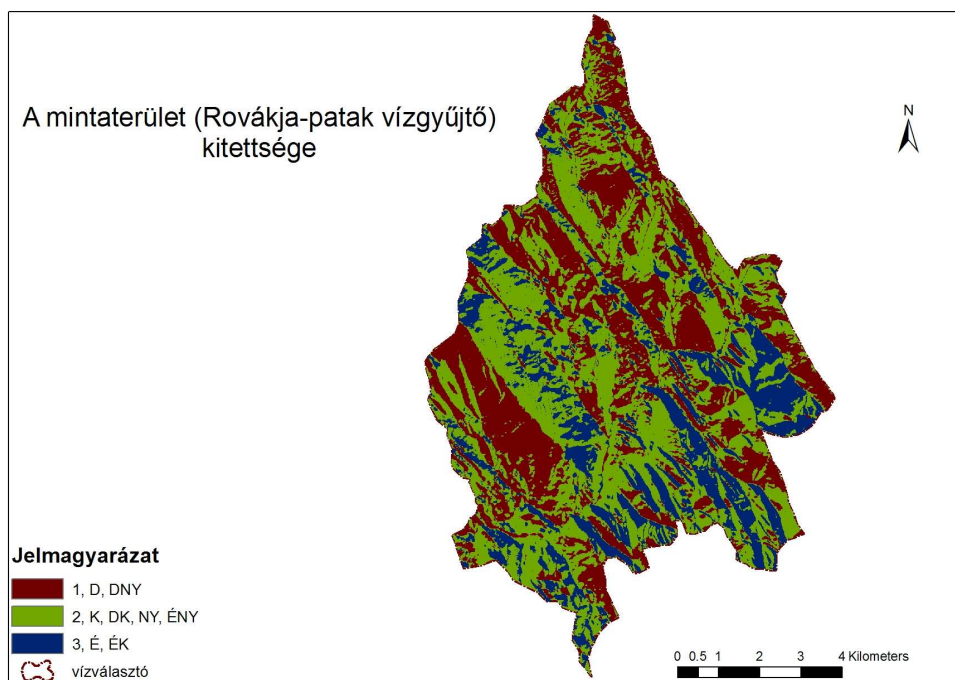
Forrás: Márkus, 2011

34. ábra: Kitétségi osztályok.

XVI. táblázat: Kitétségi osztályok égtájak szerint.

Írányszög	Égtáj	Kitétség
0-67°	É, ÉK	3
68-157°	K, DK	2
158-247°	D, DNY	1
248-337°	NY, ÉNY	2
338-360°	É	3

Forrás: Márkus, 2011



Forrás: saját szerkesztés

35. ábra: Kitétség a Rovákja-patak vízgyűjtőjén.

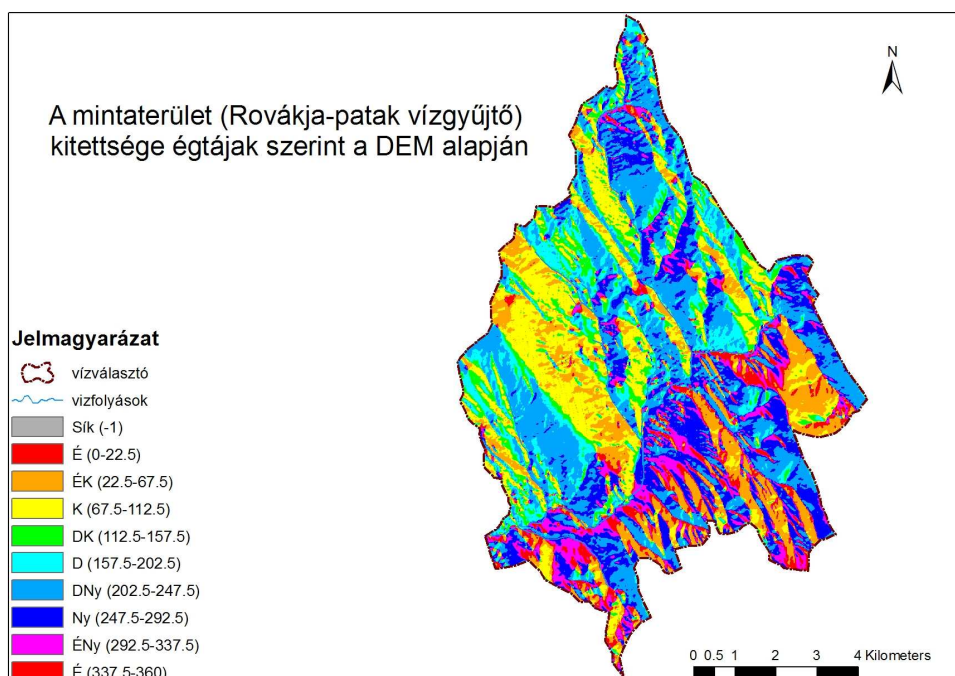
Az általam használt térinformatikai programok másfajta metódust használnak. A legmeredekebb lejtő égtáji irányultságát lokális geometriai paraméterként a kitétség cellánkénti értéke jellemzi. Megadása általában az északi irányt kiindulási pontnak (0 fok) véve, az óra járásával megegyezően 360 fókig terjed (36. ábra).



Forrás: ESRI

36. ábra: Kitétség meghatározása.

Itt hívnám fel a figyelmet arra, hogy bár a térinformatikai programok a domborzat kitétségét akarják létrehozni, de valójában a lejtés irányát adják meg (ezt lehet kategorizálni vagy színfokozattal ellátni)(37, 38. ábra). Éppen ezért a további elemzések elvégzésénél különös figyelmet kell fordítani erre a tényre, főleg azért, mert a szakirodalomban sincs eléggé hangsúlyozva.

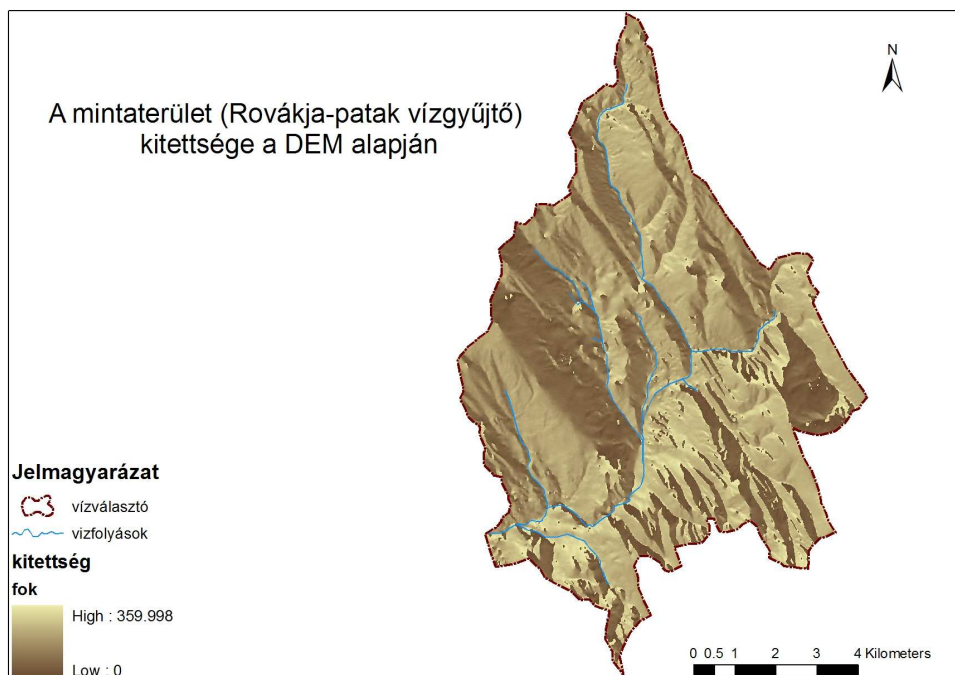


Forrás: saját szerkesztés

37. ábra: DEM elsőrendű deriváltja, a kitétség (égtájak szerint) - ArcGIS.

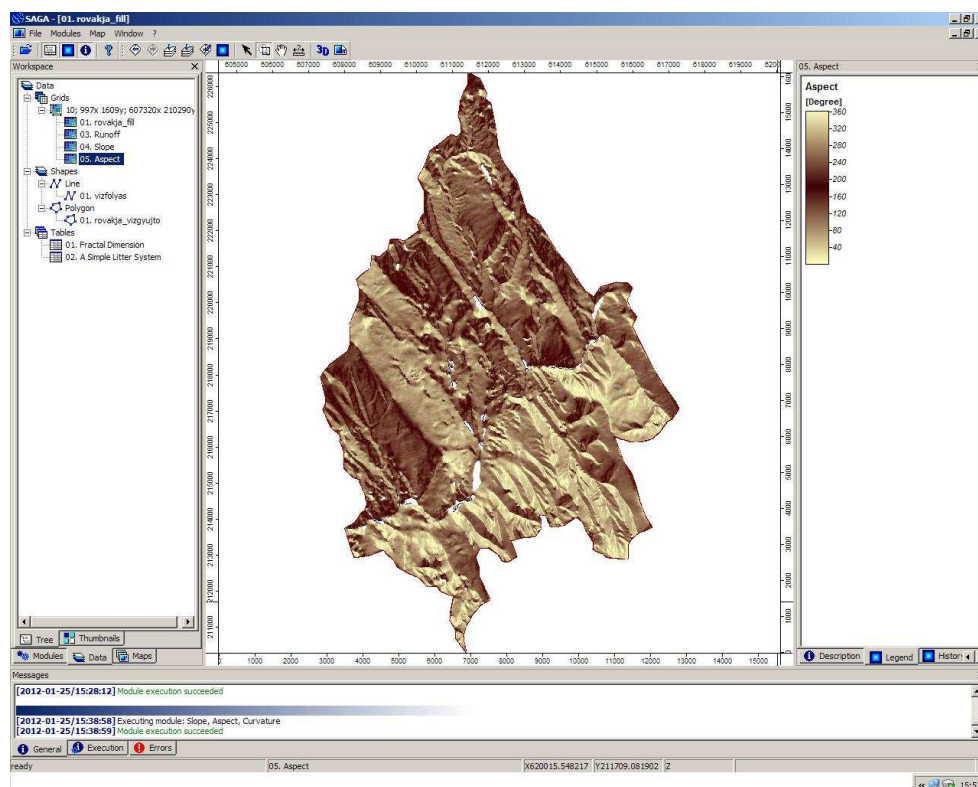
A kitétség definiálása fontos hidrológiai szempontból, elsősorban a párolgás meghatározásánál, a besugárzás számításánál. A kitétségi értékek határozzák meg a gravitációt követő anyagáramlási irányokat, felhasználják potenciális besugárzás és potenciális evapotranspiráció számítására. Forrása különböző gyülekezési modelleknek.

A SAGA GIS hasonló módszerrel számolja a kitétséget (lejtés irányát), megjelenítésben viszont valósághű ábrázolást nyújt a színskala módosítása révén. Érdekes még, hogy a teljesen vízszintes felületek nem is kerülnek kitöltésre, így tökéletesen látszódnak a térképen (39. ábra).



Forrás: saját szerkesztés

38. ábra: DEM elsőrendű deriváltja, a kitétség (színfokozattal) - ArcGIS.

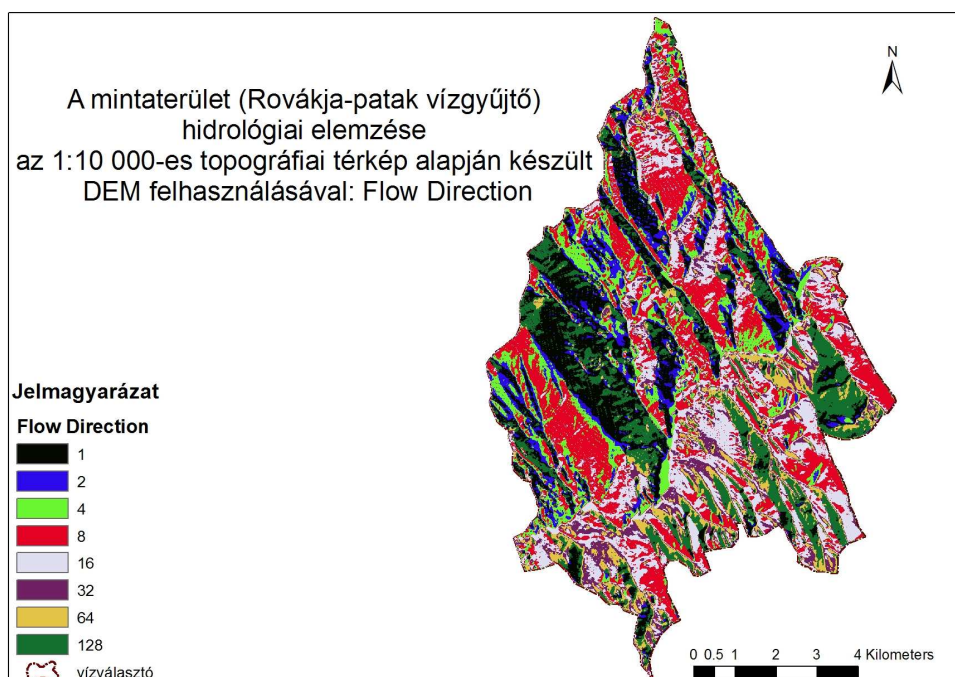


Forrás: saját szerkesztés

39. ábra: DEM elsőrendű deriváltja, a kitétség (fok szerint színfokozattal) – SAGA GIS.

Másodrendű deriváltak

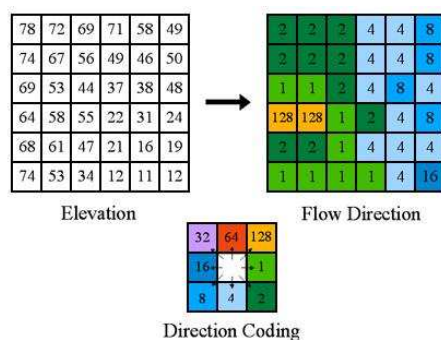
Külön kimenet lehet a lefolyási irányok térképe (40. ábra), a lejtő alakja, a görbültség mértéke.



Forrás: saját szerkesztés

40. ábra: Lefolyási irányok térképe ArcGIS Spatial Analyst modullal készítve.

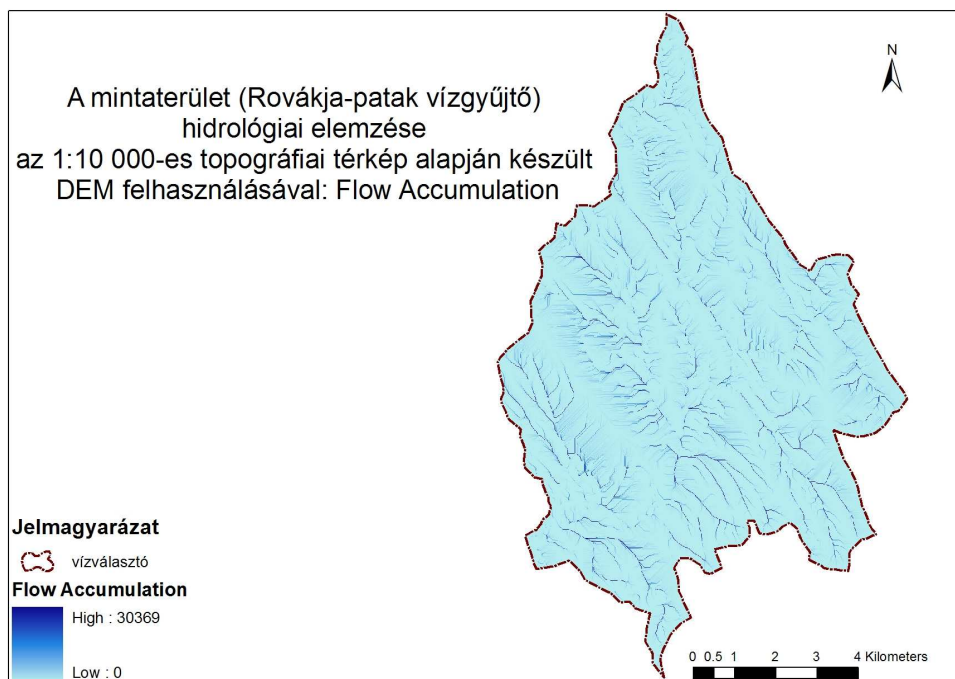
A DEM celláinak értékeiből kiszámítja a felszíni lefolyás irányát az alábbi módon (41. ábra):



Forrás: ESRI

41. ábra: Lefolyási irányok számítása.

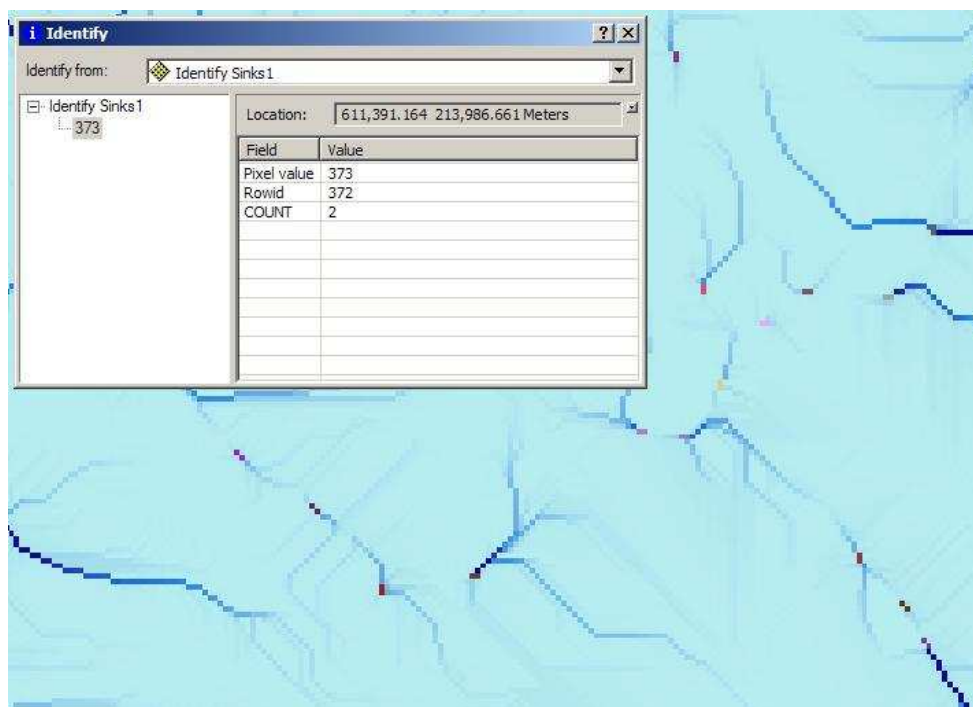
Leginkább a vízrajzi vizsgálódásokat segíti a vízgyűjtő területek lehatárolása. A megfelelő utasítások nyomán a program végigköveti a domborzatmodellen a vízválasztó futását, ezzel kijelöli a vízgyűjtőket, majd meghatározza a legfontosabb paramétereket (pl. terület, relief-energia, lejtés). Az egyes elemi cellák lejtésirányából megállapítható a felszíni lefolyás iránya, azaz a vízhálózat (Lóczy, 2002) (42. ábra).



Forrás: saját szerkesztés.

42. ábra: Felszíni lefolyási irányok meghatározása (1) - ArcGIS.

Talán első ránézésre is látható, hogy a fenti ábrán a vízfolyások száma, iránya, kapcsolódása nem megfelelő. Ennek valószínűsíthető oka a DEM-ben keresendő, amihez egy egyszerű vizsgálatot kell végrehajtanunk. Ha a domborzatmodell elkészítése során a terep paramétereit úgy állítottuk be, hogy nem szükséges a lefolyástalan területek megszüntetése, akkor ebben lehet keresni a probléma okát.



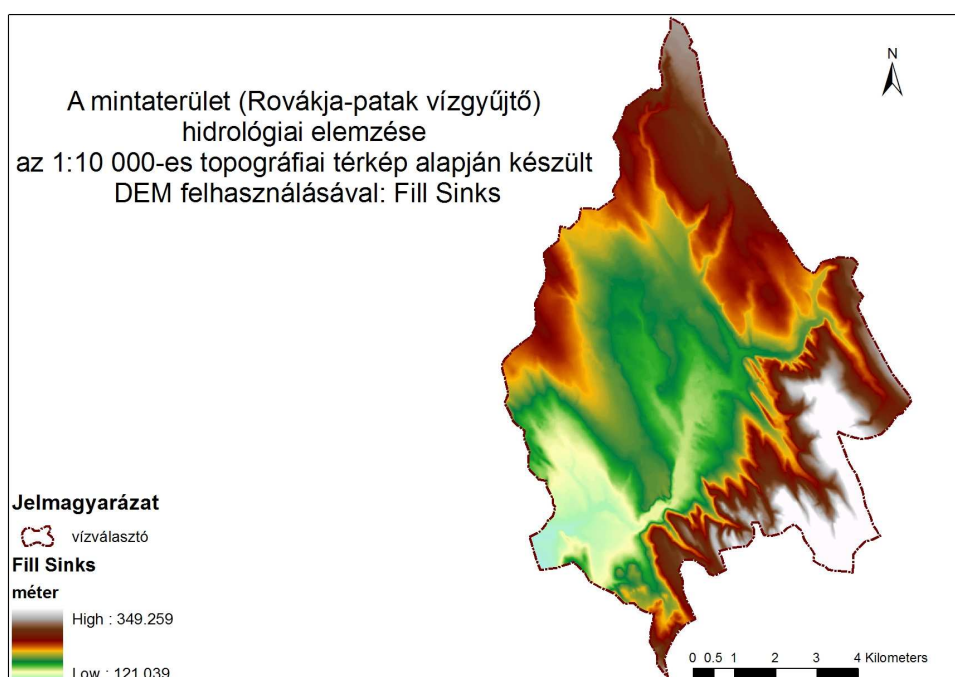
Forrás: saját szerkesztés

43. ábra: Lefolyástalan területek behatárolása - ArcGIS.

Minden környezeténél mélyebb, lefolyástalan gödör feltölthető a szomszédos cellák legalacsonyabb szintjére, ezzel biztosítva legalább egy irányba az adott cellából való kifolyás lehetőségét. A lefolyástalan területek, mélyedések (sink) keresése az Identify Sinks paranccsal történik.

A Flow Accumulation rétegen jól látszik, hogy a vízfolyások igen nagy százalékának nincs lefolyása, ez a hiba elsősorban a magassági adatok rögzítésekor keletkezhet (43. ábra). Talán nem kell kihangsúlyozni, hogy így a felszín hidrológiai elemzésre alkalmatlan, kivéve ha a valódi felszínen is pontosan behatárolhatók ezek a lefolyástalan területek (egyes lápok, tavak stb.).

A DEM javítása szükséges ahhoz, hogy a hidrológiai elemzéseket el tudjuk végezni, ehhez a Fill Sinks parancsra van szükség, amely „feltölti” a mélyedéseket. Így olyan felszín, DEM jön létre, ahol minden egyes pontról lefolyik a víz az erózióbázis irányába (44. ábra).

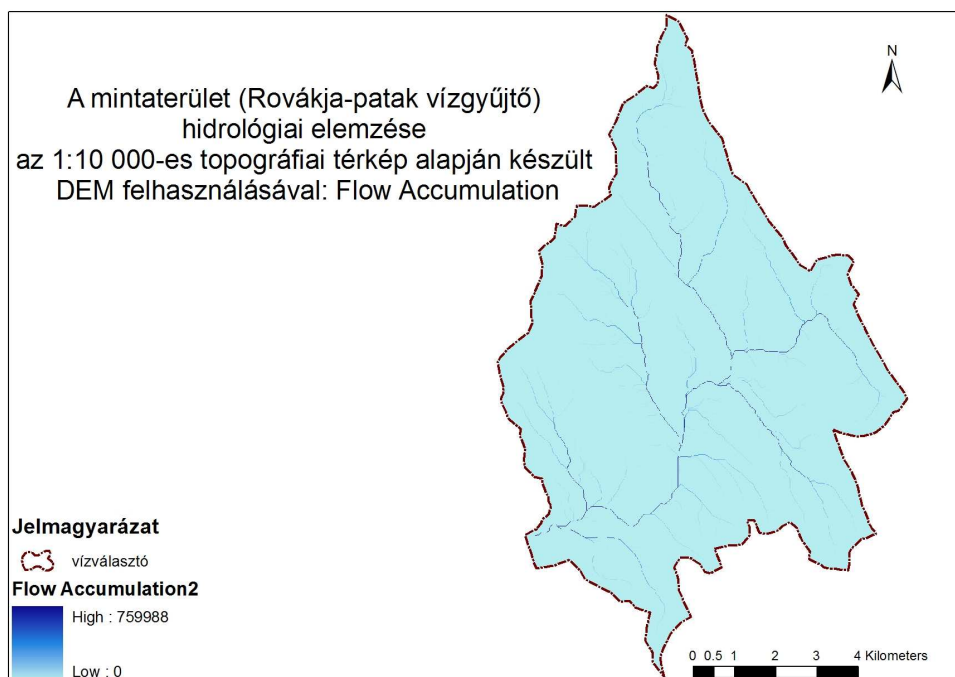


Forrás: saját szerkesztés

44. ábra: Lefolyástalan területek nélküli DEM - ArcGIS.

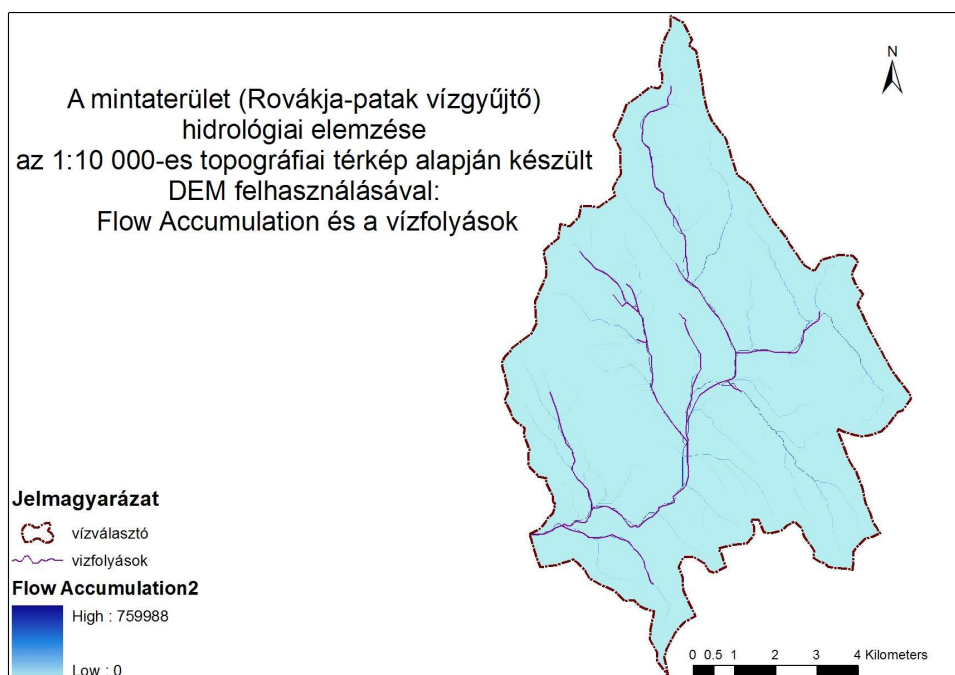
Ezek után érdemes újból elvégezni a felszíni lefolyási irányok lehatárolását (45. ábra).

Az elkészült térképen szépen kirajzolódik a lehetséges vízhálózat. Ha megvizsgáljuk, mennyire esik egybe a valódi vízfolyások futásával, a vízfolyások kialakulására, morfometriájára következtethetünk (46. ábra).



Forrás: saját szerkesztés

45. ábra: Felszíni lefolyási irányok meghatározása (2) - ArcGIS.



Forrás: saját szerkesztés

46. ábra: Lefolyási irányok és a valódi vízfolyások - ArcGIS.

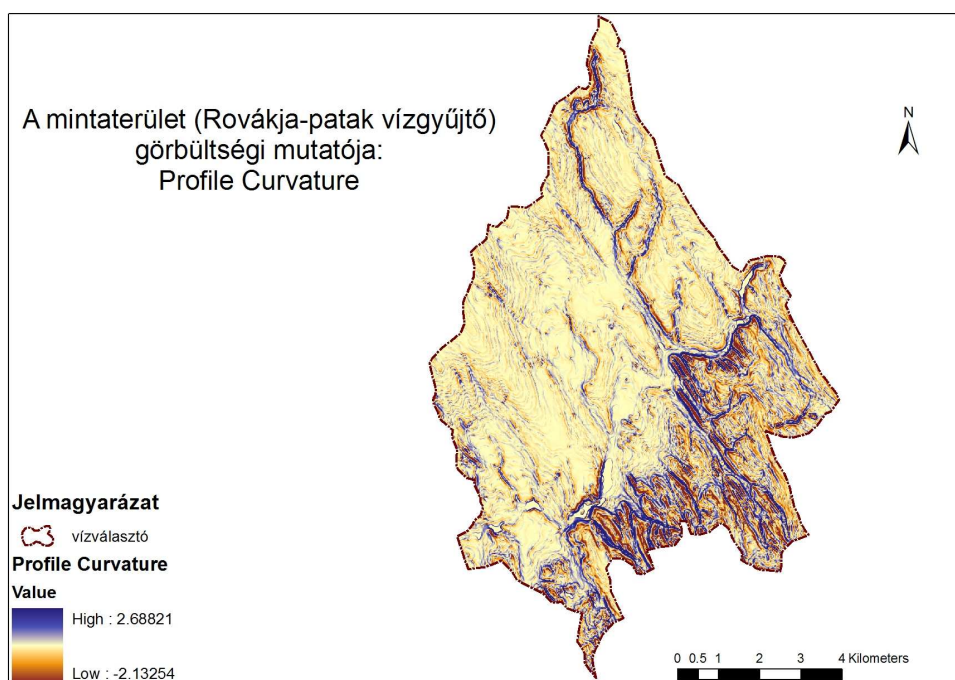
A felszín másodfokú deriváltjaiként is értelmezhető görbület a felszín konvex-konkáv-egyenes jellegét megadva a lejtő-, illetve az arra merőleges irányú változások mértékét írja le. Az érték negatív, ha a felszín alakja konkáv, pozitív, ha konvex és lapos, egyenes (nulla lejtőszög) felszín esetén nulla. A görbültség/horpadtság a vízgyűjtő fizikai karakterisztikájának bemutatására szolgál; a felszíni lefolyás gyorsulásával és sebességével foglalkozó tanulmá-

nyokban, jellemző felszínformáló folyamatoknak (erózió) kitett térszínnek lehatárolásában van jelentősége. Mivel a lefolyási viszonyoknál az egyik legfőbb befolyásoló tényező, ezért ezt a jellemzőt részletesebben taglalom a DEM Surface Tools kiterjesztést használva. Az ArcGIS Spatial Analyst és 3D Analyst kiterjesztésében is elérhető a Curvature (görbültség) parancs, ám a két kiterjesztés értelmezése sokszor nem esik egybe, ezeket külön jelzem a leírásban.

A modul felszín görbültségének hét típusát számolja ki, amelyeket hidrológiai szempontból három csoportba sorolhatunk:

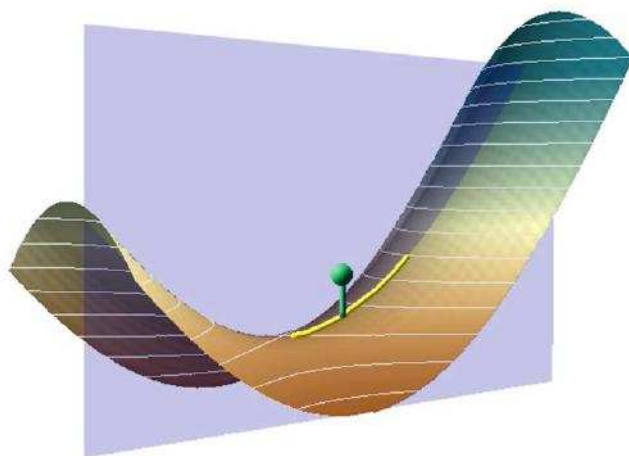
- a víz szétáramlási és gyülekezési jellegét jellemzőek: Plan (Vízszintes irányú), Tangential és Cross-sectional Curvature (ez utóbbi az ArcGIS-ben „Plan Curvature” néven jelenik meg).
- a lefolyás sebességét jellemzők: Profile (Lejtő irányú) és Longitudinal Curvature (ez utóbbi az ArcGIS-ben „Profile Curvature” néven jelenik meg).
- a felszín általános görbültségét jellemzők: Total (Teljes) és General Curvature (Általános)(vízszintes és lejtő irányú kombinációja)(ez utóbbi az ArcGIS-ben „Curvature” néven jelenik meg).

A Profile Curvature, amelyet „függőleges görbültségnek” is hívnak, nem egyezik meg az ArcGIS-ben használt elnevezéssel. A DEM Surface Tools menüben használt görbültségi mutató azt mutatja meg, hogy egy adott cellában milyen gyorsan áramlik a víz. Ha konkáv, vagyis homorú az alakja a lejtőnek, akkor lassabb a víz áramlása (pozitív az érték). Ha konvex, vagyis domború az alakja, akkor gyorsabb a víz áramlása (negatív az érték) (47. ábra).



Forrás: saját szerkesztés

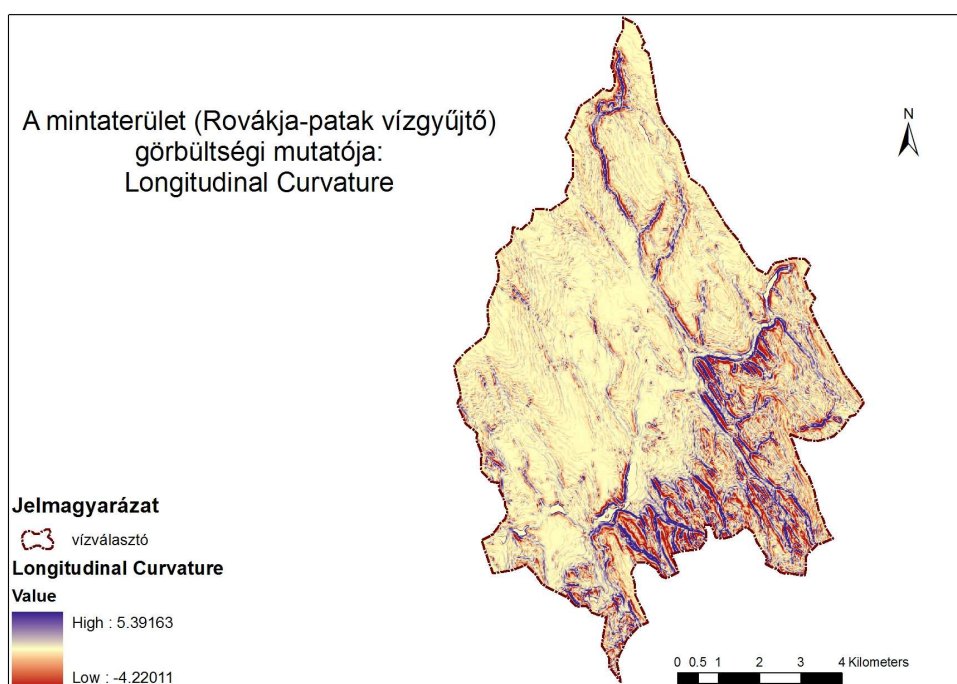
47. ábra: Profile Curvature – DEM Surface Tools.



Forrás: Jenness, 2011

48. ábra: Profile Curvature – séma.

A Profile Curvature-hez hasonlóan a felszínen lefolyó víz sebességét jelzi a Longitudinal Curvature (az ArcGIS-ben ez utóbbit hívják Profile Curvature-nek), a számítás módszerében különböznek. Egyesek szerint nem a valódi görbültséget írja le, hanem az irányokra vonatkozó derivátum (Jenness, 2011). Megjelenésében a Profile Curvature módszerhez hasonlít (49. ábra).

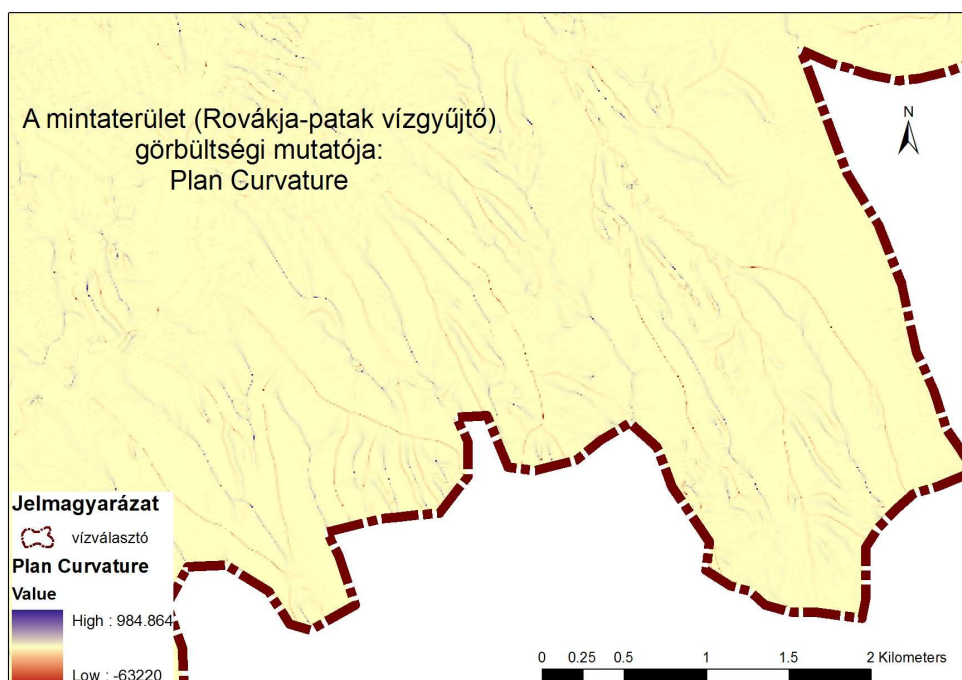


Forrás: saját szerkesztés

49. ábra: Longitudinal Curvature - DEM Surface Tools.

Míg a Profile Curvature másik elnevezése a „lejtés változását mutató arányszám”, addig a Plan Curvature a „kitettség változását mutató jelző” (Jenness, 2011), bár persze kérdés, hogy a valódi kitettségre vonatkozik a megállapítás vagy a lejtés irányára, mint általában a térin-

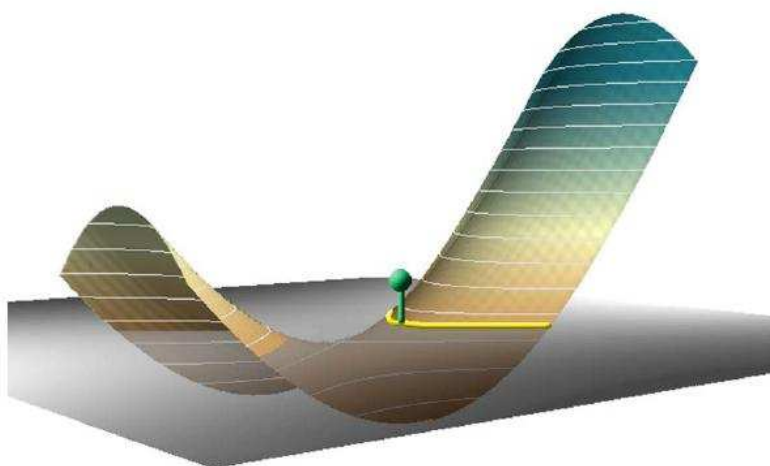
formatikai programokban használt kitettségre. Erre vonatkozó utalást nem találtam a szakirodalomban, az elvégzett elemzések a második megállapítást támasztják alá (lejtés iránya).



Forrás: saját szerkesztés

50. ábra: Plan Curvature - DEM Surface Tools.

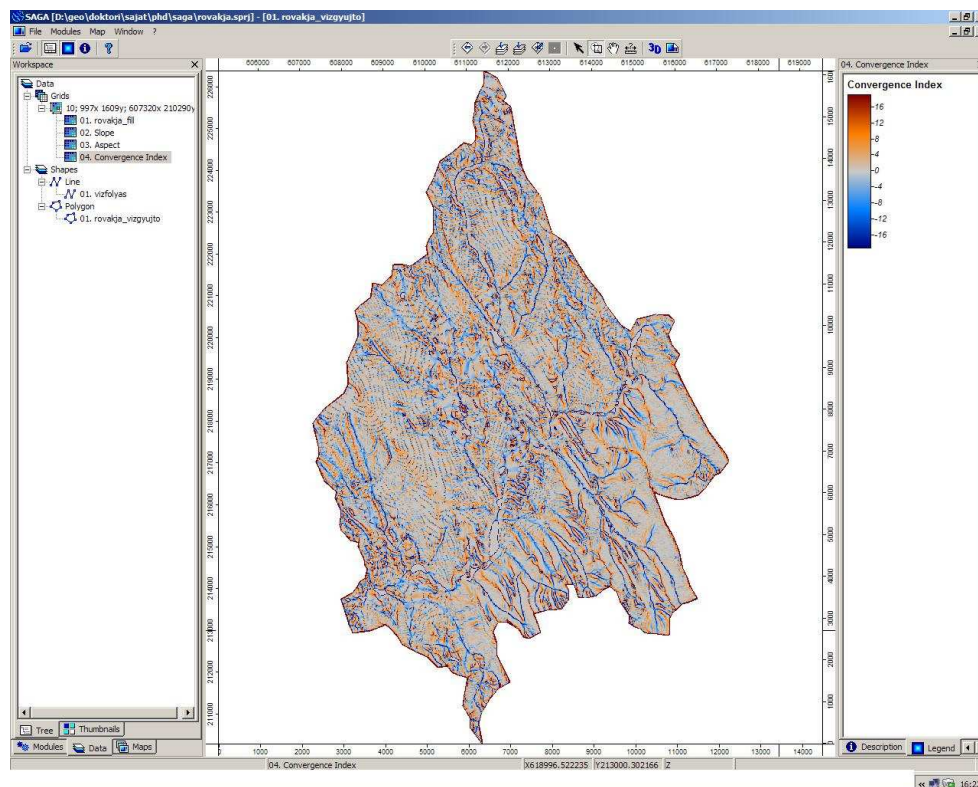
Ezt a görbültségi mutatót konvergencia indexnek is hívják, cellánként jellemzi a felszíni lefolyás szétáramlási (divergens, a konvergencia index pozitív) és gyülekezési (konvergens, a konvergencia index negatív) jellegét. A vízgyűjtő határ a szétáramlási zónában, a völgytalpak a gyülekezési zónában helyezkednek el (50. ábra, 51. ábra).



Forrás: Jenness, 2011

51. ábra: Plan Curvature – séma.

A SAGA GIS programban konvergencia indexnek hívja ezt a fajta görbülséget, de a számítási módszer azonos a fent leírtakkal. Az eredményt azonban kontrasztosabban jeleníti meg, így látványosabb (52. ábra).

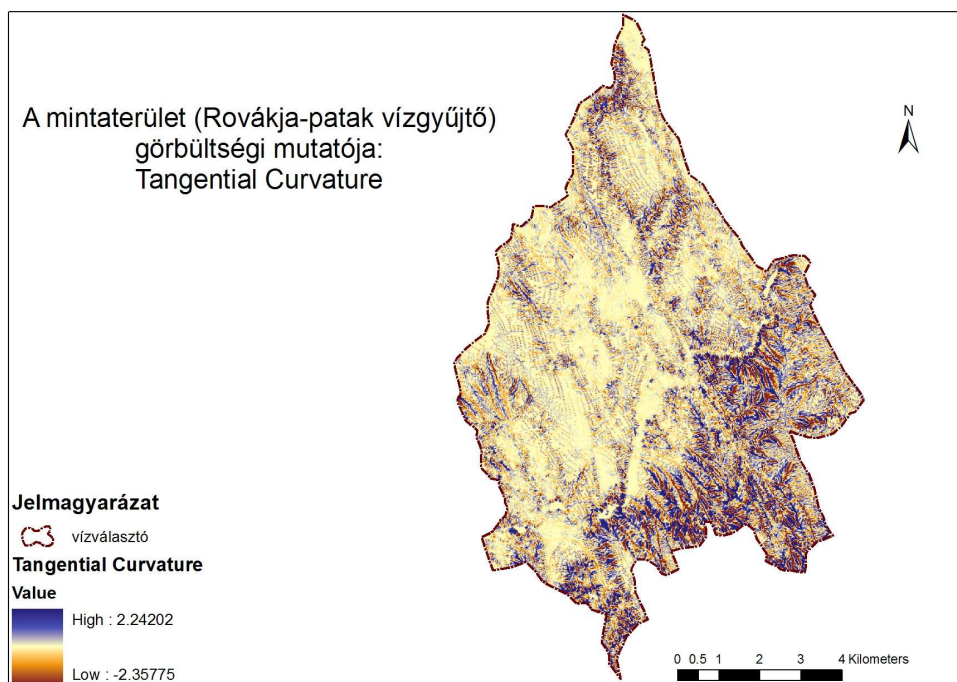


Forrás: saját szerkesztés

52. ábra: Konvergencia index – SAGA GIS.

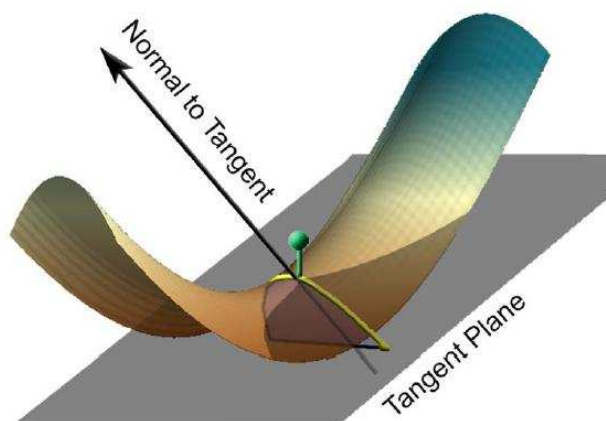
A Tangential Curvature mutató a Plan Curvature görbülségi mutatóhoz hasonlóan azt mutatja, hogy egy adott cellában a víz összegyülekezik vagy szétáramlik, a számítás módszertana azonban különböző (53. ábra, 54. ábra). Egyesek horizontális görbülségnek is hívják (Jenness, 2011).

A Longitudinal Curvature-hez hasonlóan egyesek szerint nem a valódi görbületet mutatja a Cross-Sectional Curvature (Jenness, 2011). A Plan Curvature módszerhez hasonlóan az összegyülekezési-szétáramlási irányokat mutatja (55. ábra). Az ArcGIS-ben ezt hívják Plan Curvature-nek.



Forrás: saját szerkesztés

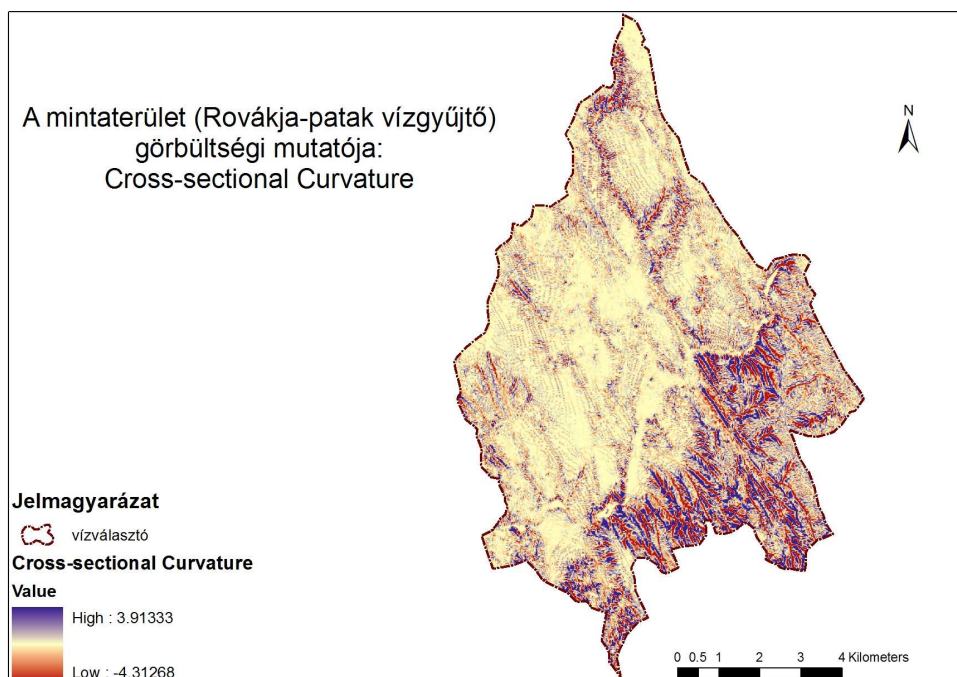
53. ábra: Tangential Curvature - DEM Surface Tools.



Forrás: Jenness, 2011

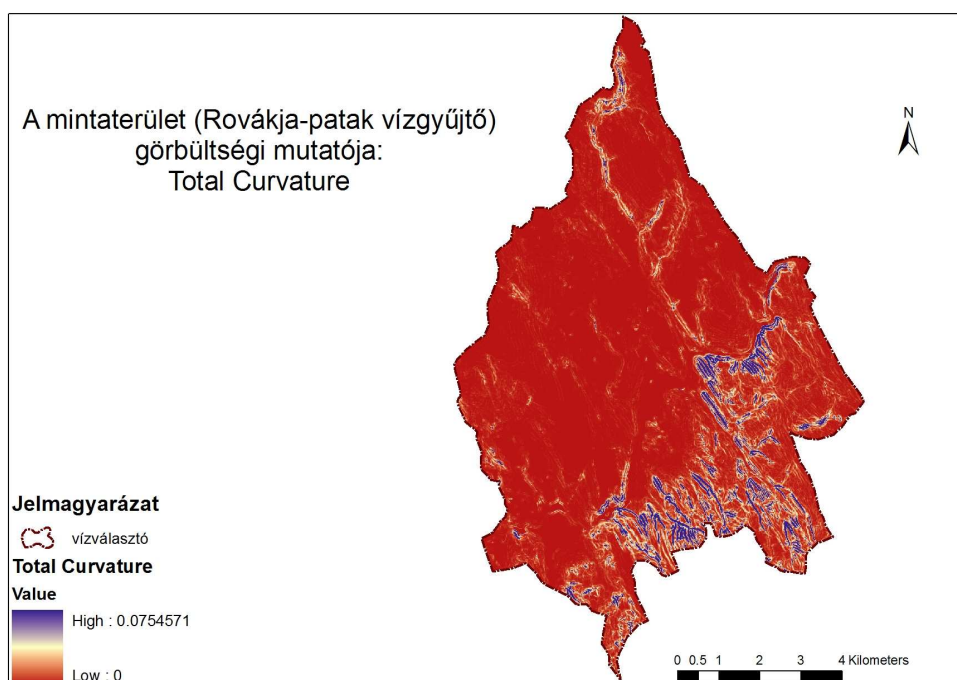
54. ábra: Tangential Curvature – séma.

A teljes görbültséget mutatja a Total Curvature, ami minden esetben nullánál nagyobb számot jelent. A felszín egyenetlenségére, érdekességére ad iránymutatást (56. ábra).



Forrás: saját szerkesztés

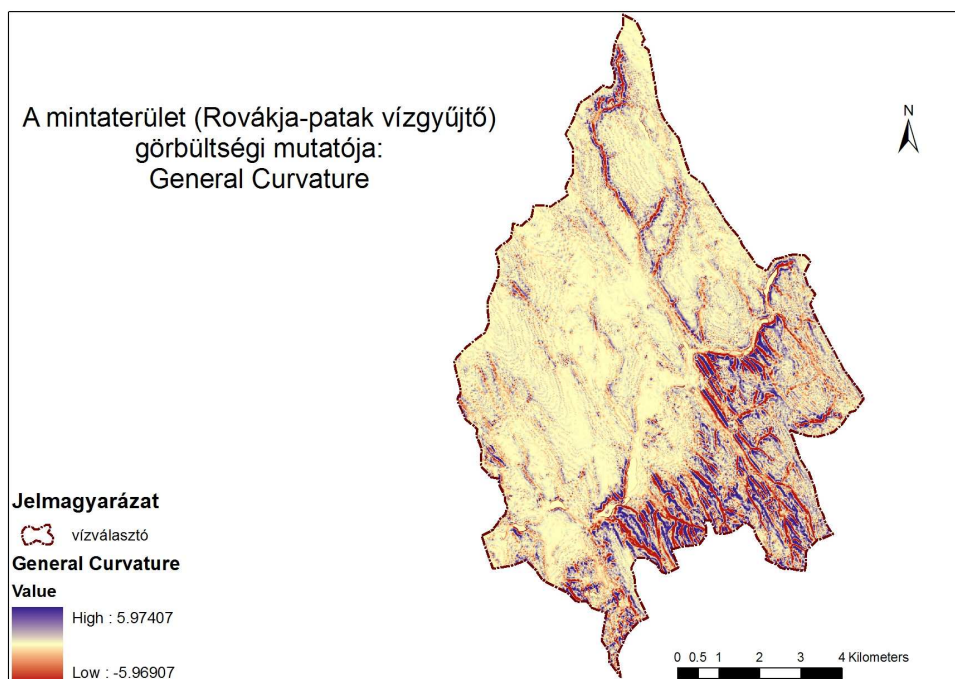
55. ábra: Cross-Sectional Curvature - DEM Surface Tools.



Forrás: saját szerkesztés

56. ábra: Total Curvature - DEM Surface Tools.

Az ArcGIS-ben Curvature-nek nevezett mutató a DEM Surface Tools modulban a General Curvature elnevezést kapta. Általános információt nyújt a domborzat lejtőformáira vonatkozóan: hol vannak homorú (negatív érték) és domború (pozitív érték) felületek (57. ábra).



Forrás: saját szerkesztés

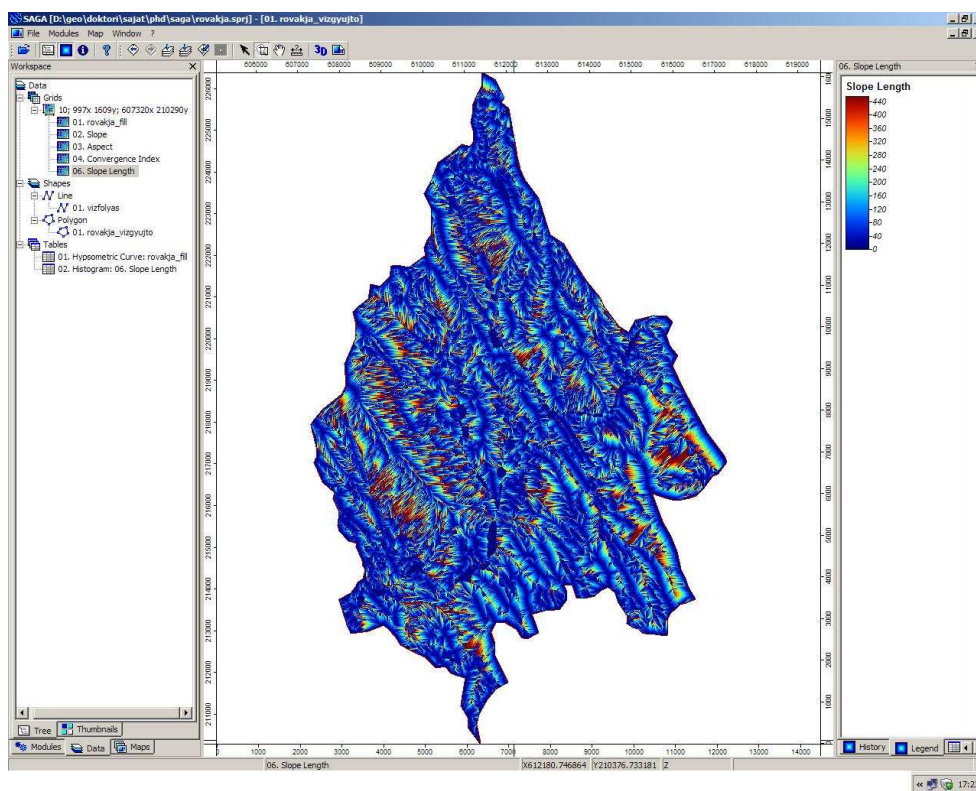
57. ábra: General Curvature - DEM Surface Tools.

A lefolyás vizsgálata szempontjából tehát tulajdonképpen négy görbültségi paramétert érdemes vizsgálni a fent leírt hét típus közül: a Plan Curvature (szétáramlási-összegyülekezési irányok), a Profile Curvature (lefolyás sebessége), a Total Curvature (felszín egyenetlensége) és a General Curvature (felszín általános görbültségi mutatói).

A SAGA GIS program számos egyéb hidrológiai elemzésre szolgáló funkciót tartalmaz. A lefolyás szempontjából még érdemes a lejtő hosszát vizsgálni (víz sebességére ad iránymutatót) (58. ábra). Megállapítható, hogy a Lovasberény-hát területén hosszabbak (lankásabbak) a lejtők, mint a nagy relief-energiával rendelkező Velencei-hegység területén. Az erózió valószínűsíthető mértéke így nagyobb a hegység területén. A művelési ágak figyelembe vételével más helyzet alakul ki. Az erdők megléte lassítja a lefolyás gyorsaságát, míg a szántók (főleg a nem megfelelő mezőgazdasági gyakorlat miatt) az erózióknak jobban kitett felületként jelennek meg.

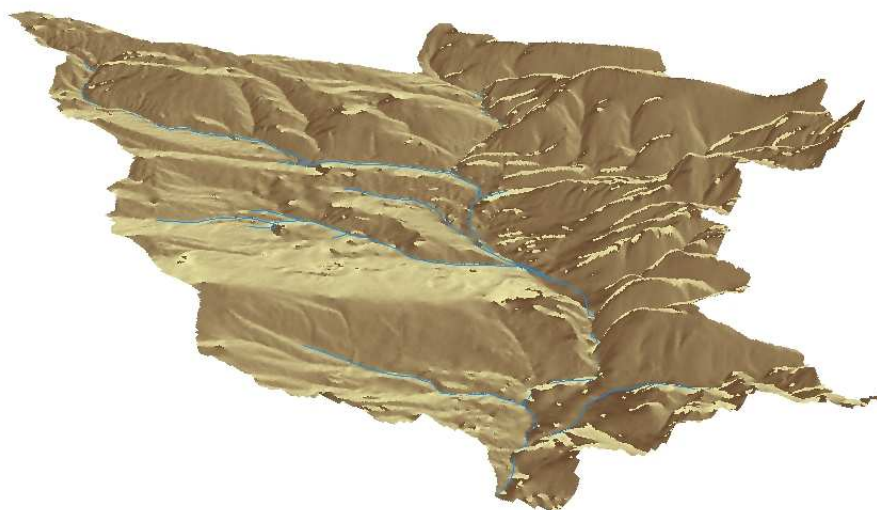
A cellánkénti lefolyásviszonyok vizsgálata után minden cellához meghatározható a felette lévő, az adott cellába befolyó cellák száma és így a modell felbontásának ismeretében a vízgyűjtőterület nagysága. Elsősorban mennyiségi modellezéseknél hasznos ennek vizsgálata (Bódis, 2008).

A végeredmény megjeleníthetjük három dimenzióban is. Az ArcGIS egyik modulja, az ArcScene segítségével, magassági beállításokat alkalmazva könnyedén készíthetünk látványos térképeket (59. ábra).



Forrás: saját szerkesztés

58. ábra: A lejtők hossza – SAGA GIS.



Forrás: saját szerkesztés

59. ábra: ArcScene-ben elkészített 3D modell a mintaterület kitétségét ábrázolva, 10-szeres vertikális nagyításban, K-Ny-i irányultsággal.

A három szoftver használata közben számos következtetést lehet levonni. Az egyik, hogy az ismert és általam is jól használt ArcGIS alkalmas egyszerű hidrológiai elemzések végrehajtására. A jogtiszt szoftver egyik legnagyobb hátránya azonban a kiterjesztések korlátozott hozzáférése. Az ArcHydro modullal bonyolultabb hidrológiai számítások is elvégezhetők, de ennek beszerzése nem ingyenes. A szoftver fejlesztői is felismerték azonban, hogy a különböző elemzési funkciók alapfeladatként kell, hogy megjelenjenek. Míg az ArcGIS korábbi (9.0 korábbi verzió) verzióiban a legegyszerűbb domborzatmodell elemzéseket is külön egységként töltötte le a leleményes felhasználó, addig az újabb verziókba ezeket beépítették. Érdeemes azonban még így is kutatni az interneten, hiszen így számos olyan egyéb, hasznos kiegészítésekre bukkanhatunk, mint a DEM Surface Tools. Az elvégzett vizsgálatok alapján a domborzatmodell elemzések egyik meghatározó felülete ez a kis modul a számos kínált elemzési módszerrel. A hidrológiai elemzések alapjául szolgáló vizsgálatra kell itt gondolni, hiszen a lejtés, a kitettség és a görbültség számítása mind alapjául szolgál a komoly hidrológiai számításoknak.

Az újonnan megismert SAGA GIS szoftvert bátran használhatja minden környezeti elemzést végző kutató. A program egyik előnye az ingyenes hozzáférés. A másik a módszerek végtelen tárháza, a talaj vizsgálatától kezdve a bonyolult hidrológiai elemzésekig. Az elkészített elemzések számtalan formában kimenthetők, így akár egy másik programban is lehet folytatni a tudományos vizsgálatot. Az adatok importálása szintén nagyon felhasználóbarát, vektoros, raszteres, táblázatos adatokat egyaránt be lehet hívni számtalan formátumban.

Összegyűjtöttem néhány olyan funkciót, amik egy lefolyás modellezés alapjául szolgálnak, és más, általam használt szoftverben ezeket nem leltem meg.

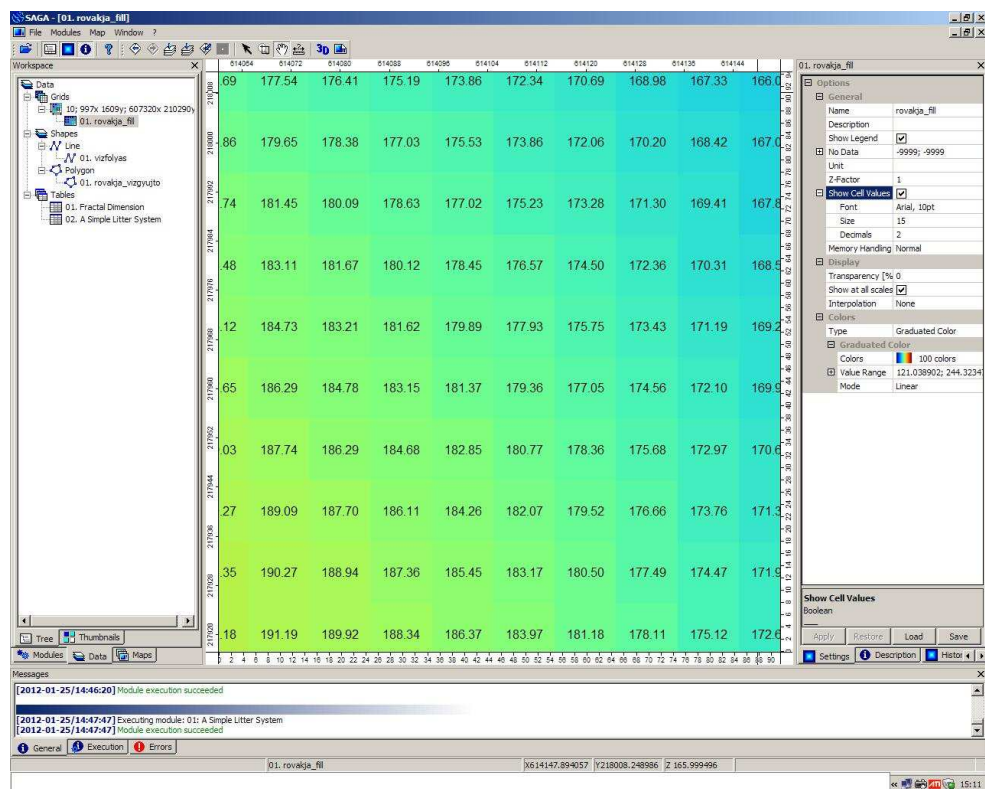
Az egyik a raszter celláinak az értéke. A SAGA GIS-ben egyszerűen megoldható, hogy kellő nagyítás után a cellák értékét kiírja a program. Ez első látásra nem tűnhet olyan fontosnak, de a hidrológiai elemzések megértésének hátterét nyújtja (60. ábra).

Szintén újdonság volt és a kutatók körében nagy öröme ad okot, hogy különböző szimulációs eljárásokat is tartalmaz a program. Lehet egyszerű környezeti modelleket létrehozni, például az ember hatását tanulmányozni a szén körforgalmának elemzésén keresztül (61. ábra); vagy a katasztrófavédelmet segítve a tűz terjedését vizsgálni.

Különböző hidrológiai modellek is be vannak építve a programban, így az IHACRES, a TOPMODEL, a kinematikus hullám módszer, talajnedvességen, illetve a víztárolási kapacitáson alapuló szimulációs módszerek.

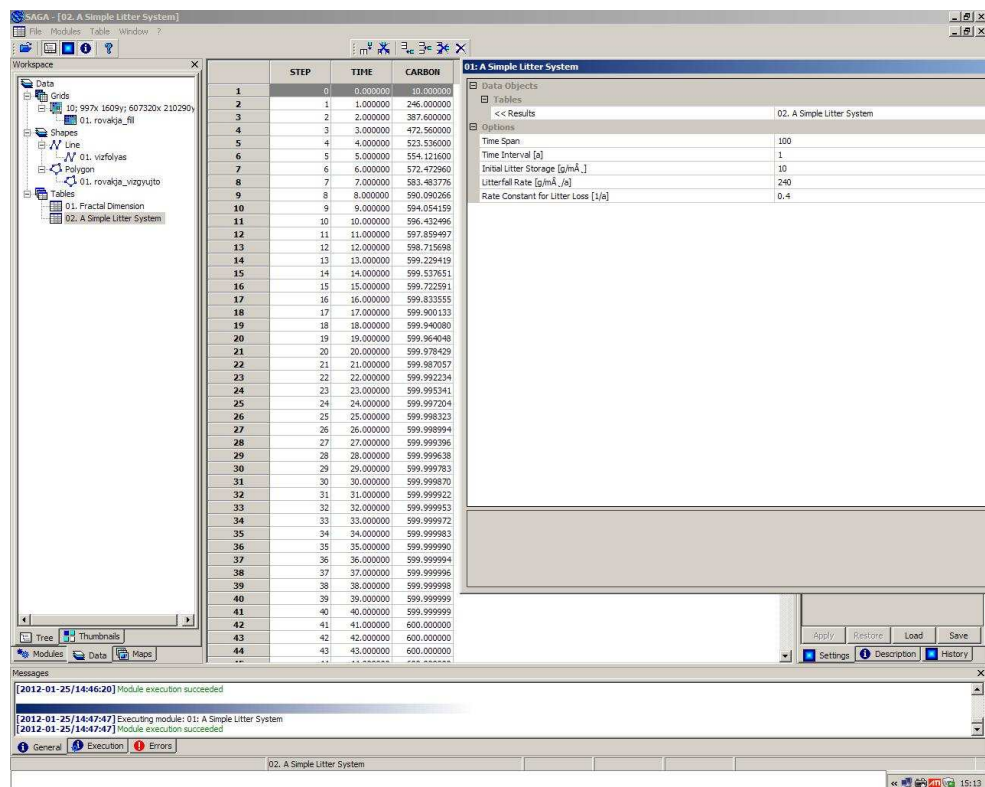
Ezeket felül számos geostatisztikai és térinformatikai elemzési módszer integrálva van a szoftverben. A 3D megjelenítés terén is rendkívül jó tulajdonságai vannak a programnak. Az egyik, hogy ez a modul rendkívül egyszerűen, magában a programban van elrejtve. A másik, hogy a mai kornak megfelelően mozi szintű hatást keltő funkció is be van építve.

A pozitív tulajdonságok mellett azonban ki kell emelni a program negatívumait. Az egyik, hogy a kész térképek nyomtatási felületének kialakítása rendkívül bonyolult. Szintén hátrány, hogy a program használatához szükség van informatikai és térinformatikai tudásra is, bár hozzátéve, mindezekre egy egyszerű térinformatikai tudományos vizsgálatnál is szükség van. Ha a kutató viszont megbarátkozott a jogtiszt szoftvereknél megszokott rendkívül felhasználóbarát adatkezelés hiányával, a további elemzések kárpótolják a fáradságot.



Forrás: saját szerkesztés

60. ábra: SAGA GIS – Cella értékeinek megjelenítése.



Forrás: saját szerkesztés

61. ábra: SAGA GIS – Szimuláció.

5. A LEFOLYÁS-SZABÁLYOZÁSI FUNKCIÓ ÉRTÉKELÉSE

A mintaterületet tovább vizsgáltam a lefolyás-szabályozási funkció tényezői alapján.

A térképi felület kialakítása a HM Térképészeti Kht. DTA-50, 1 : 50 000 méretarányú Digitális Térképészeti Adatbázisa és a FÖMI 1:10 000-es topográfiai térkép alapján történt.

A rendszer ezen kívül tartalmaz egyéb térképi állományokat, melyek a kiértékeléshez szükségesek, így talajtani térképet (AGROTOPO, genetikus talajtérkép), felszínborítottság térképet (CLC50, CLC100, LANDSAT műholdfelvételek).

Az adatok és alkalmazások kapcsolatát a XVII. táblázat mutatja be.

XVII. táblázat: Adat-alkalmazás mátrix

	DTA-50	topográfiai térkép	Gen. talajt.	CLC50	Műhold felvételek	Vízszint adatok	Vízhozam adatok	Meteorológiai adatok
Vízgyűjtők lehatárolása	X	X						
Vízháztartási számítások						X	X	X
Földhasználat-változás				X	X			
Lefolyás-szabályozási funkció	X	X	X	X				

Forrás: saját szerkesztés

A geoökológiai térképezés során sok olyan térkép készül, amely néhány szempont alapján értékeli a terület állapotát, adottságait, a felszínt veszélyeztető tényezőket. Miután azonban a vizsgált vízgyűjtő is meghatározó részben az ember által hasznosított terület, feltétlenül indokolt annak összevetése, hogy a jelenlegi területhasznosítás mennyire felel meg a táj adottságainak. Egy ilyen vizsgálat során valójában két tényezőcsoportot kell figyelembe venni: az egyik a társadalmi igény, a másik a terület természeti adottsága. Ha még azt is figyelembe vesszük, hogy a jövő természeti-társadalmi igényei miatt a fenntartható fejlődés elvére is figyelemmel kell lenni, akkor a végső cél egy optimális területhasznosítási térkép elkészítése lenne (Mezősi, Rakonczai, 1997).

E feladat három egymásra épülő vizsgálat alapján végezhető el:

- A geoökológiai térképezés eredményére és a jelenlegi területhasznosítási igényekre alapozva el kell készíteni a területhasznosítás-korlátozási térképet.
- Az előzőekben meghatározott korlátozási térkép és a területhasznosítás jelen és jövőbeli igényei alapján készíthető el a javasolt (ökológiai szemléletű) beavatkozások térképe.
- Ezek együttes megvalósítása lehet az optimális területhasznosítási térkép.

Az adatok beszerzése után következett a vízgyűjtő szintű lefolyás-szabályozási funkció elemzése. Első lépésben az 1:10 000-es topográfiai térképből készítettem digitális domborzatmodellt, amely az alapja a lefolyási viszonyok elemzésének. A DEM felbontása 10 méteres, így a többi réteg felbontása is ugyanennyi lett.

A lefolyás-szabályozási funkció elkészítéséhez négy különböző fedvényt elemzünk, ebből három vektoros formában állt rendelkezésre: a felszínborítási kategóriák, talaj fizikai jellemzői és a vízkészletre vonatkozó adatok. Ahhoz, hogy ezeket együttesen tudjuk elemezni, egységes formátumba kellett átalakítani a fedvényeket.

A raszteres adatmodell (raster, grid) elemi pixelekből felépülő adatmodell. Minden egyes pixel egy adott területegységet fed le. Az egyes pixelek rácsszerűen sorokban és oszlopokban helyezkednek el. A raszteres adatokat kezelő algoritmusokat viszonylag könnyű megszerkeszteni, az eljárások többsége matematikailag egyszerűen megfogalmazható mátrix-műveletekre vezethető vissza. A raszteres adatmodell alkalmazását számos tényező indokolja: ilyen a gyors adatnyerés, egyenletes térbeli mintavételezés, könnyebb elemezhetőség, meglévő raszteres adatokkal együtt történő feldolgozás.

A vektoros adatmodell esetében a földrajzi objektumok helyzetét szabálytalan elemekkel írjuk le, ez általában négy geometriai elem (pont, vonal, poligon, térbeli felület) segítségével történik. Az adatmodell csak a szükséges információkat tartalmazza, egy nagyobb kiterjedésű terület esetén csak a határoló elemeket tárolja. Ezért a tárolandó adatmennyiség töredéke a raszteres adatmodellel történő adatábrázoláshoz képest, az elemzéshez viszont bonyolult algoritmusok szükségesek. Az adatábrázolás könnyebben kivitelezhető, de az analízisek bonyolultabbak.

Az elemzés során számos alapadatomhoz (talajadatok, felszínborítási adatok) vektoros formában jutottam hozzá. A viszonylag nagy terület, a hidrológiai elemzések alapjául szolgáló DEM raszteres adatmodellje, illetve a számtalan geoinformatikai művelet miatt a vizsgálatokhoz raszteres adatmodellt választottam.

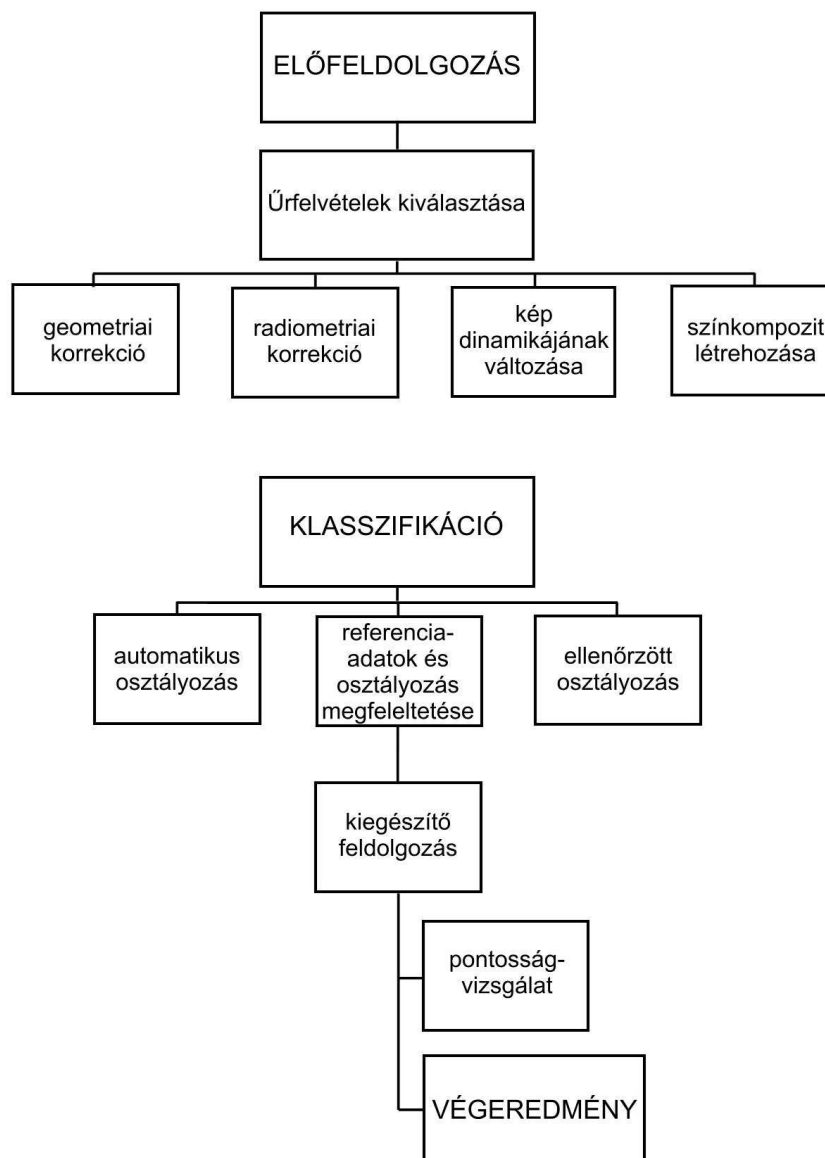
A vizsgálat egy részét IDRISI Taiga szoftverrel végeztem, mert műholdfelvételek elemzésére ez alkalmasabb. A program a műholdfelvételek georeferálásától kezdve a kompozit kép elkészítésén át a földhasználati elemzésig nyújt széles tárházat a kutató számára. A Land Change Modeler segítségével pedig táblázatos és térképi formában is összehasonlíthatók két időpontban készült műholdfelvételek.

A felvételek LANDSAT műholddal készültek. A választásom azért esett a 30 méteres felbontású felvételekre, mert ezek mindenki számára hozzáférhetőek interneten. A két időpontra letöltött többsávos felvételeket (1986.09.14., 2011.09.03.) elemzésének általános lépéseit a 62. ábrának megfelelően végrehajtottam.

A végeredmény a két időpontra készített felszínborítási térkép lett, amelyeket összehasonlítottam a Land Change Modeler segítségével. A kiterjesztés segítségével földhasználati változásokat lehet megfigyelni, amelyekről statisztikák készülnek.

A felszínborítási kategóriák számát korlátoztam, és azokra koncentráltam, amelyek a lefolyás-szabályozási funkció szempontjából fontosak voltak számomra. Ugyanakkor próbáltam annak a szabálynak is megfelelni, hogy a spektrális tulajdonságok alapján is jól lehatárolhatók legyenek a kategóriák. Így végül nyolc felszínborítási kategória jött létre (63. ábra):

- túlevelű erdők (1)
- lombhullató erdők (2)
- sarjerdők (3)
- füves területek (4)
- vízfelület (5)
- vegetációmentes szántó (6)
- vegetációval fedett szántó (7)
- település (8)

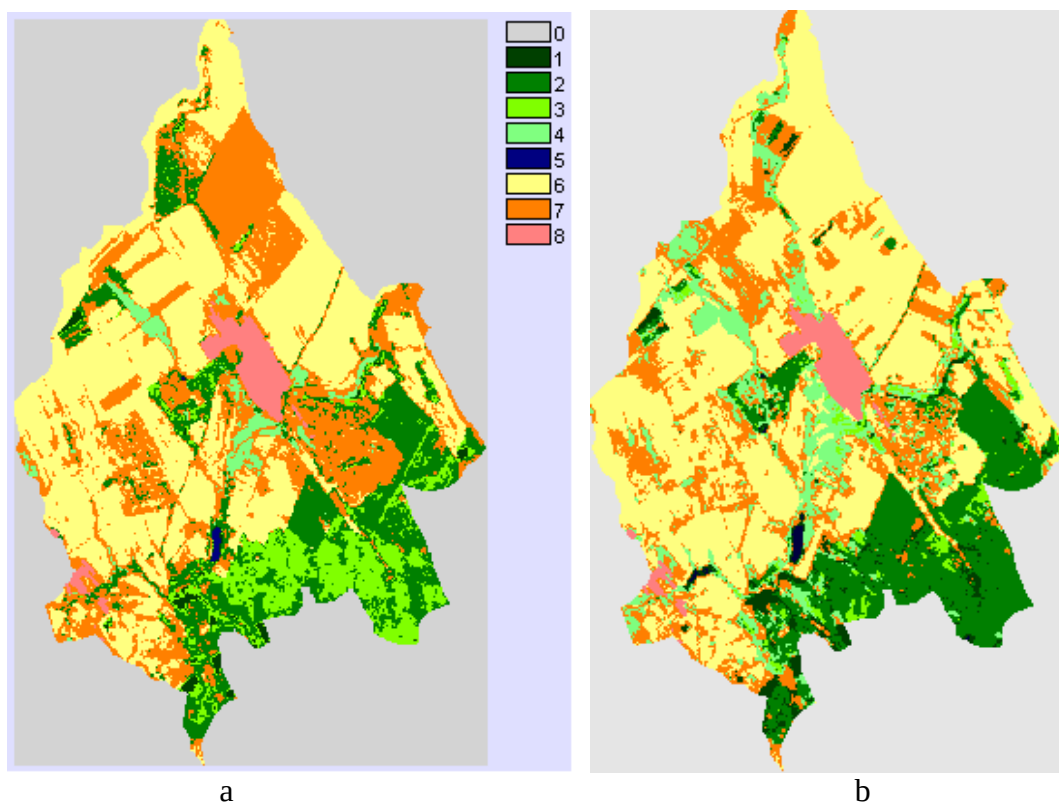


Forrás: Verőné, 2011 alapján saját szerkesztés

62. ábra: Az űrfelvételek elemzésének általános lépései.

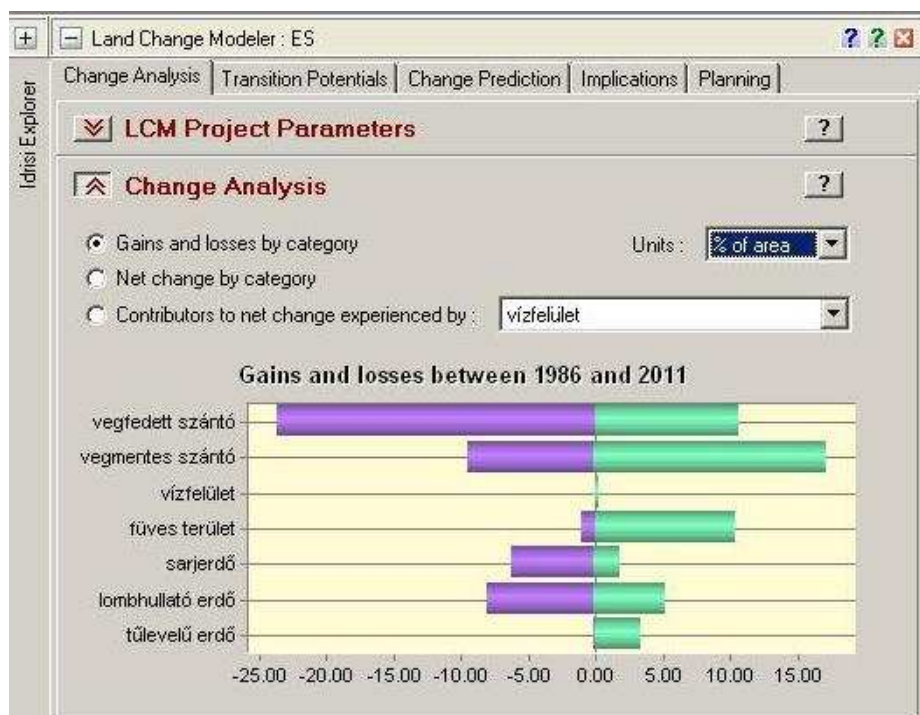
Mivel a felvételek készítése (szeptember hónap) idején meg nem történt meg az egész területen az aratás, így célszerű volt a szántók bontása. A vegetációmentes szántók meghatározás a gabonatóblákat jelölik, a vegetációval fedett szántók a napraforgó- és kukoricatóblákat.

A település határait állandónak vettem, így az a statisztikába nem került be. Itt hívnám fel a figyelmet, hogy a település határai még kettő évtizeden belül sem állandóak, azok folyamatosan változnak a településfejlesztési terveknek megfelelően. A további kutatás során érdemes ezt is vizsgálni.



Forrás: saját szerkesztés

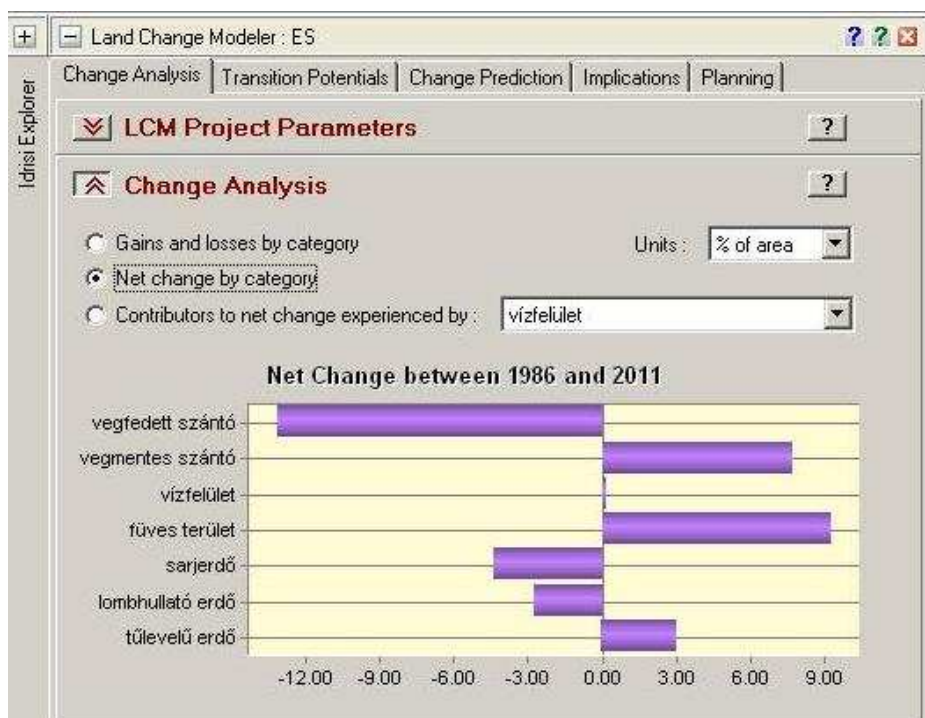
63. ábra: Felszínborítás 1986-ban (a) és 2011-ben (b) a mintaterületen.



Forrás: saját szerkesztés

64. ábra: A területnövekedések és csökkenések százalékos értékei az egyes felszínborítási kategóriák esetében 1986-2011 között.

Az elemzések alapján látható, hogy a legnagyobb változás a szántók, a füves terület és a lombhullató erdő esetén következett be (64, 65. ábra).



Forrás: saját szerkesztés

65. ábra: A felszínborítási kategóriák nettó változásai százalékos értékben 1986-2011 között.

A nettó változás talán még érdekesebb képet mutat. Az erdők arányában is változás következett be a tűlevelű erdők javára. A lefolyás szempontjából egyik legfőbb változás, a füves terület növekedése a felszíni víz lefolyásának csökkenésére hat. Az erdők arányában bekövetkezett változás is a lefolyás csökkenését vonja maga után. A lombhullató erdők alatt, az avartakaró jótékony felszíni vízmegkötő hatása csökken a fafajok változásával, de még mindig előnyösebb az erdő megléte, mint annak hiánya.

A következő lépésben a lefolyás-szabályozási funkciót vizsgáltam három szempontból:

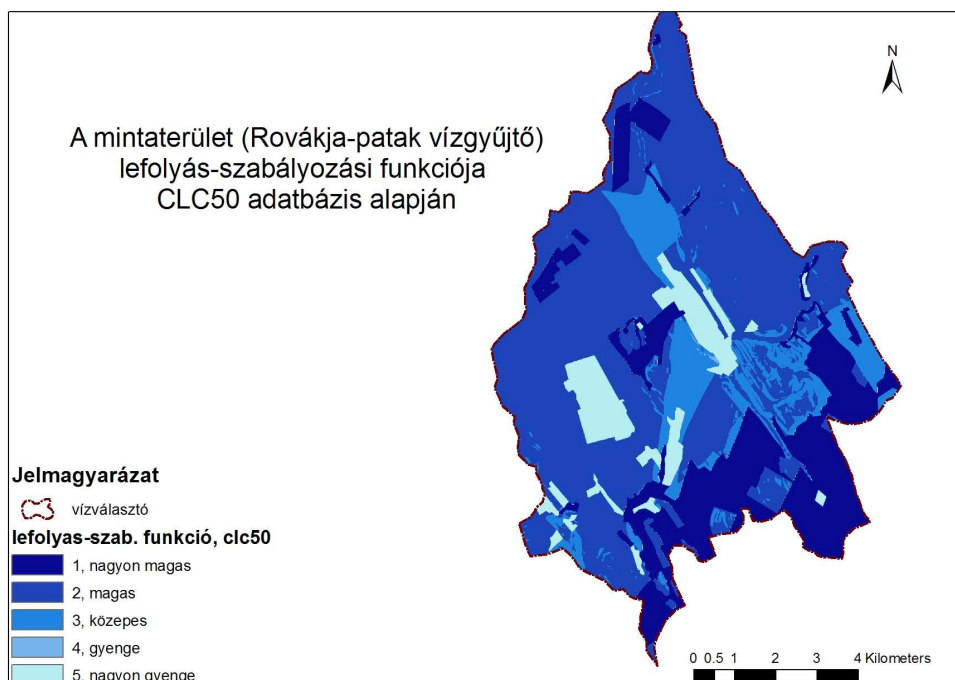
- Hogyan alakul a lefolyás-szabályozási funkció a CLC50 adatbázist használva, illetve a műholdak elemzése alapján kialakított felszínborítási kategóriákat használva?
- Milyen megállapításokat lehet levonni tájökológiai szempontból?
- Milyen észrevételeim vannak térinformatikai szempontból?

A funkció kialakításához négy raszteres réteget kellett létrehozni: felszínborítási kategóriák, lejtőkategóriák, talaj fizikai tulajdonságaira vonatkozó kategóriák és a talaj vízkészletére vonatkozó kategóriák. A raszteres rétegek felbontása 10 méter lett, de egyes kategóriáknál ez változott. A CLC50 adatbázis felbontása alapvetően 50 méter, a műholdaké 30 méter. A raszterre alakítás során a CORINE adatbázisból is 10 méteres réteget készítettem, de ez nem tartalmi átalakítást jelentett (értelemszerűen).

A Raster Calculator segítségével összeadtam a fenti rétegeket, majd átosztályoztam. Így kaptam az 66. ábrán is látható öt kategóriát:

- igen magas: a felszíni víz legnagyobb hányada nem kerül lefolyásra,
- magas,

- közepes,
- gyenge,
- igen gyenge: a felszíni víz igen nagy része lefolyik.



Forrás: saját szerkesztés

66. ábra: CLC50 adatbázis alapján készített lefolyás-szabályozási funkció a mintaterületen.

A CORINE adatbázis használatával készült térképen szépen elkülöníthetők a felszínborítás különböző kategóriái és a domborzat által befolyásolt területek.

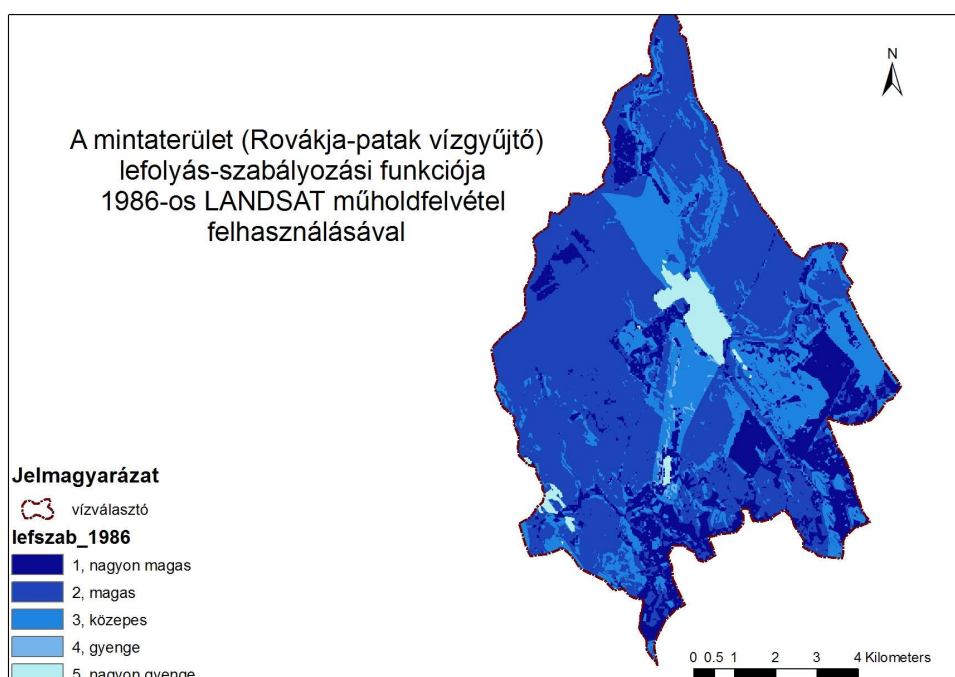
XVIII. táblázat: A lefolyás-szabályozási funkció kategóriáinak területi értékei – CLC50 alapján.

lefolyás-szabályozási funkció	Terület, %
I. nagyon magas	22.8
II. magas	57.3
III. közepes	12.5
IV. gyenge	0.1
V. nagyon gyenge	7.3
	100

Forrás: saját szerkesztés

A statisztikát (XVIII. táblázat) tekintve megállapítható, hogy a vízgyűjtő $\frac{3}{4}$ -e magas lefolyás-szabályozó képességgel rendelkezik. Ez valószínűleg az erdők és a füves területek nagy aránya, valamint a kedvező talajszerkezet következtében fordulhat elő.

Az erdőknek a legnagyobb a felszíni víz lefolyására gyakorolt csökkentő hatásuk. A nagyobb reliefenergiával rendelkező területeken a felszíni víz gyorsabban folyik le. A felszíni víz gyorsítása tekintetében azonban a legnagyobb hatással a beépített területek vannak, hiszen a burkolt felületen jóval nagyobb sebességgel áramlik a víz az erózióbázis irányába. Itt kell megjegyezni, hogy a vízfelületek a beépített kategóriába kerültek. A térképi felület egyik ellentmondása a kategóriák éles elkülönülése. A valóságban a víz lefolyásának mértéke nem változik meg hirtelen a felszínborítási kategóriák területi határával.



Forrás: saját szerkesztés

67. ábra: 1986-os LANDSAT felvétel alapján készített lefolyás-szabályozási funkció a mintaterületen.

A műholdfelvétel alapján készített térképeken (67, 68. ábra) először rögtön szembetűnik a terület heterogenitása, ami elsősorban a felszínborításnak köszönhető. A domborzat hatása árnyaltabban jelentkezik. Ami elég szembetűnő, az erdők (hiánya) a Velencei-hegységben. Ez annak köszönhető, hogy a hegység egy része a sarjerdő kategóriába került. Az 1986-os és 2011-es állapotot mutató térkép között az egyik nagy különbség az erdők megnövekedett területe 2011-re.

A két időpontra vetített statisztikát (XIX, XX. táblázat) tanulmányozva látható, hogy extrém változások nem történtek a vízgyűjtőn, a mintaterület mintegy 80%-án magas a lefolyás-szabályozási képesség. Az apróbb változásokat tekintve nyomon lehet követni a földhasználatban bekövetkezett változásokat: erdők területének növekedése, szántók csökkenése.

Statisztikailag és megjelenésében a CLC50 adatbázis és a 2011-es LANDSAT felvétel alapján készült térképek hasonlítanak egymásra. Ebből azt a következtetést vontam le, hogy a változások alapvetően a rendszerváltozás után, még az ezredforduló előtt következtek be.

XIX. táblázat: A lefolyás-szabályozási funkció kategóriáinak területi értékei – 1986-os LANDSAT alapján.

lefolyás-szabályozási funkció	Terület, %
I., nagyon magas	17.8
II., magas	57.2
III., közepes	21.7
IV., gyenge	0.3
V., nagyon gyenge	3.0
	100

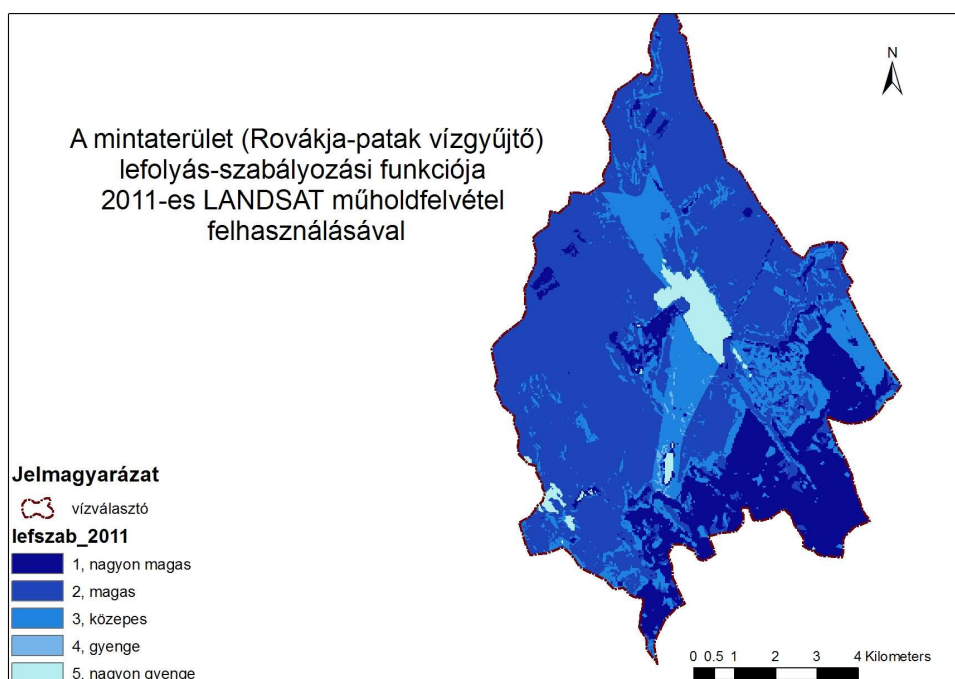
Forrás: saját szerkesztés

XX. táblázat: A lefolyás-szabályozási funkció kategóriáinak területi értékei – 2011-es LANDSAT alapján.

lefolyás-szabályozási funkció	Terület, %	Változás 1986-hoz képest, %
I., nagyon magas	20.0	+2.2
II., magas	59.2	+2.0
III., közepes	17.5	-4.2
IV., gyenge	0.2	-0.1
V., nagyon gyenge	3.1	+0.1
	100	

Forrás: saját szerkesztés

A másik, tájökológiailag jelentős különbség, hogy úgy tűnik, a domborzat, és még inkább a földhasználat hatása szembetűnőbb a 2011-es felvételen. Ez valószínűleg a megváltozott birtokszerkezetnek köszönhető. A nagytáblás szántókon történő mezőgazdasági művelés nagy területen indította el a termőtalaj pusztulását. A rendszerváltás után kialakult birtokszerkezet, a felaprózódás jó hatással van a biodiverzitásra, elősegíti a biológiai sokféleség kialakulását, az ökológiai folyosók létrejöttét. A termőtalaj pusztulása azonban hosszan ható folyamat, amelynek hatásai mai is szembetűnőek a vízgyűjtőn (69. ábra).

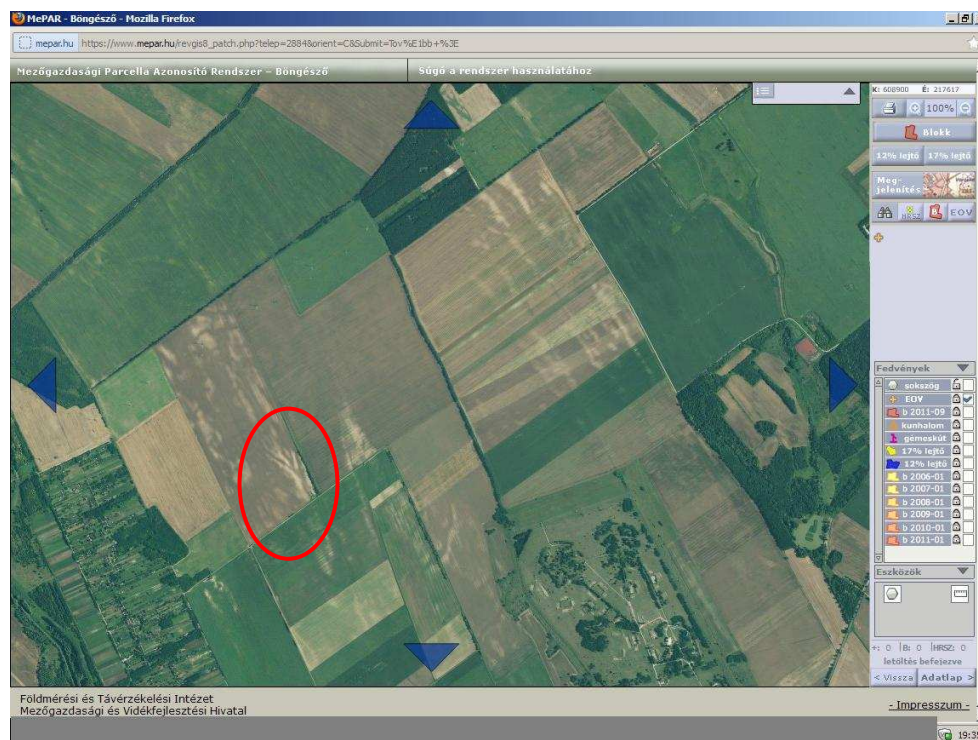


Forrás: saját szerkesztés

68. ábra: 2011-es LANDSAT felvétel alapján készített lefolyás-szabályozási funkció a mintaterületen.

A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a lefolyást több tényező is befolyásolja. Az egyik legfontosabb a morfológiai tényezők, a domborzat hatása, magassági viszonyai, terep esése. A terület meredekebb vagy hosszabb lejtői elősegítik a felszíni lefolyás keletkezését, befolyásolják a lefolyó víz sebességét és irányt mutatnak neki. A másik a talaj befolyásolása, víztartalma, összetétele. A harmadik, de talán az egyik legfontosabb a földhasználat befolyásoló hatása, ami a művelési ágak szerkezetén alapszik.

A Rovákja-patak vízgyűjtőjén a lefolyt vízhozamok, így a lefolyás is csökkent 1980 és 2010 között, a csapadékmennyiségek viszont kis mértékben nőttek.



Forrás: MePAR, <http://www.mepar.hu/>

69. ábra: Termőtalaj pusztulása (erózió) a mintaterületen.

A változás okai több tényezőből eredhetnek:

- ökonómiai,
- ökológiai,
- fejlesztési,
- demográfiai változás,
- csapadék-változás.

Láthattuk, hogy a csapadék változása ellentétes irányt mutat a lefolyás változásával, így az okot a többi tényezőben kell keresni. Jelentős gazdasági-fejlesztési és népesedési változások nem zajlottak le a vízgyűjtőn a tárgyidőszakban. A változások okát tehát az ökológiai viszonyokban kell keresni. Ez vonatkozhat a talajviszonyokra, földhasználati-változásra. Mivel a talajok típusai és jellemző tulajdonságai hosszabb időintervallumon belül változnak, így a változás fő oka a földhasználatban keresendő. A nem megfelelő agrotechnika, a megfelelő növényzet kiválasztásának hiánya mind talaj-degradációhoz vezet, ennek egyik megjelenési formája a víz általi eróziós formák (pl. vízmosságok).

A dolgozatban bemutattam, hogy a lefolyás-szabályozási funkció értéke összességében magasabb lett a jelölt időszakban. Ez a vízjárások kiegyenlítéséhez vezet, a napi és évi ingadozás mértéke kisebb mértékű lesz. A földhasználat módjában bekövetkező változás szintén tetten érhető. A rendszerváltozás előtti nagyüzemi mezőgazdasággal kimerítő gazdálkodást folytattak a természeti viszonyok tekintetében. A talaj szerkezete romlott, vízháztartási viszonyaival egyetemben. Az 1980-as évek térségi meliorációs folyamatai kedvező irányba hatottak a talaj állapotának változásában. Az 1990-es években bekövetkezett változás kihatott a gazdálkodás módjának módosulására is. A kedvezőbb módszer a tájszerkezet javulására, így a vízgazdálkodási viszonyainak pozitív irányban történő előmozdítására is hat. Ezt igazolja a lefolyás-szabályozási funkció értékének növekedése, ezen keresztül a lefolyási viszonyokban bekövetkezett változás is.

6. JÖVŐBENI KUTATÁSI IRÁNYOK, LEHETŐSÉGEK

A jövő agrárpolitikájának hatása a földhasználatra, azon keresztül a lefolyási viszonyokra jelenleg még nem ismert. A felszínborítási térképek és modellek ismertek, de a lefolyást leginkább befolyásoló földhasználati intenzitásra vonatkozó térképek és modellek ismeretlenek, főleg bizonyos felbontásban. A mai napig is tartó térképezési gyakorlat az, hogy nagy területekre készítenek átfogó ismereteket nyújtó, kis felbontású modelleket. A tájökológiában használatos modellek épp ellenkezőleg, nagy felbontásban nyújtják a hasznos információkat.

A dolgozatban ismertetett elemzések – összekapcsolva a hidrológiai-földhasználati modellezés eredményeit, a földrajzi-topográfiai adottságokat – hasznos eszközként szolgálhat akár a nemzeti, akár regionális, vízgyűjtőalapú hidrológiai modellezésben, a tervek elkészítésében és nyilvánosságra hozásában. A Víz Keretirányelv megalkotásával és életbe lépésével (Magyarországon 2004-ben) különös jelentősége lett olyan kutatásoknak, tervkészítéseknek, amelyek vízgyűjtő (tehát nem táj, megye, régió, ország) léptékben elemeznek és értékelnek. A közepes (mezo) léptékű kutatások elősegítik a folyamatok komplex módon történő látását, így új dimenziót nyitnak a tájökológiai és vízgazdálkodási folyamatok vizsgálatánál.

A Nemzeti Vidékstratégiai Konceptió-2020 nemzeti stratégiai programjaiban is prioritással szerepel a víz, amely nélkülözhetetlen természeti erőforrásunk. Hét nemzeti stratégiai programban is szerepel a víz (Árvízvédelmi program, Vízkészlet- és vízminőség-védelmi program, Területi vízgazdálkodási program, Zöld Duna Program, Ivóvíz program, Szennyvíz program, Települési vízgazdálkodás), illetve számos további, a tájgazdálkodáshoz és a birtokrendezéshez is kapcsolódó program alkotóeleme. A dolgozatban leírt elemzéseket, akár a geoökológiai térképezéssel továbbfejlesztve, a koncepció több programjába is bele lehet illeszteni, elősegítve azok hatékony megvalósulását.

A Helyes Mezőgazdasági és Környezeti Állapot előírásai, amely a kölcsönös megfeleltetés egyik alapvető eleme, szintén tartalmazza a környezetvédelem vízzel kapcsolatos területeit. A kölcsönös megfeleltetés rendszere befolyásolja a gazdálkodók támogatását, így a hatékonyabb (és ökológiai szempontból is megfelelő) földhasználati elemzések segítséget nyújthatnak a Helyes Mezőgazdasági és Környezeti Állapot kialakításához.

A közepes léptékű vízgyűjtő modellezés újszerűsége és az általa nyújtott információk előre lépést jelentenek a döntéshozatalban. A modell értéke, hogy a tájökológiát és a hidrológiai modellezést ötvözi a térinformatika segítségével, mindezt vízgyűjtő szinten. A jövőben, a VKI elveinek megfelelő vízgyűjtő léptékű modellezés módszertanában is segítséget jelenthet a tájökológiában, a hidrológiában és az agráriumban kutató szakemberek számára. A lefolyás-szabályozási funkció kiszélesítése (pl. városökológiai kutatások) elősegíti a vízrendezési (vízgazdálkodási) műveletek, tevékenységek precizitásának növelését. A felszíni és felszín alatti vízrendezési munkák során igen hasznos a funkció alkalmazása, hiszen a paraméterek sokrétűsége a mérnöki munka pontosabbá tételét szolgálja. A felszínborítási módok változtatásával forgatókönyvek készíthetők, amelyek a döntéshozatali folyamat megkönnyítését teszik lehetővé mind a mezőgazdasági területek rendezése (birtokrendezés), de akár a települési szintű tervezés során is.

A domborzatmodellek hidrológiai alkalmazhatósága széles körben érvényesül a vízgazdálkodás területén. A domborzati viszonyok elemzésén keresztül más tudományterületekkel kapcsolatos információkat is nyerhetünk, így pl. a lefolyásban szerepet játszó lejtők alakjának vizsgálatával a talajvédelem, árvízvédelem is szerepet kap. A tájökológiai komplex elemzésekben is fontos szerepe van, így az integrált, tájökológiai szemléletű vízgazdálkodás többcélú döntéstámogató rendszereinek nélkülözhetetlen eleme (Bódis, 2008).

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A hidrológia és a földhasználat témakörökben végzett kutatásaim során minden alkalommal felmerült a problémák térbeliségének a kérdése. Kétségtelen, hogy mindkét témában sok válasz megadható hagyományos statisztikai módszerekkel vagy akár papírtérképek elemzésével, azonban a megnövekedett információhalmaz valamint a problémák bonyolultsága szükségesé teszi a technológia fejlődése pedig lehetővé teszi a térbeli adatok hatékony és intelligens kezelését térinformatikai módszerekkel. Dolgozatomban arra vállalkoztam, hogy bemutassam a térinformatika alkalmazási lehetőségeit a hidrológia és tájökológia területén – egy-egy kiválasztott kutatáson keresztül.

Az értekezés a térinformatika és tájhasználat kapcsolatának általános ismertetését követően a térinformatikai elemzési és döntéstámogatási módszert mutatja be az adatgyűjtéstől, az adatfeldolgozáson át a megjelenítésig, valamint feltárja a geoinformatikai műveletekkel származtatható további, térbeli információknak hidrológiai modellezésben való alkalmazhatóságát.

A térinformatika, mint tudomány és a földrajzi információs rendszer, mint eszköz óriási fejlődésen ment át az elmúlt évtizedekben. Az adatbázis-építés, adatintegráció, modellezés, megjelenítés is számos szempontból fejlődött. A hidrológiai modellezés az egyik legösszetettebb feladata a térinformatikának a sok, nehezen meghatározható modellparaméter miatt. Egy vízgyűjtőn belül annak számszerű meghatározása, hogy az urbanizáció okozta változások, így a földhasználat és tágabb értelemben a felszínborítás változása milyen hatással van a lefolyás dinamikájára, a hidrológusok egyik érdeklődési területének számít (elsősorban a nemzetközi irodalomban). Kevés olyan jól definiált modellt ismerünk, amely számszerűsíti a kapcsolatot a földhasználati változás és a lefolyási folyamat között. Számos módszerrel próbálkoztak már, hogy ezt a hiányt megszüntessék, de a földhasználati változás hatásának előrejelzésére még nem született általános és hitelt érdemlő modell. Újszerűnek számít az a fajta megközelítés, hogy a tájökológiai funkciókat, köztük a lefolyás-szabályozó funkciót vizsgálják, amely pontos és számszerű eredményt ad a felszínborítás és lefolyás közötti összefüggésre. Disszertációmban ezt a funkciót vizsgáltam a mintaterületemen térinformatikai eszközök használatával.

A disszertáció alapvetően három részre tagolódik:

- Elsőként összefoglaltam a hidrológia és tájökológia területén – a vizsgálati rész esettanulmányát megalapozandó – a hazai és külföldi kutatási előzményeket.
- A disszertáció második részében a lefolyás-modellezés hátterének ismertetéseként a térinformatika szerepét, jelentőségét elemeztem. Esettanulmányon keresztül értékeltem a térinformatika alkalmazási lehetőségeit.
- A dolgozat harmadik részét adó esettanulmányban egy közepes nagyságú vízgyűjtőn végzett tájökológiai szemléletű lefolyás-modellezés folyamatát elemeztem.

Az értekezés fontosabb megállapításait a bevezetésben feltett kérdések megválaszolásával ismertetem.

Hogyan oldhatók meg informatikai eszközökkel a hidrológiai feladatok, illetve hogyan segíti a térinformatika a hidrológiát?

- A hidrológiai modellezés az egyik legösszetettebb feladata a térinformatikának a sok, nehezen meghatározható modellparaméter miatt. A hidrológiai modellek közül a legáltalánosabban használt a matematikai vagy szimulációs modell. Ezek a modellek igen hatékonyak a vízgyűjtő vizsgálatok során. Az ilyen típusú modellek használata során ugyanakkor érdemes a GIS-t használni a bemenő adatok kezelésére, vizsgálatára és

megjelenítésére. GIS alkalmazásával elvégezhető a térbeli elemzés és a vizuális információk kezelése.

- Az egyik hidrológiai elem, a lefolyás a térben, a tájban megy végbe. Ezért a víz mozgásjelenségeinek pontosabb leírása csak a topográfia figyelembe vételével, a domborzatmodellek alkalmazásával valósulhat meg.
- Elemeztem a domborzatmodellek deriváltjait abból a szempontból, hogy mennyire hasznosíthatók a hidrológiai elemzések során. A lefolyás mértékének alakulásánál fontos szempont a lejtés nagysága, a lejtők hossza, a görbületség mértéke. Ezek elemzésével hozzájárultam a későbbi lefolyás-szabályozási funkció meghatározásához.

Milyen tipikus kérdésfelvetések adódhatnak a földhasználattal és annak vizsgálatával kapcsolatosan?

- A tájhasználat, földhasználat, felszínborítás szavakat gyakran szinonimaként használják, pedig lényegi eltérések vannak köztük. A földhasználat alatt a művelési ágakat és azok arányát értjük. A tájhasználat fogalmába az előzőn kívül beletartozik a geomorfológiai térszín, a domborzat is. A természetföldrajzi adottságok, a területhasználat-szerkezet (földhasználat) és a használat módja együttesen a felszínborítási kategóriákat hozza létre.
- A földhasználat modellezésének egyik sarkalatos kérdése a mérési eredmények térbeli kiterjesztése. Ez máig megoldatlan földrajzi feladat. Az elvi gond az, hogy a pontszerű objektumok matematikai értelemben diszkrét, a földrajzi jelenségek viszont folytonosak mind térben, mind időben.
- A külföldi szakirodalomban a földhasználat-változást vizsgáló rendszerek hét típusa terjedt el: matematikai egyenleteken alapuló, statisztikai, szakértő, fejlődési, sejtes felépítésű és hibrid modellek.
- A földhasználat és a birtokrendezés térinformatikai megvalósításának egyik problémája a térben és időben változó adatok kezelése. Ennek megoldása még jövőbeni feladat.

Hogyan támogatható térinformatikai eszközökkel egy konkrét vízgazdálkodási probléma, a lefolyás modellezése?

- A térinformatika számos eszközével segítséget nyújt a tájökológiai szemléletű hidrológiai modellezésben: adatfeldolgozás, rendszerszemlélet, elemzés, megjelenítés. Az esettanulmányokon keresztül ezek bizonyításra kerültek. A térbeli elemzésre adott példa, a WEAP program használata bizonyítottan megkönnyíti a döntéshozók munkáját, elsősorban a forgatókönyvek létrehozása miatt. Az összetett elemzésre és a vizuális információk megjelenítésére adott példa, a WAREMA projekt jól bizonyította a GIS számos eszközrendszerének használatát, és a megjelenítés terén játszott szerepét.
- A tájökológiai folyamatok és a hidrológiai folyamatok is a térben játszódnak le. A földhasználat-változásnak és a lefolyás modellezésének is probléma a térbeliség és annak kiterjesztése.
- Az adatok elemezhetősége szempontjából a raszteres adatmodell az optimális, hiszen a számos adat eleve raszteres formában volt (pl. műhold felvételek), számítógéppel jól kezelhető az adatszerkezete és a fedvények közötti műveletek végrehajtása a vektoros adatszerkezethez képest jóval egyszerűbb.
- A vízgyűjtő geomorfológiai jellemzői, domborzata rendkívül nagymértékben befolyásolja a felszínre hullott csapadék sorsát, így a lefolyást.

- A domborzatmodellek alkalmazhatósága a hidrológiai modellezés területén elfogadott módszer. Ugyanakkor a tájökológiai elemzések alapjául is szolgálhat számos funkciója révén. A domborzatmodellek elemzése révén információkat nyerhetünk a lejtők meredekségére, hosszára, alakjára, amelyek befolyásolják a felszínen lefolyó víz munkáját, így tágabb értelemben a talajvédelem kérdéskörébe is betekintést nyerhetünk.
- Az összefoglaló táblázatban leírt eredmények igazolják megállapításaim helyességét.

Szoftver neve	Modul neve	Alkalmazás jellege	Vizsgált paraméter
ArcGIS jogtiszta, zárt forráskódú	Spatial Analyst, DEM Surface Tools	lejtésviszonyok, DDM	lejtés
	Spatial Analyst, DEM Surface Tools		kitettség
	Spatial Analyst		lefolyási irányok
	Spatial Analyst, DEM Surface Tools		görbülség
SAGA GIS szabad felhasználású, nyílt forráskódú		lejtésviszonyok, DDM	lejtés
			kitettség
			lefolyási irányok
			görbülség
			lejtők hossza
		erózió	LS érték
			talajnedvesség index
		szimuláció	szénkörforgás
			TOPMODEL
			Kinematikus hullám
			IHACRES

Milyen kapcsolat állítható fel a birtokrendezés egyik fontos kérdése, a művelési ágak változása és a lefolyás-szabályozási funkció változása között?

- Megállapításra került, hogy a földhasználat hatása a felszíni lefolyásra két módon jelentkezhet: földhasználat módja és a földhasználatok aránya.
- A különböző művelési ágakkal rendelkező vízgyűjtő hidrológiai egyensúlyát az egyes művelési ágak aránya határozzák meg.
- A lefolyás-szabályozási funkció a talajerózióval együtt az agroökológiai potenciál vizsgálatára irányul.
- A mezőgazdasági és urbánus területeken nagyobb a lefolyás mértéke, mint a természeteshez közel álló területeken. Ez egyben azt is jelenti, hogy a lefolyás-szabályozási funkció e két területen kisebb mértékben jelentkezik. Ezt az esettanulmány során be is bizonyítottam: az erdővel fedett területeken a legnagyobb a lefolyás szabályozásának mértéke.

Milyen módszerrel tudom ezt egy esettanulmányon keresztül modellezni?

- Egy közepes nagyságú vízgyűjtőn a lefolyás-szabályozási funkció változását vizsgáltam 1980-2011 között. A vizsgálathoz adatbázisokat és műholdfelvételeket használtam fel térinformatikai programok segítségével.
- A lefolyás-szabályozási funkciót a geoökológiai térképezésnél használják a szakirodalomban. Az általam kialakított értékelési kategóriák nem szerepelnek sem a külföldi, sem a magyar szakirodalomban.
- Az értékeléshez négy különböző fedvényt vizsgáltam, ezek a talajadottságokra (mechanikai tulajdonságok, növények által felvehető vízkészlet), a domborzati viszonyokra és a földhasználatra vonatkoztak. A földhasználat változását műholdfelvételek és a CORINE adatbázis elemzésével vizsgáltam.
- Az elemzés végrehajtása során raszteres adatmodellt használtam, így a vízgyűjtő minden pontjára kaptam adatokat.

Milyen hazai és külföldi tapasztalatok, irodalmak lelhetők fel ennek a kérdésnek a megválaszolására?

- A dolgozat első egysége az értekezés esettanulmányait megalapozó hazai és külföldi kutatások tapasztalatait tartalmazza. A hidrológiai folyamatok a tájban zajlódhatnak le, kölcsönhatásban állnak egymással. A lefolyás és tájhasználat kapcsolatát próbáltam jellemezni térinformatikai eszközök használatával, áttekintettem a szakirodalomban fellelhető modelleket és módszereket. A gyűjtőmunka során próbáltam összegezni és rendszerezni a vonatkozó referencia-irodalom ismereteit, kiegészítve őket az adat-előállításról a teljes feldolgozási folyamat minden fázisára kiterjedő, saját gyakorlati tapasztalataimmal. A dolgozat első fejezetei így a felmerülő fogalmak áttekintését követően a földhasználati, hidrológiai modellek fajtáiról, előállításuk vagy elérhetőségük módjairól – beleértve a nyilvános elérésű, globális forrásokat is – minőségi jellemzőikről adnak tájékoztatást.
- Az 1970-es években zajlott le az első olyan kísérlet, amelyben hidrológiai modellt használtak fel a földhasználati változásnak a lefolyásra gyakorolt hatásának becslésére. A számítógéppel támogatott modellezést legalább 25 éve használják.
- Az urbanizáció okozta hidrológiai változásokkal számos irodalom foglalkozik. Az emberi beavatkozások módosítják a víztestek hidrológiai tulajdonságait mennyiségi és minőségi szempontból is.
- A szakirodalom alapján vizsgáltam a mintaterület kiterjedését. Megállapítottam, hogy az ebből a szempontból vizsgált 59 szakirodalom alig 10%-a foglalkozik mérsékelt vagy közepes nagyságú vízgyűjtőkkel (50-99 km²). Hidrológiai modellezéseknél inkább a nagy vízgyűjtő területeket (100 km² felett), a tájökológiai kutatásoknál pedig a kisebb mintaterületet (0-49 km²) részesítik előnyben.
- A szakirodalom alapján elemeztem a vizsgált modellek elérhetőségét. Megállapítottam, hogy az ebből a szempontból vizsgált 61 szakirodalomban használt modellek 90%-át jogtiszta szoftverrel együtt használják. Az általam vizsgált szakirodalomból csupán elenyésző hányad foglalkozik a szabad és nyílt forráskódú szoftverek alkalmazhatóságával.
- Megállapításra került, hogy a lefolyás nagyságának változását számos tényező előidézheti: csapadékmennyiség és -intenzitás változása, talajtulajdonságok és a felszínborítás változása.

8. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

A dolgozat tartalmi megállapításai alapján a következő új vagy újszerű eredményeket fogalmaztam meg:

(1) Elemeztem és értékeltem azon a vízgazdálkodáshoz és környezetgazdálkodáshoz kapcsolódó alapadatbázisok körét, amelyet térinformatikai felhasználásra alkalmaztam. Összegyűjtöttem a legfontosabb fejlesztéseket és alkalmazásokat, amelyek használata nélkülözhetetlen a téma alkalmazott kutatásaiban. Értékeltem továbbá a legjelentősebb digitális adatbázisokat aszerint, hogy elsősorban melyeket érdemes és milyen léptékben használni az egyes területi tervezési, elhatárolási kérdésekben. Ezekhez az adatbázisokhoz elkészítettem a kutatási szempontból fontos metaadat-leírását, mely megkönnyíti az áttekinthetőséget és beszerezhetőséget.

A tézis háttérét képező publikáció(k):

Horoszné Gulyás M., Katona J. (2011): Térinformatika a hidrológia és földhasználat területén. Tudományos Doktorandusz Konferencia, Sopron, pp. 115-118, ISBN 978-963-334-013-4

(2) Elemeztem a vízgazdálkodás és földhasználat kapcsolatát, adaptáltam a lefolyás-szabályozási funkciót a Rovákja-patak vízgyűjtőjére. Ezt a 4. és 5. fejezet tartalmazza, itt csak a fő eredményeket emeltem ki. Megállapítottam, hogy a lefolyást a földhasználati viszonyok befolyásolják legnagyobb mértékben emberi időszámításban. Megállapítottam, hogy 1980 és 2011 között változott, még pedig magasabb lett a lefolyás-szabályozási funkció értéke, ami igazodik a vízhozamok alakulásához. Megállapítottam, hogy az erdők területének növekedése okozta ezeket a változásokat.

A tézis háttérét képező publikáció(k):

Horoszné Gulyás M. (2012): Lefolyás-szabályozás a talajvédelem tükrében, GISOPEN2012, Székesfehérvár, 2012.03.12-14.

(3) Vízgyűjtő szinten történő elemzéssel új lehetőséget teremtettem a tájökológiai vizsgálatok körében. Az eddigi kis területű (max. 10-50 km²) és a nagy területet lefedő (min. 100-200 km²) kutatások között újszerűnek számít a mezo léptékű elemzés. Elemeztem a különböző léptékben történt vizsgálatokat és megállapítottam, hogy a nagy felbontású adatok használata ajánlott, ezzel ajánlást nyújtok a jövőbeni, hasonló irányú kutatások elvégzéséhez.

A tézis háttérét képező publikáció(k):

Horoszné Gulyás M. (2007): Vízgazdálkodás-Természetvédelem-Földhasználat. Acta Agraria Kaposvariensis Vol. 11 No. 2, pp. 53-66, ISSN 1418-1789

(4) Ismertettem és elemeztem a hidrológiai folyamatokat különböző típusú térinformatikai szoftverekkel, így értékeltem a lejtés, a görbültség, a kitettség hatását a vízgazdálkodási folyamatoknál. Értékeltem a nyílt forráskódú és a jogtiszta szoftver által kínált lehetőségeket. Megállapítottam azok előnyeit, hátrányait, ezzel segítséget nyújtok a vízgazdálkodási vizsgálatok elvégzéséhez.

A tézis háttérét képező publikáció(k):

Horoszné Gulyás M., Katonáné Gombás K. (2010): Ökológiai szemléletű vízgazdálkodás-tervezés. 4. Magyar Tájökológia Konferencia, Kerekegyháza-Kunpuszta, 2010.05.13-15.

(5) Összegeztem azokat a térinformatikai eljárásokat, amelyeket a különböző típusú vízgazdálkodási döntéseknél használhatunk, ezzel egyfajta módszertant alakítottam ki. A térbeli

elemzésre és az információk megjelenítésére adott elemzések elősegítik a jövőbeni vízgazdálkodási problémák hatékonyabb kezelését.

A tézis háttérét képező publikáció(k):

Horoszné Gulyás M., Katonáné Gombás K. (2010): *Vízgazdálkodás-tervezés. VIII. Alkalmazott Informatika Konferencia, Kaposvár, 2010.01.22.*

(6) Átfogóan áttekintette a tudományterület szakirodalmi előzményeit.

A tézis háttérét képező publikáció(k):

Horoszné Gulyás M. – Katona J. (2010): *Tájökológiai kutatások módszerei. Corvinus Regionális Tanulmányok, 2010. I. évfolyam/2-3. szám, pp. 43-50., ISSN 2061-8638*

M. Horoszné Gulyás – J. Katona (2010): *The methods of landscape ecology researches. Corvinus Regional Studies, 2010. I. volume/2-3. issue, pp. 43-50, ISSN 2061-8646*

K. Katona-Gombás, M. Horosz-Gulyás (2010): *Microregions agricultural aptitude test methodology. Geographia Technica No. 1/2010, pp. 11-16., ISSN 2065-4421*

9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Először is köszönettel tartozom annak a közösségnek, ahol mindazon tudást magamba szívhattam, amire munkám elkészítéséhez szükségem volt. Köszönöm a Földrendezői Tanszéknek!

Köszönöm témavezetőmnek a lelkiismeretes támogatását és biztatását, Martinovich Lászlónak!

Köszönöm férjemnek és családomnak, hogy pályafutásom kezdetétől mellettem álltak, köszönöm türelmüket, szeretetüket és gondoskodásukat!

Köszönettel tartozom továbbá kollégáimnak a sok-sok segítségért, amivel támogattak. Köszönöm nektek: Dorgai László, Mizseiné Nyíri Judit, Katona János, Katonáné Gombás Katalin, Udvardy Péter, Szabó Tanár Úr, Verőné Wojtaszek Malgorzata!

A disszertáció elkészítése során számos szakemberrel vettem fel a kapcsolatot, akiktől igen értékes adatokat, információkat, ötleteket, segítséget kaptam. Szeretném megköszönni a segítséget: Márkus Bélának, a Geoinformatika Doktori Program vezetőjének, Antal Gábornak és csapatának a Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóságtól az adatokért, tanácsokért, tapasztalatok átadásáért, Szabóné Kele Gabriellának, Horváthné Kratancsik Editnek és Antal Kristófnak a Fejér Megyei Kormányhivatal Növény- és Talajvédelmi Igazgatóságától a sok értékes tanácsért, Maucha Gergelynek és csapatának a FÖMI-től a domborzatmodell kialakításában nyújtott segítségéért.

.....
Horoszné Gulyás Margit

jelölt

IRODALOMJEGYZÉK

- Ádám, L.-Marosi, S.-Szilárd, J. (szerk.) (1988): A Dunántúli-középhegység B. In: Magyarország tájféldrajza sorozat, Akadémiai Kiadó, Budapest, 494 p.
- Ángyán, J. (2003): Védett és érzékeny természeti területek mezőgazdálkodásának alapjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 556 p.
- Baranyi, S. (1973): A Velencei-tó hidrológiai jellemzői. VITUKI, Budapest, 73 p.
- Barta, K. (2004): Talajeróziós modellépítés a EUROSEM modell nyomán. Doktori (PhD) értekezés, Szegedi Tudományegyetem, Szeged, 84 p.
- Báthori, M. (2010): A vízgazdálkodási törvény változása kezdetektől napjainkig, valamint a vízgazdálkodás jogharmonizációja. XXVIII. Országos Vándorgyűlés – Magyar Hidrológiai Társaság, Sopron, 10 p., ISBN 978-963-8172-25-9
- Bhaduri, B.-Harbor, J.-Engel, B.-Grove, M. (2000): Assessing Watershed-Scale, Long-Term Hydrologic Impacts of Land Use Change Using a GIS-NPS Model. *Environmental Management*, Vol. 26, No. 6, pp. 643-658.
- Bogdán, O. (2005): Térinformatika az ipari környezetvédelemben. Doktori (PhD) értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, 154 p.
- Bódis, K. (2008): Digitális domborzatmodellek és alkalmazási lehetőségeik az árvízi kockázatkezelésben. Doktori (PhD) értekezés, Szegedi Tudományegyetem, Szeged, 131 p.
- Britz, W.-Verbarg, P.H.-Leip, A. (2010): Modelling of land cover and agricultural change in Europe: Combining the CLUE and CAPRI-Spat approaches. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 11 p.
- Csató, Sz.-Mezősi, G. (2003): A geoökológia aktuális kutatási problémái. *Tájökológiai Lapok* 1/1, pp.19-32.
- Csemez, A. (1996): Tájtervezés – tájrendezés. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 296 p.
- Csorba, P. (2006): Indikátorok az ökológiai tájszerkezet és tájműködés jellemzésére. In: Táj, környezet és társadalom. Ünnepi tanulmányok Keveiné Bárány Ilona professzor asszony tiszteletére, SZTE, Szeged, pp. 117-123.
- Csorba, P. (2007): Tájszerkezet-kutatások és tájmetriai mérések Magyarországon. MTA doktori értekezés, Debreceni Egyetem, Debrecen, 2007, 132 p.
- Deepak, K.R.-Duckles, J.M.-Pijanowski, B.C. (2010): The Impact of Future Land Use Scenarios on Runoff Volumes in the Muskegon River Watershed. *Environmental Management* 46:351-366.
- Detrekői, Á.-Szabó, Gy. (2002): Térinformatika. Nemzeti Könyvkiadó, Budapest, 380 p.
- Di Luzio, M.-Srinivasan, R.-Arnold, J.G. (2004): A GIS-Coupled Hydrological Model System for the Watershed Assessment of Agricultural Nonpoint and Point Sources of Pollution. *Transactions in GIS*, 8(1): 113-136.
- Dömsödi, J. (2009): A birtokviszonyok és a birtokrendezés meghatározó (koordináló) szerepe a különböző célú területrendezésekben. *Geodézia és Kartográfia* 2009/07 (61), pp. 30-32.
- Duray, B. (2008): A tájhasználat változásának vizsgálati módszerei Kis-sárréti példa alapján. In: Csorba, P., Fazekas, I. (szerk.): Táj kutatás-tájökológia. Debrecen, 2008, pp.125-130.

Evrard, O.-Nord, G.-Cerdan, O.-Souchère, V.-Bissonais, Y.-Bonté, P. (2010): Modelling the impact of land use change and rainfall seasonality on sediment export from an agricultural catchment of the northwestern European loess belt. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 138: 83-94.

Ewen, J.-Parkin, G. (1996): Validation of catchment models for predicting land-use and climate change impacts. *Journal of Hydrology* 175: 583-594.

Ghimessy, L.-Szarvas, F. (szerk.) (1978): Vizek, vízgyűjtők és a táji teljesítőképesség. Víz-ügyi Műszaki Gazdasági Tájékoztató, Budapest, 392 p.

Hagett, P. (2006): Geográfia – Globális szintézis. Typotex Kiadó, Budapest, 842 p.

Hajós, B. (1988): A Velencei-tó vízgazdálkodás-fejlesztési programja. *Hidrológiai Tájékoztató* 1988/4., Budapest, pp. 34-36.

Hajtun, Gy. (2010): Víz nélkül nincs élet. *Magyar Mezőgazdaság – Halászati Lapok*, 65. évfolyam 18, 2010. május 5., pp. 3-4.

Hamer, W.D.-Love, D.-Booij, M.J.-Hoekstra, A.Y. (2007): A rainfall-runoff model for two small ungauged catchment using the water balance of a reservoir for calibration. 8th WATERNET/WARFSA/GWP-SA Symposium, Zambia-Lusaka, 8 p.

He, C. (2003): Integration of geographic information systems and simulation model for watershed management. *Environmental Modelling & Software* 18, pp. 809-813.

Homoródi, A. (1996): Mezőgazdasági út- és vízepítéstan II. (Vízgazdálkodás). Jegyzet, EFE FFFK, Székesfehérvár, 255 p.

Horoszné, G.M. (2010/1): A magyar földhasználati reform. In: Birtoktervezési és rendezési ismeretek. Új Magyarország Fejlesztési Terv, Társadalmi Megújulás Operatív Program (TÁMOP) 4.1.2-08/1/A-2009-0027, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, „Tananyagfejlesztéssel a GEO-ért”, Székesfehérvár, 31 p.

Horoszné, G.M. (2010/2): A tájrendezés szerepe a birtokfejlesztésben. In: Birtoktervezési és rendezési ismeretek. Új Magyarország Fejlesztési Terv, Társadalmi Megújulás Operatív Program (TÁMOP) 4.1.2-08/1/A-2009-0027, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, „Tananyagfejlesztéssel a GEO-ért”, Székesfehérvár, 24 p.

Horoszné, G.M. (2010/3): Vízrendezés és melioráció. In: Birtoktervezési és rendezési ismeretek. Új Magyarország Fejlesztési Terv, Társadalmi Megújulás Operatív Program (TÁMOP) 4.1.2-08/1/A-2009-0027, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, „Tananyagfejlesztéssel a GEO-ért”, Székesfehérvár, 34 p.

Horoszné, G.M. (2010/4): Vásárhelyi Terv birtokrendezési összefüggései. In: Birtoktervezési és rendezési ismeretek. Új Magyarország Fejlesztési Terv, Társadalmi Megújulás Operatív Program (TÁMOP) 4.1.2-08/1/A-2009-0027, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, „Tananyagfejlesztéssel a GEO-ért”, Székesfehérvár, 20 p.

Horváth, Cs. (2010): Megéri kíméletesen művelni a talajt. *Magyar Mezőgazdaság*, 65. évfolyam/25, 2010. június 23., pp. 23.

Hundecha, Y.-Bárdossy, A. (2004): Modeling of the effect of land use changes on the runoff generation of a river basin through parameter regionalization of a watershed model. *Journal of Hydrology* 292, pp. 281-295.

Jenness, J. (2011): DEM Surface Tools. USA, 94 p.
(http://www.jennessent.com/arcgis/surface_area.htm)

- Júva, K. (1966): Vízrendezés. Tankönyvkiadó, Budapest, 688 p.
- Kácsor, L. (1984): A Velencei-tó. Gondolat Kiadó, Budapest, 170 p.
- Kalicz, P. (2006): Hidrológiai folyamatok modellezése a Sopron melletti Hidegvíz-völgyben. Doktori (PhD) értekezés, Sopron, 182 p.
- Kaliczka, L. (1998): Hegy- és dombvidéki vízrendezés. Oktatási segédlet, Eötvös József Főiskola, Baja, 114 p.
- Karátson, D. (főszerk.) (1999): Pannon enciklopédia – Magyarország földje. Kertek 2000 Kiadó, Budapest, CD-ROM (ARCANUM Adatbázis)
- Károlyi, Cs. (1975): Adathiányos vízgyűjtők vízkészlet meghatározása. *Vízügyi Közlemények*, Budapest, pp. 526-554
- Kertész, Á. (2003): Tájökológia. Holnap Kiadó, Budapest, 166 p.
- Kertész, Á. (2008): Korszerű tájföldrajz és tájökológia. In: IV. Magyar Földrajzi Konferencia, Debrecen, 2008. november 14-15, pp. 213-217.
- Kis, K. (2009): Tájhasználat vizsgálata a Hódmezővásárhelyi Kistérségben. Hódmezővásárhely, 95 p.
- Konkolyné, Gy. É. (2003): Környezettervezés. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 398 p.
- Lóczy, D. (2002): Tájértékelés, földértékelés. Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 307. p.
- Lóczy, D. (2005): Egy jellegzetesen tájökológiai feladat: földhasználati konfliktusok elemzése döntéelméleti alapon. In: Bugya, T.; Wilhelm, Z. (szerk.): Tanulmányok Tóth Józsefnek, PTE, Pécs, pp.173-176.
- Lørup, J.K.-Refsgaard, J.C.-Mazvimavi, D. (1998): Assessing the effect of land use change on catchment runoff by combined use of statistical tests and hydrologic modelling: Case studies from Zimbabwe. *Journal of Hydrology* 205, pp. 147-163.
- Magyari, J. (2005): Térinformatikai módszerek alkalmazása az agrár-környezetgazdálkodás és vidékfejlesztés területén. Doktori (PhD) értekezés, Gödöllő, 141 p.
- Márkus, B. (2004): Gondolatok a térinformatikáról. *Geomatikai Közlemények* VII., pp. 105-110.
- Márkus, B. (2010): Térbeli döntéselőkészítés. Székesfehérvár, 214 p.
- Márkus, B. (2011): Digitális domborzatmodellezés. Új Magyarország Fejlesztési Terv, Társadalmi Megújulás Operatív Program (TÁMOP) 4.1.2-08/1/A-2009-0027, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, „Tananyagfejlesztéssel a GEO-ért”, TÉ11, 42 p.
- Marosi, S.-Somogyi, S. (szerk.) (1990): Magyarország kistájainak katasztere I-II. MTA-FKI, Budapest, 1023 p.
- Mátyás, Cs. (szerk.) (1996): Erdészeti ökológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 312 p.
- Mélykúti, G. (2004): Digitális szintvonalak. *Geomatikai Közlemények* VII., pp. 39-44.
- Mezősi, G. (2003): A tájtervezés és a földrajzi kutatás. In: Csorba, P.; Szilágyi, Zs. (szerk.): Környezetvédelmi mozaikok, Tiszteletkötet Dr. Kerényi Attila 60. születésnapjára. Debreceni Egyetem Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, Debrecen, 410 p.
- Mezősi, G.-Rakonczai, J. (szerk.) (1997): A geoökológiai térképezés elmélete és gyakorlata. JATE TFT, Szeged, 131 p.

Nagy, I.- Bíró, T.-Tamás, J. (2007): Lefolyási viszonyok vizsgálata Digitális Magassági Modell létrehozásával. *Agrártudományi Közlemények*, 2007/26, 124-129.

Orlóczi, I.-Szlávik, L. (2011): Gondolatok a vízgazdálkodási politikáról. XIX. Országos Vándorgyűlés – Magyar Hidrológiai Társaság, Eger, 16 p., ISBN 978-963-8172-28-0

Parker, Dawn C.-Manson, S.M.-Janssen, M.A.-Hoffmann, M.J.-Deadman, P. (2002) : Multi-Agent Systems for the Simulation of Land-Use and Land-Cover Change: A Review. *Annals of the Association of American Geographers*, Volume 93, Issue 2, pp. 314-337.

Persson, A.S.-Olsson, O.-Rundlöf, M.-Smith, H.G. (2010): Land use intensity and landscape complexity – Analysis of landscape characteristics in an agricultural region in Southern Sweden. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 136: 169-176.

Petrasovits, I. (szerk.) (1982): Sík vidéki vízrendezés és –gazdálkodás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1982, 332 p.

Schweitzer, F.-Tiner, T. (szerk.)(2000): Tájkutatói irányzatok Magyarországon. Tiszteletkötet Marosi Sándor akadémikus 70. születésnapjára. MTA FKI, Budapest, 131 p.

Singh, V.P.-Fiorentino, M. (1996): Geographical information systems in hydrology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 446 p.

Steinert, M.U. (2005): Überprüfung von Verfahren zur Bewertung der Retentionsfunktion am Beispiel des Einzugsgebiets der Oberen Ems. Diplomarbeit, der Universität Leipzig, 127 p.

Stelczer, K. (2000): A vízkészlet-gazdálkodás hidrológiai alapjai. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 411 p.

Szabados, I. (2010): Együtt takarékosabb és hatékonyabb. *Magyar Mezőgazdaság*, 65. évfolyam/28, 2010. július 14., pp. 20-21.

Szabó, Gy. (2004): Föld- és területrendezés II. (Komplex területrendezés – erdőterképészet). NYME-GEO Jegyzetszorosító Részleg, Székesfehérvár, 124 p.

Szabó, Gy. (2010/1): A birtokrendezés infrastrukturális (táblásítás, mező- út, vízrendezés és melioráció, tereprendezés) kapcsolódásai. In: Föld- és területrendezés. Új Magyarország Fejlesztési Terv, Társadalmi Megújulás Operatív Program (TÁMOP) 4.1.2-08/1/A-2009-0027, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, „Tananyagfejlesztéssel a GEO-ért”, Székesfehérvár, 39 p.

Szabó, Gy. (2010/2): Birtokrendezés és tájrendezés. In: Föld- és területrendezés. Új Magyarország Fejlesztési Terv, Társadalmi Megújulás Operatív Program (TÁMOP) 4.1.2-08/1/A-2009-0027, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, „Tananyagfejlesztéssel a GEO-ért”, Székesfehérvár, 20 p.

Szabó, Sz. (2002): A környezetvédelem sajátos területe: a talajvédelem. *Debreceni Szemle* 4, Debrecen, pp. 663-680.

Szabó, Sz.-Bíró, T. (2003): Hidrológiai modellek alkalmazása a tájértékelésben. *Acta Geographica Debrecina* 2001/2002 XXXVI, pp. 141-154.

Szalay, M. (2009): A felszíni vizek mennyiségi jellemzése – kisvízi készlet. ÖKO Zrt vezette konzorcium, Budapest, 22 p.

Szijártó, A. (2007): 3D domborzatmodell készítése raszteres térképek alapján. Multimédia az oktatásban 2007 konferencia, Budapest, 2007. augusztus 23-24., 7 p., <http://conf.uni-obuda.hu/multimedia2007/program.htm>

Szilassi, P.-Jordán, Gy.-Van Rompaey, A.-Van Dessel, W. (2008): A területhasználat változás és a vízminőség közti kapcsolat vizsgálata idősor analízis segítségével egy balaton-felvidéki kisvízgyűjtő példáján. Magyar Földrajzi Konferencia, Debrecen, 2008. november 14-15., 6 p., <http://geography.hu/mfk2008/>

Temme, A.J.A.M.-Verburg, P.H. (2011): Mapping and modelling of changes in agricultural intensity in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 140: 46-56.

Területi Tervezési Konceptió – Spatial Planning Report. WAREMA Project 2006-2008, 2008, 114 p., www.cadses-warema.net

Thyll, Sz. (szerk.) (1992): Talajvédelem és vízrendezés dombvidéken. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 350 p.

Tsegaye, D.-Moe, S.R.-Vedeld, P.-Aynekulu, E. (2010): Land use/cover dynamics in Northern Afar rangelands, Ethiopia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 139: 174-180.

Turner, M.G.-Gardner, R.H.-O'Neill, R.V. (2001): Landscape ecology in theory and practice. Springer-Verlag, New York, 405 p.

Utasi, Z. (2001): A Heves-Borsodi-dombság morfológiai elemzése térinformatikai módszerekkel. I. Magyar Földrajzi Konferencia, Szeged, 2001. október 25-27., 10 p., <http://geography.hu/mfk2001/cikkek/Utasi.pdf>

Vermes, L. (szerk.) (1997): Vízgazdálkodás. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 395 p.

Verőné, W.M. (2008): Land Change Modeler alkalmazása földhasználat kiértékelésben. GISOPEN2008 Konferencia, Székesfehérvár, 2008. március 12-14., 40 p., http://www.geo.info.hu/gisopen/gisopen2008/ppt/CS_13_Verone.pdf

Verőné, W.M. (2009): Földhasznosítás változásának követése távérzékeléssel a Velencei-tó vízgyűjtőjében. *Geomatikai Közlemények* XII., pp. 273-280. HU ISSN 1419-6492

Verőné, W.M. (2011): Fotóinterpretáció és távérzékelés. Új Magyarország Fejlesztési Terv, Társadalmi Megújulás Operatív Program (TÁMOP) 4.1.2-08/1/A-2009-0027, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, „Tananyagfejlesztéssel a GEO-ért”, FOI5, 45 p.

Wilk, J.-Hughes, D.A. (2002): Calibrating a rainfall-runoff model for a catchment with limited data. *Hydrological Sciences Journal* 47(1): 3-17.

Yang, B.-Li M.H. (2011): Assessing planning approaches by watershed streamflow modeling: Case study of the Woodlands; Texas. *Landscape and Urban Planning* 99, pp. 9-22.

Zámbori, Z. (szerk.) (2001): A hidroszféra problémái. Ökológiai Intézet a Fenntartható Fejlődésért Alapítvány, Miskolc, 42 p.

Zhang, X.-Cao, W.-Guo, Q.-Wu, S. (2010): Effects of land use change on surface runoff and sediment yield at different watershed scales on the Loess Plateau. *International Journal of Sediment Research* 25, pp. 283-293.

Zimmermann, P.-Tasser, E.-Leitinger, G.-Tappeiner, U. (2010): Effects of land use and land cover pattern on landscape scale biodiversity in the European Alps. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 139: 13-22.

Egyéb irodalmi forrás:

- 1) http://www.sci.u-szeged.hu/eghajlattan/pdf/A_tajokologia_fogalma_es_targya.pdf
- 2) http://www.jaketa.hu/software/mike_11/mike_11_r2.html
- 3) A Velencei-tó – Vértes kiemelt üdülőkörzet Területfejlesztési Programjának a Velencei-tó környéki többcélú kistérségi társulás településeire vonatkozó elhatározásai. Velencei-tó Környéki Többcélú Kistérségi Társulás, 2005, 175 p.
- 4) http://hu.wikipedia.org/wiki/Neurális_hálózat
- 5) http://en.wikipedia.org/wiki/Runoff_curve_number
- 6) ftp://152.66.18.61/Oktatas/Epito2000/.../Hydrology_erosion.ppt
- 7) www.ingatlanszotar.hu
- 8) <http://www.bibliothecapliniana.com/bpbmenu03plinius.html>
- 9) <http://www.worldometers.info/world-population/>
- 10) <http://www3.syngenta.com/country/hu/hu/Felelos-mezogazdasag/Pages/SOWAP.aspx>
- 11) <http://www3.syngenta.com/country/hu/hu/Felelos-mezogazdasag/Pages/MARGINS.aspx>

ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra: A földfelszín használatának különböző típusai.	20
2. ábra: Land Change Modeler segítségével végzett földhasználat-változás a Velencei-tó vízgyűjtőjén.....	22
3. ábra: A vízgyűjtők hidrológiai körforgása – séma.	32
4. ábra: A tájhasználat hatása a lefolyásra, illetve a beszivárgásra.	36
5. ábra: A modellalkotás folyamata.....	38
6. ábra: A matematikai modellek típusai.	39
7. ábra: A görbeparaméter értékei.	42
8. ábra: Stratégiai fejlesztések a Velencei-tó vízgyűjtő területen.	55
9. ábra: A mintaterület a WEAP programban.....	56
10. ábra: Adatbevitel a WEAP programban.....	57
11. ábra: Vízhozam adatok változása a klíma függvényében.....	58
12. ábra: A vízhasználatok előrejelzése.	58
13. ábra: A vízgyűjtő kistájainak elhelyezkedése.	60
14. ábra: A vízgyűjtő relief-térképe.	61
15. ábra: Éves csapadékösszegek a vízgyűjtőn Lovasberény állomás adatai alapján.....	62
16. ábra: Vízhozam idősor Pátka állomáson 1980-2010 között.	63
17. ábra: A Rovákja-patak vízgyűjtőjén lévő felszíni földtani formációk.	64
18. ábra: Genetikai talajtípusok a vízgyűjtőn (genetikus talajtérkép alapján).....	65
19. ábra: Genetikai talajtípusok a vízgyűjtőn (AGROTOPO adatbázis alapján).....	66
20. ábra: Talajtípusok elhelyezkedése a vízgyűjtőn mechanikai tulajdonságaik alapján (genetikus talajtérkép alapján).....	67
21. ábra: Művelési ágak elhelyezkedése a mintaterületen a CLC50 adatbázis alapján.....	68
22. ábra: CLC50 alapján készített statisztika a művelési ágakról.....	68
23. ábra: Művelési ágak elhelyezkedése a mintaterületen a CLC100 adatbázis alapján.	69
24. ábra: CLC100 alapján készített statisztika a művelési ágakról.....	69
25. ábra: A lejtőkategóriák %-os megoszlása a vízgyűjtőn.	71
26. ábra: Rovákja-patak korábbi vízrendezési munkáinak nyoma.	72
27. ábra: Lefolyás-szabályozási funkció értékelése H. ZEPP szerint (1).	77
28. ábra: Vektoros DDM a mintaterületre.	79
29. ábra: Raszteres DDM a mintaterületre 1:50 000-es adatbázis alapján.	80
30. ábra: DEM a mintaterületre 1:10 000-es adatbázis alapján.....	80
31. ábra: DEM elsőrendű deriváltja, a lejtőszög - ArcGIS.	82
32. ábra: A lejtőszög kiszámításának módja.	83
33. ábra: DEM elsőrendű deriváltja, a lejtőszög 3D modellje K-Ny-i irányultsággal – SAGA GIS.....	84
34. ábra: Kitétségi osztályok.	85
35. ábra: Kitétség a Rovákja-patak vízgyűjtőjén.....	85
36. ábra: Kitétség meghatározása.	86
37. ábra: DEM elsőrendű deriváltja, a kitétség (égtájak szerint) - ArcGIS.	86
38. ábra: DEM elsőrendű deriváltja, a kitétség (színfokozattal) - ArcGIS.	87
39. ábra: DEM elsőrendű deriváltja, a kitétség (fok szerint színfokozattal) – SAGA GIS.....	87
40. ábra: Lefolyási irányok térképe ArcGIS Spatial Analyst modullal készítve.....	88
41. ábra: Lefolyási irányok számítása.	88
42. ábra: Felszíni lefolyási irányok meghatározása (1) - ArcGIS.....	89
43. ábra: Lefolyástalan területek behatárolása - ArcGIS.	89
44. ábra: Lefolyástalan területek nélküli DEM - ArcGIS.....	90
45. ábra: Felszíni lefolyási irányok meghatározása (2) - ArcGIS.....	91
46. ábra: Lefolyási irányok és a valódi vízfolyások - ArcGIS.	91
47. ábra: Profile Curvature – DEM Surface Tools.	92
48. ábra: Profile Curvature – séma.	93
49. ábra: Longitudinal Curvature - DEM Surface Tools.....	93
50. ábra: Plan Curvature - DEM Surface Tools.	94
51. ábra: Plan Curvature – séma.....	94
52. ábra: Konvergencia index – SAGA GIS.....	95

53. ábra: Tangential Curvature - DEM Surface Tools.....	96
54. ábra: Tangential Curvature – séma.....	96
55. ábra: Cross-Sectional Curvature - DEM Surface Tools.	97
56. ábra: Total Curvature - DEM Surface Tools.	97
57. ábra: General Curvature - DEM Surface Tools.....	98
58. ábra: A lejtők hossza – SAGA GIS.	99
59. ábra: ArcScene-ben elkészített 3D modell a mintaterület kitettségét ábrázolva, 10-szeres vertikális nagyításban, K-Ny-i irányultsággal.	99
60. ábra: SAGA GIS – Cella értékeinek megjelenítése.	101
61. ábra: SAGA GIS – Szimuláció.....	101
62. ábra: Az úrfelvételek elemzésének általános lépései.	104
63. ábra: Felszínborítás 1986-ban (a) és 2011-ben (b) a mintaterületen.	105
64. ábra: A területnövekedések és csökkenések százalékos értékei az egyes felszínborítási kategóriák esetében 1986-2011 között.	105
65. ábra: A felszínborítási kategóriák nettó változásai százalékos értékben 1986-2011 között.....	106
66. ábra: CLC50 adatbázis alapján készített lefolyás-szabályozási funkció a mintaterületen.	107
67. ábra: 1986-os LANDSAT felvétel alapján készített lefolyás-szabályozási funkció a mintaterületen.....	108
68. ábra: 2011-es LANDSAT felvétel alapján készített lefolyás-szabályozási funkció a mintaterületen.	109
69. ábra: Termőtalaj pusztulása (erózió) a mintaterületen.....	110

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

I. táblázat: A legfontosabb tájfunkciók.....	15
II. táblázat: A modellek fejlődése az elmúlt évszázadban.	17
III. táblázat: A domborzat megváltozása az emberi tevékenység következtében.	29
IV. táblázat: A lejtési viszonyok tájékoztató tényezői (α_1).	35
V. táblázat: A talaj vízáteresztő képesség szerinti csoportosítása (α_2).	35
VI. táblázat: A talaj növényfedettség szerinti csoportosítása (α_3).	36
VII. táblázat: Elsődleges adatforrások rendszerezése.	51
VIII. táblázat: Térhasználati konfliktus mátrix a Velencei-tó vízgyűjtőre.....	54
IX. táblázat: Talajtípusok területi megoszlása (%).	66
X. táblázat: Talajok fizikai tulajdonságaik alapján, területi megoszlásban (%).	67
XI. táblázat: A mintaterület agro-ökonómiai tulajdonságai.	70
XII. táblázat: A vízgyűjtő geometriai adatai.	71
XIII. táblázat: Lejtőkategóriák a vízgyűjtőn.....	75
XIV. táblázat: Lefolyás-szabályozási funkció részletezése Steinert, 2005 alapján.....	76
XV. táblázat: Lejtők osztályozása.....	82
XVI. táblázat: Kitétségi osztályok égtájak szerint.	85
XVII. táblázat: Adat-alkalmazás mátrix.....	102
XVIII. táblázat: A lefolyás-szabályozási funkció kategóriáinak területi értékei – CLC50 alapján.	107
XIX. táblázat: A lefolyás-szabályozási funkció kategóriáinak területi értékei – 1986-os LANDSAT alapján....	108
XX. táblázat: A lefolyás-szabályozási funkció kategóriáinak területi értékei – 2011-es LANDSAT alapján.	109

MELLÉKLETEK

1. Melléklet: Témához tartozó publikációk
2. Melléklet: Digitális adatok metaadat leírása
3. Melléklet: CD melléklet

PhD dolgozat pdf formátumban – PHD_HGM.PDF

Tézisek magyar nyelven – TEZIS_MAGYAR_HGM.PDF

Tézisek angol nyelven – TEZIS_ANGOL_HGM.PDF

1.Melléklet: Témához tartozó publikációk

Horoszné Gulyás M. (2012): Lefolyás-szabályozás a talajvédelem tükrében, GISOPEN2012, Székesfehérvár, 2012.03.12-14.

Horoszné Gulyás M., Katona J. (2011): Térinformatika a hidrológia és földhasználat területén. Tudományos Doktorandusz Konferencia, Sopron, 2011.04.13.

Horoszné Gulyás M., Katona J. (2011): Térinformatika a hidrológia és földhasználat területén. GISOPEN2011, Székesfehérvár, pp. 151-164, ISBN 978-963-334-003-5

Horoszné Gulyás M., Katona J. (2011): Térinformatika a hidrológia és földhasználat területén. Tudományos Doktorandusz Konferencia, Sopron, pp. 115-118, ISBN 978-963-334-013-4

Katona J. , Horoszné Gulyás M. (2011): Térinformatikai szemléletű birtoktervezés. Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás, Debrecen, pp. 251-258, ISBN 978-963-06-9341-7

Horoszné Gulyás M. (2010): A Vásárhelyi-terv birtokrendezési összefüggései. Új Magyarország Fejlesztési Terv, Társadalmi Megújulás Operatív Program (TÁMOP) 4.1.2-08/1/A-2009-0027, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, „Tananyagfejlesztéssel a GEO-ért”, BRTI8, 28 p.

Horoszné Gulyás M. (2010): A tájrendezés szerepe a birtokfejlesztésben. Új Magyarország Fejlesztési Terv, Társadalmi Megújulás Operatív Program (TÁMOP) 4.1.2-08/1/A-2009-0027, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, „Tananyagfejlesztéssel a GEO-ért”, BRTI9, 33 p.

Horoszné Gulyás M. (2010): Vízrendezés és melioráció. Új Magyarország Fejlesztési Terv, Társadalmi Megújulás Operatív Program (TÁMOP) 4.1.2-08/1/A-2009-0027, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, „Tananyagfejlesztéssel a GEO-ért”, BRTI10, 34 p.

Horoszné Gulyás M. (2010): A magyar földhasználati reform. Új Magyarország Fejlesztési Terv, Társadalmi Megújulás Operatív Program (TÁMOP) 4.1.2-08/1/A-2009-0027, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, „Tananyagfejlesztéssel a GEO-ért”, BRTI11, 31 p.

M. Horosz-Gulyás, J. Katona (2010): Methods in land management planning. 38th International Symposium of the European Faculty of Land Use and Development (FESF), Székesfehérvár, 2010.09.30-10.02.

Horoszné Gulyás M., Katona J. (2010): Európai Unió vízgazdálkodás-tervezés. XXVIII. Országos Vándorgyűlés – Magyar Hidrológiai Társaság, Sopron, 2010.07.07-09.

Horoszné Gulyás M., Katona J. (2010): Vízgazdálkodás-tervezési módszerek. XVII. Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás, Debrecen, 2010.06.10-11.

Horoszné Gulyás M., Katonáné Gombás K. (2010): Ökológiai szemléletű vízgazdálkodás-tervezés. 4. Magyar Tájökológia Konferencia, Kerekegyháza-Kunpuszta, 2010.05.13-15.

Horoszné Gulyás M., Katonáné Gombás K. (2010): New methods in water management planning. Spring Wind Conference, Pécs, 2010.03.25-27.

Horoszné Gulyás M. (2010): Javaslatok vízgazdálkodási problémák megoldására, GISOPEN2010, Székesfehérvár, 2010.03.17-19.

Horoszné Gulyás M., Katonáné Gombás K. (2010): Cooperative research in water management. 8th International Conference on Applied Informatics, Eger, 2010.01.28-30.

Horoszné Gulyás M., Katonáné Gombás K. (2010): Vízkészlet-gazdálkodás. V. Regionális Természettudományi Konferencia, Szombathely, 2010.01.27.

Horoszné Gulyás M., Katonáné Gombás K. (2010): Vízgazdálkodás-tervezés. VIII. Alkalmazott Informatika Konferencia, Kaposvár, 2010.01.22.

Horoszné Gulyás M., Katonáné Gombás K. (2010): New methods in water management planning. Spring Wind Conference, Pécs, pp. 175-182

Horoszné Gulyás M. – Katona J. (2010): Tájökológiai kutatások módszerei. *Corvinus Regionális Tanulmányok*, 2010. I. évfolyam/2-3. szám, pp. 43-50., ISSN 2061-8638

K. Katona-Gombás, M. Horosz-Gulyás (2010): Microregions agricultural aptitude test methodology. *Geographia Technica* No. 1/2010, pp. 11-16., ISSN 2065-4421

M. Horoszné Gulyás – J. Katona (2010): The methods of landscape ecology researches. *Corvinus Regional Studies*, 2010. I. volume/2-3. issue, pp. 43-50, ISSN 2061-8646

Horoszné Gulyás M., Katonáné Gombás K. (2010): Ökológiai szemléletű vízgazdálkodás-tervezés. 4. Magyar Tájökológia Konferencia Absztrakt kötet, Kerekegyháza-Kunpuszta, 34 p.

Horoszné Gulyás M., Katona J. (2010): Vízgazdálkodás-tervezési módszerek. XVII. Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás, Debrecen, 432 p., ISBN 978-963-06-9341-7

Horoszné Gulyás M., Katona J. (2010): Európai Unió vízgazdálkodás-tervezés. XXVIII. Országos Vándorgyűlés – Magyar Hidrológiai Társaság, Sopron, 9 p. ISBN 978-963-8172-25-9

Katonáné Gombás K., Horoszné Gulyás M., Szalai B. (2008.): Vízgazdálkodás az Európai Unióban. III. Tájökológiai Konferencia, Budapest, 2008.05.08-10.

Horoszné Gulyás M. (2007): Vízgazdálkodás-Természetvédelem-Földhasználat. VI. Alkalmazott Informatikai Konferencia, Kaposvár, 2007.05.25.

Horoszné Gulyás M. (2007): Vízkészlet-gazdálkodás védett területeken. XII. FMTÜ, Kolozsvár, 2007.03.16-17.

Horoszné Gulyás M. (2007): Vízgazdálkodás védett területeken. GISOPEN2007, Székesfehérvár, 2007.03.12-14.

Horoszné Gulyás M. (2007): Vízkészlet-gazdálkodás az Európai Unióban – új projekt a GEO-n. *Vivat Academia*, V. évfolyam 1. szám, 2007. január-február, pp. 15-16., ISSN 1589-8091

Horoszné Gulyás M. (2007): Vízgazdálkodás-Természetvédelem-Földhasználat. *Acta Agraria Kaposvariensis* Vol. 11 No. 2, pp. 53-66, ISSN 1418-1789

Horoszné Gulyás M. (2007): Vízkészlet-gazdálkodás az Európai Unióban egy projekt szemszögéből. *Földméréstől a geoinformatikáig*, Székesfehérvár, 168-178 pp.

Horoszné Gulyás M. (2007): Vízkészlet-gazdálkodás védett területeken. XII. FMTÜ Nemzetközi Tudományos Konferencia, Kolozsvár, pp. 85-89

Kovács P., Domokos M., Nováky B., Horoszné Gulyás M. (2006): Characterization of the runoff regime and its stability in the Danube Catchment. In: *Die Donau und ihr Einzugsgebiet: Eine hydrologische Monographie.* = Dunaj i ego basszejn: Hidrológicseszkaja Monografija. = The Danube and its Basin [Catchment]: A Hydrological Monograph. ; Follow-up volume 11. , 40 p.

Horoszné Gulyás M. (2006): Vízkészlet-gazdálkodás az Európai Unióban. Magyar Tudomány Napja Konferencia, Székesfehérvár, 2006.11.15.

Gulyás, M.; Csík, A.; Mika, J.; Pálffy, L.; Urbán-Papp, J.; Varga, Gy. (2005): Regional drought event in the Sio and lake Balaton drainage basin. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 7., European Geosciences Union, EGU05-A-01215, Vienna, Austria, 24-29 April 2005.

Kovacs,P.; Gulyas, M. (2005): Characterization of the runoff regime and its stability in the Danube Catchment. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 7., European Geosciences Union, EGU05-A-10774, Vienna, Austria, 24-29 April 2005., EGU05-A-10774; HS44-1TH5P-0172

2.Melléklet: Digitális adatok metaadat leírása

Kategória	Topográfiai térkép
Megnevezés	DTA-50 digitális topográfiai térkép
Rövid név	DTA-50
Leírás	gazdag térbeli információkat tartalmazó váztérkép, nem tartalmaz alfanumerikus információkat
Attribútum	nem tartalmaz attribútumot
Definíció	az egyes rétegek vonalas illetve polygonos formában tartalmazzák a geometriát
Adatformátum	Intergraph MGE, Microstation, AutoCAD DXF/DWG, MapInfo, ArcInfor
Kiterjedés	Magyarország
Tulajdonos	Magyar Honvédség Térképészeti Közhasznú Nonprofit Kft
Adatkarbantartó	Magyar Honvédség Térképészeti Közhasznú Nonprofit Kft
Kapcsolattartó	Kováts Zoltán
e-mail	kovats.zoltan@topomap.hu
telefon	-
Ár	szelvényenként változó
Utolsó frissítés	1992
Adatforrás	1:50 000-es papírtérképek
Méretarány	1:50 000
Vetület	EOV, Gauss-Krüger
Mértékegység	méter, négyzetméter

Kategória	Felszínborítás
Megnevezés	CORINE Land Cover
Rövid név	CLC100, CLC50
Leírás	digitális adatbázis, mely 5 csoportba rendezett kategóriákat tartalmaz
Attribútum	felszínborítás kódjai a 1:100 000 méretarány esetében 44, az 1:50 000 méretarány esetében 87 kategória
Definíció	polygonok, melyek a felszínborítás foltjait reprezentálják
Adatformátum	vektoros, raszteres
Kiterjedés	Magyarország
Tulajdonos	Földmérési és Távérzékelési Intézet
Adatkarbantartó	Földmérési és Távérzékelési Intézet, Térinformatikai Fejlesztési Osztály
Kapcsolattartó	Török Cecília
e-mail	-
telefon	+36 1 2225109
Ár	méretarányonként és felhasználási módonként változó
Utolsó frissítés	1990-92, 1999
Adatforrás	LANDSAT TM-5, SPOT-4, DEM
Méretarány	1:100 000, 1:50 000
Vetület	EOV
Mértékegység	méter, négyzetméter

Kategória	Talajtérkép
Megnevezés	Agrotopográfiai Adatbázis
Rövid név	AGROTOPO
Leírás	talajtani, meteorológiai és földhasználati adatokból építkezik
Attribútum	genetikus talajtípus, alapképző kőzet, fizikai féleség, vízgazdálkodás, agyagásvány összetétel, szervesanyag-készlet, termőréteg vastagság, kémhatás és mészállapot, talajértékszám
Definíció	homogén agroökológiai egységekből áll, amelyekhez a termőhelyi talajadottságokat meghatározó főbb talajtani paraméterek tartoznak
Adatformátum	shape
Kiterjedés	Magyarország
Tulajdonos	Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet
Adatkarbantartó	Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet, GIS Labor
Kapcsolattartó	Szabó József
e-mail	james@rissac.hu
telefon	+36 1 2122265
Ár	megegyezés szerint
Utolsó frissítés	1993
Adatforrás	1:100 000 papírtérképek
Méretarány	1:100 000
Vetület	EOV
Mértékegység	méter, négyzetméter

Kategória	Talajtérkép
Megnevezés	Üzemi genetikus talajtérkép
Rövid név	Genetikus
Leírás	talajtulajdonságokat tartalmazó adatbázis, az 1990-es évek elején készült, nem országos
Attribútum	kémiai, fizikai tulajdonságok
Definíció	talajmintavételi pontok jegyzőkönyvi adatai
Adatformátum	shape
Kiterjedés	Magyarország egyes részei
Tulajdonos	Fejér Megyei Kormányhivatal Növény- és Talajvédelmi Igazgatóság
Adatkarbantartó	Fejér Megyei Kormányhivatal Növény- és Talajvédelmi Igazgatóság
Kapcsolattartó	Szabóné Kele Gabriella
e-mail	-
telefon	+36 22 589210
Ár	-
Utolsó frissítés	1990
Adatforrás	szakértők
Méretarány	1:10 000
Vetület	EOV
Mértékegység	méter, négyzetméter

Kategória	Természetvédelem
Megnevezés	Természetvédelmi Információs Rendszer
Rövid név	TIR
Leírás	védett területekre vonatkozó információs rendszer
Attribútum	megnevezés
Definíció	az egyes területek polygonjai
Adatformátum	shape
Kiterjedés	Magyarország
Tulajdonos	Vidékfejlesztési Minisztérium Környezet- és Természetvédelmi Helyettes Államtitkársága
Adatkarbantartó	Vidékfejlesztési Minisztérium Környezet- és Természetvédelmi Helyettes Államtitkársága
Kapcsolattartó	-
e-mail	-
telefon	+36 1 3952605
Ár	-
Utolsó frissítés	2003
Adatforrás	Nemzeti Park Igazgatóságok szakértői tervezték
Méretarány	1:100 000
Vetület	EOV

Kategória	Földtani térkép
Megnevezés	Magyarország felszíni földtani térképe
Rövid név	FDT100
Leírás	felszíni földtani képződményeket bemutató térkép
Attribútum	megnevezes
Definíció	az egyes területek poligonjai
Adatformátum	DXF, ArcGIS shp
Kiterjedés	Magyarország
Tulajdonos	Magyar Állami Földtani Intézet
Adatkarbantartó	Magyar Állami Földtani Intézet
Kapcsolattartó	-
e-mail	library@mafi.hu
telefon	251-26-78
Ár	szelvényenként változó
Utolsó frissítés	2005
Adatforrás	1:100 000 térképlapok
Méretarány	1:100 000
Vetület	EOV
Mértékegység	méter, négyzetméter