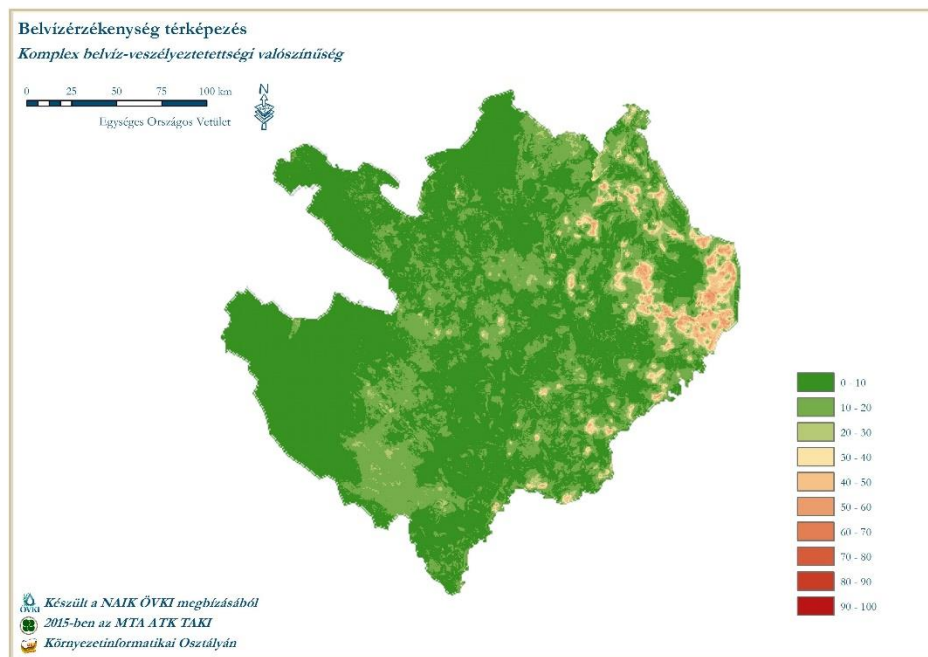


Kedvezőtlen vízgazdálkodási állapotú mezőgazdaságilag művelt területek nagy felbontású belvíz-veszélyeztetettségi és kockázati módszertani fejlesztése a KÖTIVIZIG működési területén



Készült a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság (KÖTIVIZIG)
megbízásából

a Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ (NAIK)
Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóintézetében (ÖVKI)
(5540 Szarvas, Anna-liget utca 35.)

SZARVAS
2018

1. ELŐZMÉNYEK

Jelen feladat, alvállalkozási szerződés keretében az INTERREG CE „RAINMAN” projekthez kapcsolódóan került kidolgozásra „Kedvezőtlen vízgazdálkodási állapotú mezőgazdaságilag művelt területek nagy felbontású belvíz-veszélyeztetettségi és kockázati módszertani fejlesztése a KÖTIVIZIG működési területén” tárgyában. A megbízási feladat ellátásának alapja az ÁKK 2014 Konzorcium megbízásából elkészített „Kedvezőtlen vízgazdálkodási állapotú mezőgazdaságilag művelt területek nagy felbontású belvíz-veszélyeztetettségi térképezése Magyarország síkvidéki területein (Alföld, Kisalföld, szórvány területek)” című szakértői munka, mely megfelelő háttérrel biztosított a címben meghatározott fejlesztési koncepció kidolgozásához. Felelős: NAIK Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóintézet (NAIK ÖVKI, 5540 Szarvas, Anna-liget utca 35.). Teljesítési határidő: 2018. november 15.

2. A FELADAT LEHATÁROLÁSA

A RAINMAN WP 1.2.2 tevékenységgel kapcsolatban a meglévő „Kedvezőtlen vízgazdálkodási állapotú mezőgazdaságilag művelt területek nagy felbontású belvíz-veszélyeztetettségi térképezése Magyarország síkvidéki területein” c. tanulmányban lefektetett tudományos, módszertani alapok továbbfejlesztése, kockázatértékeléssel történő kiegészítése. A metodika fejlesztését érintő tanulmány készítésének célja a belvízképződési folyamatok leírása, a veszélyek, kockázatok tudományos háttérének feltárása. A módszertan meghatározási vizsgálat során:

- elemzésre kerülnek az alapadatok (forrás, megbízhatóság, pontossági határok, adatnyerés bővítésének lehetőségei),
- a korábban megalkotott regressziós krigelési folyamat fejlesztése,
- a kockázatértékelés metodikai alapjainak meghatározása,
- a kockázati térképezés metodikai alapjainak meghatározása,
- érzékenységi vizsgálat,
- következtetések és ajánlások megállapítása.

3. MÓDSZERTAN ISMERTETÉSE ÉS A BEFOLYÁSOLÓ PARAMÉTEREK FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEI

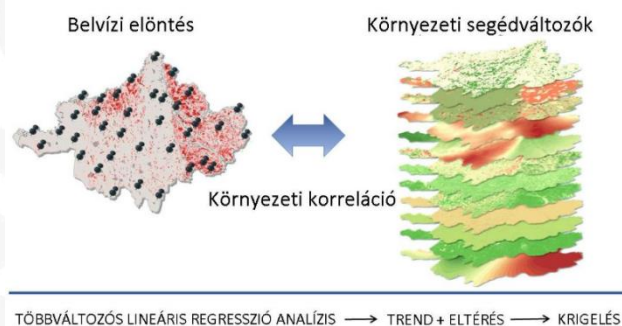
A jelenlegi módszertanunk alapja, hogy a legfőbb állandó és változó tényezők figyelembevételével olyan térképsorozatot szerkesszünk, amely lokális pontossággal jellemzik a vizsgálati terület belvízi veszélyeztetettségét. Ehhez 6 fő tényező digitális térképét kell megszerkesztenünk, melyek alapjai egy-egy jól definiált 1-től 5-ig terjedő paraméter. A belvízi veszélyeztetettség és a természeti tényezők kapcsolatának tisztázását célzó korábbi kutatásaink eredményeire támaszkodva az alábbi 6 fő tényező számszerű értékét határoztuk meg és használtuk fel a végső térképek szerkesztésénél.

1. Hidrometeorológiai tényező (a súlyozott csapadék és a lehetséges párolgás éves értéke hányadosának 10%-os előfordulási valószínűségű értéke);
2. Domborzati tényező (1:10000-es digitális terepmodell alapján, HYDRODEM);
3. Talajtani tényező (víznyelési sebesség és egyéb mutatókból meghatározva, a Kreybig-féle talajtérképek és a Várallyay-féle térképek alapján);
4. Földtani tényező (a felső 10 méteres rétegösztlet fő jellemzőiből, mint az agyagosság százalékból, a vízzáró réteg vastagságából és elhelyezkedéséből számítva, földtani térképek alapján);

5. Talajvíztényező (a 4 nagyvíz (NV) átlaga, konkrét kútadatokra feldolgozva és a domborzati modellhez igazítva);
6. Földhasználati tényező (művelési ágakból, mint rét-legelő, szántó, erdő, meghatározva, felhasználva a CORINE Landcover CLC50 adatbázist).

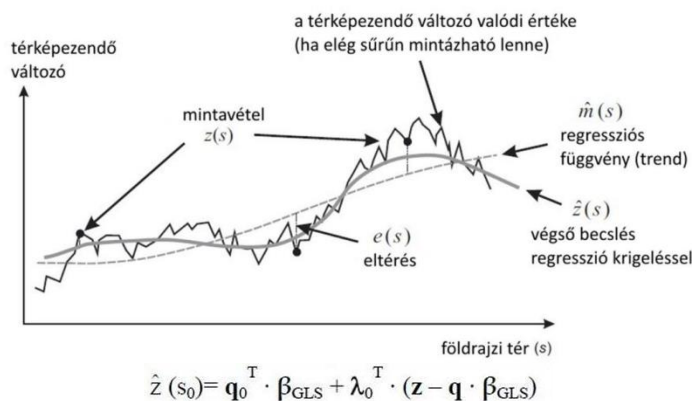
Módszertanunk alapján a belvíz-veszélyeztetettség térkép szerkesztéséhez alkalmazott regressziós eljárás során a „független” változók a belvízképződést befolyásoló kiválasztott tényezők, míg a „függő” változó a tényleges belvíz-elöntési adatok alapján szerkesztett belvíz-gyakorisági térkép, más szóval az elöntés relatív gyakorisága. Országos léptékben a dunántúli sík vidéki területek esetén nem áll rendelkezésre megfelelő számú elöntési térkép, ezért az összesített elöntés térképi állománya egyrészt a rendelkezésre álló elöntés adatokból, illetve a Pálfai-féle felparametrizált elöntési adataiból, másrészt pedig a FÖMI által a Mezőgazdasági Kárenyhítési Program keretében 1998-2014 közötti elöntési eseményekből készített műholdkép kiértékelések alapján készült adatbázis általunk kijelölt random tanulóponthoz mért elöntés gyakorisági értékekből adódik.

A belvíz-veszélyeztetettség térképezés egy, a környezeti modellezésben egyre több területen bizonyító geostatistikai módszer, a regresszió krigelés alkalmazásával történik. Ennek során a vizsgált tényező térbeli változását a térbeli interpoláció mellett a vele közvetett vagy közvetlen kapcsolatban álló segédváltozók figyelembevételével modellezzük. A regresszió krigelés során a térképezendő tulajdonságot először a környezeti változók többváltozós regressziójával becsüljük, majd a modellezett értékek és az adatok közötti eltérések térbeli kiterjesztése krigelési eljárással történik. Végül a teljes becslés a regressziós modell és az interpolált eltérés összegeként adódik (1. ábra).



1. ábra: A regresszió krigelés menete

A regresszió krigelés megoldása a következőképp írható fel:



ahol: $\hat{z}(s_0)$ a regresszió krigeléssel adott becslés az s_0 pontban, \mathbf{q}_0 a független változók vektora az s_0 pontban, $\boldsymbol{\beta}_{GLS}$ a regressziós koefficiensek vektora, $\boldsymbol{\lambda}_0$ a krigelési súlyok vektora az s_0 pontban, \mathbf{z} a mért belvíz-elöntés vektora és \mathbf{q} mátrix tartalmazza az egyes független változók értékeit a mérési pontokban.

A becslési algoritmus alapját jelentő többszörös lineáris regresszió analízist a generált pontszerű elöntési gyakoriság adatsoron (mint függő változón), illetve a belvízképződéshez kapcsolódó prediktorokon (mint független változókon) végezzük el. Az analízisek során mindvégig 5%-os szignifikancia szintet alkalmaztunk, a regressziós modellbe beépülő magyarázó változók leválogatása „stepwise” módszerrel történik. Az eredményül kapott modellekből minden esetben származtatjuk a regressziós reziduuumokat, melyeken feltáró variogramvizsgálatokat végzünk. A kiszámított tapasztalati félvariogramokhoz elméleti félvariogram modelleket illesztünk szemi-automatikus megoldással. A kapott variogram modellek alapján kerülnek meghatározásra a mintaterület egyes pontjaihoz rendelhető krigelési súlyok vektorai. A regressziós modellek, illetve a reziduuumokon alapuló krigelési becslő eljárás eredményeként kapjuk meg Magyarország belvízvédelmi szakaszokra vonatkozóan az elöntés-gyakoriság térbeli becsléseit, azaz a Komplex Belvíz-veszélyeztetettségi Valószínűséget (KBM).

A szintézistérkép szerkesztését többváltozós regressziós vizsgálat alapján végezzük el, amelyben a „független” változók a belvízképződést befolyásoló kiválasztott tényezők, a „függő” változó pedig a belvíz-gyakorisági térképről meghatározható elöntési érték, más szóval az elöntés relatív gyakorisága. Az idei évben abba a problémába ütköztünk, hogy a vizsgálati területre nem volt megfelelő számú elöntési térképe, ezért az összesített elöntés térképi állománya egyrészt a Pálfai-féle felparametrizált elöntési adataiból, illetve egy minimális, további felhasználható elöntési adat összesítéséből állt össze. A Komplex Belvíz-veszélyeztetettségi Mutató számolása ennek köszönhetően nem a tényezőkből, tehát nem közvetlenül történik, hanem két menetben. Előbb a főkomponens transzformáció lineáris egyenleteit kellett végig számolni, majd annak eredményein a többváltozós regresszió számításait. A belvíz-veszélyeztetettségi térképezés még számos fejlesztési lehetőséget rejt magában. Az egyes tényezők és környezeti segédváltozók meghatározásánál és térképre szerkesztésénél az adatok megbízhatósága nagymértékben függ az adatok forrásától és a feldolgozás módszerétől. A NAIK ÖVKI által kialakított módszertanban megvan a lehetőség új tényezők alkalmazására megfelelő minőségű adatbázisok esetén.

3.1. Hidrometeorológiai tényező

A hidrometeorológiai tényező meghatározásának alapját a Pálfai Imre által fejlesztett humiditási index (HUMI) jelenti. A HUMI meghatározását a más megyékre vonatkozó korábbi vizsgálatokhoz hasonló módon végeztük el. Az index éves értékeinek számítási képlete az alábbi:

$$\text{HUMI} = P^*/\text{PET},$$

ahol HUMI – humiditási index,

P^* - súlyozott csapadékösszeg az október – szeptemberi 12 hónapos időszakban, mm,

PET – potenciális evapotranszpiráció az október – szeptemberi 12 hónapos időszakban, mm.

A havi csapadékok súlyozó tényezőit a 1. táblázat mutatja.

1. táblázat: A havi csapadékok súlyozó tényezői

Hónap	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Súlyozó tényező	1,0	1,5	2,0	2,0	2,0	1,5	1,0	0,75	0,5	0,5	0,5	0,75

A potenciális evapotranszpiráció számítását a havi közepes léghőmérséklet függvényében végeztük, a szabad vízfelszín párolgására vonatkozó Szesztay-féle nomogramból kiindulva (Vízügyi Közlemények 1958/2). Az október – február közötti öt hónapra és szeptemberre az alábbi közelítő képlettel számítható a vízfelszín havi párolgása:

$$E_h = 11,2 + 1,525t + 0,0638t^{1/2} + 0,0096t^{1/3},$$

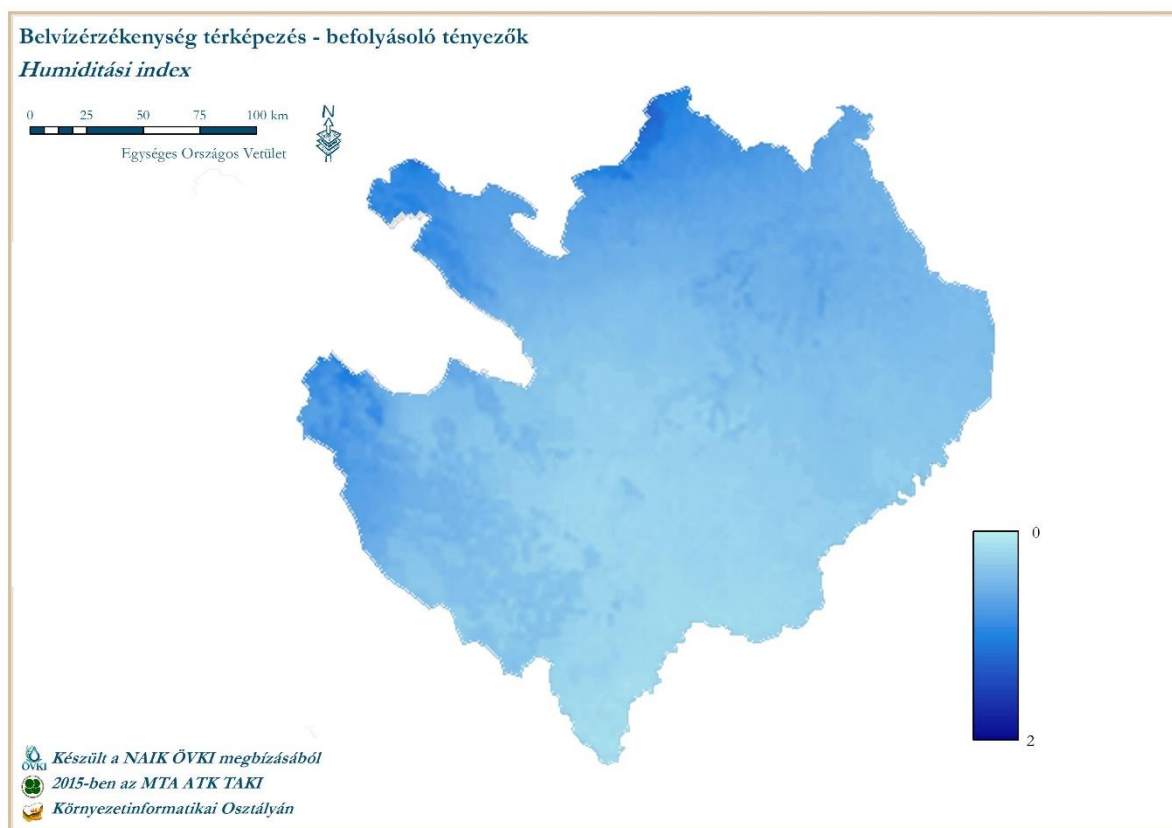
ahol E_h – havi párolgás (evaporáció) a szabad vízfelületről, mm,
 t – havi középhőmérséklet, °C.

Március és augusztus között az alábbi képlet érvényes:

$$E_h = 15,6 + 2,735t + 0,0687t^{1/2} + 0,0088t^{1/3}.$$

A vízfelszín október – szeptember közötti 12 havi összes párolgását (E) a havi értékek összegzésével kapjuk. A potenciális evapotranspirációt (PET) a szabad vízfelszín párolgására meghatározott érték 0,7-tel való szorzása adja meg (hozzávetőleges becsléssel), azaz: $PET = 0,7 E$.

A belvíz-veszélyeztetettségi térkép szerkesztéséhez a HUMI 10 %-os előfordulási valószínűségű (átlagosan 10 évenként előforduló) értékeit kell felhasználni. Ennek meghatározásához a Gumbel-féle eloszlásfüggvényt alkalmaztuk, amely jól illeszkedik a tapasztalati eloszláshoz (2. ábra).



2. ábra: A hidrometeorológiai tényező területi eloszlása

A hőmérsékleti alapadatokból kiszámított évi középhőmérsékleti értékek állomásonkénti összehasonlításából és a Magyarország Nemzeti Atlaszában (1989) található hőmérsékleti térképekkel való összevetéséből megállapítottuk, hogy néhány másodrendű meteorológiai állomás esetében a fő- és elsőrendű állomásokhoz képest valamivel magasabb hőmérsékleti értékeket mérnek, ezért – a területi homogenitás érdekében – a nevezett állomások adatait néhány tized fokkal korrigáltuk.

Jelenleg alkalmazott alap és származtatott adatok, adatbázisok:

Hidrometeorológiai tényező: A tényező előállításához szükséges a vizsgálati területen található csapadékmérő állomások (OMSZ, VIZIG) adatainak havi átlaga. Az

evapotranspiráció kiszámításához hosszú idősoros hőmérséklet adatok szükségesek (1961-2014).

Alapadatok:

Adattípus: idősoros adatbázis 68 meteorológiai állomásra (1961-2014)

Adattartalom: a vizsgálati területen található meteorológiai állomások és vízügyi mérőhelyek csapadék és hőmérséklet adatai

Felbontás: az állomások sűrűségétől függő

Aktualitás: archív és naprakész adatok

Adatformatum: koordinátákhoz rendelt adattáblák

Adatgazda: OMSZ, területileg illetékes Vízügyi Igazgatóságok, OMSZ

Származtatott adat:

Adattípus: digitális térképi fedvények

Adattartalom: a vizsgálati területen található meteorológiai állomások adataiból számított evapotranspirációs értékek felparametrizálása és térbeli kiterjesztése geomatematikai módszerekkel, egyéb levezetett környezeti segédváltozók.

Felbontás: 50x50 méter

Aktualitás: archív és naprakész adatok

Adatformatum: ArcView Shape, GeoTiff

Adatgazda: NAIK ÖVKI

Fejlesztési lehetőségek:

A hidrometeorológiai tényező igen jól kifejezi a területek humiditási jellemzőit, azonban további segédváltozók integrálásával növelhető a veszélyeztetettség térkép érzékenysége, úgymint csapadék minimumok és maximumok (március-áprilisi, április-júniusi, novemberi-februári), a középhőmérsékleti minimum és maximum értékei, a november-februári hőösszeg minimuma és maximuma, a november-februári összegzett hó hiánya, az éves átlagos párolgás és az éves átlagos evapotranspiráció. A tényező térbeli kiterjesztésében is van lehetőség a fejlesztésre. Jelenleg a HUMI országos szinten 68 állomás adatsorának extrapolálására épül, de bevonhatók olyan országos, nagy felbontású adatbázisok, amelyek egy nagyságrendekkel nagyobb jobb eredményt adnak és a jelenleg is nagy hatékonysággal használt felparametrizálási eljárással, egy nagy részletességű térbeli adatbázist lehet létrehozni. Perspektivikusnak látszik, ha minden tényezőre több, egyenként is információtartalommal bíró térképi réteg használata, amelyből szükség esetén le lehet vezetni egy-egy szintetikus tényezőt, de azt már kifejezetten az előntési gyakoriságok felismerésére való alkalmassága alapján. A meteorológia paramétereknek is bő tárháza terjeszthető ki térben, amelyet kötegelten lehet a módszertanban szerepeltetni.

3.2. Domborzati tényező

A FÖMI által forgalmazott 1:10000-es Digitális Domborzati Modell, illetve az OVF által korrigált és fejlesztett HIDRODEM alkalmas mind országos, mind lokális vizsgálatok elvégzésére. Az ország teljes területét Egységes Országos Vetületi (EOV) rendszerben lefedő digitális képi adatbázis létrehozásához szükséges 20 m x 20 m rácsméretű, ±1 m magassági pontosságú digitális domborzat modellt az 1:10000 méretarányú topográfiai térképek domborzati fedvényein ábrázolt szintvonalak vektorizálásával hozták létre.

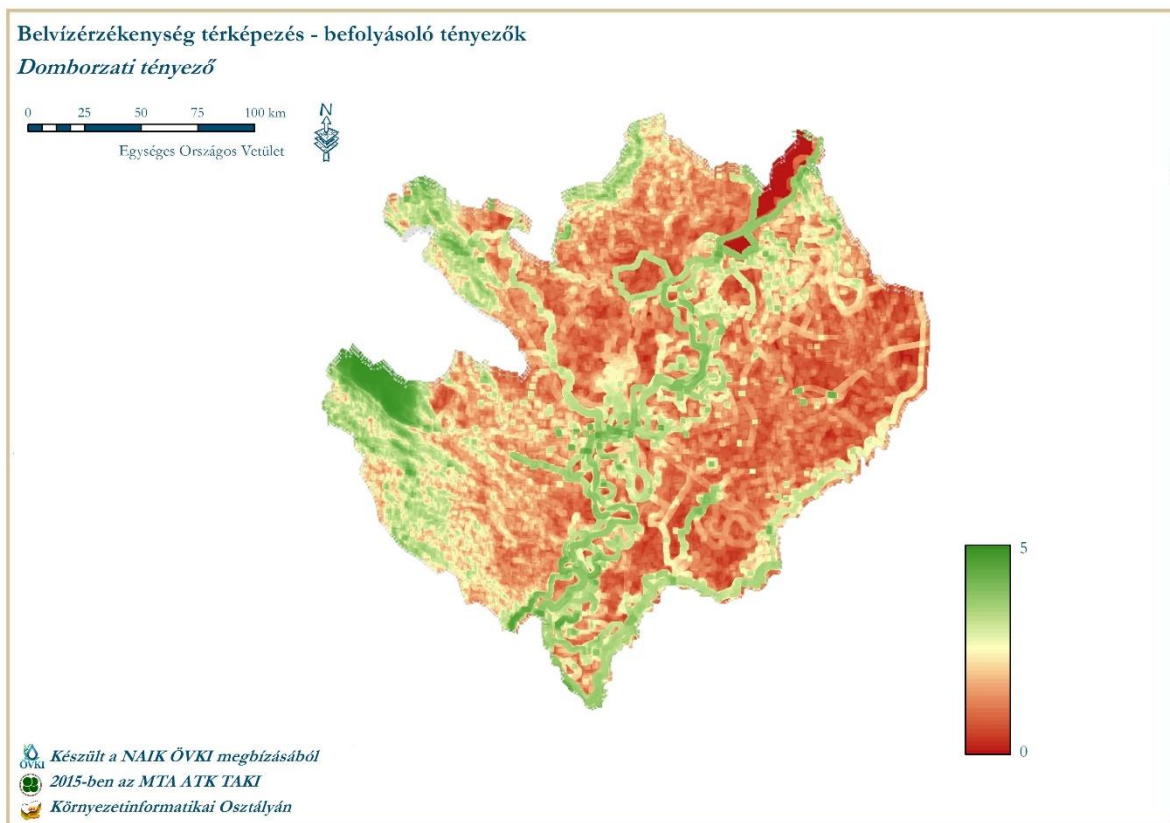
A vízügyi adatbázisokhoz való nagyobb kompatibilitás érdekében az ÁKK-hoz kidolgozott HIDRODEM domborzati modellt alkalmazzunk vizsgálatainkhoz. Az ország teljes területét Egységes Országos Vetületi (EOV) rendszerben lefedő digitális képi adatbázis létrehozásához szükséges 25x25 m rácsméretű, ±1 m magassági pontosságú digitális domborzat modellt az 1:10000 méretarányú topográfiai térképek domborzati fedvényein

ábrázolt szintvonalak vektorizálásával és LIDAR felmérések eredményeinek feldolgozásával hozták létre.

A digitális terepmodell és az elemzéshez használt 50x50 m-es rácsháló segítségével meghatározzuk az egyes cellákra a reliefenergia értéket, vagyis az 1/4 km²-en belüli magassági szintkülönbséget méterben kifejezve. Minél nagyobb ez a szintkülönbség, általában annál kisebb lehetőség van a belvíz kialakulására. A domborzati mutató kialakításához a kapott értékeket a diszkrét pontok tengerszint feletti magasságával és az előforduló legkisebb magasságértékkel korrigáljuk (3. ábra).

A domborzati tényezőt a következőképpen számítottuk:

$$\text{Domborzati tényező} = (\text{tengerszint feletti magasság} / 75) * \text{relief energia}$$



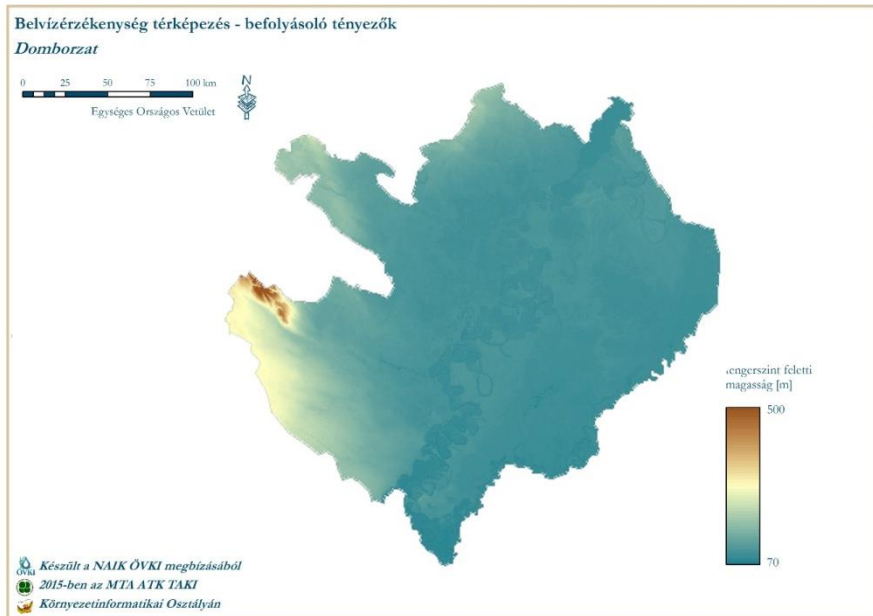
3. ábra: Domborzati tényező térkép (1:10000)

A regresszió krigelés környezeti segédváltozóiként a domborzat esetén a következőket használjuk fel (8 db nagyfelbontású digitális domborzat modell (DDM) alapján származtatott elsődleges, illetve másodlagos paraméterek):

- tengerszint feletti magasság (elevation);
- relief intenzitás (relief intensity);
- lefolyás hálózati alapszint (channel network base level);
- lefolyás hálózati alapszinttől való függőleges távolság (vertical distance to channel network);
- zárt mélyedések (closed depressions);
- anyagmérleg index (mass balance index);
- topográfiai nedvesség index (topographic wetness index);
- SAGA nedvesség index (SAGA wetness index).

Tengerszint feletti magasság

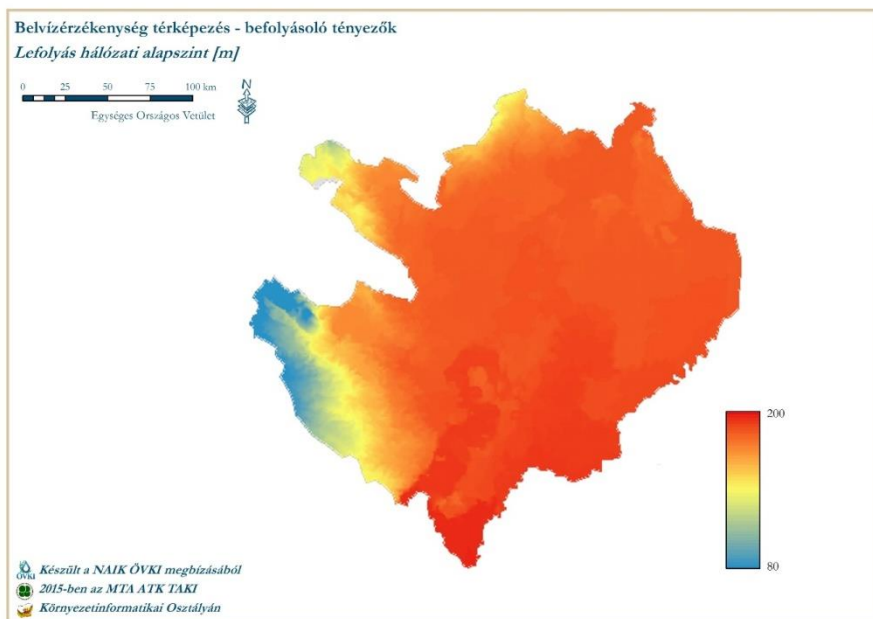
A domborzat legáltalánosabb jellemzője. A tengerszint feletti magasság alapján megállapítható, hogy hol található azok a mélyebb fekvésű területek, ahol lehetőség van a nem beszivárgó víz összegyülekezésére, ez által a belvíz által is veszélyeztetettek lehetnek, illetve a magasabb fekvésű területek is kijelölhetők, amik belvíz elöntéssel kevésbé vagy egyáltalán nem veszélyeztetettek (4. ábra).



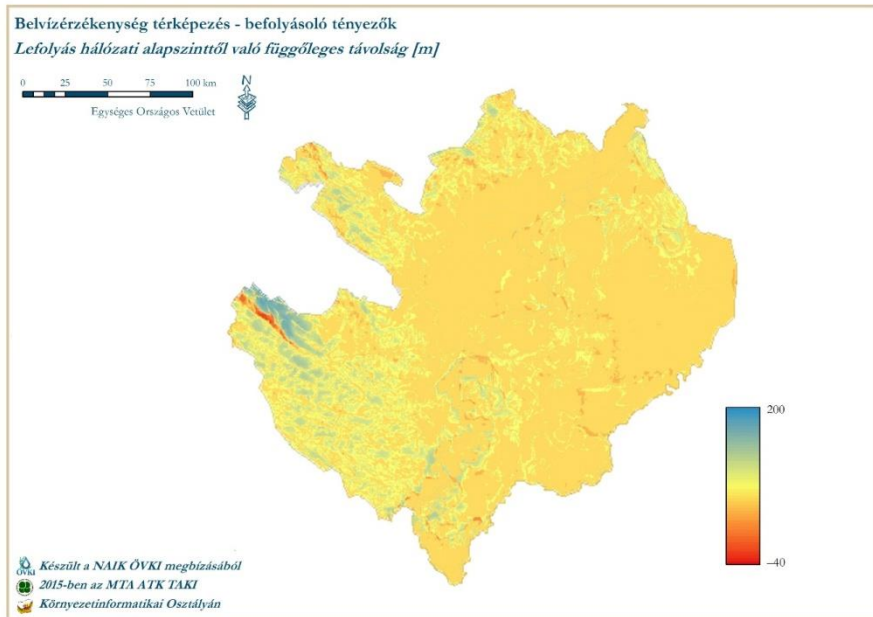
4. ábra: Domborzati környezeti segédváltozó – Tengerszint feletti magasság

Lefolyás hálózati alapszint és Lefolyás hálózati alapszinttől való függőleges távolság

A lefolyás hálózati alapszint a vízhálózat tengerszint feletti magasságának interpolálásával számítható, míg a lefolyás hálózati alapszinttől való függőleges távolság a tengerszint feletti magasság és az előzőleg kalkulált alapszint függőleges különbsége. Mindkét két segédváltozó a terület felszíni lefolyási viszonyairól ad tájékoztatást, tehát a lefolyás iránya és célterületei határozhatók meg ezek alapján (5., 6. ábra).



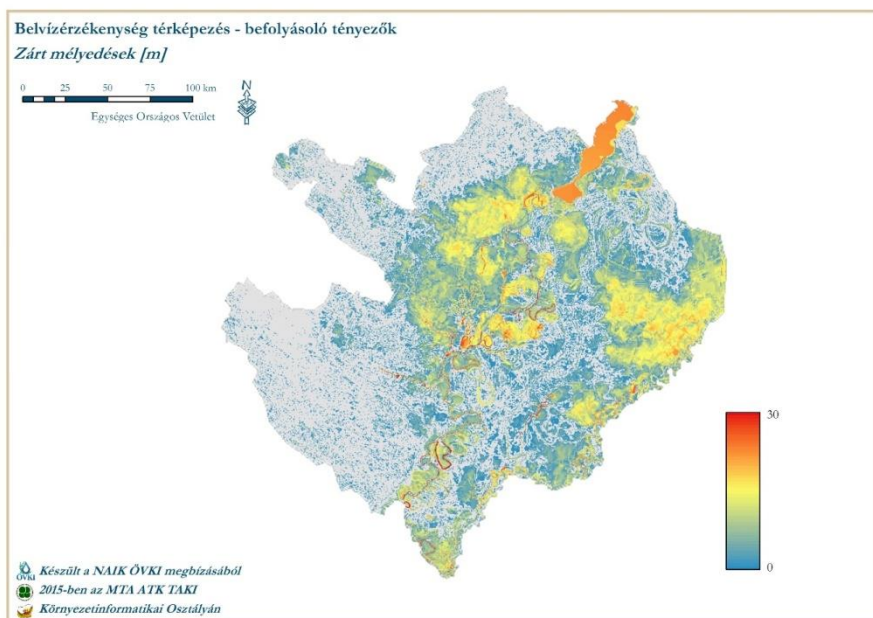
5. ábra: Domborzati környezeti segédváltozó – Lefolyás hálózati alapszint



6. ábra: Domborzati környezeti segédváltozó – Lefolyás hálózati alapszinttől való függőleges távolság

Zárt mélyedések

A zárt mélyedések olyan felszínformák, amelyeknek nincs felszíni lefolyásuk, az ott összegyűlő víz csak párolgás vagy beszivárgás útján távozhat, így a belvízképződés szempontjából is kockázatos helyszíneket jelölnek (7. ábra).

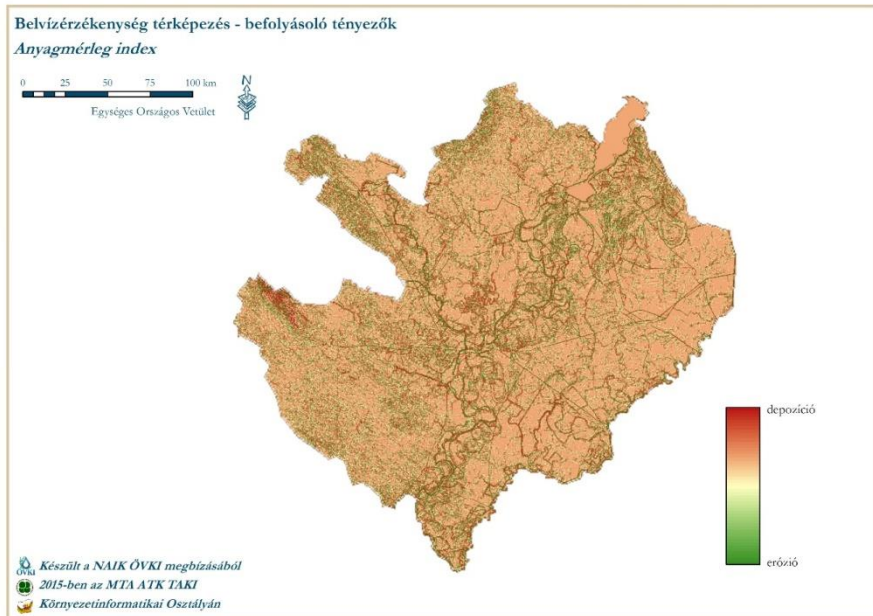


7. ábra: Domborzati környezeti segédváltozó – Zárt mélyedések

Anyagmérleg index

Az anyagmérleg index egy adott felszíni pontban a jellemző erózió és akkumuláció egymáshoz viszonyított arányát jellemzi. Ha az anyagmérleg index értéke pozitív, akkor eróziós területről van szó, ha negatív, akkor felhalmozódási területet jelöl, 0 körüli érték esetén a két folyamat egyensúlyban van. Az index segítségével kijelölhetők a víz- és

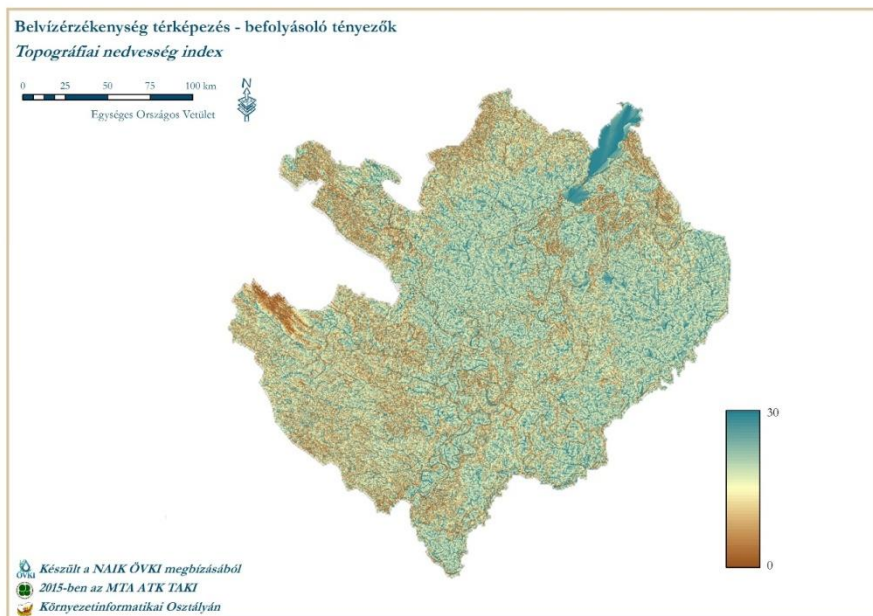
anyagmozgás szempontjából összegyülekezési területek, amik a belvizek szempontjából kockázatot jelenthetnek (8. ábra).



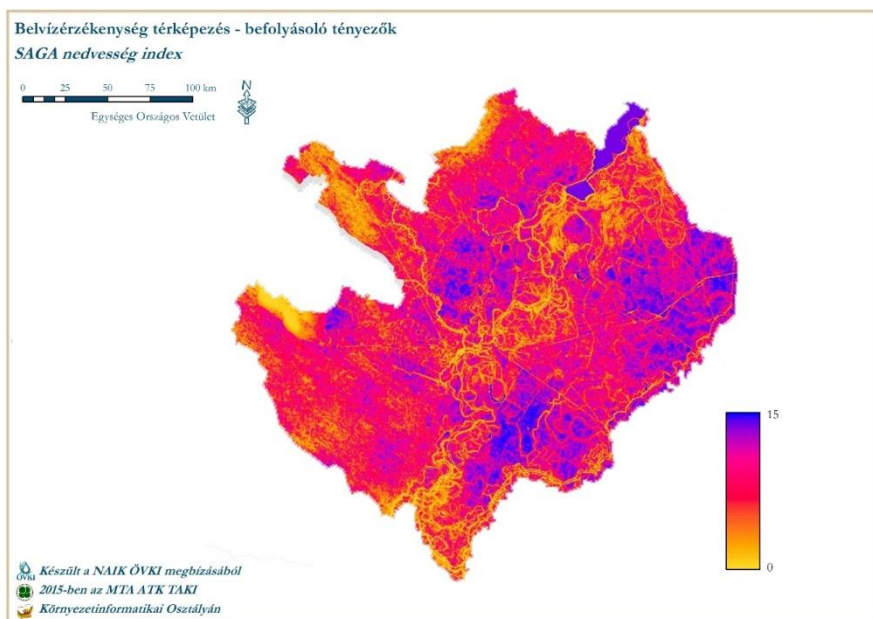
8 ábra: Domborzati környezeti segédváltozó – Anyagmérleg index

Topográfiai nedvesség index és SAGA nedvesség index

A nedvesség indexek a topográfia lefolyási viszonyokra gyakorolt hatását jellemzik. Számításuk az adott pontban mért lejtőszög és a ponthoz tartozó részvízgyűjtő alapján történik. A topográfiai nedvesség index és a SAGA nedvesség index közötti különbséget a részvízgyűjtő meghatározásában lévő eltérés jelenti. A topográfiai nedvesség index inkább a nagyobb domborzati változékonyságú területek vizsgálatára alkalmas, míg a SAGA nedvesség index a völgyek és síkságok területén is realiztikus értéket ad (9., 10. ábra). Mindkét index szoros kapcsolatban áll a talajnedvességgel.



9. ábra: Domborzati környezeti segédváltozó – Topográfiai nedvesség index



10. ábra: Domborzati környezeti segédváltozó – SAGA nedvesség index

Jelenleg alkalmazott alap és származtatott adatok, adatbázisok:

Domborzati tényező: domborzati tényező elkészítéséhez az OVF által rendelkezésünkre bocsájtott Digitális Domborzat Modellt (HIDRODEM) használtuk fel (1:10000 25x25 méteres felbontás, esetenként LIDAR felvételezéssel javított).

Alapadatok:

Adat megnevezés: HIDRODEM Domborzatmodell

Adattípus: terepmodell

Adattartalom: a vizsgálati terület diszkrét pontjaihoz rendelt magassági adatok

Felbontás: 1: 10000

Aktualitás: 2014

Adatformátum: koordinátákhoz rendelt Dbase adattáblák, raszter (ERS)

Adatgazda: OVF

Származtatott adat:

Adattípus: digitális térképi fedvények

Adattartalom: a magassági adatokból kialakított domborzati tényező (reliefenergia) térbeli kiterjesztése és egyéb környezeti segédváltozók

Felbontás: 50x50 méter

Aktualitás: nem releváns

Adatformátum: ArcView Shape, GeoTiff

Adatgazda: NAIK ÖVKI

Fejlesztési lehetőségek:

Az általunk eddig alkalmazott domborzati tényező meghatározásához a reliefenergián kívül, környezeti segédváltozóként alkalmaztuk a következő fedvényeket: tengerszint feletti magasság; lefolyás hálózati alapszint; lefolyás hálózati alapszinttől való függőleges távolság; zárt mélyedések; anyagmérleg index; topográfiai nedvesség index; SAGA nedvesség index. Morfológiai hatásai miatt fontosnak tartjuk a vonalas létesítmények (autópálya, fő közlekedési út, vasút) beépítését a domborzati tényező kialakításába. Az elkészült digitális terepmodell és az elemzéshez használt 1x1 km-es rácsháló segítségével meghatároztuk az egyes cellákra a reliefenergia értéket, vagyis az 1 km²-en belüli magassági szintkülönbséget méterben

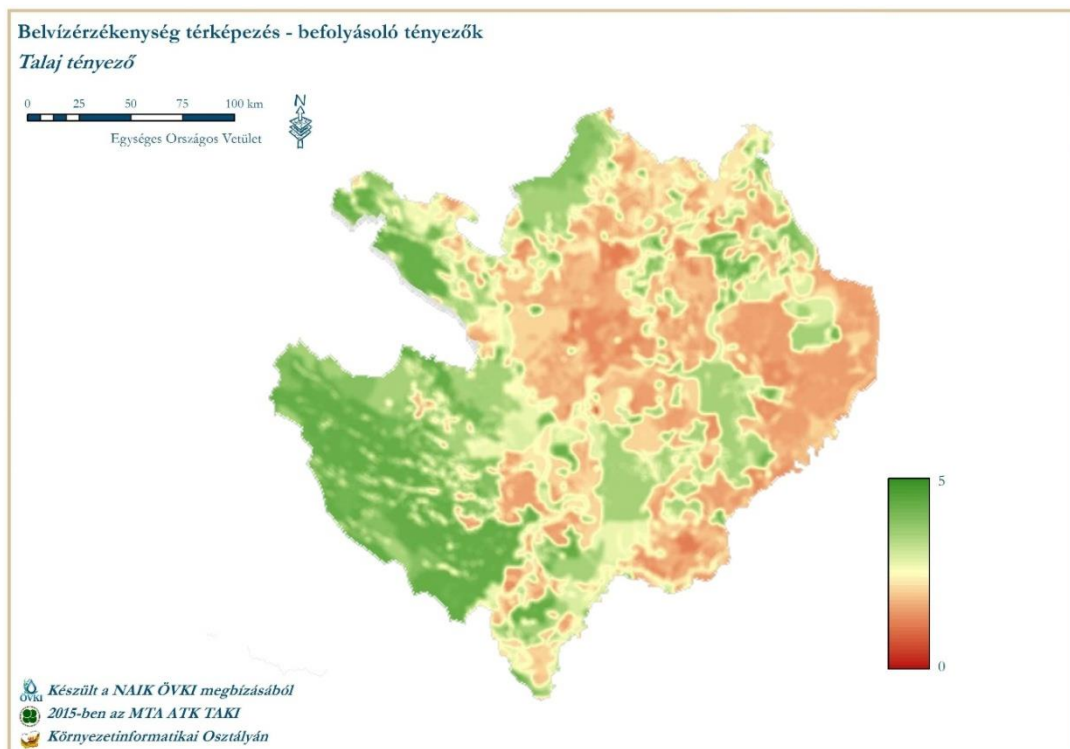
kifejezve. A domborzati mutató kialakításához a kapott értékeket a diszkrét pontok tengerszint feletti magasságával és az előforduló legkisebb magasságértékkel korrigáltuk.

3.3. Talajtani tényező

Adott területen áradás, vagy jelentős csapadékesemény után keletkező víztöbblet - legyen az mezőgazdasági szempontból akár hasznosítható, akár káros mennyiségű - utánpótlódás híján bizonyos idő elteltével természetes úton (felszíni lefolyás, beszivárgás, párolgás) távozik a felszínről. Alapvetően mezőgazdasági hasznosítású területen, közel sík, vagy kevésbé tagolt felszínen elsősorban a talajok *vízgazdálkodási tulajdonságai* határozzák meg a terület víznyelő és vízvezető, valamint vízraktározó és víztartó kapacitását, mely jelentős hatással van a vízborítás időtartamára.

A talajtani tényező előállítása nem más, mint a talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak megfelelő numerikus indikátorral történő jellemzése. A feladat megoldásához eddig térbeli és tematikus alapként a Kreybig-féle talajismereti térképsorozat térinformatikai feldolgozásaként épülő Kreybig Digitális Talajinformációs Rendszer (KDTiR) geometriai állományait használtuk. Két évvel ezelőtti munkánk során az erőforrások korlátozottságára és a feladat végrehajtásának szűkös időtartamára tekintettel nem tudtuk a talajfoltok teljes vektorizálását felvállalni, amelyet egy hibrid megoldással hidaltunk át. Időközben az Alföld teljes területére összeállt a KDTiR digitális talajfolt rendszere, amely magában foglalja a feldolgozott térképszelvények tematikus és térbeli illesztését, határmenti korrekciókat, megfelelő téradat infrastruktúrán alapuló digitális reambuláció révén elért bizonyos szintű aktualizálást, illetve a szintén a Kreybig-féle talajismereti térképsorozat korábbi tematikus generalizálásaként elkészült 1:75.000-es méretarányú tájtermesztési térképlapok információanyagának KDTiR-be integrálását.

A további vizsgálatok számára előkészített talajtani tényező (numerikus indikátor) végeredményben a területeire vonatkozóan a *11. ábrán* látható. Minél kisebb a belvízi veszélyeztetettség, annál nagyobb a talajtani tényező értéke.



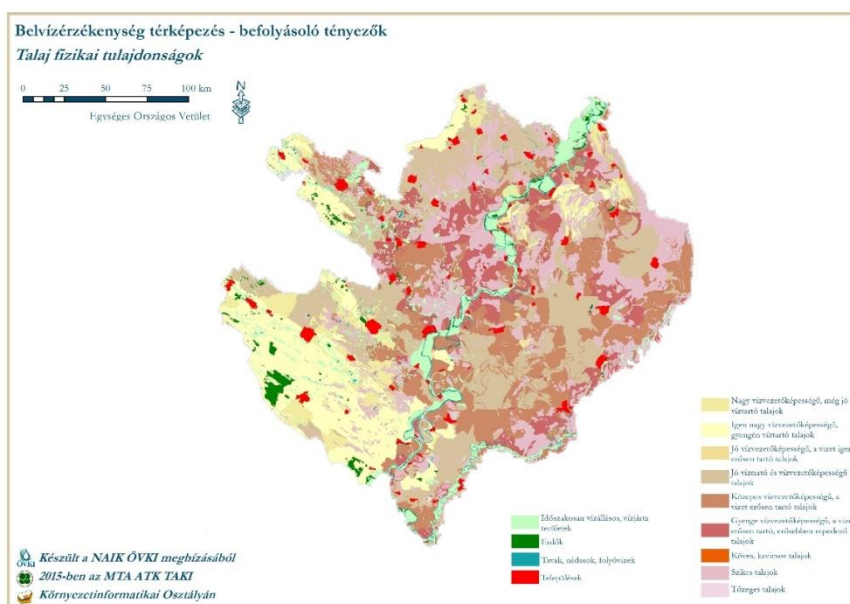
11. ábra: A talajtani tényező területi eloszlása

A talajtani mutató meghatározásához környezeti segédváltozókat (3) használtunk, melyek az alábbiak:

- talajok fizikai (12. ábra);
- kémiai (13. ábra) és
- tájtermesztési besorolása (14. ábra) a Kreybig térképezés módszertana alapján.

Fizikai tulajdonságok térkép

A közelítőleg 1:25000-es méterarányú, Kreybig-féle térképezés során lehatárolt, homogénnek tekintett egységeket (talajfoltokat) a szelvényadatok alapján a területre jellemző vízvezető- és víztartó képességi osztályba sorolták. A megnevezések, melyek egy adott terület vízzel szembeni viselkedését írják le a gazdálkodók számára (pl. „jó víztartó- és vízvezető képességű vályog talajok”) egy-egy területet általánosságban jellemeznek. A szelvényekben feltárt esetleges rétegzettségnek a terület vízgazdálkodási tulajdonságaira való hatását integráltan, csak az osztály megnevezésében érzékeltették.



12. ábra: Talajtani környezeti segédváltozó – Talajfizika

Kémiai tulajdonságok térkép

A közelítőleg 1:25000-es méterarányú, Kreybig-féle térképezés során lehatárolt, homogénnek tekintett egységeket (talajfoltokat) hat, a szelvényadatok alapján a területre jellemzőnek ítélt osztályba sorolták. Három mésztartalom- és kémhatás kategóriát (meszes vagy semleges, gyengén savanyú, savanyú talajok), ill. három, a szikesség mértéke szerinti (gyengén-, erősebben-, igen rossz szikes) osztályt különítettek el.

Jelenleg alkalmazott alap és származtatott adatok, adatbázisok:

Talajtani tényező: A talajtani tényező kialakításához a Kreybig-féle talajismereti térképsorozat térinformatikai feldolgozásaként épülő Kreybig Digitális Talajinformációs Rendszer (KDTiR) geometriai állományait használtuk.

Alapadatok:

Adattípus: térinformatikai adatbázis

Adattartalom: talajok fizikai és kémiai tulajdonságai, tájtermesztési adatok

Felbontás: 1:25000

Aktualitás: 2014

Adatformátum: ArcView Shape poligon

Adatgazda: MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet

Származtatott adat:

Adattípus: digitális térképi fedvények

Adattartalom: a számított talajtani paraméter térbeli kiterjesztése és egyéb környezeti segédváltozók

Felbontás: 1:25000

Aktualitás: nem releváns

Adatformátum: ArcView Shape, GeoTiff

Adatgazda: NAIK ÖVKI

Fejlesztési lehetőségek:

A talajok vízgazdálkodási tulajdonságai függenek az egyszerűbben mérhető talajjellemzőktől és alapvetően határozzák meg az egyes területek mezőgazdasági potenciálját, ökológiai jellemzőit. A jelenlegi talaj-vízgazdálkodási mérések költségesek és időigényesek, emiatt nincs arra lehetőség, hogy vízgyűjtő, vagy kontinentális léptékű, kellő részletességű térbeli információt állítsunk elő mért értékek alapján. A talaj vízgazdálkodási jellemzői és könnyebben mérhető talajtulajdonságai közötti kapcsolat azonban közelítőleg leírható matematikai összefüggésekkel. A kapcsolatokat leíró függvények lehetőséget adnak arra, hogy ha egy területre rendelkezésre állnak általános talajtani információk, azokból közvetett módon, számítás útján térképezni tudjuk a terület talaj vízgazdálkodási tulajdonságait.

Európa talaj-vízgazdálkodási térképei a SoilGrids globális talajadatbázis alapján, az európai talajokon kidolgozott talaj-vízgazdálkodási becslő függvények alkalmazásával készültek. A 3D EU-SoilHydroGrids térképek újdonsága, hogy a számítások kimondottan Európa talajait reprezentáló adatbázison kidolgozott összefüggéseken alapulnak és a leggyakrabban használt 16 talaj vízgazdálkodási tulajdonságról nyújtanak információt a korábbiaknál nagyobb részletességgel: 7 standard talajmélységben, 250 m felbontásban. A térképek olyan programkörnyezetben készültek, amiben azok automatizáltan megújíthatók, lehetővé téve az adatbázis rövid időn belüli frissítését, ha a jövőben még pontosabb alaptérképek, vagy becslések állnak majd rendelkezésre.

A belvíz kialakulásában jelentős szereppel bír a talajoknak a termőterületek műveléséből fakadó tömörödése és szerkezet leromlása, amely a természetes körülmények közt jó vízgazdálkodású területek belvíz érzékenységét is erősen növelheti. Aktuális gazdálkodási adatok hiányában a leromlási pontenciállal lehet területileg jellemezni a gazdálkodás belvíz kialakulásában betöltött szerepét.

Tömörödsre és a talajszerkezet leromlására mérsékelten érzékeny talajok: azok a talajok tartoznak ide, melyek huzamosabb és/vagy intenzívebb öntözés hatására is megtartják jó szerkezeti állapotukat; kevésbé hajlamosak eliszapolódásra, kérgesedésre, tömörödsre.

Tömörödéssel és a talajszerkezet leromlására közepesen érzékeny talajok: azok a talajok tartoznak ide, melyek szerkezete huzamosabb és/vagy intenzívebb öntözés hatására leromolhat; a talajok ilyen esetben eliszapolódnak, kérgesedésre, tömörödéssel hajlamossá válnak.

Tömörödéssel és a talajszerkezet leromlására erősen érzékeny talajok: azok a talajok tartoznak ide, melyek szerkezete már rövid ideig tartó, kisadagú öntözés hatására is könnyen leromlik; a talajok öntözés hatására eliszapolódnak, kérgesedésre, tömörödéssel hajlamossá válnak.

3.4 Földtani tényező

Az 1:200000 méretarányú sekélyföldtani térképezés során az előre meghatározott mintasűrűséggel létesült kis mélységű fúrások adatait dolgozták fel. Azonban nem minden fúrás került feldolgozásra, valamint jelentős felmérések készültek a közelmúltban is. A tényezőtérkép felbontása jelentősen javítható ezen fúrások laboratóriumi adatainak bevonásával és a tényező felparametrizálásával. Fontos földtani szempontból a feláramlási (talajvízfeltörés) és leszivárgási zónák lehatárolása, mert fontos környezeti segédváltozó lehet az áramlási rendszerek integrálása a módszertanba.

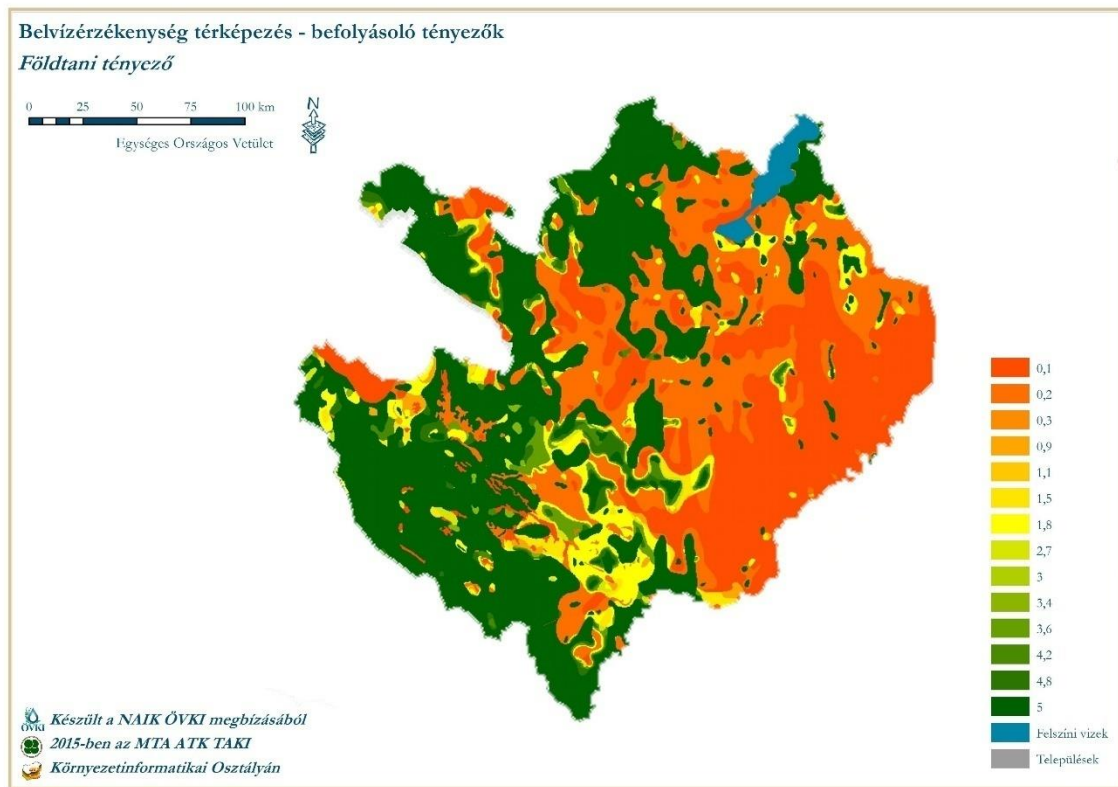
Első lépésként a területen lemélyített a fúrásoknak a rétegsorait és a fúrások anyagából készült vizsgálatok szemcsevizsgálati valamint a kalciumkarbonát tartalom adatokat válogattuk le, hogy segítségükkel megállapítsuk az egyes fúrások által feltárt kőzetkifejlődés vízáteresztő képességét. Ezt a rendelkezésünkre álló adatokból minden egyes fúrászelvényben külön-külön megtettük, hogy segítségükkel a vízzáró képződmények horizontális és vertikális kiterjedése le tudjuk határolni.

Az egyes képződmények vízáteresztő képességét a Rónai András által kidolgozott ún. agyagossági százalék megállapításával végeztük el. Ennek lényege, hogy minden egyes mintában megállapítjuk az agyag és finomkőzetliszt tartalmat, vagyis a 0,02 mm szemcseátmérő alatti frakció súlyszázalékát. Ez a viszonylag egyszerű módszer lehetővé teszi, hogy bonyolult számítások helyett pontos laboratóriumi adatok alapján állapíthassuk meg az egyes képződmények vízáteresztő képességét. A módszer alkalmazhatóságát, Kerék Barbara korrelációs számításai egyértelműen igazolták. E vizsgálatok egyértelmű korrelációt mutattak ki az egyes üledékekre vonatkozóan a finom anyag tartalom és a mérnöki gyakorlatban előszeretettel használt szivárgási tényező (K-tényező) között.

A számítások során, a Rónai-féle módszer előírásainak megfelelően, a 20 százaléknál kevesebb finom anyagot tartalmazó képződményeket vízáteresztőnek, a 20-60 százalék közötti finom anyagot tartalmazó képződményeket vízfelvevő, víztartónak és 60 súlyszázaléknál nagyobb finom anyag tartalmú képződményeket vízzárónak tekintettük. Ennek megfelelően azt vizsgáltuk, hogy az így megállapítható első vízzáró réteg milyen mélységben helyezkedik el a felszínhez viszonyítva, és mekkora a vastagsága.

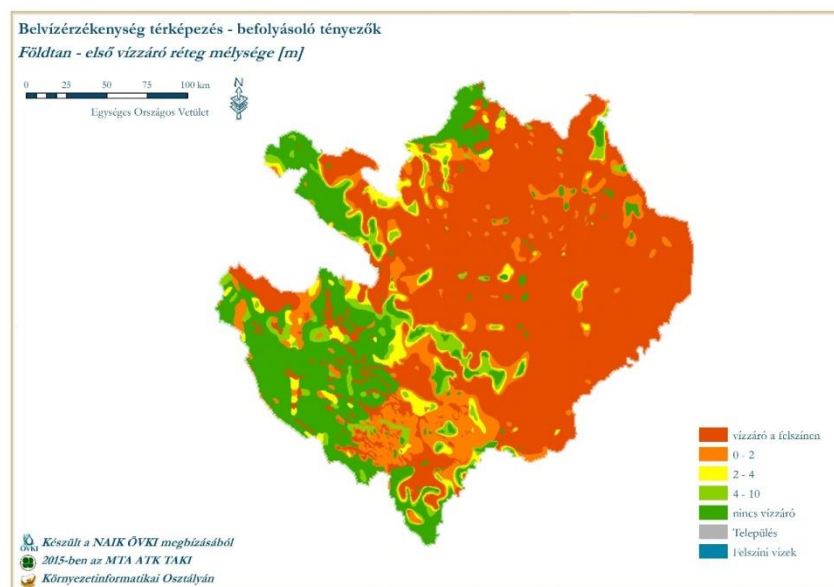
Ezek után következett a térképek végső előállítása, a digitalizált vonalmű tisztítása, a térképi foltok színezése. Az így elkészülő egyik térképen színekkel jelöltük a felszíntől számított első vízzáró réteg előfordulási mélységét, és a másikon ugyanezen rétegnek a vastagságát. A munka utolsó fázisában a térképek kartografálását végeztük el. A térinformatikai feldolgozáshoz a tényezőtérképet digitalizálták, az egyes diszkrét pontokhoz egy értékmátrix szerint rendeltek értékeket. A kapott tényezőértékek fordítottan arányosak a belvízképződés mértékével. A belvízesedés előfordulásának valószínűségét a legfelső vízzáró réteg felszínhez viszonyított helyzete és vastagsága növelheti, vagy csökkentheti. A belvíz előfordulásának a legnagyobb a valószínűsége, ha a legfelső vízzáró réteg a felszínen található, és jelentős vastagságú. Ugyanis a felszínen lévő vastag rossz vízáteresztő képességű üledék megakadályozza vagy jelentősen gátolja a felszínre kerülő csapadék mélybe

szivárgását, míg egy 1 m-nél vékonyabb réteg, különösen, ha könnyen repedező agyag könnyebben átengedi a vizet a mélység felé. (15. ábra)

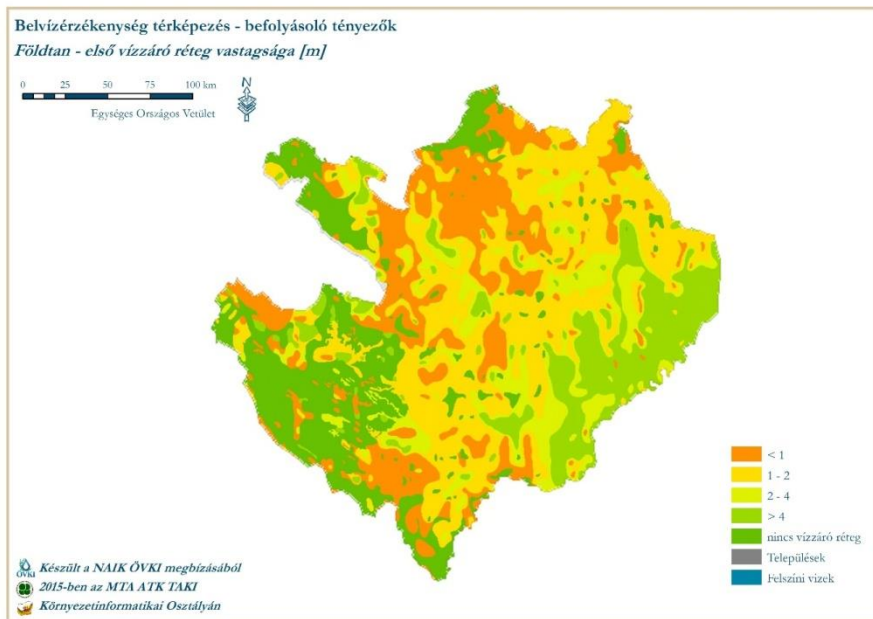


15. ábra: Földtani tényező térkép

Segédváltozóként a földtani térképezés adataiból szerkesztett térképeket használtuk fel, amelyek a legfelső vízzáró réteg felszínétől való távolságát és a vízzáró vastagságát ábrázolják (16., 17. ábra).



16. ábra: Sekélyföldtani környezeti segédváltozó – első vízzáró réteg mélysége (m)



17. ábra: Sekélyföldtani környezeti segédváltozó – első vízzáró réteg vastagsága (m)

Jelenleg alkalmazott alap és származtatott adatok, adatbázisok:

Földtani tényező: A földtani tényező kialakításához Magyarország komplex földtani térképezése során mélyített sekélyfúrások terepi leírásait és laboratóriumban elemzett adatait, valamint megszerkesztett térképeit használtuk fel.

Alapadatok:

Adattípus: térképi fedvény

Adattartalom: a vízzáró összletek térbeli kiterjedése és vastagsága sekélyföldtani fúrások adatai alapján

Felbontás: 1: 100000

Aktualitás: 2014

Adatformátum: ArcView Shape

Adatgazda: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

Származtatott adat:

Adattípus: digitális térképi fedvények

Adattartalom: a számított földtani paraméter térbeli kiterjesztése, valamint a vastagság és a kiterjedés környezeti segédváltozóként.

Felbontás: 1: 100000

Aktualitás: nem releváns

Adatformátum: ArcView Shape GeoTiff

Adatgazda: NAIK ÖVKI

Fejlesztési lehetőségek:

Az 1:200000 méretarányú sekélyföldtani térképezés során az előre meghatározott mintasűrűséggel létesült kis mélységű fúrások adatait dolgozták fel. Azonban nem minden fúrás került feldolgozásra, valamint jelentős felmérések készültek a közelmúltban is. A tényezőtérkép felbontása jelentősen javítható ezen fúrások laboratóriumi adatainak bevonásával és a tényező felparametrizálásával. Földtani szempontból meghatározó jelentőségű a feláramlási (talajvízfeltörés) és leszivárgási zónák lehatárolása, így ezen környezeti segédváltozók alkalmazása további finomítást eredményez.

3.5 Talajvíz tényező

Korábbi tapasztalataink szerint a talajvíz-adatsorok statisztikai megbízhatósága kétséges, ami valójában azt jelenti, hogy habár az adatsorok vizsgálata statisztikai módszerekkel elvégezhető, ellenben a megbízhatósági faktorok alacsony értékeket mutatnak. Ezért a talajvízállások jellemző NV értékeit – ami egyben a talajvíz tényező értékei is – egy részletesebb vizsgálattal alátámasztott módszerrel igyekeztünk meghatározni, miszerint kiválasztottuk kutanként az 1950 és 2015 közötti adatsorból négy NV értéket, mégpedig külön-külön az 1950-1981-es és az 1982-2015-os időszakra vonatkozólag. A kérdéskörre vonatkozó módszertani leírásokat, vizsgálatokat és következtetéseket az alábbiakban ismertetjük.

Korábbi vizsgálatainknak megfelelően a Duna-Tisza közti hátság problematikája miatt – tekintettel a korábban említett egész Alföldre vonatkozó komplett térképezésére – kettébontottuk adatsorainkat, miszerint az 1950-1981-ig és az 1982-2012-ig terjedő időszakból is leválogattunk két-két évi maximumot, melyet végül átlagoltunk. Ez az érték méterben fejezi ki a talajvíz tényező értékét.

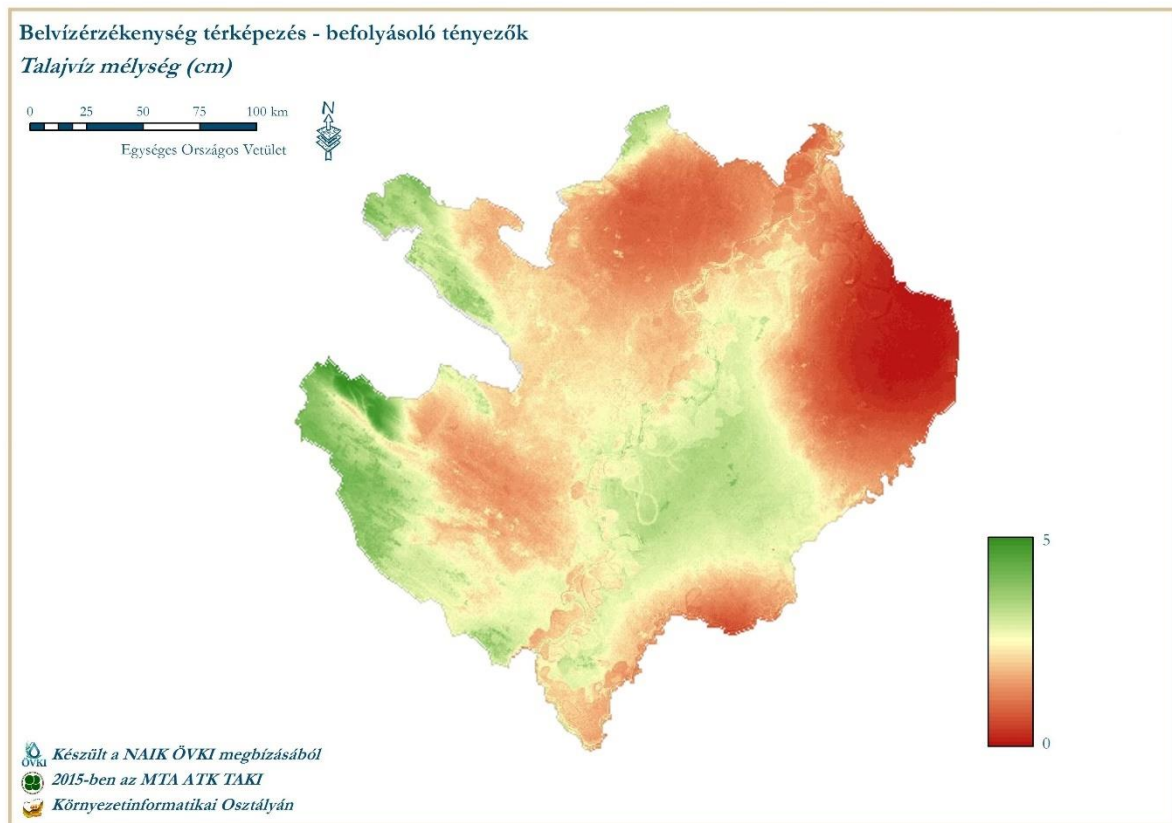
$$\text{Talajvíz tényező (LNV}_{\text{átlag}}) = \text{LNV}_{1(1950-1981)} + \text{LNV}_{2(1950-1981)} + \text{LNV}_{3(1982-2015)} + \text{LNV}_{4(1982-2015)} / 4$$

Minél nagyobb a mutató értéke, vagyis minél mélyebben van a talajvíz, annál kisebb a belvízképződésnek a lehetősége.

A térbeli interpoláció során egy adott pontban a vizsgálandó paraméter értékének meghatározásához a környező pontokban mért adatokat használjuk föl, melynek során a különböző távolságú pontokat nem ugyanakkora súllyal, és a hatástávolságon kívüli pontokat egyáltalán nem vesszük figyelembe. A geostatistikában, a feltalálójáról krigelésnek nevezett súlyozott átlag képzésen alapuló módszert alkalmazzák az ismeretlen attribútum értékű pontok attribútum értékeinek meghatározására a más pontokban mért, azaz ismert, attribútum értékek alapján. A krigelés úgy kívánja meghatározni valamely geometriai pont ismeretlen attribútum értékét, hogy olyan súlyozott átlagot képez a más pontokban ismert (mért) attribútum értékekből, mely szórása minimális. A becslés súlytényezőit a fél-variogram felhasználásával azzal a feltétellel számítjuk, hogy összegük 1, a becslési szórásnégyzet minimális, maga a becslés pedig torzítatlan legyen. Számos krigelési eljárást különböztetünk meg (egyszerű-, indikátor-, univerzális-, lognormális-, diszjunktív-, valószínűség-, ko-krigelés), melyek közül a ko-krigeléses eljárást alkalmazzuk.

A ko-krigelés olyan matematikai eljárás, amely lehetővé teszi, hogy egyszerre két, egymástól függő paraméterrel végezzünk becslést, a kettő közül az egyik paraméterre. Általában olyankor alkalmazzuk, amikor viszonylag kis számú mintával rendelkezünk egyik vagy másik paraméterről. A ko-krigelés során lényegében valamely tulajdonság térbeli becslését egy másik tulajdonsággal való regressziós kapcsolatával javítjuk.

A mi esetünkben az volt a cél, hogy a talajvíz általunk meghatározott talajvízkutak $\text{LNV}_{\text{átlag}}$ értékei közötti területeken az egyszerű lineáris interpoláció helyett a domborzathoz igazítsuk az értékeket. Ezzel a módszerrel kiküszöböltük azt a hibát, ami a lineáris interpoláció hibájából adódhat, miszerint keletkezhetnek olyan pontok, illetve területek a talajvíz térképen, ahol a talajvíz szintek meghaladják indokolatlanul a terepszintet, tehát nem a valóságot tükrözik. Más szóval a talajvízszint követi a terepszintet, mivel a ko-krigelési eljárás során a digitális domborzati modell és a talajvíz értékeinek regressziós kapcsolatával határoztuk meg a kutak közötti területeken uralkodó talajvíz szinteket (18. ábra)



18. ábra: Ko-krigeléssel módosított talajvíz tényező térkép

Jelenleg alkalmazott alap és származtatott adatok, adatbázisok:

Talajvíz tényező: Talajvíz tényező kialakításánál hosszú idősoros talajvíz szint adatokat kerültek felhasználásra.

Alapadatok:

Adattípus: idősoros adatbázis, térképi fedvény

Adattartalom: talajvíz érzelő kutak koordinátái és vízszint értékei havi bontásban

Felbontás: a felhasznált érzelőkutak sűrűségétől függ

Aktualitás: 1961-2014

Adatformátum: Excel adattábla

Adatgazda: OVF

Származtatott adat:

Adattípus: digitális térképi fedvény

Adattartalom: a talajvízállásokból számított talajvíz paraméter térbeli kiterjesztése és a HIDRODEM terepmodellhez illesztése krigeléssel

Felbontás: 50x50 méter

Aktualitás: nem releváns

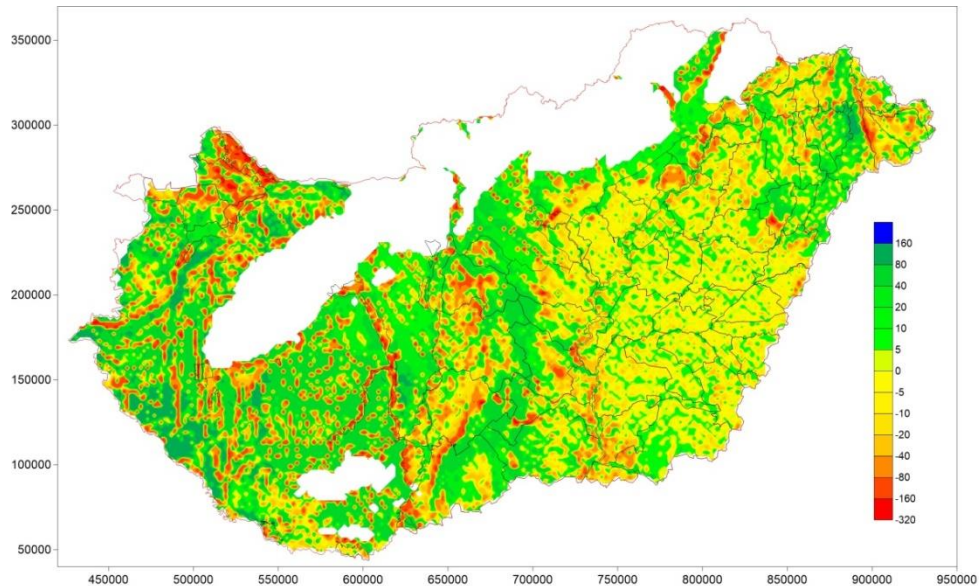
Adatformátum: ArcView Shape, GeoTiff

Adatgazda: NAIK ÖVKI

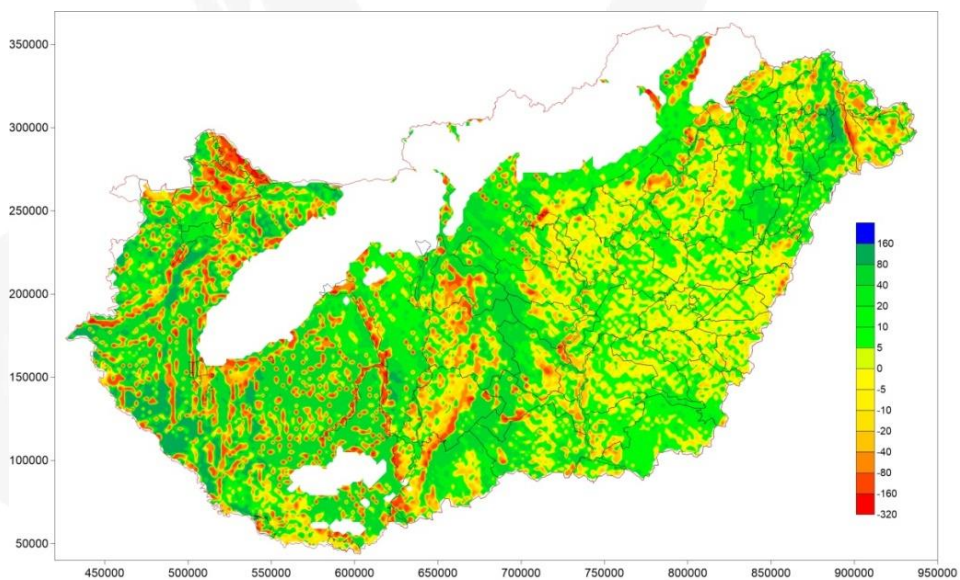
Fejlesztési lehetőségek:

A talajvíz mozgását nem lehet csak önmagában vizsgálni, a rétegvizek áramlási rendszerei igen jelentős hatást gyakorolnak rá. A felszín alatti vizek belvízképződésben betöltött szerepének tisztázásához el kell különíteni a feláramlási és leszivárgási zónákat. Ehhez az ország teljes területére került kiszámításra a talajvízforgalom, vagyis a talajvízbe

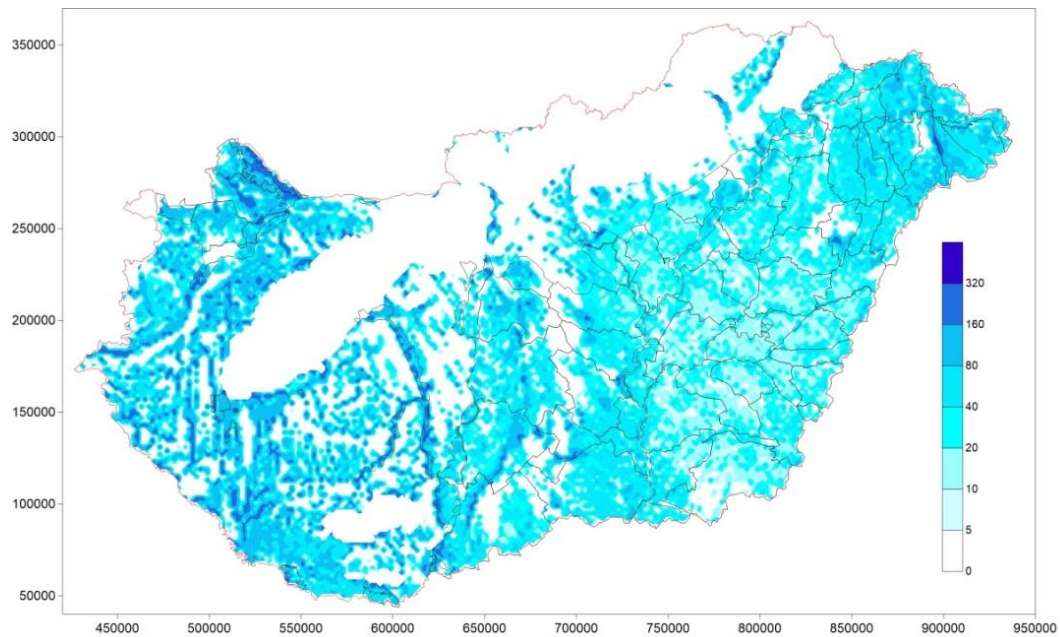
beszivárgó és onnan kiáramló vízmennyiségek különbsége, 2×2 km-es cellákra, természetes (termelés nélküli) és termeléses (2008-2015 talaj- és rétegvíz-termelés) változatra. A számítási eredmények térképes formában is megjelenítésre kerültek. A térképek egyúttal bemutatják a beszivárgási területeken lévő cellákat pozitív értékekkel, illetve a kiáramlási területeket, negatív értékekkel, (mm/év dimenzióban). Ezek a térbeli adatok felhasználhatóak a talajvíz tényező korrigálásához (19.,20.,21.,22. ábra).



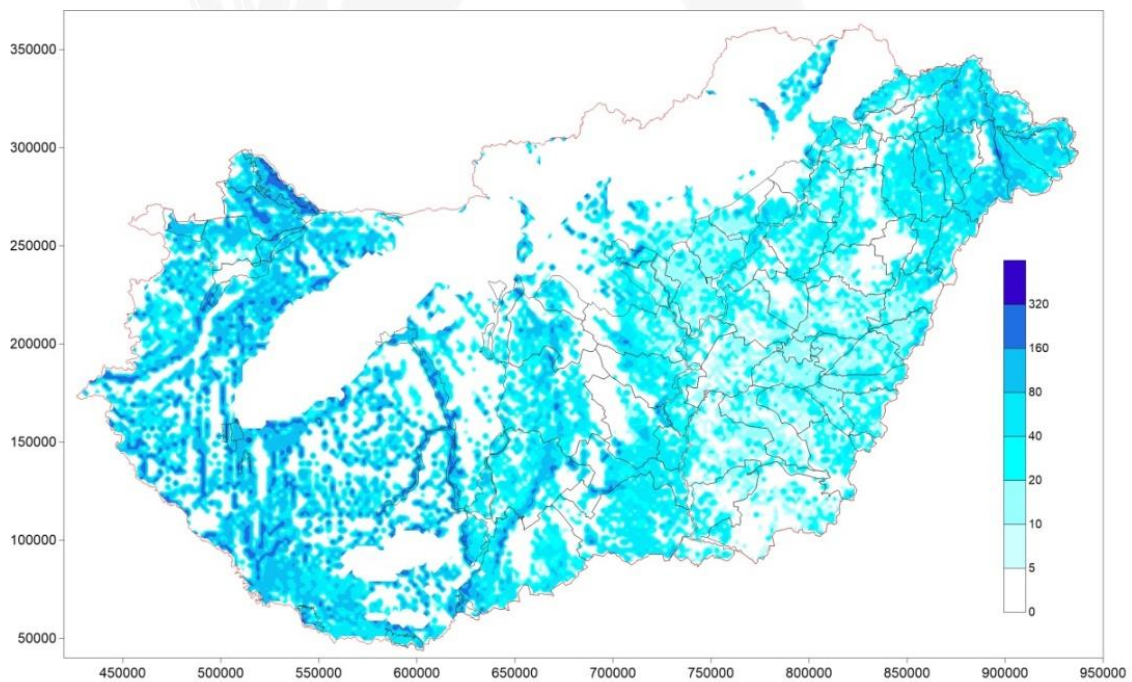
19. ábra. Számított talajvízforgalmi értékek természetes (termelés nélküli) állapotra [mm/év]



20. ábra. Számított talajvízforgalmi értékek termeléses (2008-2015) állapotra [mm/év]



21. ábra. Számított talajvízből kiáramló vízmennyiség természetes (termelés nélküli) állapotra [mm/év]



22. ábra: Számított talajvízből kiáramló vízmennyiségtermeléses (2008-2015) állapotra [mm/év]

3.6. Földhasználati tényező

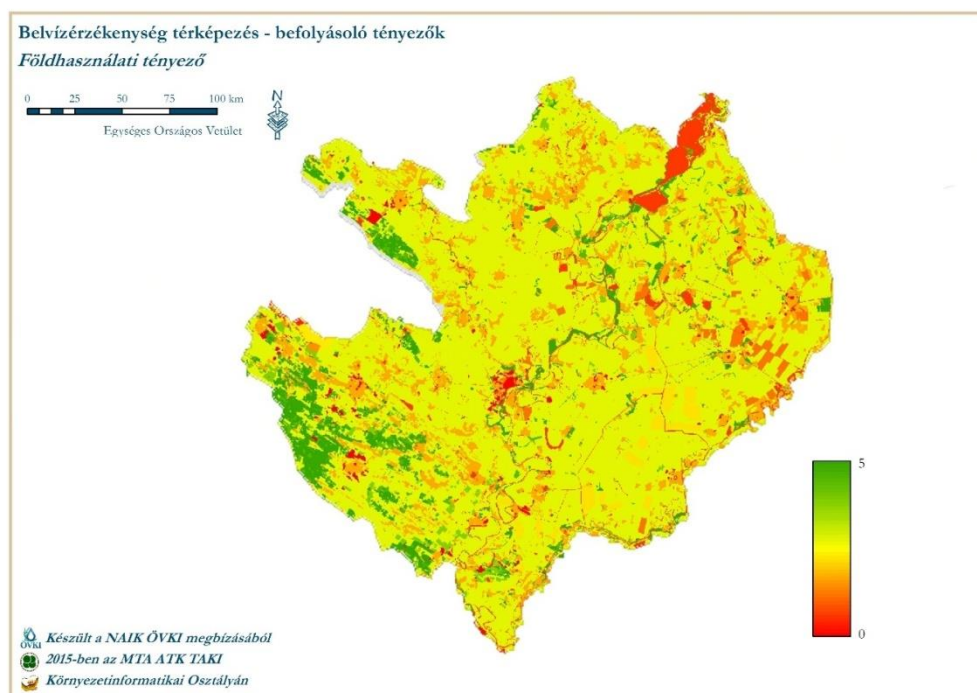
A földhasználati kategóriák a CORINE adatbázis alapján különíthető el, melynek segítségével osztályozhatjuk őket a belvízképződésben betöltött szerepük fontossága szerint. A belvíz-veszélyeztetettség szintézistérkép szerkesztéséhez az egyes földhasználati kategóriák a 2. táblázat szerinti értékekkel jellemezhetők. A számértékek nagyságrendjét úgy választottuk meg, hogy az illeszkedjen a többi tényező értékéhez. Minél kisebb a belvízi

veszélyeztetettség, annál nagyobb a földhasználati tényező értéke. A földhasználati tényező területi eloszlását a 23. ábra szemlélteti.

2. táblázat: A földhasználati tényező értékei a földhasználati kategória szerint

Földhasználati kategória	Földhasználati tényező
1. Mesterséges felszínek	
<i>1.1. Lakott területek</i>	
1.1.2.2. Nem összefüggő, családi házas és kertes beépítés	0,6
1.1.2.3. Erdei környezetben lévő, nem-összefüggő beépítés	0,6
<i>1.2. Ipari, kereskedelmi területek és közlekedési hálózatok</i>	
1.2.1.1.2 Agrár létesítmények	0,6
1.2.2.1. Úthálózat és csatlakozó területek	0,3
1.2.2.2. Vasúthálózat és csatlakozó területek	0,3
1.2.4.2. Fűves kifutópályájú repülőterek	0,6
<i>1.4. Mesterséges, nem mezőgazdasági zöldterületek</i>	
1.4.1.1. Parkok	1,0
1.4.1.2. Temetők	1,0
1.4.2.1 Sport létesítmények	0,6
1.4.2.2 Szabadidő területek	0,6
1.4.2.3 Üdülő települések	0,6
2. Mezőgazdasági területek	
<i>2.1. Szántóföldek</i>	
2.1.1.1 Nagytáblás szántóföldek	1,0
2.1.1.2 Kistáblás szántóföldek	1,0
2.1.1.3 Melegházak	1,0
2.1.2.1 Állandóan öntözött szántó területek	0,85
2.1.3.1 Rizsföldek	0,3
<i>2.2. Állandó növényi kultúrák</i>	
2.2.1.1 Szőlők	2,5
2.2.1.1.1 Nagytáblás szőlők	2,5
2.2.2.1 Gyümölcsfa ültetvények	2,5
2.2.2.2. Bogyós ültetvények	2,5
2.2.2.3 Komló ültetvények	2,5
2.2.2.6 Fűzfa ültetvények	2,5
<i>2.3. Legelők</i>	
2.3.1.1. Intenzív legelők és erősen degradált gyepek bokrok és fák nélkül	0,6
2.3.1.2. Intenzív legelők és erősen degradált gyepek fákkal és bokrokkal	0,6
<i>2.4. Vegyes mezőgazdasági területek</i>	
2.4.2.1. Komplex művelési szerkezet épületek nélkül	1,0
2.4.2.2. Komplex művelési szerkezet szórt elhelyezkedésű épületekkel, tanyák	1,0
2.4.2.2.1 Komplex művelési szerkezet épületekkel	1,0
2.4.2.2.2 Tanyák	1,0
2.4.3.1. Mezőgazdasági területek túlsúlyban szántókkal és jelentős természetes vegetációval	1,0
2.4.3.2. Mezőgazdasági területek túlsúlyban intenzív legelőkkel és jelentős természetes vegetációval	0,6
2.4.3.3. Mezőgazdasági területek túlsúlyban szórt megjelenésű természetes vegetációval	1,0
2.4.3.4. Mezőgazdasági területek kis tavak jelentős részarányával és szórt természetes vegetáció előfordulásával	0,5
2.4.3.5. Mezőgazdasági területek állandó kultúrák jelentős előfordulásával, és szórt megjelenésű természetes vegetációval	2,0
3. Erdők és természetközeli területek	
<i>3.1. Erdők</i>	
3.1.1.1. Zárt lombkoronájú természetes lombhullató erdők nem vizenyős területen	5,0
3.1.1.2. Zárt lombkoronájú természetes lombhullató erdők, vizenyős területen	1,0
3.1.1.3. Nyílt lombkoronájú természetes lombhullató erdők nem vizenyős területen	5,0
3.1.1.4. Nyílt lombkoronájú természetes lombhullató erdők, vizenyős területen	1,0
3.1.1.5. Lombos erdő ültetvények	5,0

3.1.2.1. Zárt lombkoronájú természetes fenyőerdők	5,0
3.1.2.5 Tülevelű ültetvények	5,0
3.1.3.1. Szálanként elegyes természetes (lombos és fenyő) erdők zárt lombkoronával	5,0
3.1.3.5. Csoportosan elegyes természetes erdők lombos és fenyő állományokkal, zárt lombkoronával	5,0
3.1.3.9. Elegyes ültetvények	5,0
3.2. Cserjés és/vagy lágyszárú növényzet	
3.2.1.1. Természetes gyep fák és cserjék nélkül	0,6
3.2.1.2. Természetes gyep fákkal és cserjékkel	1,0
3.2.4.1. Fiatalos erdők és vágásterületek	3,0
3.2.4.3. Spontán cserjésedő-erdősödő területek	3,0
3.2.4.4. Csemetekertek, erdei faiskolák	3,0
3.2.4.5. Károsodott erdők	3,0
3.3. Növényzet nélküli, vagy kevés növényzettel fedett nyílt területek	
3.3.3.1. Ritkás növényzet homokon vagy löszön	0,6
3.3.3.2. Ritkás növényzet kőzetkibúvásokon	0,3
3.3.3.3. Ritkás növényzet szikes területeken	0,3
4. Vizenyős területek	
4.1. Szárazföldi vizenyős területek	
4.1.1.1. Édesvízű mocsarak	0,1
4.1.1.3. Szikes mocsarak	0,1
4.1.2.1. Tőzeglápok kitermelés alatt	0,1
4.1.2.2. Természetes tőzeglápok bokrok és fák szórányos előfordulásával	0,1
5. Vízfelületek	
5.1. Kontinentális vizek	
5.1.1.1. Folyóvizek	0,1
5.1.1.2. Csatornák	0,1
5.1.2.1. Természetes tavak	0,1
5.1.2.1.1. Állandó vízü természetes tavak	0,1
5.1.2.1.2. Természetes, időszakos, szikes tavak	0,1
5.1.2.2. Mesterséges tavak, víztározók, halastavak	0,1
5.1.2.2.1. Mesterséges tavak, víztározók	0,1
5.1.2.2.2. Halastavak	0,1



23. ábra: Földhasználati tényező térkép

Jelenleg alkalmazott alap és származtatott adatok, adatbázisok:

Területhasználati tényező: A területhasználati tényező a CLC50 térképi adatbázis területhasználati kategóriáira épül.

Alapadatok:

Adattípus: térinformatikai adatbázis

Adattartalom: területhasználati kategóriák

Felbontás: 1: 50000

Aktualitás: 2003

Adatformatum: ArcView Shape poligon

Adatgazda: Földmérési és Távérzékelési Intézet

Származtatott adat:

Adattípus: digitális térképi fedvény

Adattartalom: a veszélyeztetettség szempontok szerint értékelt területhasználat alapján számított területhasználati tényező térbeli kiterjesztése

Felbontás: 1: 50000

Aktualitás: nem releváns

Adatformatum: ArcView Shape, GeoTiff

Adatgazda: NAIK ÖVKI

Fejlesztési lehetőségek:

A „Közösségi jelentőségű természeti értékek hosszú távú megőrzését és fejlesztését, valamint az EU biológiai sokféleség stratégia 2020 célkitűzéseinek hazai megvalósítását megalapozó stratégiai vizsgálatok” (KEHOP-4.3.0-15-2016-00001) projekt keretében folyó Nemzeti Ökoszisztéma-Szolgáltatások Térképezése és Értékelése (NÖSZTÉP) meghatározó szakmai mérföldköve egy aktuális ökoszisztéma alaptérkép. A térkép kategóriarendszerének alapja a hazai átfogó élőhely osztályozás, az Általános Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer, mely mind ökológiai, mind természetvédelmi célú térképezésekben széleskörűen elterjedt. Mivel az ÁNÉR beosztása a természetes élőhelyek esetén jóval részletesebb, mint amit az ökoszisztéma térképezés lehetővé tesz, ezért az ÁNÉR kategóriákat a térképezhetőségnek megfelelően összevontan kezeli. A térképezés legpontosabban terepi felméréssel volna megvalósítható, ugyanakkor annak kivitelezése reális időtávon belül még megfelelő anyagi keretek között is lehetetlen lenne. Következésképpen a térkép meglévő, ugyanakkor a lehető leginkább az aktuális valós állapotot tükröző adatokra támaszkodik, melyek terepi felmérésen, a gazdálkodók önbevallásán alapulnak, illetve távérzékelésből levezett térképek, mint a finomított Corine felszínborítás adatbázis vagy a Copernicus nagyfelbontású adatbázisok. A kialakított kategóriarendszer olyan természetes és természetközeli élőhelyeket is tartalmaz, amelyek a felhasznált adatbázisok és távérzékelési információk alapján nem, vagy nem kellő biztonsággal határozhatók le. Felmerült ezért termőhelyi információk felhasználásának gondolata, mivel bizonyos termőhelyi kombinációk meglehetősen valószínűsíthetően adnak élőhely és ezáltal ökoszisztéma jelenlétét. Igaz jelenlétéről nem ad biztos információt, ezért a termőhelyi indikációt a megfigyelésen alapuló adatok mellett érdemes figyelembe venni.

Az Ökoszisztéma Alaptérkép 2.0 verziójának kialakításához a felszínborítás és földhasználat térképek készítése során egyre elterjedtebb „alulról építkező” térképezési modellt valósult meg. A feladat megoldásához áttekintett térbeli vonatkozással rendelkező adatbázisok közül a MePAR felszínborítás réteget használták alapul, annak országos fedése és az ország meghatározó részére relatíve nagy tematikus és térbeli felbontása miatt. Ennek kiegészítéséhez további különböző tematikus fókusszal rendelkező adatbázisokat használtak fel (pl.: Copernicus nagyfelbontású felszínborítás rétegek (HRL) 2015-ös referencia évre vonatkozó Vizek és vizenyős területek (Water and Wetness, WAW) rétege; Erdészeti

Információs Rendszer (ESZIR) adatai) valamint nagy hangsúlyt fektettek távérzékelési módszerekkel gyűjtött adatok saját feldolgozására az egyébként adathiányos tematikák előállításánál (pl.: különböző gyepek típusok). Az így előállított adatokat egységes geometriával (20 méteres raster) és vetülettel (ETRS1989 LAEA) egy elméleti adatkockába rendezték, majd abból célirányos, cella alapú lekérdezésekkel (Python alapokon) állítottuk elő az egyes eredmény kategóriákat és így az alaptérképet (GeoTiff formátumban). Az eredményréteggel kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy annak méretarányát a forrás adatbázisok által meghatározott térbeli és tematikus pontossággal kell jellemezni, amely tematikus osztályonként esetlegesen eltérő lehet és tulajdonképpen a 20 x 20 méteres raster (grid) geometria csak ábrázolási felbontásnak tekinthető.

Az Ökoszisztéma alaptérkép hat főkategóriából épül fel.

A Mesterséges felszínek (Urban) főkategória határát elsősorban a MePAR felszínborítás adatbázis (fszb.) mesterséges felszínborítási elemei adják (pl.: települések, tanyák, iparterületek, bányák, lerakók, közlekedési infrastruktúra stb.). Részletes geometriával és tematikus tartalommal való feltöltését tematikus adatbázisok (pl. útdatbázis, magasságmodell) és Sentinel űrfelvételekre épített távérzékelés alapú eredmények biztosították (elsősorban az épített és zöldfelületek elkülönítésében).

Az Agrárterületek (Croplands) főkategória határát szintén a MePAR fszb. adatbázis vonatkozó elemei adják. Tartalommal való feltöltését ugyancsak a MePAR fszb. adatbázisból oldottuk meg, kiegészítő információkkal a VINGIS adatbázis szolgált.

A Gyepterületek és egyéb lágyszárú növényzet (Grasslands and other herbaceous vegetation) főkategória határát elsősorban a MePAR fszb. adatbázis gyepterületeket tartalmazó elemei adják. A gyepterületek határainak megerősítését és a kategória diverzifikálását első szinten távérzékelési felvételek elemzésével, tanuló algoritmus alkalmazásával oldottuk meg (a főkategóriát ebből a szempontból együtt kezelve a vizes élőhelyekkel). Ehhez Sentinel űrfelvételek idősorait (optikai és radar), az ezekből származtatott spektrális indexeket, DDM-ből származtatott topográfiai indexeket (alapadat) és referencia adatokat (ÁNÉR térképek, egyes MePAR fszb. kategóriák, állandó gyepterület stb.) használtunk. A további diverzifikálást talajparaméterekre vonatkozó határértékek szakértői becslésére alapozva végeztük el. Megfelelő, országos szintű, gyep típusokra vonatkozó alapadatbázis hiánya miatt a harmadik szintű alkategóriák között keveredés előfordulhat, egyes kategóriák előfordulási helyén alulbecslés vagy túlbecslés jelentkezik.

Az Erdők és egyéb fás szárú növényzet (Forests and woodlands) főkategória lehatárolásának alapja az Erdészeti Szakigazgatási Információs Rendszer (ESZIR) erdőállomány adattára, amely mind területileg, mind tartalmilag kiegészül azokkal a fás állományokkal, amelyek az ESZIR szerint nem, de más adat forrás alapján (pl. MePAR fszb., távérzékelési eredmények) fás szárú felszínborítással rendelkezhetnek (ez utóbbiak "Máshová nem besorolható fás szárú növényzet" kategóriába kerültek). Az alkategóriák tartalommal való feltöltését az ESZIR leíró adatainak figyelembevételével szakértők végezték. Fontos megjegyeznünk, hogy a kategória-jellemzők összetettségének következtében az alkategóriákba való besorolás jelenleg még nem teljes körű, az eredmények további finomítása folyamatban van, az alkategória-beosztás változására is számítani kell.

A Vizes élőhelyek (Wetlands) főkategória határát a MePAR fszb. gyep osztályai, egyéb lágyszárú növényzettel borított kategóriái és vizenyős területei adják. A szántóterületek időszakosan vizenyős, de egyébként művelés alatt álló föltjai nem kerültek ebbe a kategóriába. A lehatárolást a "Gyepterületek és egyéb lágyszárú növényzet" főkategóriánál ismertetett módszer szerint végeztük. A fás szárú alosztályok elkülönítését az ESZIR adatbázis biztosítja. Ennél a főkategóriánál is fontos megjegyeznünk, hogy a kategória-jellemzők összetettségének következtében az alkategóriákba való besorolás jelenleg még nem

teljes körű, az eredmények további finomítása folyamatban van, az alkategória-beosztás változására is számítani kell.

A Felszíni vizek (Rivers and lakes) főkategória kialakításában a MePAR fszb. adatbázis vonatkozó osztályai, a 2015-ös Vizek és vizenyős területek (WAW) Copernicus nagyfelbontású réteg (HRL) állandó vízfelületek kategóriája és távérzékelési eredmények vettek részt. (A kizárólag távérzékeléssel azonosított vízfelületeket állóvizek alkategóriába sorolták.)

3.7 Belvív-gyakorisági térkép

A relatív belvív-gyakorisági térkép előállításához a KÖTIVIZIG által regisztrált belvízi elöntési maximum értékek kontúrjait ábrázoló térképi állományok kerültek feldolgozásra. A papírtérképek elkészítéséhez a belvízi elöntések észlelését végző csatornaőrök megfigyelései alapján készült rajzokat veszik alapul. A jelentős belvizes időszakokban az elöntések maximális mértékét mérik fel. A felméréseket hagyományosan a térképen is azonosítható tereptárgyakhoz viszonyítva végzik. Az elöntések kiterjedését ezek alapján 1:10000-1:500000 méretarányú térképeken manuálisan rögzítik.

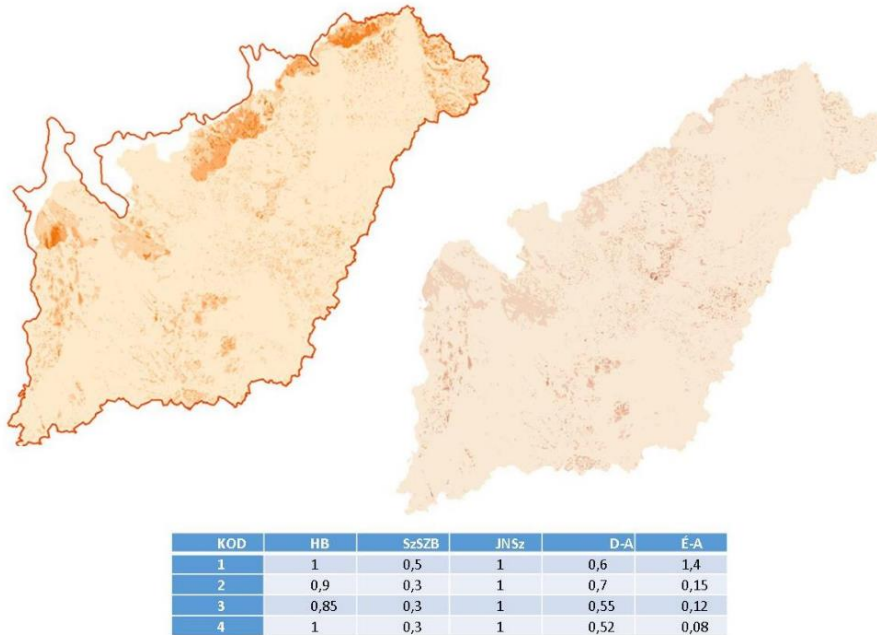
A belvív-gyakorisági térkép elkészítéséhez először a papír alapú elöntési térképek feldolgozását kellett elvégeznünk, melynek első lépése a papír térképek szkennelése volt. A szkennelés során a papír térképről egy digitális alapú „fénymásolat” készült. A szkennelés előkészítő fázisaként a térképeket „alakilag” kellett feldolgozható formában hozni. Ki kellett javítani a „szakadásokat”. A szkennelés után 300 dpi felbontásban digitális formátumban jöttek létre az elöntési térképek. A raszteres térképek vektorizálása volt a következő lépés. A vektorizálás során a raszteres állományokból, az elöntések kontúrvonalainak törésponti koordinátáit határoztuk meg, a kontúrt alkotó sokszögvonal törésponti koordinátaival.

A feldolgozás következő fázisa az elöntések kontúrjainak egységes koordináta rendszerben történő illesztése volt. Ebben a fázisban az elöntési térképeken előzetesen kijelölt, ismert EOVS koordinátával rendelkező illesztési pontokhoz viszonyítva transzformáltuk a kontúrvonalakat az Egységes Országos Vetületi Rendszerbe. A művelet során az illesztési pontok digitalizált megfelelőit beillesztettük az aktuális koordináta értékre, oly módon, hogy a közbenső pontok transzformációját is elvégeztük az ún. „gumilepedő”-eljárás alkalmazásával. Ennek eredményeként abszolút EOVS törésponti koordinátákkal ellátott elöntési térképek jöttek létre.

A műveletet valamennyi - fellelhető - elöntési térkép esetében végrehajtottuk. Az eljárás eredményeként a belvízi szituációkhoz kapcsolódóan előálltak az azonos viszonyítási rendszerrel rendelkező belvízi elöntési térképek. A digitális formátumban kapott adatokat is az egységesen használt formátumba hoztuk. Mivel nem homogén az adatelérhetőség a teljes területre, ezért a regressziós elemzéshez külön választottam a tanuláshoz felhasználható, illetve fel nem használható részt. Azokon a területeken, ahol semmilyen adat nem volt fellelhető térinformatikai alapú adatgenerálást hajtottunk végre tanulóterületek kijelölésével.

Az eljárás eredményeként a belvízi szituációkhoz kapcsolódóan előállnak az azonos viszonyítási rendszerrel rendelkező belvízi elöntési térképek. A digitális formátumban kapott adatokat is az egységesen használt formátumba hoztuk. Mivel nem homogén az adatelérhetőség a teljes területre, ezért a regressziós elemzéshez külön választjuk a tanuláshoz felhasználható, illetve fel nem használható részt. Azokon a területeken, ahol semmilyen adat nem fellelhető, térinformatikai alapú adatgenerálást hajtottunk végre tanulóterületek kijelölésével. Az így előállt vektoros állományok alapján meg lehet kezdeni a gyakorisági összesítő térkép elkészítését. Az évenkénti elöntéseket tartalmazó digitális állományokat, mint rétegeket egy közös állományban dolgozzuk fel.

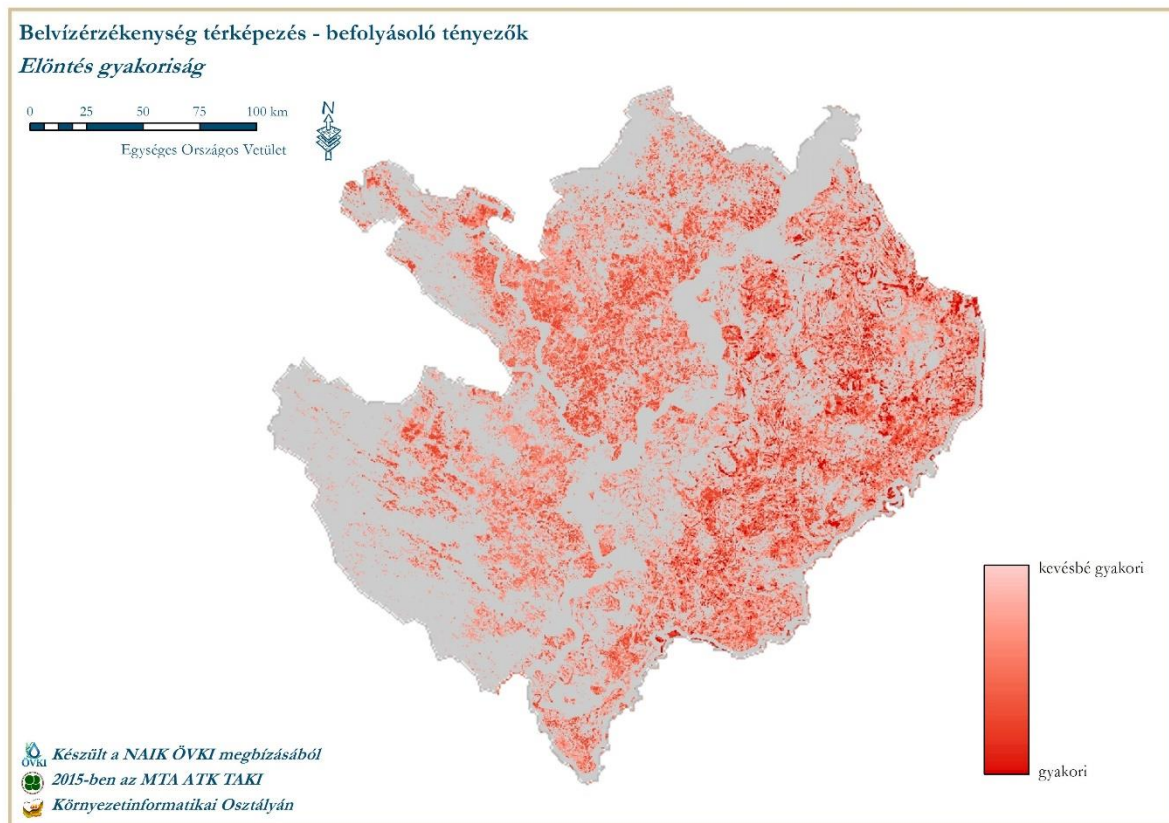
Magyarország síkvidéki területeire referenciaként egy egységes, homogenizált belvízi elöntés relatív gyakoriság térképet kell előállítani. A korábbi megyei állományok nem azonos referencia adatsorok alapján készültek, ezért a legnagyobb kihívást a belvíz elöntések homogenizálása jelenti. A kiindulási alap, hogy az eloszlásokat szűrőfüggvények segítségével átranzformáljuk egymásba. Ehhez referenciának a Pálfai-féle belvíz-veszélyeztetettségi térképet vesszük. Megvizsgáltuk, hogy az egyes régiókban a négy Pálfai-kategóriával jegyzett területek statisztikailag hogyan oszlanak meg, melyet követően vettük az átlagokat. Egy súlyfüggvénnyel variálva a széttartó átlagokat nem sikerült közös mederbe terelni, így a levezetett átviteli függvényt a korábban előállított becsült gyakorisági adatokra vezettük oly módon, hogy a kvartilisekbe eső értékeket beszoroztuk a megfelelő becsült korrekciós értékekkel (24. ábra).



24. ábra. Homogenizált elöntés térképek

Azoknak a területeknek az esetében, ahol nem álltak rendelkezésre elöntés térképek, vagy csak rövid idő intervallumú adatok voltak elérhetőek, a gyakorisági térkép szerkesztésének egy eltérő módszerét kellett alkalmazni. Ezekben a területeken csak kisszámú elöntési eseményről készült folttérkép a vízügyi igazgatóságokon. A meglévő anyagok is területileg elszórtak, és nem fedik le a teljes vizsgálati területet. A legutóbbi mértékadó belvíz elöntésekről készült a FÖMI által szerkesztett műhold kép kiértékelés. A szórványos adatok nem tették lehetővé, hogy az Alföldhöz hasonló homogenizálási eljárást alkalmazzuk.

A problémára a megoldást a FÖMI által a Mezőgazdasági Kárenyhítési Program keretében 1998-2014 közötti elöntési eseményekről készült műholdkép kiértékelések alapján készült adatbázis jelentette. A relatív gyakorisági értékeket tartalmazó digitális térbeli adatbázisból a regresszióhoz általunk random kijelölt tanulóponthoz gyakorisági értéket rendeltek. A kapott ponthalmaz térbeli kiterjesztése krigeléses módszerrel történt. Ezen módszer alkalmazásával az Alföldi területek normalizált gyakorisági térképéhez hasonló minőségű térképet kaptunk a lineáris regresszió elvégzéséhez. A végső gyakorisági térkép a 25. ábrán látható.



25. ábra: Belvíz-gyakorisági térkép

Jelenleg alkalmazott alap és származtatott adatok, adatbázisok:

Belvíz-gyakoriság: A gyakorisági térkép elkészítéséhez a belvízi elöntések foltterképeit használjuk fel, az egyes elöntési események digitalizált foltjainak egymásra vetítésével.

Alapadatok 1:

Adattípus: térinformatikai idősoros adatbázis

Adattartalom: konkrét belvízelöntések adatai

Felbontás: 1: 50000, 1:100000

Aktualitás: 2014

Adatformatum: ArcView Shape poligon

Adatgazda: OVF

Származtatott adat 1:

Adattípus: digitális térképi fedvény

Adattartalom: homogenizált, felparametrizált elöntés gyakorisági térkép

Felbontás: 1: 25000

Aktualitás: nem releváns

Adatformatum: ArcView Shape, GeoTiff

Adatgazda: NAIK ÖVKI

Alapadatok 2:

Adattípus: digitális térképi fedvény

Adattartalom: Pálfai-féle belvíz-veszélyeztetettségi térkép

Felbontás: 1:200000

Aktualitás: 1992

Adatformatum: DWG vonalmű

Adatgazda: Pálfi Imre

Származtatott adat 2:

Adattípus: digitális térképi fedvény

Adattartalom: homogenizált, felparametrizált előntés gyakorisági térkép

Felbontás: 1: 25000

Aktualitás: nem releváns

Adatformátum: ArcView Shape

Adatgazda: NAIK ÖVKI

Alapadatok 3:

Adattípus: térinformatikai térképi adatbázis

Adattartalom: belvizek mőholdkép kiértékelésén alapuló adatai

Felbontás: 1:100000

Aktualitás: 1998-2014

Adatformátum: ArcView Shape poligon

Adatgazda: FÖMI

Származtatott adat 3:

Adattípus: pontfelhő adatbázis, térképi fedvény

Adattartalom: homogenizált, felparametrizált előntés gyakorisági térkép

Felbontás: 1: 25000

Aktualitás: nem releváns

Adatformátum: ArcView Shape

Adatgazda: NAIK ÖVKI

Fejlesztési lehetőségek:

A mőholdfelvételek egységes metodikai alapokon nyugvó kiértékelése lehet jövőbeli irány, azonban a terepi felvételezések (kézi, drón) elhagyása hibás következtetésekhez vezethetnek. Az előntés-gyakorisági térkép hagyományosan a vízügyi igazgatóságok terepi felmérései alapján készült. A felszíni vízborítás nagyságrendi becslésére alkalmas, azonban a módszer igen szubjektív, és csak a nyílt vízfelületeket képes ábrázolni. A távérzékelés, elsősorban a légifényképezés és a mőholdas távérzékelés lehetőséget teremt a vízfoltok pontos felmérésére, és a növénytermesztés korlátozó nedvességtartalmú (kétfázisú) területek elkülönítésére is (pl.: FÖMI által a Mezőgazdasági Kárenyhítési Program keretében 1998-2014 közötti előntési eseményekről készült mőholdkép kiértékelése). A LANDSAT mőholdak TM képalkotó rendszere és rövid visszatérési ideje (azonos terület két egymás követő felvétele közötti idő) miatt elemzésre alkalmas képeket készít. A térbeli felbontása 30x30 méter, ami inkább középszintű feldolgozást tesz lehetővé. A vizsgálatokhoz felhasználhatóak a SENTINEL mőholdak felvételei is, amelyek optikai és kisebb felbontású radar képeket tartalmaznak. Nagy előnye a mőholdfelvételeknek a könnyű feldolgozhatóság (digitális formátumban is hozzáférhetőek) térinformatikai és képelemző szoftverekkel. A légifényképezés során készített kézi és mérőkamarás felvételek, valamint a drónok által készített ortofotók digitalizálás és megfelelő transzformálás után szintén alkalmasak a belvizek pontos felmérésére. Nagy előnye a mőholdakkal szemben egyrészt a gazdaságosság, másrészt pedig pontosan, a maximális előntés idején készíthető a felvételezés.

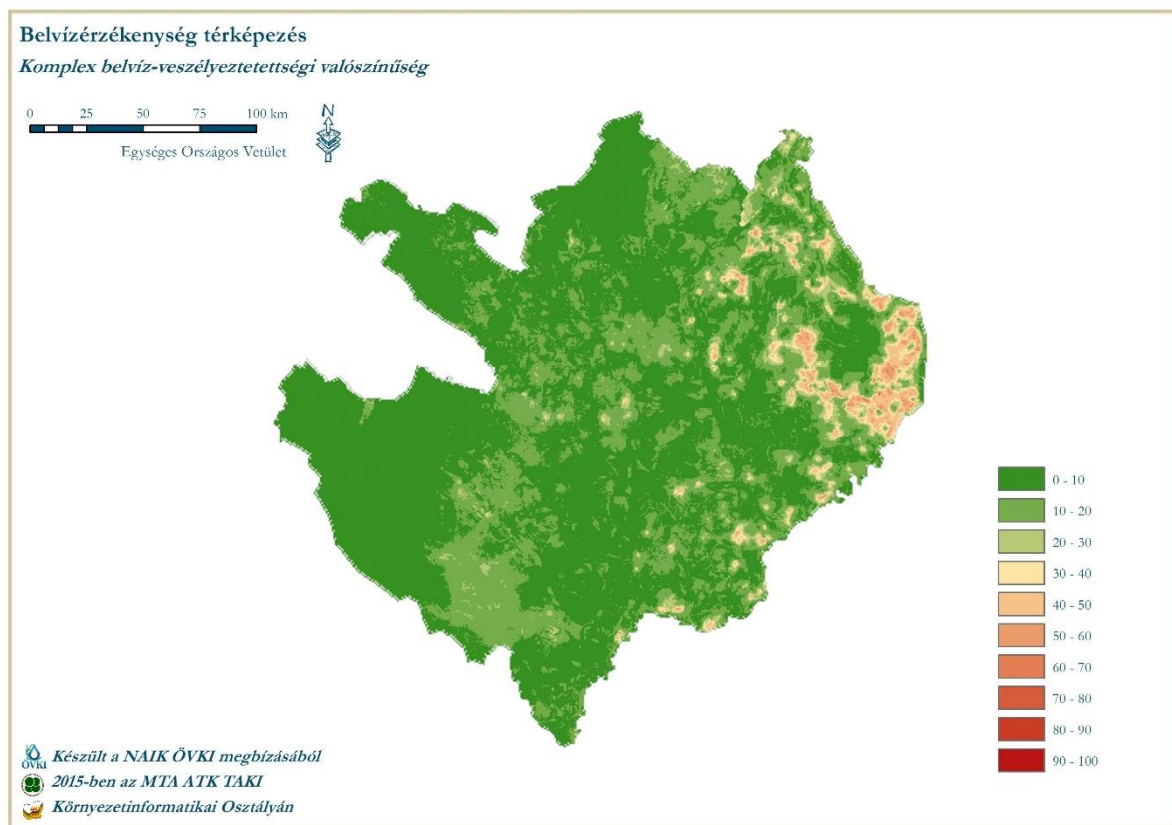
4. TERÜLETI REGRESSZIÓS VIZSGÁLATOK, SZINTETIZÁLT TÉRKÉP BEMUTATÁSA

A területi regressziós vizsgálatok során megvizsgáltuk, hogy a befolyásoló tényezők milyen súllyal vesznek részt a belvizek veszélyeztetettség kialakításában. Ehhez alkalmaztunk kétváltozós-, illetve többváltozós regressziós vizsgálatokat, ahol a „függő” változók minden esetben a belvizek gyakorisági értékei voltak.

Az eddig alkalmazott gyakorlattal ellentétben, azaz 1 km-es rácsháló használata helyett az idei évben 50.000 véletlenszerűen elszórt pontban néztük meg az egyes tényezők értékeit, illetve az előntési adatot. Mivel az előntési adatok csak részben álltak rendelkezésünkre az egész mintaterületre, így a mintavételen alapuló „tanítás” is csak azokban a régiókban történt meg, ahol konzisztens előntési adatokat sikerült összeállítani. Mivel nem volt homogén az adatelérhetőség a teljes területre, ezért a regressziós elemzéshez külön választottuk a tanuláshoz felhasználható, illetve fel nem használható területet. Ezen módszer előnye a korábbi, rácson alapulóhoz képest, hogy kiszűrünk vele egy jelentős simító hatást, ami a rácsra történt átlagolás miatt volt kódolva a rendszerben.

Az 50.000 pontban vett mintasokaság képezte a statisztikai elemzés alapját. többváltozós regressziót, az eddigiektől eltérően, megelőzte egy főkomponens elemzés, ami az adatok multikollinearitása miatt szükséges volt. Ezzel lineárisan függetlenné tettük a regressziós elemzésbe beléptetett független (az eredeti tényezők szintén lineáris kombinációjaként előálló) változókat, ami annak alkalmazhatóságának elvi feltétele.

A KBV számolása ennek köszönhetően nem a tényezőkből, nem direktben történik, hanem két menetben. Előbb a főkomponens transzformáció lineáris egyenleteit kell végigszámolni, majd annak eredményein a többváltozós regresszió számításait. A KBV alapján készített szintézistérképet a 26. ábra szemlélteti.



26. ábra: Komplex Belvíz-veszélyeztetettség Valószínűség

Fejlesztési lehetőségek:

A regresszió krigelés olyan térbeli becslési módszer, amely kombinálja a tematikus és a térbeli becslést. Nem ez az egyetlen ilyen módszer. Vannak olyan továbbfejlesztési irányok, ahol például a regressziós tagot adatbányászati módszerek, a krigelést pedig egyéb interpolációs technikák helyettesítik.

A térbeli variabilitás általános leírására egy környezeti változót három komponensre szokták szétbontani az alábbi módon:

$$Z(\mathbf{s}) = Z^*(\mathbf{s}) + \varepsilon'(\mathbf{s}) + \varepsilon''$$

Ahol $Z^*(\mathbf{s})$ a determinisztikus, $\varepsilon'(\mathbf{s})$ a térbelileg autókorrelált komponens, ε'' pedig a zaj. A regresszió külső drifftel, illetve a regresszió krigelés már együtt kezelik a két első komponens, amelyből az első meghatározása a trendleválasztás során, a másodiké pedig az azt követő geostatistikai elemzés során történik. A digitális talajtérképezési gyakorlatában a trendleválasztás egyre nagyobb hangsúlyt kap, időnként akár háttérbe szorítva a visszamaradó reziduumok sztochasztikus modellezését is. A térképezendő talajtulajdonságok és a felhasznált segédinformációk közötti kapcsolat erőssége, melyet leggyakrabban az illesztett trend determinációs együtthatójával (R^2) jellemeznek, rendkívül széles skálán változik. Alacsony R^2 érték mellett az adott talajtulajdonság térbeli változékonyságának fennmaradó, döntő nagyságú részét mindenképpen geostatistikai megközelítéssel kell modelleznünk, ezért ez utóbbi legalább annyira fontos, mint maga a trendmodellezés. A regresszió külső drifftel, illetve a regresszió krigelés során azonban a becsülni kívánt tulajdonság és a segédinformációk között lineáris kapcsolatra vonatkozó feltétel túl erős korlát, mivel ezek kapcsolatrendszerre jellemzően sokkal összetettebb és csak első közelítésben tekinthető érvényesnek a linearitás. A komplexebb összefüggések feltárásának lehetősége irányította a digitális talajtérképezés figyelmét az adatbányászat felé.

Az adatbányászatot általában (szemi-)automatikus folyamatnak tekintik, amely képes nagyméretű digitális adatrendszerekben tanulási modellek révén mintázatokat azonosítani, amelyek aztán felhasználhatók predikcióra új adatok alkalmazása esetén. A modellek tanítása számítógép alapú módszerekkel történik, azaz gépi tanulásról van szó. A gépi tanulás során a rendszer a korábbi tapasztalatokat elemezve, azokból tanulva, képes következtetéseket levonni, döntési javaslatokat tenni. A „gépi tanulás” és „adatbányászat” kifejezések nem egymás szinonimái, bár szorosan kapcsolódnak egymáshoz. A különbségüket legegyszerűbben úgy lehet megfogalmazni, hogy az adatbányászat céljának (az összefüggések feltárásának) érdekében gépi tanulási módszereket alkalmaz; az adatbányászat esetén a folyamaton, a gépi tanuláshoz pedig az algoritmuson van a hangsúly. A digitális környezeti térképezés számára jelentőséggel bíró osztályozó, regressziós és klaszterező gépi tanulási módszerek (döntési fák, neurális hálózatok, szupport vektor gépek stb.) az adatbányászat prediktív modellezésének alapvető eszközei. Ennek okán a fenti formula determinisztikus komponensének komplex modellezése során a digitális talajtérképezésben bátran használható cserekompatibilisen a két fogalom.

A digitális környezeti térképezés számára az adatbányászat a talajképző tényezők (re vonatkozó térbeli információk) és a térképezendő talajjellemző közti komplex kapcsolatok modellezésének széles tárházát biztosítja.

Az osztályozó és regressziós fák hatékonyságának növelése érdekében több irányban történtek fejlesztések. A bagging és boosting eljárások keretében az osztályozást különböző tanítóadat-halmazokon tanítva, az egyes modellek kombinációja révén áll elő az osztályozási vagy regressziós eredmény. Szintén jól teljesített a cubist regresszió, amelynek során minden szabályhoz egy többváltozós lineáris regresszió tartozik, amely csak a szabály szerinti feltételek esetén alkalmazandó. Az osztályozó és regressziós fák továbbfejlesztésének talán legsikeresebbnek tekinthető eredménye a véletlen erdő (Random Forest; RF), ami a fa alapú osztályozást erdővé terebélyesíti. Több döntési fa által adott előrejelzéseket kombinálja, mely fák véletlen vektorok egy független halmazának értékei alapján alakulnak ki. Az egyes fák által történő osztályozás mind a tanuló adatoknak, mind pedig a prediktor változóknak csak egy-egy, véletlenszerűen választott részhalmazát használja. A módszer végeredménye a sokszoros futtatások összedolgozása révén alakul ki. A véletlen erdő sok „gyenge” fát épít,

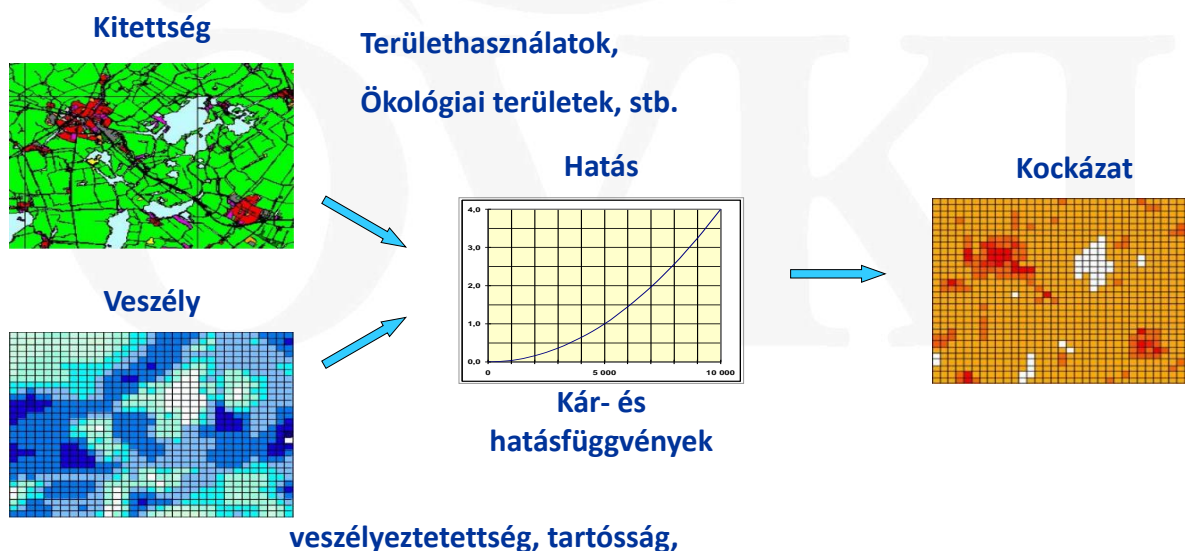
ezáltal lehetőséget teremtve olyan mintázatok felismerésére az adatokban, amelyek elsikkadnának kevés, „erős” fa esetén. A véletlen erdő osztja az osztályozó és regressziós fák hasznos tulajdonságait, de azokhoz képest pontosabb eredményekre képes és kevésbé érzékeny a túlparaméterezésre. További előnye, hogy képes a prediktor változók fontosságának becslésére, illetve zajos adatok esetén is viszonylag elfogadható eredmények szolgáltatására képes. Minden előnye ellenére is némely szerzők szerint a véletlen erdő nem elég robusztus módszer, legalábbis egyéb gépi tanulási módszerekkel való összevetésben. Éppen ezért kezd egyre nagyobb teret kapni a hibrid modellekben, amelyekben a determinisztikus rész becslését szolgálja, a modell rezidumok interpolálása pedig geostatistika eszközzel történik. Alapértelmezésben a véletlen erdőt a célváltozó (feltételes átlag)értékére vonatkozó becslésekre használják. A módszer ennél több információ szolgáltatására is képes. Az ún. Kvantilis Regresszió Erdő (Quantile Regression Forest; QRF) eredményeképpen a célváltozó teljes feltételes eloszlása becslhető a szolgáltatott kvantilisok révén, melynek segítségével a predikció bizonytalansága is modellezhető.

5. KOCKÁZAT TÉRKÉPEZÉS ALKALMAZÁSA BELVÍZ JÁRTA TERÜLETEKEN

A kockázatok kiszámítása egy olyan megközelítésen alapszik, amely tekintettel van a vizsgált események bekövetkezésének bizonytalanságaira és számszerűsített, illetve nem-számszerűsített módszerekkel vizsgálja az események hatásait. Minél több információ áll rendelkezésünkre a múltban bekövetkezett eseményekről és a jövőbeli változásokról (pl. klímaváltozás, területhasználati változások, különböző közvetlen és közvetett beavatkozásoknak az árhullámok kialakulására való hatásáról), és minél pontosabban tudjuk leképezni azokat, annál megalapozottabban és annál több szempontra való tekintettel tudjuk tervezni a szükséges beavatkozásokat. A kockázatszámítás ezzel együtt előfordulási valószínűségekre alapszik és vizsgálja a lehetséges események következményeit.

Az árvíz-kockázat-kezelési tervezés (továbbiakban: ÁKK-tervezés) projekt-konstrukción belüli kockázatszámítás a Bayes-i szemléletre alapszik. Ennek értelmében a kockázat a veszteségek várható értéke.

Az alábbi ábra a kockázatszámítás tematikáját mutatja be (27. ábra):



27. ábra. A kockázatszámítás tematikája

A kockázati térképek bemutatják az elöntésekből származó várható kockázatokat éves szinten és a hosszú-távú tervezés időhorizontjára, azaz az ÁKK-metodika szerint meghatározott 30 éves tervezési időhorizontra. A kockázat a károk várható értéke, azaz az elöntés előfordulási valószínűségének, a kitétségek (területhasználatnak) és a kitétt értékek elöntéssel szemben való érzékenységeinek szorzata. Az előfordulási valószínűséget, a veszély paramétereivel egyetemben (veszélyeztetettség, tartósság) a veszélytérképek tartalmazzák. A kitétség a vizsgált területen található vagyoni és nem-vagyoni értékek összessége. Ezek érzékenységre utalnak a kárfüggvények, és a nem-vagyoni értékek tekintetében az osztályba sorolás.

A vagyonszámításnak a területhasználatoknak megfelelően különböző fedvényei vannak, amelyeket raszteres állományként kezelünk. Minden egyéb tulajdonságú állomány, pl. a polygon, polyline cella konverzióját el kell végezni vektoros állományból raszteres állományba úgy, hogy ha egy vektoros állomány legalább az 50%-át fedi egy raszter cellának, akkor az egész raszter cella az ehhez tartozó területhasználati kategóriát veszi fel. A pontszerű adat legkisebb kiterjedése egy cella (50x50m).

A kockázatszámítás cellánként (50x50m-es raszterhálóra) történik. A számítás során a területhasználati raszter-hálózathoz rendeljük a megfelelő kárfüggvényeket és vagyonértékeket. Az egyes belvízi elöntésekhez rendelt tartósságból és vízmélységből valamint a kárfüggvényekből számíthatjuk a károkat a scenáriókra, szorozzuk meg a valószínűséggel és összegezzük a scenáriók szerint.

A kockázati értékek számításához alapadatok a veszélytérképek, a területhasználati térkép, a területhasználati kategóriákhoz rendelt vagyonértékek és kárfüggvények. A kockázati térképezés és értékelés során felmérésre kerül a veszélyeztetett területen lévő vagyon nagyságát, a veszélyeztetett lakosság számát, a kulturális örökségeket, a természeti értékeket, a veszélyes üzemek, egyéb létesítményeket, közintézményeket. A belvíz kapcsán releváns a mezőgazdasági művelés és a vetésszerkezet figyelembe vétele, hiszen az agráriumban a jelentkező kár elsősorban terméskiesésben és állománypusztulás formájában fog jelentkezni.

5.1. A belvízi elöntések (elméleti) tartóssága

A kockázati térkép mutatja be az 50x50 m-es raszterhálóra a kockázati értékeket. A legkisebb értelmezése ily módon a cella, a legnagyobb értelmezési tartomány lehet pl. az belvízi öblözet vagy a vízgyűjtő terület, de bármilyen tetszőleges területre meghatározhatóak a kockázati értékek.

A kockázati térképet az ÁKIR szoftver kockázatszámítási moduljával lehet előállítani a korábban felsorolt alapadatok rendelkezésre állása esetén. Az ÁKIR számítási modul ArcGIS környezetben alkalmazható.

Meghatározó szempont az eredmények tekintetében az alapadatok aktualitása és a tervezési szintnek megfelelő részletessége. Az adatfrissítést meghatározott időközönként, egységesen célszerű elvégezni. Az adatfajtától függően egységesen központi környezetben vagy helyi szinten kell aktualizálni. Egységes központi módosítás lehet egy metodikai fejlesztés, vagy az országosan egységesen kezelt adatbázisok gyakorlatba történő átültetése. Helyi szintű kiigazítás lehet célszerű a területhasználatokban, a területhasználatok sérülékenységében, a vagyoni adatok meghatározásában, stb. Ezeket a folyamatokat az adatkezelési és adatfrissítési eljárás leírásában kell rögzíteni. Az alapadatok ismertetésében ezt az eljárást nem ismertetjük.

A kockázati térképezéshez szükséges alap adatokat a veszélyeztetettségi térképezés során állítjuk elő. A belvíz-veszélyeztetettségi térképek a kockázati térképek azon alapadatait tartalmazzák, melyek meghatározzák a kitétt értékekre gyakorolt belvízi elöntésből származó

terhelés mértékét és előfordulási valószínűségét. A veszélytérképi állományok előntési eseményekhez rendelnek valószínűségi értékeket, azaz az előntéstől függő károkhoz valószínűségeket tudunk rendelni. Bemutatja azt, hogy az adott, tetszőlegesen lehatárolt területen mekkora a veszélyeztetettség.

A belvízi kockázatkezelés során az elméleti és tapasztalati adatokra támaszkodó tartósságot és digitális terepmodellek alapján kalkulált vízmennyiséget (átlag mélységet) tudjuk figyelembe venni. A tartósság jelentősége első sorban a belvízi előntéseknél van, ahol a termény-növények vízzel való borítottságából származó károsodás mértéke függ a víznek, a területen való tartózkodási idejétől. Lényeges szempont a tartósság az ökológiai értékek esetében is, ahol az befolyásolja az értékekben jelentkező károk vagy hasznok mértékét.

5.2. Belvizes területeket érintő káros hatások értékelése

A kora tavaszi és nyári belvizek által okozott károk a mezőgazdaságban eltérően jelentkeznek, ugyanis jelentősen befolyásolja a növények víztűrő képességét számos tényező, amelyek részben tőlünk teljesen függetlenül érvényesülnek, részben különböző agrotechnikai módszerekkel kiküszöbölhetők.

A belvízkárokat két csoportra oszthatjuk, mint a közvetlenül és azonnal jelentkező károk, illetve a közvetve, az előntés után csak bizonyos idő múlva jelentkező károk. A közvetlenül jelentkező terméskárok az előntés után azonnal megállapíthatók, mert a növényzet legyengülését, kiritkulását, illetve kipusztulását okozzák. A közvetve jelentkező károkat a következőkben jelölhetjük meg: az állattenyésztésnél a takarmányhiány következtében, a vízborításos területeken a szükséges munkák elmaradása miatt, a termőtalaj fizikai és kémiai tulajdonságainak romlása folytán fellépő károk, eróziós károk, épületekben keletkező károk, az előntés következtében fellépő gyomosodás okozta károk. Az előntés alatt és után alacsonyabb talajhőmérséklet alakul ki, eliszapolódás, szerkezetrombolás és tápanyagkioldás következik be. A talajművelés megkésik és gyengébb minőségben végezhető el. Hatással van a talajerő-gazdálkodásra is, mivel több szerves- és műtrágya szükséges, eltolódik a trágyázás optimális időpontja, illetve az elővetemény hatása kevésbé érvényesül. A vetés általában késik, rendszerint több vetőmag kell, az esedékes növényápolási munkák ideje eltolódik, a növényápolás minősége részben romlik, részben javul, a gyomosodás nagyobb mérvű, illetve a betakarítás gépesítését vízállások, egyenetlen talajnedvesség nehezítik.

Szakirodalmi közlések alapján a szántóföldi növények víztűrő-képességét, így a kár nagyságát meghatározza: a vízborítás ideje, időtartama és hőmérséklete; a talaj szerkezete és a talajfelszín állapota; a talajművelési eljárás; a tápanyag-ellátottság; a növény faja, illetve fajtája; a növény fejlődési stádiuma, stb.

A 4-5 napnál hosszabb ideig tartó belvíz a talajszerkezet rombolása (tömörödés, eliszapolódás, cserepedés) mellett, a talajban a víz-levegő arányának megváltozásával a redukciós folyamatok túlsúlya alakul ki, a talajban csökken az oxigén mennyisége, ami végül káros növényi anyagcsere termékek felhalmozásához vezet. Megállapíthatjuk, hogy a talaj víztároló képességének a vízutánpótlás és a vízfogyasztás esetén van jelentősége. A túlzottan kötött vagy nagy vízáteresztő képességű talajoknál a mélyen gyökerező növények a felvett vízmennyiségnek csak mintegy 10%-át vették fel a tározott vízből. Nagy vízkapacitású talajoknál ez a hányad elérte az 50%-ot. Az azonos meteorológiai körzetekhez tartozó területek esetében mutatkozó vízhiány különbségeket az eltérő talajadottságokra vezetik vissza. A talaj vízbefogadása két, egymás jelenlétét feltételező folyamatból tevődik össze, a víznyelésből és a vízáteresztésből. Szántóföldi vizsgálatokkal is igazolták, hogy a talajok víznyelése a mechanikai összetételén kívül legkifejezettebben a tömörödöttség függvénye. Várallyay szerint a túl nedves talajállapot fokozatai és következményei az alábbiak:

- „Sáros” talajállapot: agrotechnikai műveletek akadályozása; különösen nagy érzékenység szerkezet-leromlásra és tömörödéésre;
- Nem megfelelő aeráció: pórusokban jelenlévő levegő nem biztosítja a növények levegő-igényének kielégítését, a talaj kedvező redox-viszonyait, a növényi tápanyagok kedvező dinamikáját;
- Pórusok teljes telítődése vízzel: akut levegőhiány;
- Felszíni vízborítás: következményei a vízborítás időtartamától és a növények tűrési idejétől függ, de ezen kívül a talajban is lejátszódnak kedvezőtlen degradációs folyamatok (eliszapolódás, szerkezet leromlás, pórusok eltömődése, redukciós folyamatok, kedvezőtlen változások a talajok biológiai tevékenységében és tápanyagforgalmában).

A szántóföldi talajok 46%-a vízforgalom szempontjából kedvezőtlen, és hozzávetőlegesen 1 millió hektáron ismétlődő vízkár veszélyezteti a növénytermesztés biztonságát.

A növények víztűrő-képességét az előbbi tényezőkön kívül meghatározza a faj, fajtája és a fejlettségi állapota, amelyet a 3. táblázat szemléltetett. Általánosságban elmondható, hogy az őszi vetésű növények nagyobb mértékben elviselik a vízborítást, mint a tavaszi vetésű kalászosok és kapások.

3. táblázat: A termés kiesés %-os értéke az előntés időpontja és időtartama szerint

Növény	Márciusban				Áprilisban				Májusban				Júniusban			
	ha az előntés tartama (nap)															
	3	7	11	15	3	7	11	15	3	7	11	15	3	7	11	15
	akkor a termés kiesés %-a															
Őszi kalászosok	5	15	30	50	10	25	40	70	20	40	70	100	20	50	80	100
Tavaszi kalászosok	10	20	40	100	15	40	75	100	15	50	75	100	20	50	75	100
Kukorica					20	80	100	100	10	50	80	100	10	50	75	100
Évelő takarmány-növények		10	20	30	10	25	40	60	10	30	50	100	10	40	70	100
Rét				10		10	20	30		10	30	50		20	30	50
Legelő				10		10	20	30		10	30	50		20	30	50
Cukorrépa	10	50	100	100	10	50	90	100	10	50	90	100	10	40	90	100
Burgonya	30	80	100	100	30	80	100	100	40	90	100	100	50	100	100	100
Napraforgó					10	20	40	80	10	30	60	100	10	40	80	100
Kender					20	40	60	100	20	50	75	100	10	40	60	80

A növények fejlettségi állapota jelentősen meghatározza azok víztűrését (4. táblázat). A táblázat jól szemlélteti, hogy a pillangósokkal társult gyepek nagyobb mértékben elviselik az előntést, még magasabb hőmérsékleten is, mint a kapások. Megkülönböztethető és értékelhető a növények vegetatív, illetve generatív szerveinek károsodása is, amelyet őszi búzával, őszi árpával és lucernával végzett kísérletekkel igazolt. Javaslat szerint a víztűrésük alapján először az őszi árpát, majd az őszi búzát és végül a lucernát mentesítsük. Véleménye szerint az elsősorban veszélyeztetett területekre sem gabonafélét, sem pedig évelő takarmánynövényeket vetni nem szabad. Ezek a területek legjobban hasznosíthatók nagy víztűrő képességű fűfajokkal, mint legelők, vagy mint kaszálók. Hasznosíthatók még egynyári szálatakarmányok termesztésével is. A másodsorban veszélyeztetett területekre is csak szükségmegoldásként vessünk őszi gabonát, de évelő pillangósokat sem célszerű telepíteni. Azokon a területeken, ahol éveken keresztül rendszeres öntözés folyik, a káros felszíni vízbőség előbb is jelentkezhet. Ezért ezeken a területeken a belvízmentesítő csatornahálózat

karbantartásáról és használhatóságáról gondoskodni kell. A rizstelepek környékén ugyancsak előbb jelentkezhet a káros felszíni víz a megemelkedett talajvíz miatt.

4. táblázat: A növények kipusztulását okozó felszíni vízborítás különböző fejlettségi állapotban

Növény	A vízborítás időtartama (nap)		
	5 °C	15 °C	25 °C
<i>Az édesfűvekből és pillangósokból társult gyepek kipusztulása,</i>			
csírázáskor		10	5
bokrosodáskor		12	6
szárba induláskor	20	8	6
több éves korban	20	14	7
<i>A burgonya kipusztulása,</i>			
csírázáskor		6	3
szárba induláskor		3	1
<i>A kukorica kipusztulása,</i>			
csírázáskor		4	1
4 leveles korban		1	1
<i>A cukorrépa kipusztulása,</i>			
csírázáskor		4	1
szikleveles állapotban		3	2
6-8 leveles állapotban		1	1

Figyelembe kell venni azt is, hogy nemcsak önmagában a felszíni elöntés okozhat károkat, hanem a felszíni lefolyásból keletkező víz sok káros sót, de főleg vegyszert old ki a talajból és ezekre a területekre hordja, ami szintén növénypusztulást okozhat.

A talaj szerkezetének javításával (mélyszántással, mélyítő szántással, lazítással, stb.) lehetőséget teremthetünk a vízbefogadó képesség növelésére. A belvízképződés, illetve a kialakult belvízelöntés tartóssága szempontjából meghatározó jelentősége van a művelési hibákból adódó agrotechnikának (tárctalap, eketalp). Itt említi még az egyszerűsített vetésszerkezetet, a kedvező hatású vetésváltás hiányát, az alpművelés minőségét javító eljárások (szárazzás, tarlóhántás, hántott tarló ápolása) alkalmazásának hiányát, az elgyomosodást és a melioratív eljárások szüneteltetését.

A belvízjárta területek talajművelése különös figyelmet és gondosságot igényel, mivel a mély vagy mélyítő műveléssel megnövelt pórustér következtében megnő a talajok vízbefogadó képessége, így megnő a fajhője és nehezebben melegszenek fel (hideg talajok), ami késlelteti a vetőágy készítését, illetve a kelést. A belvízzel károsított, ősszel mélyebben szántott területeken tavasszal forgatásos sekély talajművelést ajánlatos végezni. Az elsősorban veszélyeztetett területeken, csapadékos őszt követően célszerű a mély- vagy mélyítő szántás helyett a sekély 15-20 cm-es őszi szántást alkalmazni, esetleg ősszel a mélyszántást elhagyni. A belvizes területek közvetlen környezetében lévő táblákat érdemes mélyebben művelni vagy lazítani, hogy a felszíni vízfölösleg a talajba szivároghasson. A káros felszíni vagy felszín alatti vizek elvezetését megfelelő céldrénrendszerek (felszíni és felszín alatti hozzáfolyás szabályozása, talajvízszint-szabályozás, talajszelvényen átszivárgó felesleges vizek elvezetése, stb.) kiépítésével és azok rendeltetésszerű funkcióját biztosító melioratív és agrotechnikai beavatkozások (kémiai talajjavítás, szerkezetjavítás, megfelelő talajművelési rendszer, mélylazítás, vakonddrénezés, kedvező biológiai drenázst biztosító vetésszerkezet) komplex alkalmazásával biztosíthatjuk. Összességében megállapíthatjuk, hogy a mezőgazdasági területeken a mentesítés sorrendjét a kultúrák vízborítással szembeni érzékenységi, illetve az évszak határozza meg. Tekintettel arra, hogy a belvíz előfordulása általában a tél végi – kora tavaszi időszakra esik, a levezetés a következőképpen alakul: őszi

gabonavetések → évelő takarmányok → vetetlen szántóterületek → kaszálók → erdők → legelők → szikes területek.

5.3. A veszélyeztetettség térkép használata a kockázatbecslésben

A belvíz veszélyeztetettség általánosságban egy olyan térbeli jellemzőnek tekinthető, amely azt fejezi ki, hogy a statikus és dinamikus hatótényezők együttes hatása miatt, adott területet potenciálisan milyen mértékben sújthat belvíz szélsőség. Az ÁKK szimulációs metodika alapján párhuzamot vonva az árvízi veszélyeztetettség fogalmával a belvív-veszélyeztetettség alatt azt a valószínűségi változót értjük, ami statisztikailag értelmezhető formában megadja, hogy adott területen (pl. térképi cellában) mekkora eséllyel következik be a vizsgált hidrológiai szélsőség. Tehát ebben a felfogásban a belvív veszélyeztetettség egy százalékosan, vagy az érintett napok hosszú idejű éves átlagával, azaz az átlagos tartóssággal megadott valószínűségi számérték. Meghatározásának alapja egy adott tervezési variáns esetén: a vizsgált területre elvégzett reprezentatív hosszúságú szimuláció elvégzése, majd a szimulációs eredmények (előntés térképek) statisztikai értékelésével annak meghatározása, hogy a hidrológiai szélsőség mely cellában milyen relatív gyakorisággal fordult elő. A szimulált időszak hosszának (a statisztikai minta nagyságának) növelésével a felírt tapasztalati relatív gyakoriság a valószínűség egyre pontosabb becslését adja. A hidrológiai szélsőség cellaszintű bekövetkezését árvízi előntések esetén egy tér- és egy időbeli jellemző határozza meg: ezek tipikusan a cellabeli előntés számított vízmélységére és tartósságára előírt küszöbértékek. A belvív sajátosságai miatt a tér- és időbeli küszöbszámok megadása mellett szükséges tisztázni azt is, hogy a veszélyeztetettség meghatározásakor a felszíni előntés mellett a felszín alatt megjelenő víztöbbletet figyelembe vesszük-e, mint szélsőséges állapotot. Mindkét lehetőség mellett szólnak érvek. Egyfelől a túltelített területek számba vételét indokolhatja, hogy felszínen és a felszín közelében jelentkező többletvíz a hidrológiai és egyéb következményeit tekintve nehezen választható szét. Másfelől ugyanakkor a felszín alatti víztöbblet figyelmen kívül hagyása mellett szól az, hogy a küszöbszámok meghatározása már a felszíni előntés szempontjából is erősen szubjektívvá tesz az elemzést, amit a talajtelítettség felírt valamely értékhatár(ok) tovább erősítenének, illetve a belvív veszélyeztetettséggel kapcsolatos múltbeli tapasztalatok és a meglévő mérőszámok jellemzően a felszíni előntésre korlátozódtak.

A kockázatok számszerűsítésénél a veszélyeztetettség cellaszintű meghatározása csak a felszíni vízborítás mélysége és tartóssága alapján végezhető el.

5.4. Mezőgazdasági hozambecslésre alapuló kockázatszámítás

Az ÁKK metodika a veszélyeztetettséghez hasonlóan a kockázat számítására is ad iránymutatást. Ez összhangban áll a kockázat általános mérnöki értelmezésével, ami a belvívre vonatkozóan így fogalmazható meg: a belvív kockázat alatt, a vizsgált területen, a belvívhez köthető kár, mint valószínűségi változó várható értékét értjük. A kockázat értelmezhető cellaszinten (kockázattérkép), illetve aggregáltan is (pl. a belvív öblözet/megye/VIZIG működési területére összegzett belvív kockázata).

Kárszámítás hozambecsléssel: A kockázat meghatározásának alapvető lépése a kárszámítás, amelyet az alábbi gondolatmenetre alapoztunk. A szélsőséges víztöbblet és általában a víz rendelkezésre állásához károk és hasznok rendelkeznek. Például ilyen az árvíz vagy belvív miatt az ingatlanokban, infrastruktúrában keletkezett kár, illetve a különféle ellátó és szabályozó ökoszisztéma szolgáltatások, melyek közül a legnyilvánvalóbb a mezőgazdasági hozam. A hasznok helyett kárként azok kiesése is figyelembe vehető. Az így értelmezett különféle károk közgazdasági számszerűsítése változó pontosságú. A jelenlegi viszonyok

mellett vélhetően a mezőgazdasági termés kiesésből fakadó veszteség a legjelentősebb, és a legpontosabban számítható tétel. A modelleredmények alapján elvben felmerülhet még a bel- és külterületi létesítmények károsodásához, valamint a belvízvédekezéshez rendelhető költségek figyelembe vétele is, de ezek becslése erősen eseti jellegű és rendkívül bizonytalan. Ezért a tanulmányunkban csak a mezőgazdasági vonatkozásokkal foglalkozunk, kár alatt pedig csak a szántóföldi kultúrák terméspszutlása miatti bevételkiesést vesszük figyelembe.

Számos elismert és széles körben használt hozambecslési módszer kiindulási alapja az, hogy a szántóföldi növények soktényezős, sztochasztikus sajátosságot is mutató biológiai fejlődése közelítőleg jól leírható egy, a termőhelyre jellemző agroökológiai tényezők által limitált determinisztikus folyamatként. Az eljárás a termőhely további sajátosságait aggregált módon, a paraméterként megadott átlagos terméshozam formájában veszi figyelembe. A kieső termés és haszon értékét opcionálisan a talaj káros víztöbblete, illetve a vízborítás és/vagy a transzspirációs deficit alapján határozza meg.

Megjegyzendő, hogy elvi megfontolások miatt a mezőgazdasági kár esetében lehetséges, de nem célszerű a belvizet (víztöbbletet) az aszálytól (vízhiánytól) elszigetelten kezelni. A belvízkárok csökkenése ugyanis gyakran együtt jár az aszálykárok növekedésével (és fordítva)!

A hidrológiai folyamatok tér- és időbeli számítás révén, szimulációs logikával, az egyes évekre vetített károk a terméshozam becslés módszerével számszerűsíthetők. Ennek mintaterületi vagy cella szinten számolt értéke valószínűségi változóként értelmezhető.

7. ÖSSZEFOGLALÁS, JAVASLATOK

A belvíz-veszélyeztetettségi térképezés módszertanának kidolgozását illetően számos koncepció született különböző kutató műhelyekben, azonban az ország jelentős részét lefedő térkép a Pálfai-féle belvíz-veszélyeztetettségi térképet leszámítva nem készült. A NAIK Öntözési és Vizgazdálkodási Kutatóintézet (a jogelőd Halászati és Öntözési Kutatóintézetből leválva) több mint 10 éves fejlesztő munkáján alapulva 2015-ben alvállalkozási szerződés keretében az „Árvízi kockázati térképezés és stratégiai kockázatkezelési terv készítése” (KEOP-2.5.0/B/09-12-2013-0001) c. pályázathoz kapcsolódóan kidolgozta a „Kedvezőtlen vízgazdálkodási állapotú mezőgazdaságilag művelt területek nagy felbontású belvíz-veszélyeztetettségi térképezése Magyarország síkvidéki területein (Alföld, Kisalföld, szórvány területek)” c. projektet. A projekt eredményeképp elkészült Magyarország Komplex Belvíz-veszélyeztetettségi Valószínűség térképe.

A jelenleg 1ha felbontású (relatív 1:50000 térképi méretarányú) belvíz-veszélyeztetettségi térkép további fejlesztéssel lokális szintű vizsgálatok elvégzésére is alkalmassá tehető. Ehhez módszertani és adatnyerési fejlesztésekre van szükség, amivel növelhető az adatsűrűség és javítható az adatminőség. A kutatás továbbfejlesztésének legfőbb iránya a belvíz-rendszerek szintjén végzendő részletesebb térbeli és időbeli, és tranzien fizikai alapú modellezés jelenti, a megfelelő megfigyelési rendszer kialakításával és működtetésével. A belvízrendszer szintjén megértett folyamatok figyelembevételével készített, és a monitoring rendszer adataival kalibrált modellek pedig alkalmassá tehetőek a belvízgazdálkodás különböző scenáriók melletti tervezése részére, ideértve a klímaváltozásból fakadó teendőket is.

A belvíz-veszélyeztettség általánosságban egy olyan térbeli jellemzőnek tekinthető, amely azt fejezi ki, hogy a statikus és dinamikus hatótényezők együttes hatása miatt, adott területet potenciálisan milyen mértékben sújthat belvízi szélsőség. A belvízi veszélyeztetettséget számos természeti és emberi tényező határozza meg. Ezek közül vannak olyanok, amely időben állandónak tekinthetők (sekélyföldtani felépítés, domborzat, talajtani

adottságok) és vannak, amelyek rendszeres aktualizálást igényelnek (hidrometeorológia, talajvízszint, elöntések). Ezen tényezők együttesen, különböző kombinációkban határozzák meg egy adott terület belvízi veszélyeztetettségét, így az aktuális veszélyeztettség megállapításához naprakész adatok szükségesek.

Az ÁKK szimulációs metodika alapján párhuzamot vonva az árvízi veszélyeztettség fogalmával a belvíz-veszélyeztettség alatt azt a valószínűségi változót értjük, ami statisztikailag értelmezhető formában megadja, hogy adott területen (pl. térképi cellában) mekkora eséllyel következik be a vizsgált hidrológiai szélsőség. Tehát ebben a felfogásban a belvíz-veszélyeztettség egy százalékosan, vagy az érintett napok hosszú idejű éves átlagával, azaz az átlagos tartóssággal megadott valószínűségi számérték. Fontos feladatnak tartjuk a térképezési metódus fejlesztését azért, hogy az aktualizálás folyamata gördülékenyen történjen, és alkalmas legyen a vízháztartásban bekövetkező változások, vagy emberi beavatkozások hatásainak elemzésére is (veszélyeztetettségi forgatókönyvek). Ezen folyamat sikeres végrehajtásához a területi vízügyi igazgatóságok illetékes szakembereinek közreműködése elengedhetetlen, ugyanis a belvízkérdésben leginkább érdekelt igazgatóságok speciális problémáit az illetékességi területükre készített térképek gyakorlati elemzésével tudjuk figyelembe venni. A belvíz-veszélyeztetettségi térképezés még számos fejlesztési lehetőséget rejt magában. Az egyes tényezők és környezeti segédváltozók meghatározásánál és térképre szerkesztésénél az adatok megbízhatósága nagymértékben függ az adatok forrásától és a feldolgozás módszerétől.

A NAIK ÖVKI által kialakított módszertanban megvan a lehetőség új tényezők/segédváltozók alkalmazására is megfelelő minőségű adatbázisok esetén. A *hidrometeorológiai tényező* igen jól kifejezi a területek humiditási jellemzőit, azonban további segédváltozók integrálásával növelhető a veszélyeztetettségi térkép érzékenysége, úgymint csapadék minimumok és maximumok (március-áprilisi, április-júniusi, novemberi-februári), a középhőmérsékleti minimum és maximum értékei, a november-februári hőösszeg minimuma és maximuma, a november-februári összegzett hó hiánya, az éves átlagos párolgás és az éves átlagos evapotranspiráció. A tényező térbeli kiterjesztésében is van lehetőség a fejlesztésre. Az Országos Meteorológiai Szolgálat 4 szögperces felbontású hőmérséklet és csapadék adatainak felhasználásával és a jelenleg is nagy hatékonysággal használt felparametrizálási eljárással, egy nagy részletességű térbeli adatbázist lehet létrehozni. A *domborzati tényező* esetén a FÖMI által forgalmazott 1:10000-es Digitális Domborzati Modell, illetve az OVF által korrigált és fejlesztett HIDRODEM alkalmas arra, hogy lokális vizsgálatokat végezzünk. Azonban meg kell jegyeznünk, hogy a regionális vizsgálatok esetében is a DDM-ből levezetett domborzati tényező meghatározó jelentőségű, ugyanis arra kell törekednünk, hogy a befolyásoló tényezők minél pontosabb meghatározásával a lehető legpontosabb belvíz-veszélyeztetettségi térképet állítsuk elő. Ilyen megfontolásból lokális vizsgálatok esetén érdemes LIDAR felvételekkel tovább pontosítani a DDM-et. A belvíz összegyülekezés szempontjából a subdeciméteres felbontás lenne az ideális, de a nagy tömegű adat miatt ez elsősorban a lokális vizsgálatok során kerülhet előtérbe. A *talajtani tényező* esetében felhasználjuk Európa talaj-vízgazdálkodási térképeit a SoilGrids globális talajadatbázis alapján, melyek az európai talajokon kidolgozott talaj-vízgazdálkodási becsülő függvények alkalmazásával készültek. A 3D EU-SoilHydroGrids térképek újdonsága, hogy a számítások kimondottan Európa talajait reprezentáló adatbázison kidolgozott összefüggéseken alapulnak és a leggyakrabban használt 16 talaj vízgazdálkodási tulajdonságról nyújtanak információt a korábbiaknál nagyobb részletességgel: 7 standard talajmélységben, 250 m felbontásban. A térképek olyan programkörnyezetben készültek, amiben azok automatizáltan megújíthatók, lehetővé téve az adatbázis rövid időn belüli frissítését, ha a jövőben még pontosabb alaptérképek, vagy becslések állnak majd rendelkezésre. A *földtani tényező* térképnél, az osztályozásnál alkalmazott mutatók számértékeit lehet pontosítani. A jelen felmérés során

felmerültek kérdések a földtani térkép egyes elemeinek helyességéről, a sekélyföldtani kutatófúrások térbeli elhelyezkedése és a térképezési módszerek azonban a későbbiek során is hasonló eredményeket adtak. Az anomáliák kiküszöbölésére a terepi felmérés adhat lehetőséget. Az 1:200000 méretarányú sekélyföldtani térképezés során az előre meghatározott mintasűrűséggel létesült kis mélységű fúrások adatait dolgozták fel. Azonban nem minden fúrás került feldolgozásra, valamint jelentős felmérések készültek a közelmúltban is. A tényezőtérkép felbontása jelentősen javítható ezen fúrások laboratóriumi adatainak bevonásával. Szintén a pontosítást szolgálhatja a felparametrizálási eljárás. A *talajvíz tényező* pontosabbá tétele csak úgy oldható meg, ha felhasználunk minden olyan fellelhető adatbázist, amely viszonylag jól tükrözi a szélsőségeket. Különösen fontos környezeti segédváltozó lehet az áramlási rendszerek integrálása a módszertanba, illetve a feláramlási területek lehatárolása (talajvízfeltörés) és kellő súllyal történő figyelembe vétele. Mindezekon túl a talajvíz adatsorok statisztikai vizsgálata bizonyította, hogy segédváltozóként alkalmazható a talajvíz évi átlag minimum értéke, illetve a havi maximum és minimum értékek (február, március, április, június, július). A *földhasználati tényező* szerkesztéséhez A jelenleg használt CORINE adatbázis helyett/mellett alternatíva lehet az Ökoszisztéma Alaptérkép 2.0 verziója, amely felszínborítás és földhasználat térképek készítése során egyre elterjedtebb „alulról építkező” térképezési modellt valósít meg. A következő adatbázisokat használja fel: MePAR felszínborítás rétegét, Copernicus nagyfelbontású felszínborítás rétegek (HRL), 2015-ös referencia évre vonatkozó Vizek és vizenyős területek (Water and Wetness, WAW) rétege, és az Erdészeti Információs Rendszer (ESZIR) adatai. Nagy hangsúlyt fektettek távérzékelési módszerekkel gyűjtött adatok saját feldolgozására az egyébként adathiányos tematikák előállításánál (pl.: különböző gyepek típusok). A *belvíz-gyakorisági* térkép hagyományosan a vízügyi igazgatóságok terepi felmérései alapján készült. A felszíni vízborítás nagyságrendi becslésére alkalmas, azonban a módszer igen szubjektív, és csak a nyílt vízfelületeket képes ábrázolni. A távérzékelés, elsősorban a légifényképezés és a műholdas távérzékelés lehetőséget teremt a vízfoltok pontos felmérésére, és a növénytermesztés korlátozó nedvességtartalmú (kétfázisú) területek elkülönítésére is (pl.: FÖMI által a Mezőgazdasági Kárenyhítési Program keretében 1998-2014 közötti elöntési eseményekről készült műholdkép kiértékelése). A LANDSAT és Sentinel műholdak TM képalkotó rendszere és rövid visszatérési ideje (azonos terület két egymás követő felvételezése közötti idő) miatt elemzésre alkalmas képeket készít. A térbeli felbontása 30x30 méter, ami inkább középszintű feldolgozást tesz lehetővé. A KVB kialakításához használt regresszió krigelés olyan térbeli becslési módszer, amely kombinálja a tematikus és a térbeli becslést. Továbbfejlesztési irány a regressziós tagot adatbányászati módszerekkel (összefüggések feltárása), a krigelést pedig egyéb interpolációs technikák helyettesítésével valósíthatjuk meg. Az adatbányászatot általában (szemi-)automatikus folyamatnak tekintik, amely képes nagyméretű digitális adatrendszerekben tanulási modellek révén mintázatokat azonosítani, amelyek aztán felhasználhatók predikcióra új adatok alkalmazása esetén. A digitális környezeti térképezés számára az adatbányászat a belvíz kialakulásáért felelős tényezőkre vonatkozó térbeli információk és a térképezendő belvíz-veszélyeztetettség közti komplex kapcsolatok modellezésének széles tárházát biztosítja.

A *belvízkockázati* értékek számításához alapadatok a veszélyeztetettség térképek, a területhasználati térkép, a területhasználati kategóriákhoz rendelt vagyoneértékek és kárfüggvények. A kockázati térképezés és értékelés során felmérésre kerül a veszélyeztetett területen lévő vagyon nagyságát, a veszélyeztetett lakosság számát, a kulturális örökségeket, a természeti értékeket, a veszélyes üzemek, egyéb létesítményeket, közintézményeket. A belvíz kapcsán releváns a mezőgazdasági művelés és a vetésszerkezet figyelembe vétele, hiszen az agráriumban a jelentkező kár elsősorban termés kiesésben és állománypusztulás formájában fog jelentkezni.

Az elemzések és variációk elkészítéséhez az alábbi vízgazdálkodási adatbázisokra van szükség:

- országos hosszú idősoros talajvíz adatok;
- országos hosszú idősoros meteorológiai adatok;
- papír és digitális belvízelöntési adatok;
- (tovább)fejlesztett DDM;
- pontos digitális csatornafedvény (belvízelvezető csatornahálózat, kettős funkciójú csatornák, műtárgyak, szivattyúkapacitás, csatornák vízszállító kapacitása, gravitációs levezető képesség, stb.);
- öntözött területek digitális fedvénye;
- állandó és ideiglenes belvíztározók digitális fedvénye;
- árterek, hullámterek digitális fedvénye;
- fakadóvízes területek digitális fedvénye;
- egyéb, a vizsgálat szempontjából releváns adatok átadása (hosszú idősoros készültségi fokozat adatsorok; az elöntés tartósságára vonatkozó adatok; VIZIG-ek, belvízrendszerek, belvízöblözetek és szakaszhatárok ArcView shape poligon formátumban stb.)

Szarvas, 2018. november 15.

Bozán Csaba
témafelelős

Körösparti János
témafelelős

ÖVKI