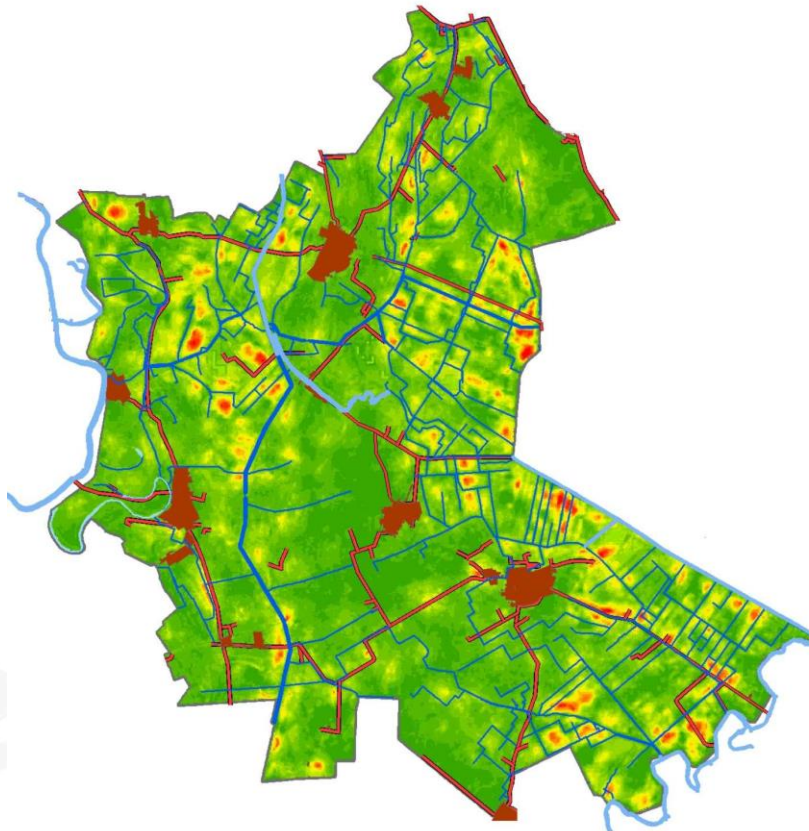


Kedvezőtlen vízgazdálkodási állapotú mezőgazdaságilag művelt területek nagy felbontású belvíz-veszélyeztetettségi és kockázati térképezése a 10.07. belvízvédelmi szakasz területén



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

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

SZARVAS
2019

Készítette:

Körösparti János témafelelős, tudományos munkatárs, NAIK ÖVKI
Bozán Csaba tudományos főmunkatárs, intézetigazgató, NAIK ÖVKI
Túri Norbert tudományos segédmunkatárs, NAIK ÖVKI
Kerezsi György intézeti mérnök, NAIK ÖVKI
Kajári Balázs intézeti mérnök, NAIK ÖVKI
Pásztor László tudományos főmunkatárs, MTA ATK TAKI
Laborzci Annamária tudományos munkatárs MTA ATK TAKI

Adatszolgáltatók:

Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság
Országos Vízügyi Főigazgatóság
MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet



ÖVKI

TARTALOMJEGYZÉK

1. ELŐZMÉNYEK,	4
2. A FELADAT LEHATÁROLÁSA	4
3. A MINTATERÜLETTERÜLET BEMUTATÁSA	4
4. A BELVÍZ-VESZÉLYEZTETETTSÉGI TÉRKÉP KÉSZÍTÉSÉNEK MÓDSZERTANI LEÍRÁSA	6
<i>4.1 Hidrometeorológiai tényező</i>	9
<i>4.2 Domborzati tényező</i>	11
<i>4.3 Talajtani tényező</i>	18
<i>4.4 Földtani tényező</i>	21
<i>4.5 Talajvíz tényező</i>	24
<i>4.6 Földhasználati tényező</i>	27
<i>4.7 Belvív-gyakoriság</i>	30
5. KOMPLEX BELVÍZ-VESZÉLYEZTETETTSÉGI VALÓSZÍNŰSÉG (KBV) KIEMELT MINTATERÜLETEN (10.07. BELVÍZVÉDELMI SZAKASZ)	31
6. KOCKÁZATI TÉRKÉPEZÉS ALKALMAZÁSA BELVÍZJÁRATA TERÜLETEKEN	36
7. ÖSSZEFOGLALÁS, JAVASLATOK	41
DVD MELLÉKLET (TÉNYEZŐK TÉRINFORMATIKAI FORMÁTUMBAN)	

1. ELŐZMÉNYEK

Jelen feladatvégrehajtását az INTERREG CE „RAINMAN” projekthez kapcsolódó „Kedvezőtlen vízgazdálkodási állapotú mezőgazdaságilag művelt területek nagy felbontású belvív-veszélyeztetettségi és kockázati módszertani fejlesztése a KÖTIVIZIG működési területén” című tanulmány alapozta meg, mely részleteiben elemezte a veszélyeztetettségi és kockázati térképezés módszertani fejlesztési lehetőségeit. A megbízási feladat ellátásának további alapja az ÁKK 2014 Konzorcium megbízásából elkészített „Kedvezőtlen vízgazdálkodási állapotú mezőgazdaságilag művelt területek nagy felbontású belvív-veszélyeztetettségi térképezése Magyarország síkvidéki területein (Alföld, Kisalföld, szórvány területek)” című szakértői munka, amely szintén megfelelő háttérrel biztosít a címben meghatározott térképezési és kiértékelési feladat kidolgozásához. Jelen feladat végrehajtásáért felelős a NAIK Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóintézet (NAIK ÖVKI, 5540 Szarvas, Anna-liget utca 35.). Teljesítési határidő: 2019. június 15.

2. A FELADAT LEHATÁROLÁSA

A NAIK ÖVKI feladata, hogy a RAINMAN WP 3.4szakmai végrehajtását támogassa az előzményekben hivatkozott módszertani fejlesztési javaslatok maximális figyelembevételével a "Kedvezőtlen vízgazdálkodási állapotú mezőgazdaságilag művelt területek belvív-veszélyeztetettségi és kockázati térképezési tevékenységének szakmai támogatása" tárgyú alvállalkozói szerződés mentén. Jelen tanulmány készítésének célja a belvízképződési folyamatok figyelembevételével, a veszélyek, kockázatok meghatározása kiemelt mintaterületeken, illetve ezek térképi ábrázolása. A módszertan meghatározási vizsgálat során:

- elemzésre kerülnek az alapadatok (forrás, megbízhatóság, pontossági határok, adatnyerés bővítésének lehetőségei),
- a korábban ezen projekt keretében megalkotott módszertan alkalmazása a kiválasztott mintaterületeken,
- a kockázati térképezés elkészítése,
- érzékenységi vizsgálat,
- következtetések és ajánlások megállapítása.

3. A MINTATERÜLET BEMUTATÁSA

A 10.07. belvízvédelmi szakasz természetföldrajzi bemutatása

A 10.07 számú belvízvédelmi szakasz Jász-Nagykun-Szolnok megyében az Alföld közepén helyezkedik el. Területe 788,7 km², 9 települést foglal magába.

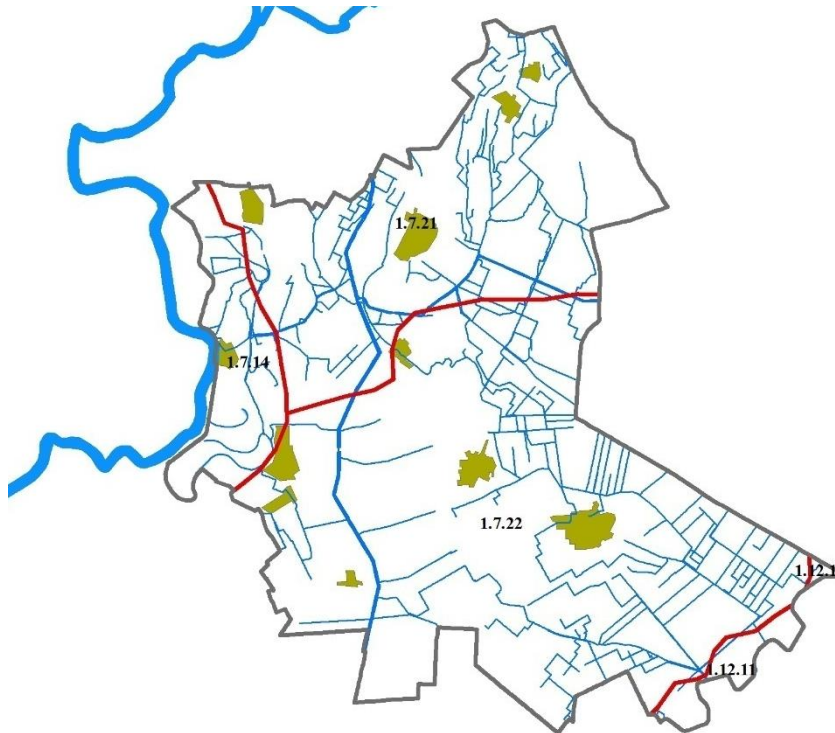
A Tisza által szabdalta terület igen változatos morfológiájú, az Alföld nagytáj 2 középtáját és ezen belül 4 kistáját érint, amelyet az 1. ábra szemléltet.

I. Közép-Tiszavidék (1.7.)

1. Szolnoki-ártér (1.7.14.)
2. Tiszafüred-Kunhegyesi-sík (1.7.21.)
3. Szolnok-Túri-sík (1.7.22.)

II. Berettyó-Körösvidék (1.12.)

15. Dévaványai-sík (1.12.11.)



1.ábra: a 10.07. belvízvédelmi szakasz természetföldrajzi felosztása

A Közép-Tiszavidék 3 kistája érinti a belvízvédelmi szakaszt. A *Szolnoki-ártér* (59,3 km²) egy kis reliefű tökéletes síkság, amelyet a Tisza és a Zagyva morotvái és holtágai igen erősen felszabdaltak. Sok rossz lefolyású elzárt medence alakult ki az erőteljes tektonikai süllyedés következtében. A táj Ny-i részén jelentős kiterjedésű szikesek is előfordulnak. A *Tiszafüred-Kunhegyesi-sík* (252,5 km²) egy fluviálisan átmozgatott lösszel fedett egykori hordalékkúp síkság. A felszín igen változatos, a 2-5 m magas homokbuckáktól, a szikes pusztán át, a feltöltődés különböző stádiumában lévő holtágakig sok tájtípus megtalálható. A *Szolnok-Túri-sík* (459,2 km²) egy löszszerű üledékekkel fedett hordalékkúp síkság. Ny-i részén homokbuckás területeket találunk, D-i részen morotvás tagolt felszínt. A kistáj jelentős részén a csernozjom jellegű talajok találhatók, de megjelennek a különböző típusú szikes talajok is.

A Berettyó-Körösvidék középtáj 1 kistája érinti a mintaterületet. A *Déványai-sík* (17,8 km²) a Hortobágy-Berettyó és a Körösök között elhelyezkedő alacsony, de ármentes, tökéletes síkság. A felszínét kisebb mocsarak és feltöltött morotvák tagolják, pozitív felszíni formák között gyakori a porong és a laponyag (fokmenti hát).

A belvízvédelmi szakasz éghajlata mérsékelt meleg-száraz. Az évi csapadékösszeg 500-550 mm. Elsősorban szárazságtűrő, hosszú tenyészidejű és magas hőigényű növényfajták termesztésére alkalmas a terület, ahol megnő a vízvisszatartás és öntözés jelentősége. A mezei felszíne egyenletesen sík, ezért a gyakori aszályok mellett belvizek is sújtják területét. Igen jók a megye talajadottságai: zömmel jó termékenységű talajok (elsősorban csernozjomok) találhatók Tiszafüredi- és a Solnok-Túri-sík területén. Összefüggő alacsony termékenységű talajok a folyóvölgyben (főképpen öntés talajok), keleti határvidékein (elsősorban szikesek) találhatók. Általánosságban megállapítható, hogy a terület száraz, gyér lefolyású, erősen vízhiányos terület. A síkvidéki jelleg miatt a csatorna sűrűség jóval meghaladja az országos átlagot. Ezek a csatornák általában a vízvezetést szolgálják, jelentős hosszban kettős rendeltetésük van, a mezőgazdasági öntözési igények kielégítésére. A talajvíz mélysége változó: általában 2-4 m az évszakonkénti ingadozás mellett a déli területeken 4-6

m közötti. Mértékadó belvízi helyzetben azonban főleg Karcag, Kisújszállás térségében megközelíti a talajfelszín is.

A szakasz területének jelentős része hagyományosan árutermelő gazdálkodást szolgáló mezőgazdasági táj, ahol az alföldi folyók szabályozása óta a szántóföldi növénytermesztés a meghatározó. A térség jelentős része kiváló termőhelyi adottságú szántóterület, de a többi területrész is kedvező termőhelyi adottságú. A térség területén a nagyüzemi melioráció következményeként a rétek, legelők a belvizes területekre szorultak vissza. Ezen mozaikos természetközeli élőhelyek nagy része Natura 2000 természetmegőrzési terület, tehát itt fontos a természetvédelmi érdekek érvényesítése a tájfenntartás során.

4. A BELVÍZ-VESZÉLYEZTETETTSÉGI TÉRKÉP KÉSZÍTÉSÉNEK MÓDSZERTANI LEÍRÁSA

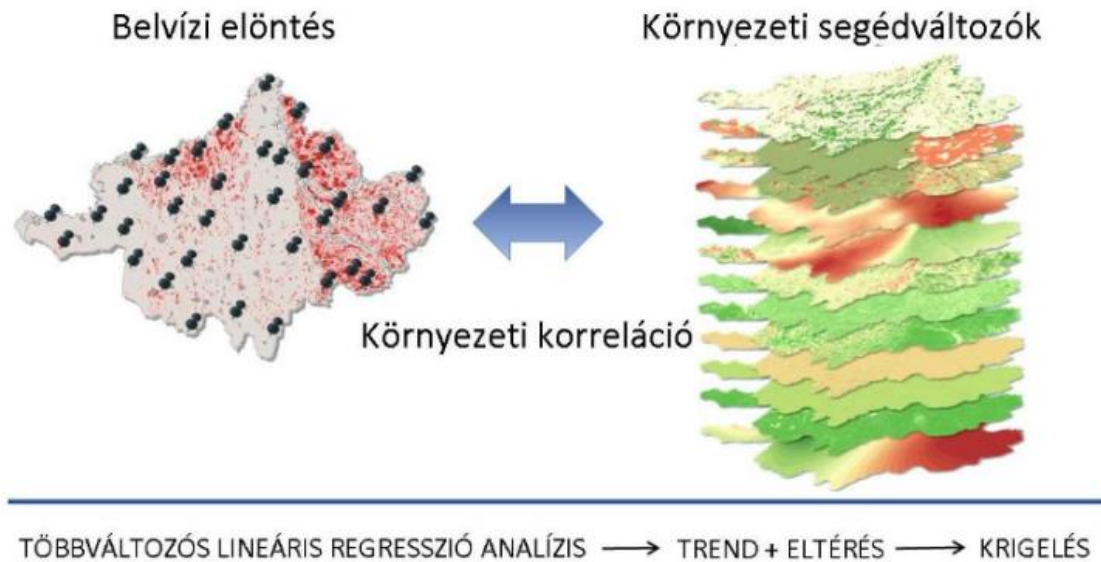
Magyarország síkvidéki területeinek belvíz-veszélyeztetettségi térképezése során használt módszertanunk alapja, hogy a legfőbb állandó és változó tényezők figyelembevételével olyan térképsorozatot szerkesszünk, amely lokális pontossággal jellemzi a vizsgálati terület belvízi veszélyeztetettségét. Ehhez 6 fő tényező digitális térképét kell megszerkeszteni, melyek alapjai egy-egy jól definiált 1-től 5-ig terjedő paraméter. A belvízi veszélyeztettség 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 rétegösszetétel fő jellemzőiből, mint az agyagossági százalékából, 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).

Ez alapján a belvíz-veszélyeztetettségi 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 tanulópontokban mért elöntés gyakorisági értékekből adódik.

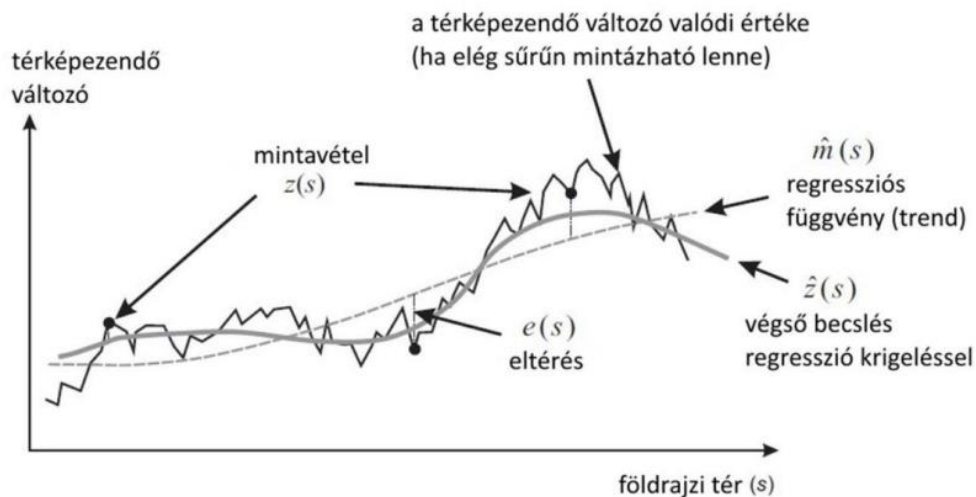
A belvíz-veszélyeztetettségi térképezés egy, a környezeti modellezésben egyre több területen bizonyító geostatistikai módszer, a regresszió krigelés alkalmazásával történik. Ennek során a vizsgált tényező térbeli változását a térbeli interpoláció mellett a vele közvetett vagy közvetlen kapcsolatban álló 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 (2. ábra).



2. ábra: A regresszió krigelés menete

A regresszió krigelés megoldása a következőképp írható fel:



$$\hat{z}(s_0) = \mathbf{q}_0^T \cdot \boldsymbol{\beta}_{GLS} + \boldsymbol{\lambda}_0^T \cdot (\mathbf{z} - \mathbf{q} \cdot \boldsymbol{\beta}_{GLS})$$

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 belvív-elöntés vektora és \mathbf{q} mátrix tartalmazza az egyes független változók értékeit a mérési pontokban.

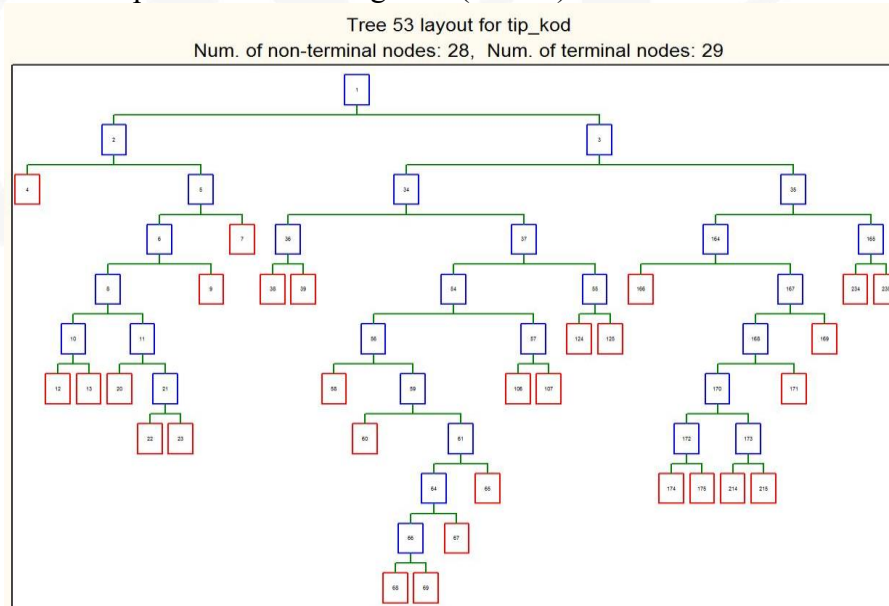
A becslési algoritmus alapját jelentő többszörös lineáris regresszió analízist a generált pontszerű elöntési gyakoriság adatsoron (mint függő változón), illetve a belvívképződéshez

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 reziduumokat, melyeken feltáró variográfiai vizsgálatokat 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 reziduumokon alapuló krigelési becslő eljárás eredményeként kapjuk meg Magyarország belvízvédelmi szakaszokra vonatkozóan az elöntés-gyakoriság térbeli becsléseit, azaz a Komplex Belvíz-veszélyeztetettség Valószínűsége (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.

A módszer korlátait megismerve új típusú geomatematikai módszereket kerestünk. A komplexebb összefüggések feltárásának lehetőségét az adatbányászati, gépi tanulási módszerek nyújtják.

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 tanulásnál 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 környezeti térképezésben bátran használható cserekompatibilisen a két fogalom (3. ábra).



3. ábra: döntési fa

A digitális környezeti térképezés számára az adatbányászat az előtétek kialakulására vonatkozó térbeli információk és az előtét közötti 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 teljesít 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 geostatisztika 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 (QuantileRegression Forest; QRF) eredményeképpen a célváltozó teljes feltételes eloszlása becsülhető a szolgáltatott kvantilisek révén, melynek segítségével a predikció bizonytalansága is modellezhető.

Jelen térképezés során, a szintézistérkép előállításához, a RFK módszert alkalmaztunk, melynek során a determinisztikus rész becslése véletlen erdővel (RF) történik, amelyet a rezidumokkrigélése (OK) egészít ki.

4.1. 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 evapotranspiráció 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,

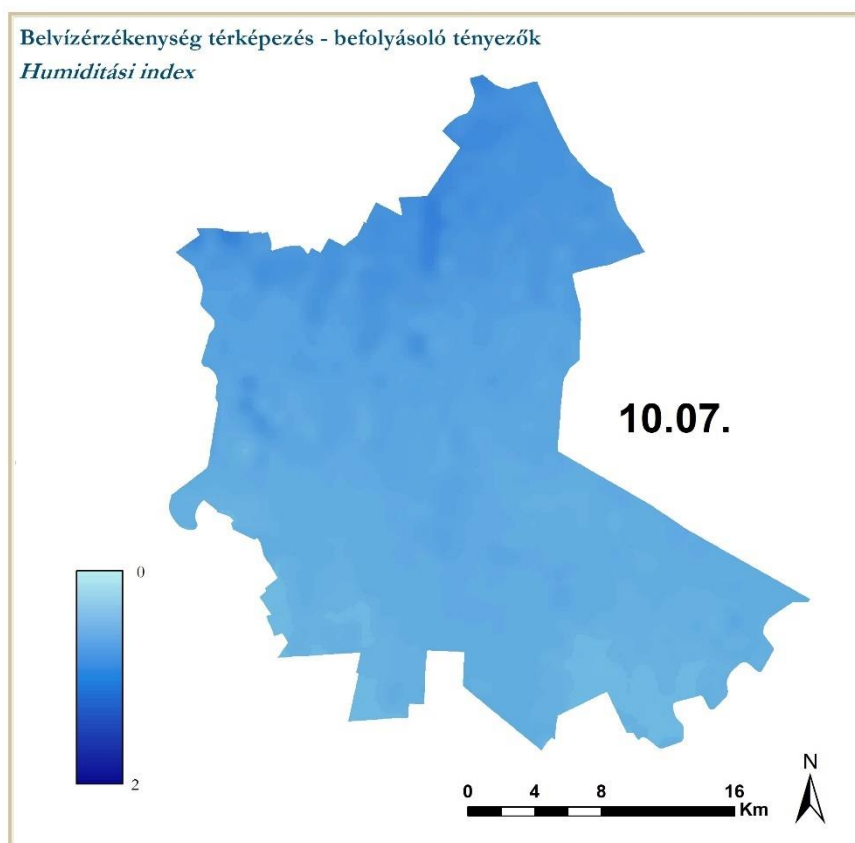
t – havi középhőmérséklet, °C.

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(4. ábra).



4. 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.

A HUMI meghatározásához, a korábbi vizsgálatokhoz hasonlóan, az 1951-2014 közötti 60 éves adatsort állítottuk elő az alábbi 8 Jász-Nagykun-Szolnok megyei, illetve a megye közelében lévő meteorológiai állomásokra: Cegléd (Pest megye), Fegyvernek, Jászberény, Karcag (részben Püspökladány, Hajdú-Bihar megye), Poroszló (Heves megye), Szolnok, Tiszafüred, Túrkeve.

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 (1951-2018).

4.2. Domborzati tényező

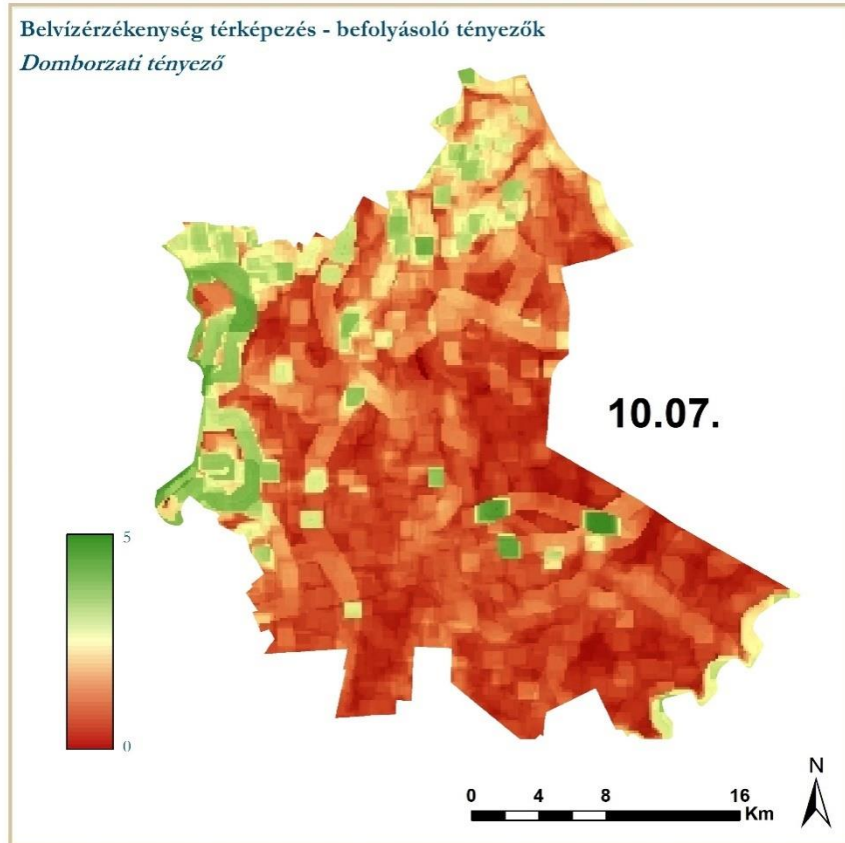
A FÖMI által forgalmazott 1:10000-es Digitális Domborzati Modell, illetve az OVF által korrigált és fejlesztett HIDRODEM alkalmas mind országos, mind lokális vizsgálatok elvégzésére. Az ország teljes területét Egységes Országos Vetületi (EOV) rendszerben lefedő digitális képi adatbázis létrehozásához 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 (5. ábra).

A domborzati tényezőt a következőképpen számítottuk:

Domborzati tényező = (tengerszint feletti magasság / 81,1) * relief energia



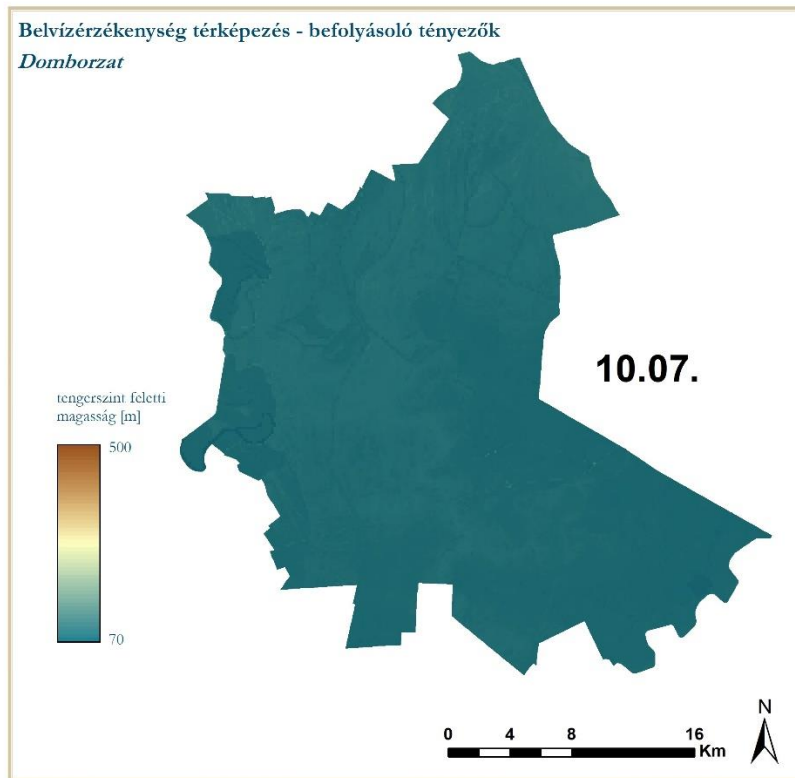
5. ábra: Domborzati tényező térkép (1:10000)

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 (channelnetworkbaselevel);
- lefolyás hálózati alapszinttől való függőleges távolság (verticaldistancetochannelnetwork);
- zárt mélyedések (closeddepressions);
- anyagmérleg index (massbalance index);
- topográfiai nedvesség index (topographicwetness index);
- SAGA nedvesség index (SAGA wetness index).

Tengerszint feletti magasság

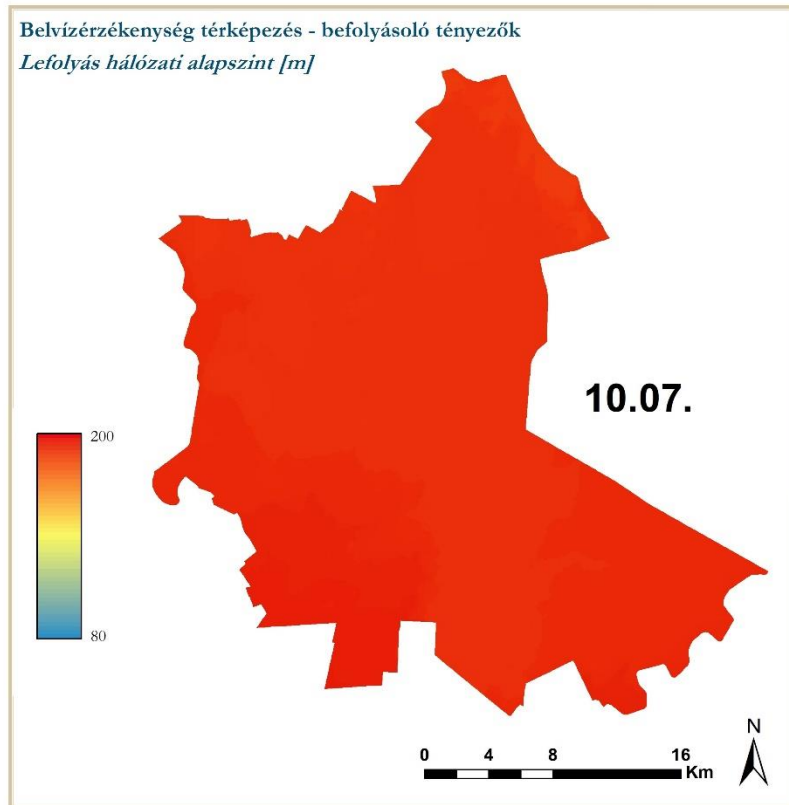
A domborzat legáltalánosabb jellemzője. A tengerszint feletti magasság alapján megállapítható, hogy hol található azok a mélyebb fekvésű területek, ahol lehetőség van a nem beszivárgó víz összegyülekezésre, ez által a belvíz által is veszélyeztetettek lehetnek, illetve a magasabb fekvésű területek is kijelölhetők, amik belvíz elöntéssel kevésbé vagy egyáltalán nem veszélyeztetettek (6. ábra).



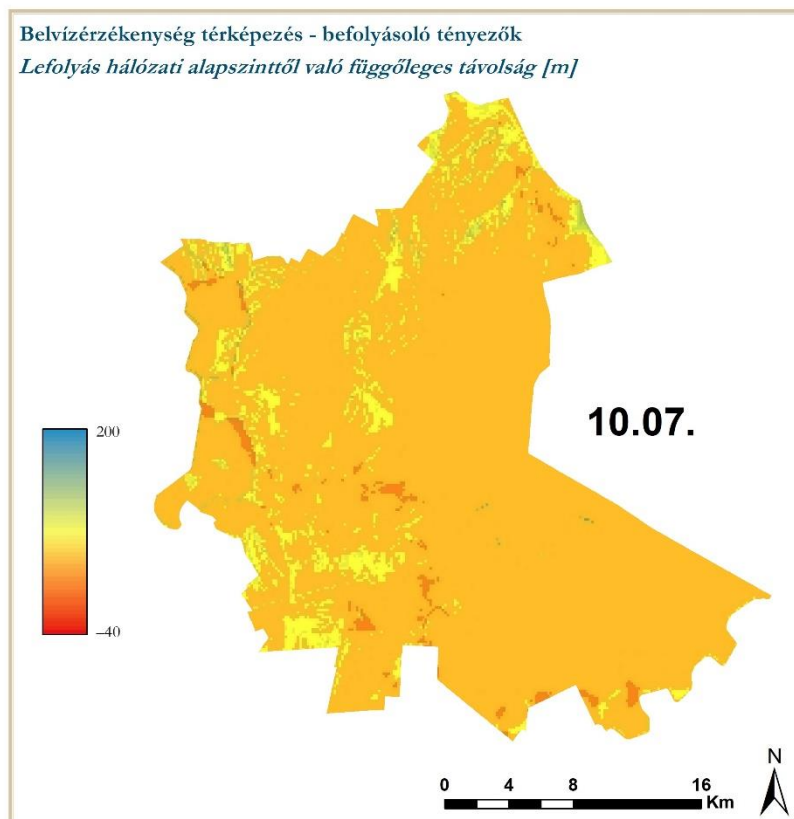
6. ábra: Domborzati környezeti segédváltozó – Tengerszint feletti magasság

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 (7., 8. ábra).



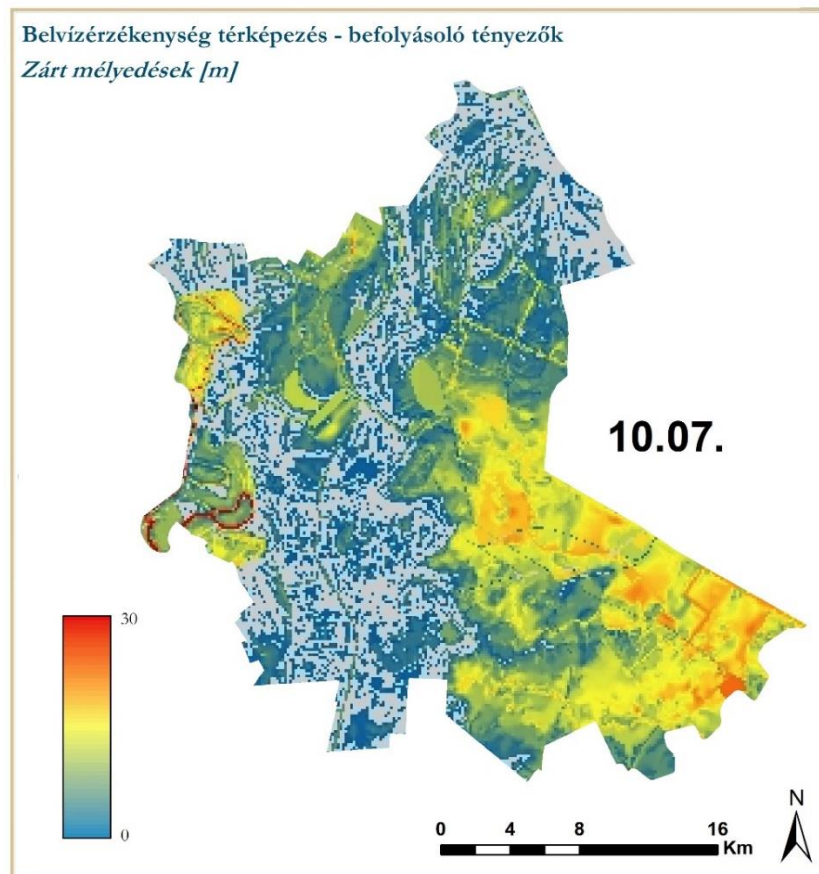
7. ábra: Domborzati környezeti segédváltozó – Lefolyás hálózati alapszint



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

Zárt mélyedések

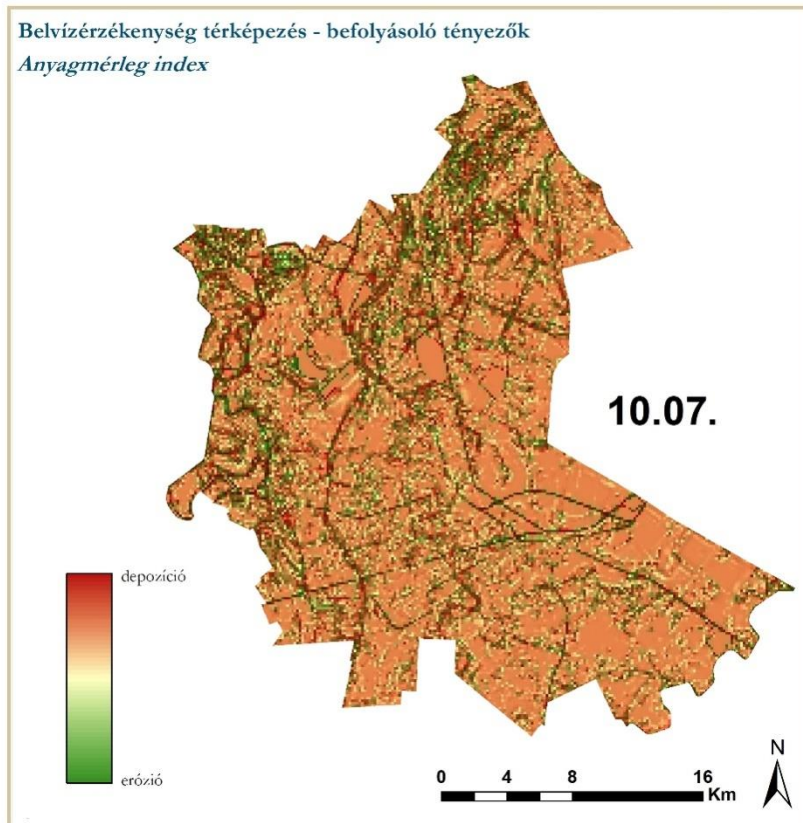
A zárt mélyedések olyan felszínformák, amelyeknek nincs felszíni lefolyásuk, az ott összegyűlő víz csak párolgás vagy beszivárgás útján távozhat, így a belvízképződés szempontjából is kockázatos helyszíneket jelölnek (9. ábra).



9. ábra: Domborzati környezeti segédváltozó – Zárt mélyedések

Anyagmérleg index

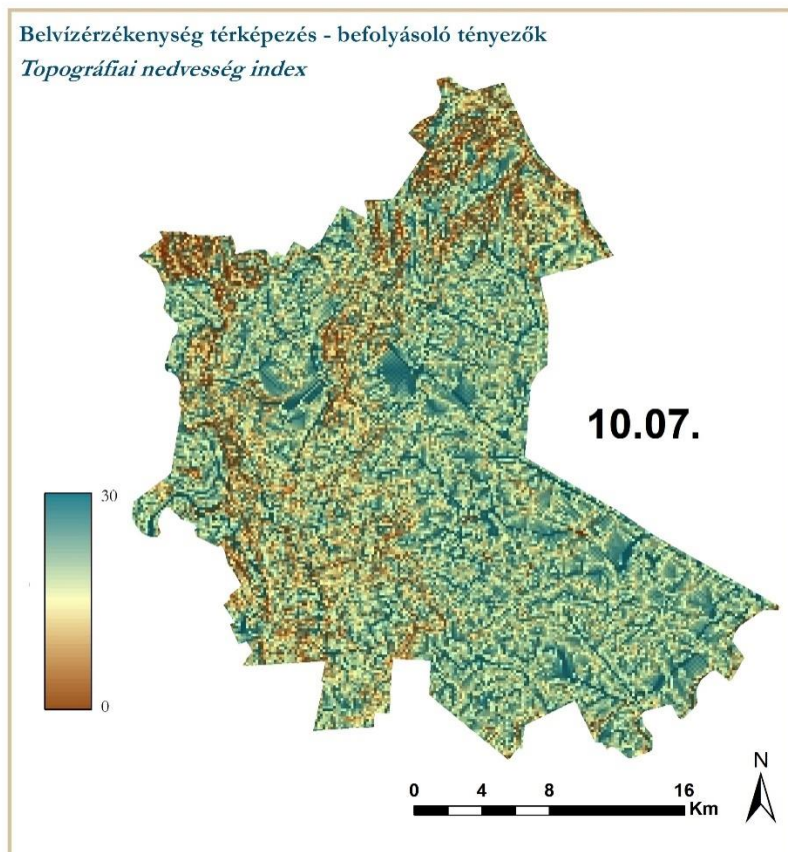
Az anyagmérleg index egy adott felszíni pontban a jellemző erózió és akkumuláció egymáshoz viszonyított arányát jellemzi. Ha az anyagmérleg index értéke pozitív, akkor eróziós területről van szó, ha negatív, akkor felhalmozódási területet jelöl, 0 körüli érték esetén a két folyamat egyensúlyban van. Az index segítségével kijelölhetők a víz- és anyagmozgás szempontjából összegyülekezési területek, amik a belvizek szempontjából kockázatot jelenthetnek (10. ábra).



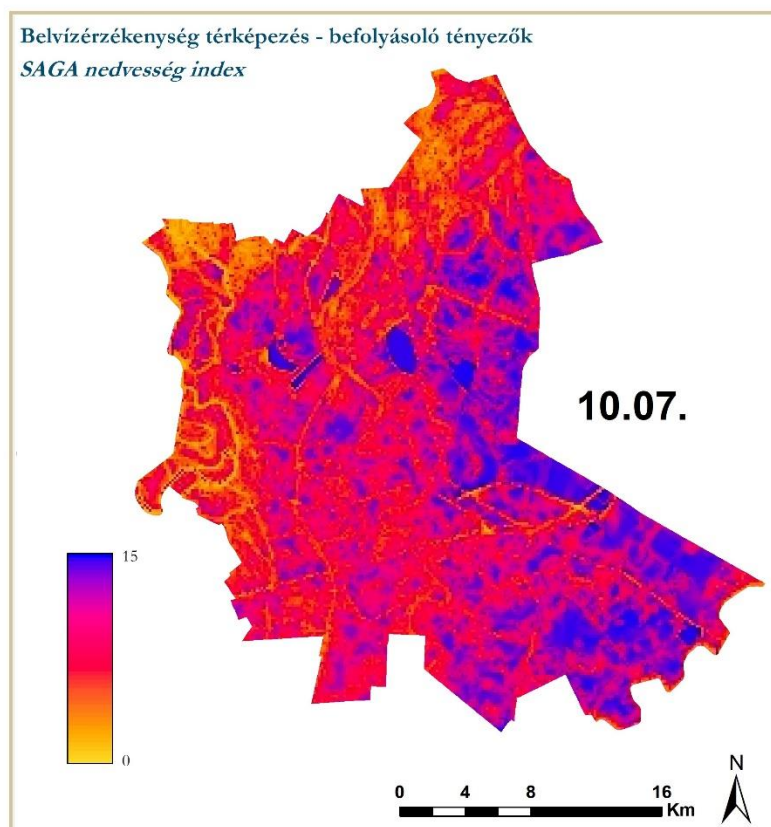
10ábra: Domborzati környezeti segédváltozó – Anyagmérleg index

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 realisztikus értéket ad (11., 12. ábra). Mindkét index szoros kapcsolatban áll a talajnedvességgel.



11. ábra: Domborzati környezeti segédváltozó – Topográfiai nedvesség index



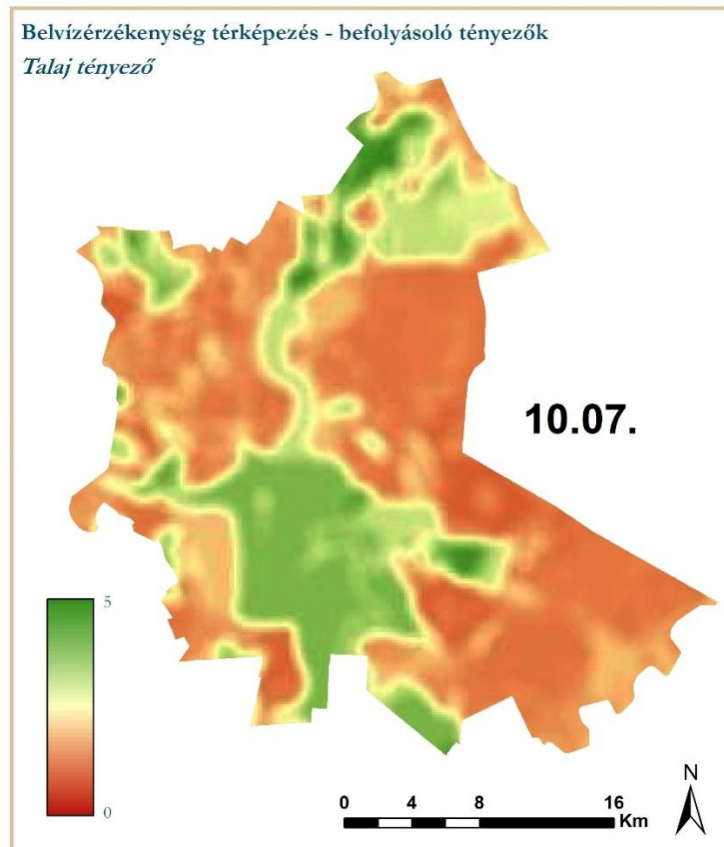
12. ábra: Domborzati környezeti segédváltozó – SAGA nedvesség index

4.3. 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 kevéssé 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 előállítására 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 *13. ábrán* látható. Minél kisebb a belvízi veszélyeztetettség, annál nagyobb a talajtani tényező értéke.



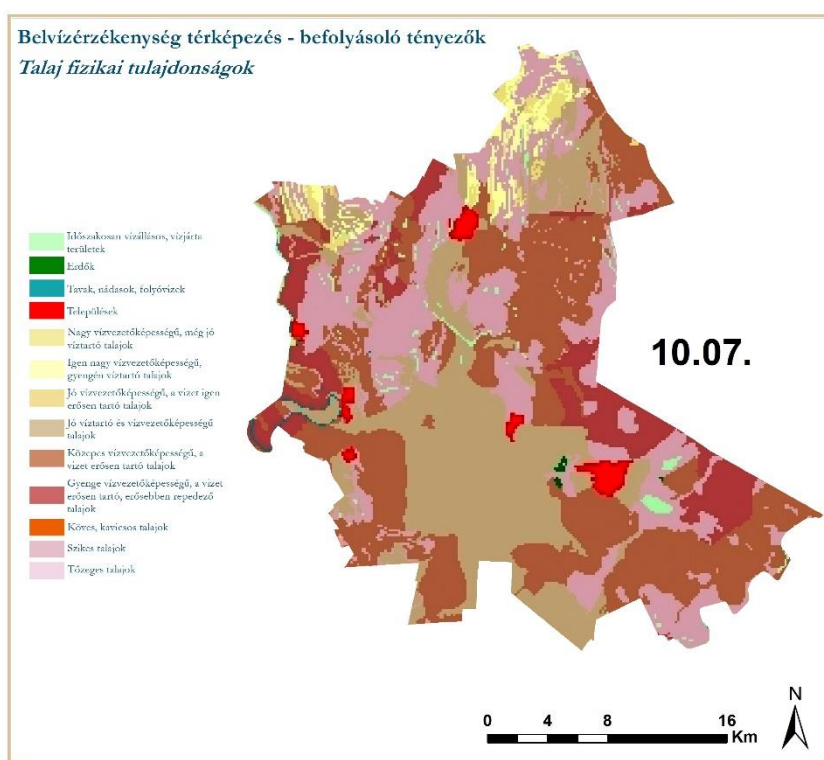
13.ábra: A talajtani tényező területi eloszlása

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

- talajok fizikai (14. ábra);
- kémiai (15. ábra) és
- tájtermesztési besorolása (16. ábra) a Kreybig térképezés módszertana alapján.

Fizikai tulajdonságok térkép

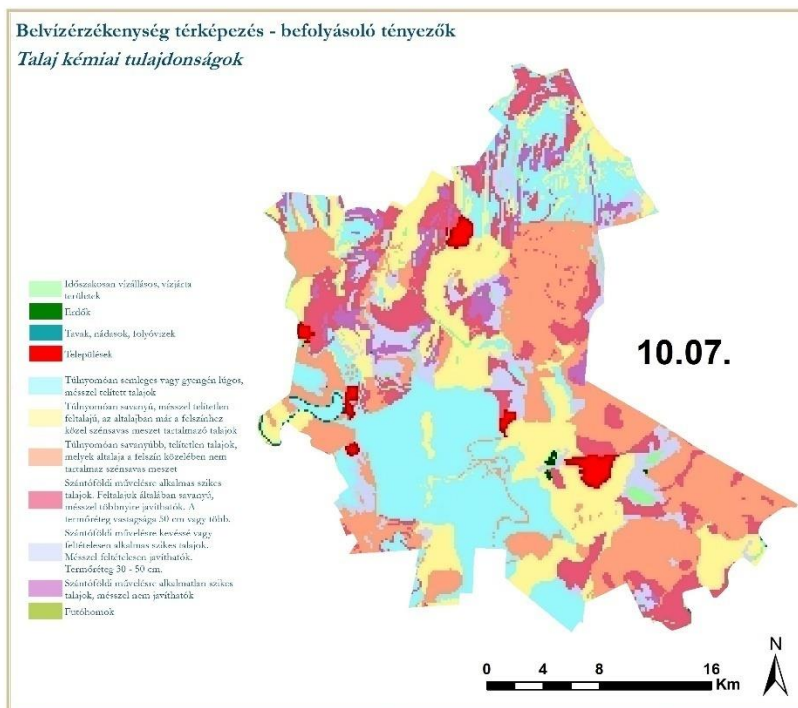
A közelítőleg 1:25000-es méterarányú, Kreybig-féle térképezés során lehatárolt, homogénnek tekintett egységeket (talajfoltokat) a szelvényadatok alapján a területre jellemző vízvezető- és víztartó képességi osztályba sorolták. A megnevezések, melyek egy adott terület vízzel szembeni viselkedését írják 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.



14. ábra: Talajtani környezeti segédváltozó – Talajfizika

Kémiai tulajdonságok térkép

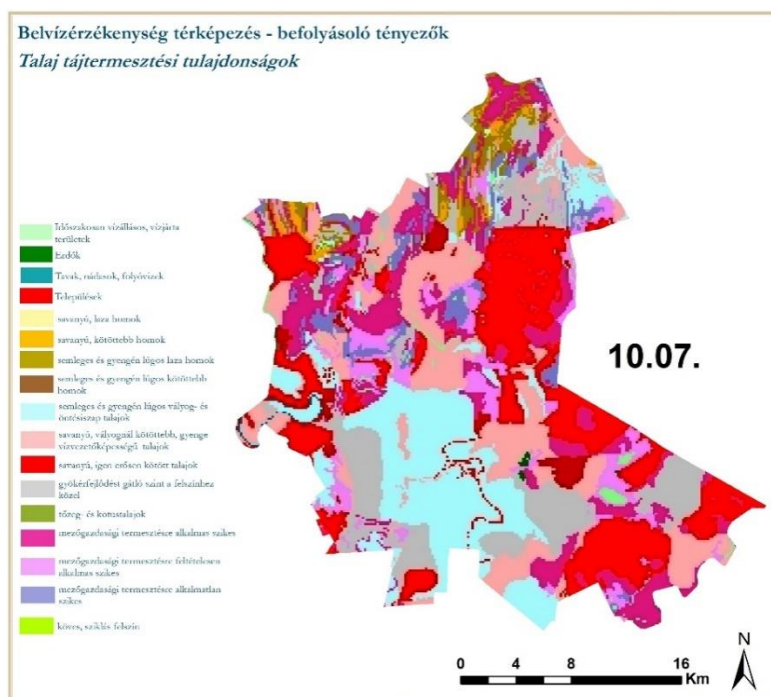
A közelítőleg 1:25000-es méterarányú, Kreybig-féle térképezés során lehatárolt, homogénnek tekintett egységeket (talajfoltokat) hat, a szelvényadatok alapján a területre jellemzőnek ítélt osztályba sorolták. Három méisztartalom- és kémhatás kategóriát (meszes vagy semleges, gyengén savanyú, savanyú talajok),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



15. ábra: Talajtani környezeti segédváltozó – Talajkémia

Tájtermesztési térkép

A közelítőleg 1:75000-es méretarányú tájtermesztési térképek a Kreybig-féle talajismereti térképek tartalmi összevonásával, generalizálásával és a humusztartalomra, kötöttségre, illetve a sekély termőrétegűsége vonatkozó ismeretekkel bővített jelkulccsal készültek és gyakorlati célú földhasználati talajkategóriákat különböztetnek meg (pl. savanyú humuszszegény homoktalajok, erősen kötött, savanyú, mészigenyes agyag- és vályogtalajok, stb.).



16. ábra: Talajtani környezeti segédváltozó – Tájtermesztési tulajdonságok

4.4. Földtani tényező

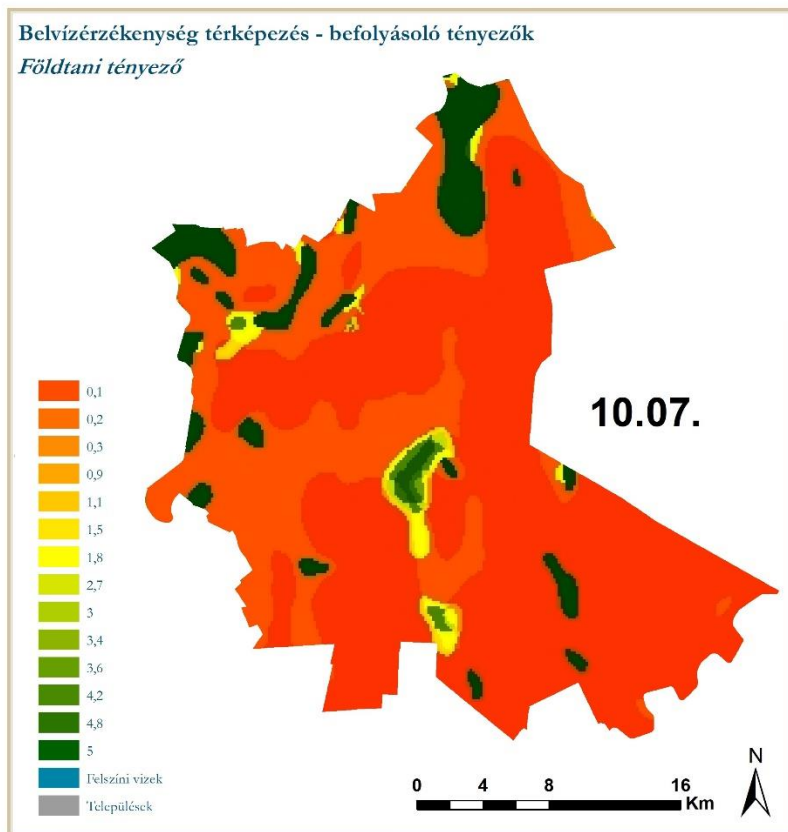
Az 1:200000 méretarányú sekélyföldtani térképezés során az előre meghatározott mintasűrűséggel létesült kis mélységű fúrások adatait dolgozták fel. Azonban nem minden fúrás került feldolgozásra, valamint jelentős felmérések készültek a közelmúltban is. A tényezőtérkép felbontása jelentősen javítható 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 fúrásszelvényben 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.

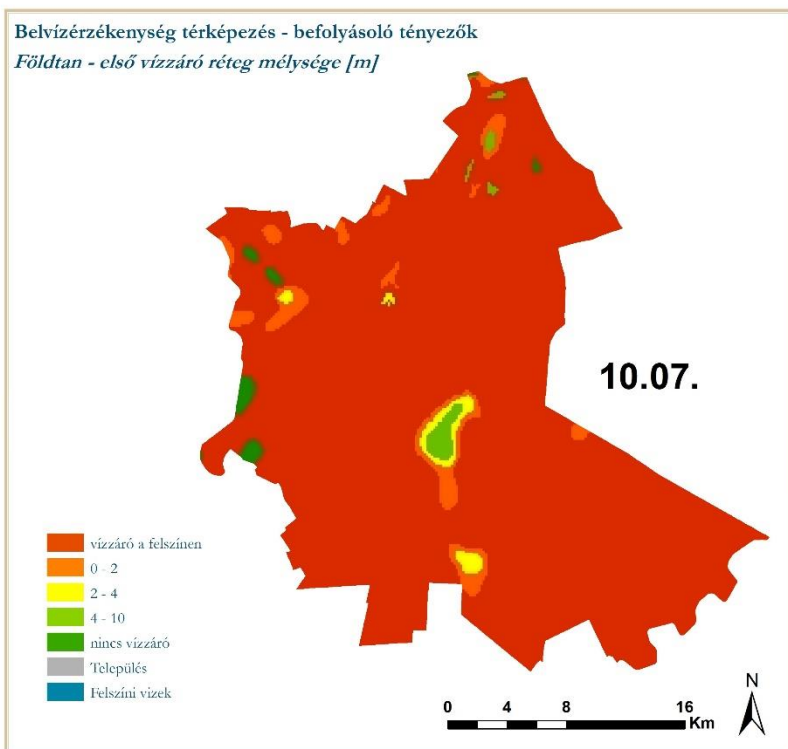
A számítások során, a Rónai-féle módszer előírásainak megfelelően, a 20 százaléknál kevesebb finom anyagot tartalmazó képződményeket vízáteresztőnek, a 20-60 százalék közötti finom anyagot tartalmazó képződményeket vízfelvevő, víztartónak és 60 súlyszázaléknál nagyobb finom anyag tartalmú képződményeket 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 előállítás, 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 belvizesedés 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(17. ábra).

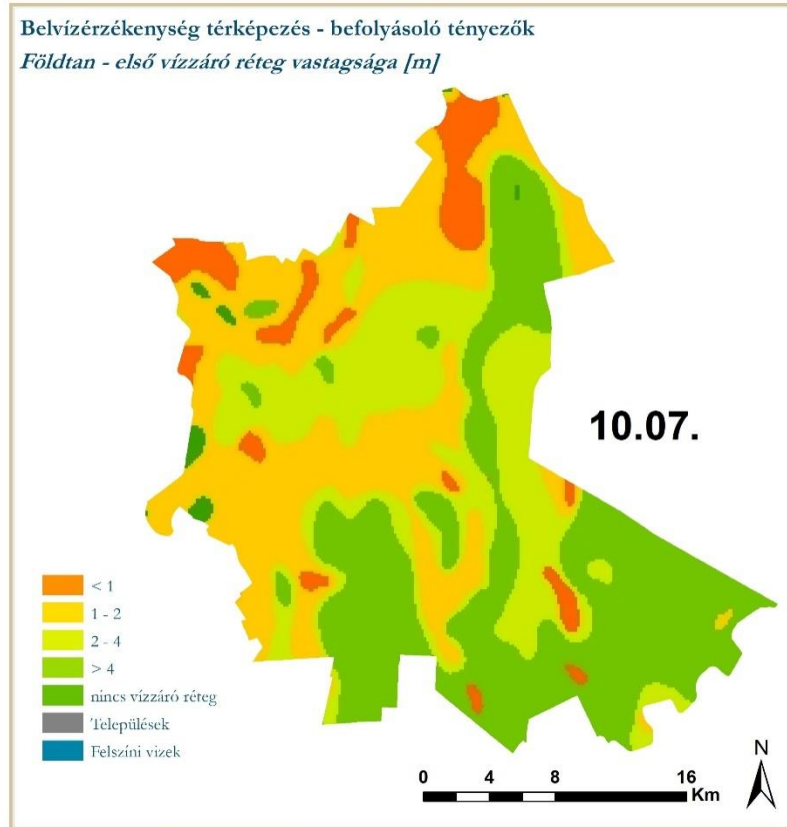


17. ábra: Földtani tényező térkép

Segédváltozóként a földtani térképezés adataiból szerkesztett térképeket használtuk fel, amelyek a legfelső vízzáró réteg felszínétől való távolságát és a vízzáró vastagságát ábrázolják(18.,19. ábra).



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



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

4.5. Talajvíz tényező

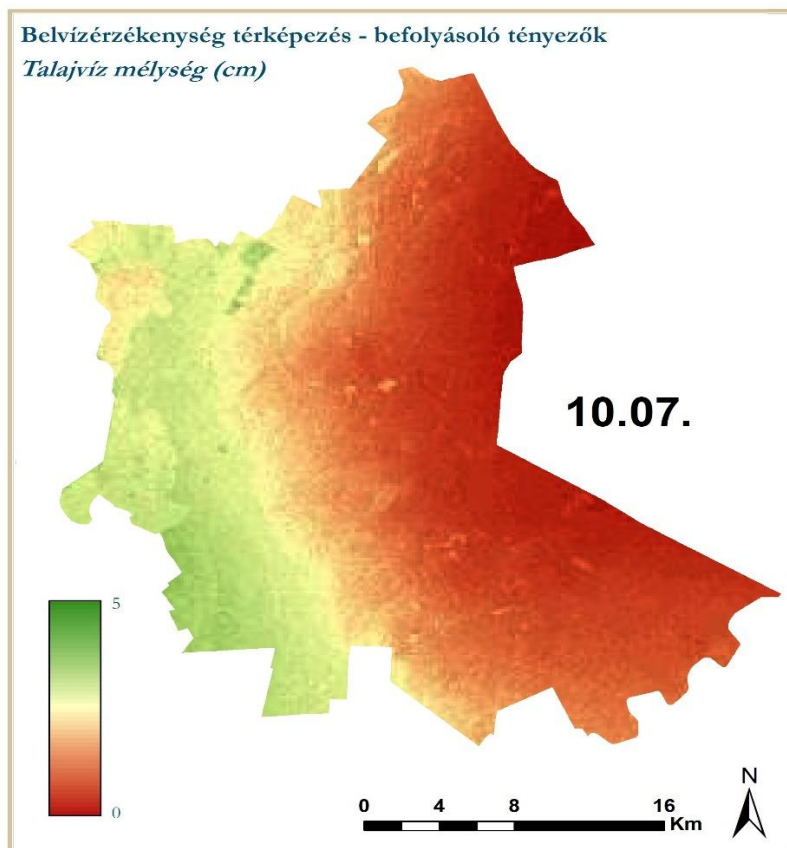
Talajvíz tényező kialakításánál a mintaterületekre vonatkozó, 2014-ig aktuális VGT adatbázisában létrehozott hosszú idősoros talajvízszint adatok kerültek felhasználásra. A 2014-2018 közötti időszakra a vizsgált mintaterületek aktuális talajvízkút adatsorait a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság Vízirajzi Osztálya szolgáltatatta számunkra.

107 db talajvíz kút 1961-és 2018 közötti adatsorát dolgoztuk fel a vizsgálati területre vonatkozólag, amelyhez kellő puffer zónát szelektáltunk a tényezőtérkép interpolációjához. A leválogatott talajvízkutak közül az interpolációhoz mintegy 87 db talajvízkút (20. ábra) adatsor rendelkezett megnyugtatóan hosszú idősoros adattal, míg 11 db kút adatsora csak egy-egy vizsgált időintervallumot számszerűsített megfelelően így az utóbbiak mintegy korrekciós tényezőként kerültek alkalmazásra a területi interpoláció során. A fennmaradó 9 db talajvízkút esetén a rendelkezésre álló rövid és rendkívül hiányos adattartalom miatt kizárásra kerültek a vizsgálatokból.

2. táblázat: A talajvíz tényező LNV értékei, cm

Törzs -szám	Településnév	EOVy	EOVx	LNV 1	LNV 2	LNV 3	LNV 4	LNV 5	LNV 6	LNV átlag
2069	Tiszabura	232200	760300	40	71	100	114	119	122	94,33
2070	Tiszagyenda	227535	760491	129	194	229	231	239	241	210,50
2073	Tiszaszentimre	237444	775028	73	138	139	140	205	209	150,67
2076	Kunhegyes	226264	769625	176	198	217	234	249	261	222,50
2077	Kenderes	213152	773475	67	85	94	99	109	116	95,00
2078	Tomajmonostora	232930	774508	58	154	184	185	188	223	165,33
2079	Tiszaszentimre	239882	776256	143	148	198	205	212	215	186,83
2081	Tomajmonostora	232500	774530	114	140	150	160	165	168	149,50
2082	Tiszaszentimre	239890	776260	312	339	347	363	384	395	356,67
2084	Kenderes	215623	776773	64	143	151	156	169	174	142,83
2087	Abádszalók	230850	770166	178	183	235	250	285	308	239,83
2089	Karcag	219125	790630	6	9	14	17	33	35	19,00
2090	Karcag	229227	790875	25	31	40	43	53	63	42,50
2092	Karcag	220420	795362	22	23	24	32	34	37	28,67
2093	Karcag	227862	798914	1	5	11	20	25	30	15,33
2094	Kunhegyes	221148	768224	130	135	136	137	138	142	136,00
2095	Tiszagyenda	224788	761087	234	277	323	324	329	332	303,17
2097	Karcag	216596	786940	28	31	47	56	61	111	55,67
2098	Kenderes	217180	772347	60	67	82	124	130	142	100,83
2099	Kunmadaras	229644	778302	1	2	3	86	91	94	46,17
2101	Kisújszállás	206600	786569	80	114	149	165	167	170	140,83
2102	Kenderes	211956	770592	36	65	69	91	95	138	82,33
2103	Törökszentmiklós	202533	752824	49	55	63	93	125	191	96,00
2106	Kengyel	192200	750323	120	151	254	255	284	294	226,33
2108	Törökszentmiklós	207812	758366	293	306	341	361	401	413	352,50
2110	Mezőtúr	189769	761377	35	48	71	97	105	116	78,67
2116	Kisújszállás	209010	778321	3	6	7	18	22	23	13,17
2119	Túrkeve	196830	770643	34	141	146	183	203	229	156,00
2122	Szajol	203886	745123	11	104	123	137	140	148	110,50
2123	Kengyel	190997	746087	263	274	348	376	409	475	357,50
2124	Mezőtúr	192680	764566	107	123	208	290	292	313	222,17
2125	Nagyrév	175619	737312	161	188	200	231	249	252	213,50
2127	Kungyalu	171553	743100	72	79	82	91	110	164	99,67
2128	Csépa	163362	732731	336	352	363	398	409	412	378,33
2129	Cserkeszőlő	171656	736957	136	137	159	167	169	175	157,17
2131	Kunhegyes	227735	769840	185	193	200	208	209	221	202,67
2133	Tiszaöldvár	180258	748376	111	115	144	158	165	171	144,00
2147	Hevesvezekény	246810	749050	54	75	84	103	104	112	88,67
2149	Tarnaszentmiklós	243793	753878	40	82	83	87	90	96	79,67
2168	Tiszasüly	227624	743783	276	283	298	309	318	326	301,67
2185	Kocsér	185699	717000	104	140	161	163	173	207	158,00
2189	Abony	203663	721149	85	89	92	93	101	115	95,83
2191	Jászkarajenő	190551	725508	75	85	89	93	98	102	90,33
2198	Kocsér	182530	721086	184	193	198	205	208	219	201,17
2199	Tiszaújváros	179364	714814	45	46	49	55	60	62	52,83
2203	Tiszaörs	241996	783268	16	19	38	41	63	74	41,83
2206	Mezőtúr	184250	770209	133	169	177	189	191	201	176,67
2210	Abádszalók	234603	768067	168	188	214	215	217	223	204,17
2214	Szolnok	204388	736054	82	84	89	113	161	184	118,83
2216	Kenderes	218975	767686	95	97	106	109	136	153	116,00
2217	Kenderes	218520	769536	144	172	178	179	190	194	176,17
2220	Szentkirály	177449	722261	69	76	81	94	97	98	85,83
2221	Tiszaújváros	178951	728151	88	96	100	103	112	116	102,50
2222	Tiszaderzs	243429	767643	31	36	58	75	83	101	64,00
2224	Tiszaderzs	242663	768506	3	5	6	8	15	29	11,00
2225	Tiszaderzs	241598	770008	172	190	236	250	266	268	230,33

2227	Törökszentmiklós	212985	748607	10	29	31	48	61	80	43,17
2228	Kisköre	239815	756614	42	60	63	71	77	81	65,67
2229	Kisköre	239248	757442	45	53	65	76	88	97	70,67
2233	Abádszalók	238777	766704	82	88	93	97	126	136	103,67
2234	Tiszaszöllős	249270	775260	25	34	69	122	188	195	105,50
2236	Tiszaszöllős	248040	776200	21	39	77	80	86	91	65,67
2284	Szentes	158123	744893	21	29	68	72	79	94	60,50
2356	Kecskemét	180197	701748	86	115	172	189	204	206	162,00
2357	Kiskunfélegyháza	162863	709589	27	30	48	50	62	67	47,33
2378	Csongrád	150989	728265	224	234	239	259	287	300	257,17
2435	Kecskemét	173708	703565	1	3	7	55	97	103	44,33
2436	Kecskemét	173401	703100	52	57	64	91	95	102	76,83
2440	Kecskemét	176498	706350	63	68	119	128	149	203	121,67
2489	Csongrád	157192	725579	137	139	139	143	144	156	143,00
2583	Egyek	252473	786231	11	49	129	179	190	235	132,17
2585	Tiszafüred	249263	792571	25	33	41	44	46	65	42,33
2588	Nagyiván	245398	790690	96	110	124	130	132	140	122,00
2623	Nagyiván	239856	792037	1	3	9	10	13	31	11,17
2625	Püspökladány	221738	806151	81	83	99	104	110	117	99,00
2649	Bucsa	208425	797726	-11	-7	-4	1	2	3	-2,67
2650	Szerep	210947	808614	3	17	40	59	72	84	45,83
2671	Tiszafüred	256442	778276	73	75	95	99	101	107	91,67
2770	Déaványa	187469	797306	42	45	59	61	70	73	58,33
2771	Kertészsziget	201372	800522	48	52	66	69	104	116	75,83
2773	Füzesgyarmat	203520	807030	53	54	73	76	126	200	97,00
2783	Gyoma	177880	785800	162	165	172	175	190	200	177,33
2785	Déaványa	184900	790520	1	13	24	43	61	91	38,83
2797	Endrőd	184725	776643	281	341	343	361	367	368	343,50
2834	Déaványa	185410	799710	76	83	109	113	129	133	107,17
2965	Túrkeve	197561	777672	15	29	34	50	54	75	42,83
2980	Sarud	250724	766429	83	195	202	205	236	260	196,83



21. ábra: Ko-krigeléssel módosított talajvíz tényező térkép

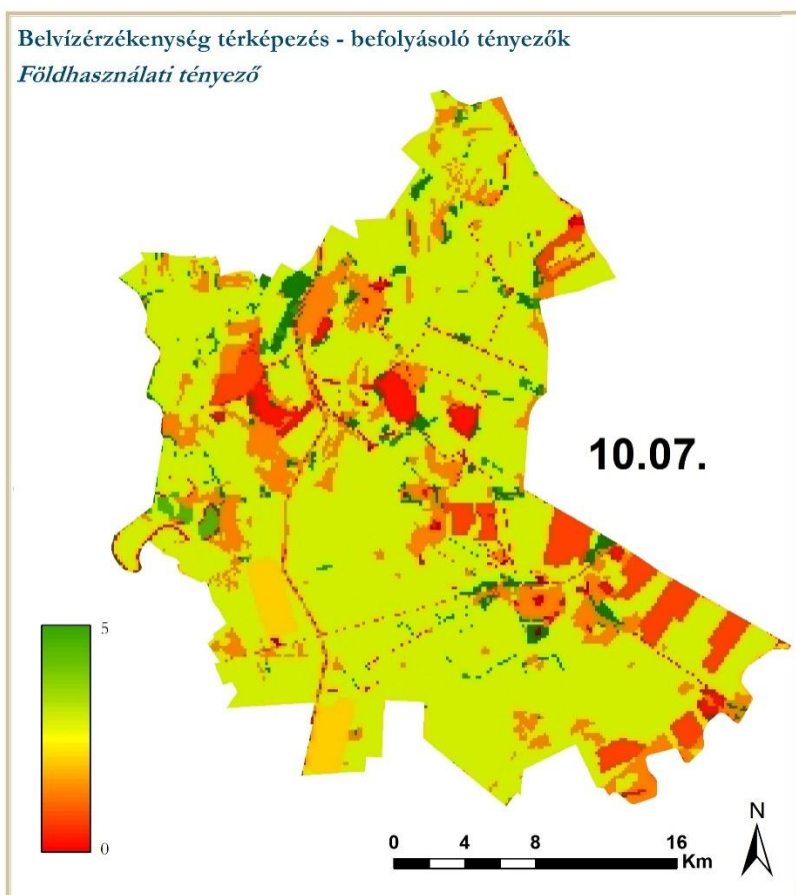
4.6. Földhasználati tényező

A földhasználati kategóriák a CORINE adatbázis alapján különíthető el, melynek segítségével osztályozhatjuk őket a belvízképződésben betöltött szerepük fontossága szerint. A belvíz-veszélyeztetettségi szintézistérkép szerkesztéséhez az egyes földhasználati kategóriák a 3. 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 22. ábra szemlélteti.

3. 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 vízenyős területen	5,0
3.1.1.2 Zárt lombkoronájú természetes lombhullató erdők, vízenyős területen	1,0
3.1.1.3. Nyílt lombkoronájú természetes lombhullató erdők nem vízenyős területen	5,0
3.1.1.4 Nyílt lombkoronájú természetes lombhullató erdők, vízenyős 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
<i>3.2. Cserjés és/vagy lágyszárú növényzet</i>	
3.2.1.1. Természetes gyepek fák és cserjék nélkül	0,6
3.2.1.2. Természetes gyepek 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. Csemetéktertek, erdei faiskolák	3,0
3.2.4.5. Károsodott erdők	3,0
<i>3.3. Növényzet nélküli, vagy kevés növényzettel fedett nyílt területek</i>	
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	
<i>4.1. Szárazföldi vizenyős területek</i>	
4.1.1.1. Édesvízi 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 szórványos előfordulásával	0,1
5. Vízfelületek	
<i>5.1. Kontinentális vizek</i>	
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



22. ábra: Földhasználati tényező térkép

4.7. Belvív-gyakoriság

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.

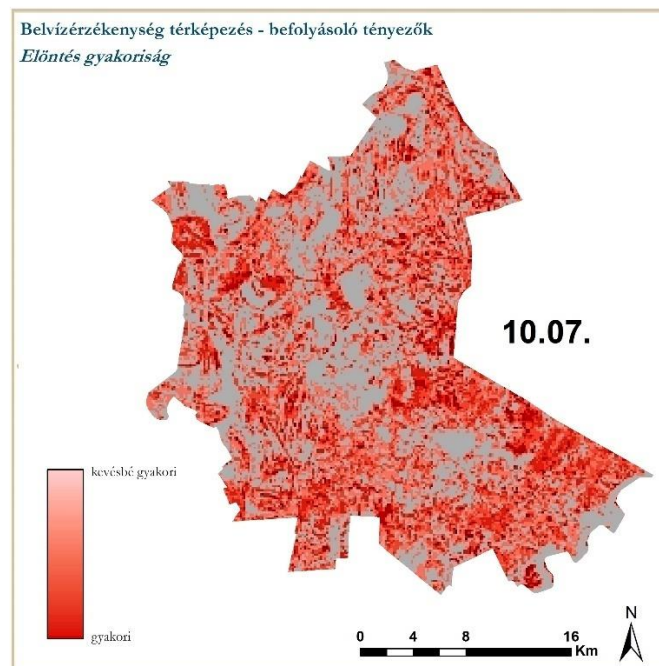
A belvív-gyakorisági térkép elkészítéséhez először a papír alapú elöntési térképek feldolgozását kellett elvégeznünk. A műveletet valamennyi - fellelhető - elöntési térkép esetében végrehajtottuk. Az eljárás eredményeként a belvízi szituációkhoz kapcsolódóan előálltak az azonos viszonyítási rendszerrel rendelkező belvízi elöntési térképek. A digitális formátumban kapott adatokat is az egységesen használt formátumba hoztuk.

Az elemzés során az eddig bevett rácsháló használata helyett véletlenszerűen elszórt pontban néztük meg az elöntési adatot. Ezen módszer egy jelentős előnye a korábbi, rácson alapulóhoz képest, hogy kiszűrünk vele egy jelentős simító hatást, ami a rácsra történt átlagolás miatt volt kódolva a rendszerben.

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.

A mintaterületeire referenciaként egy egységes, homogenizált belvízi elöntés relatív gyakoriság térképet állítottunk elő.

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 tanulópontokban 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 23. ábrán látható.



23. ábra: Belvív-gyakorisági térkép

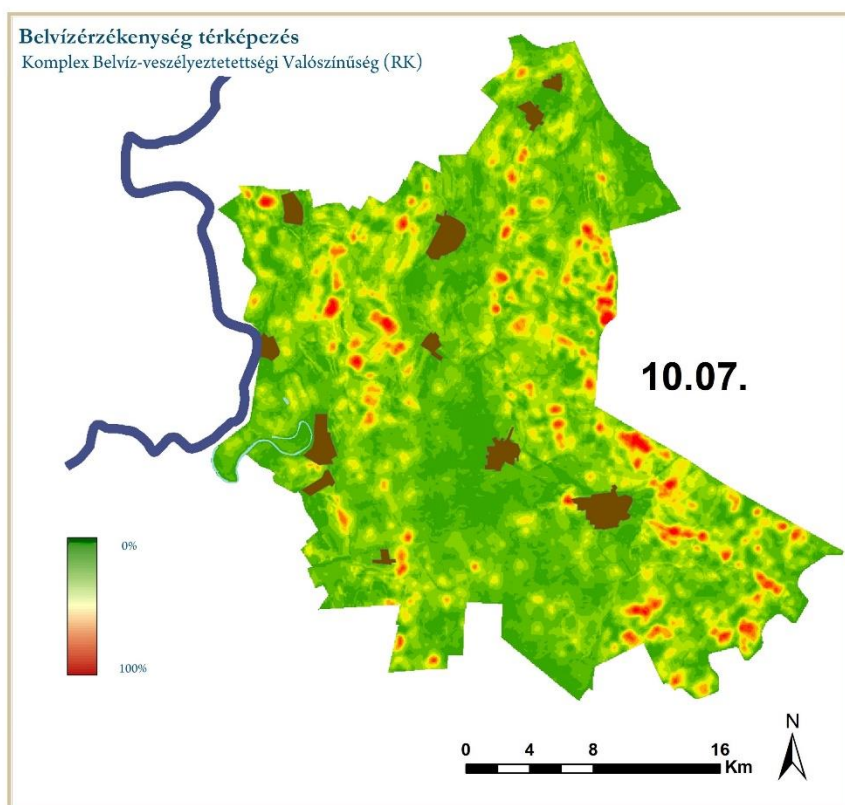
5. KOMPLEX BELVÍZ-VESZÉLYEZTETETTSÉGI VALÓSZÍNŰSÉG (KBV) KIEMELT MINTATERÜLETEN (10.07. BELVÍZVÉDELMI SZAKASZ)

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

Az eddig alkalmazott gyakorlattal ellentétben, azaz 1 km-es rácsháló használata helyett az idei évben véletlenszerűen elszórt pontokban 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 rácstra történt átlagolás miatt volt kódolva a rendszerben.

A véletlenszerűen 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 24. ábra szemlélteti.

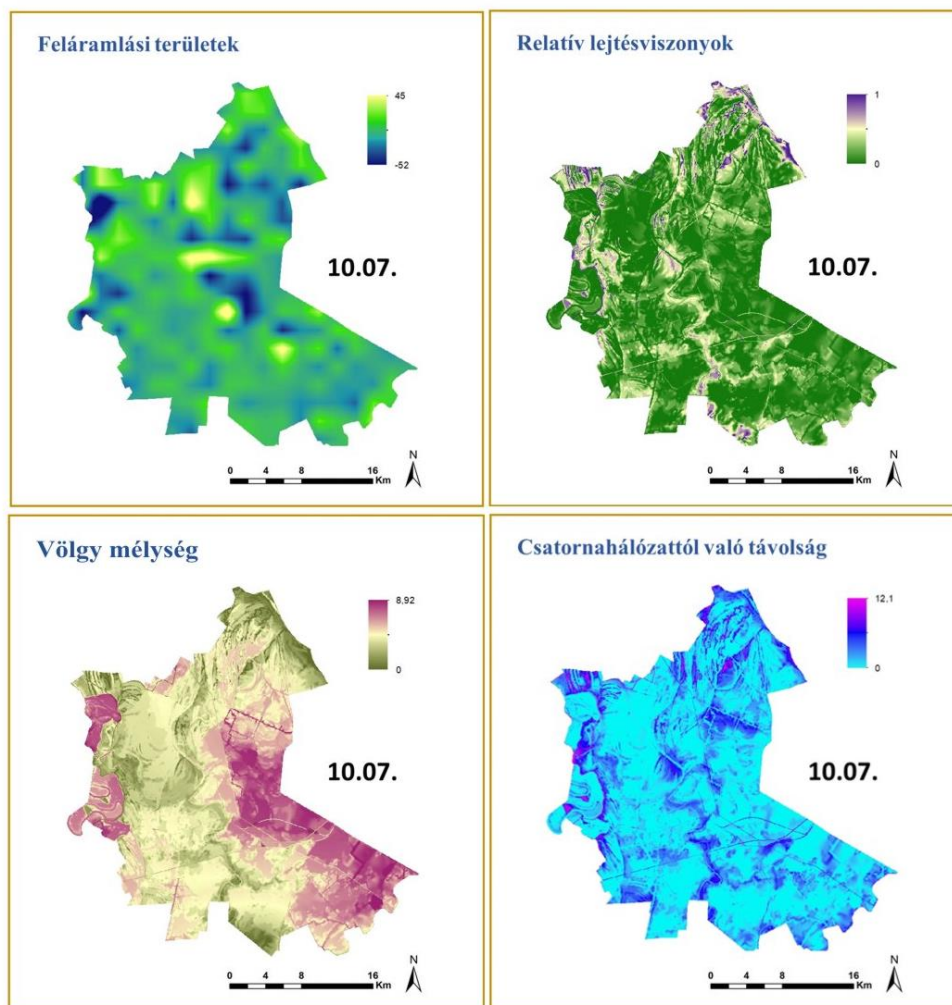


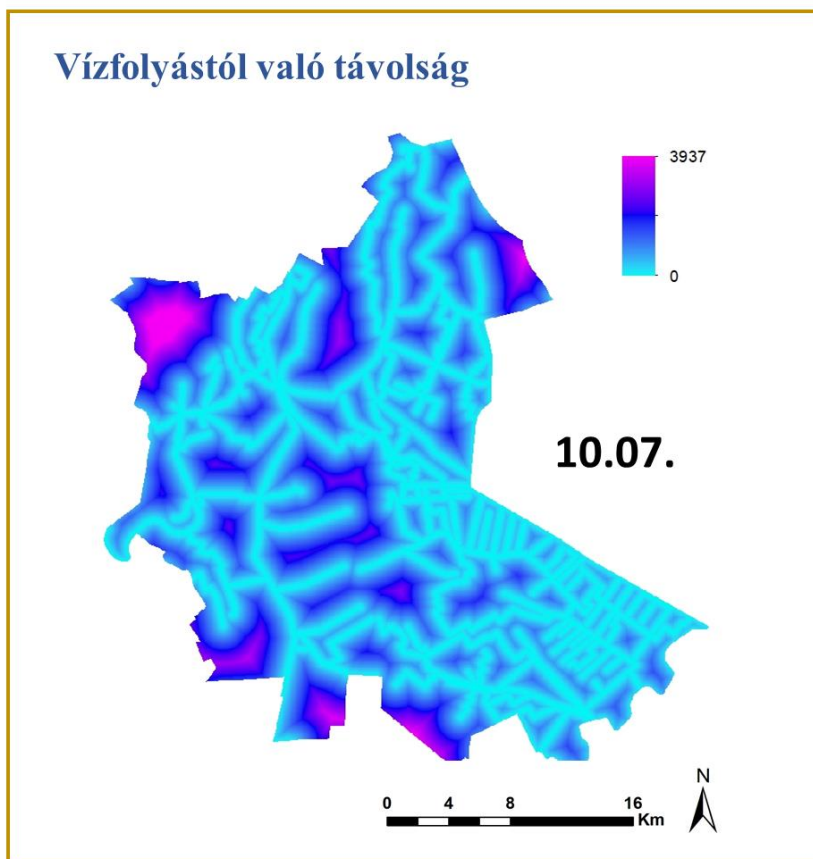
24. ábra: Regressziós Krigeléssel készült Komplex Belvíz-veszélyeztetettségi Valószínűség

Jelen térképezés során először alkalmaztuk a probléma fa módszert, melynek során a determinisztikus rész becslése véletlen erdővel (Random Forest) történik, amelyet a rezidumok krigelése egészít ki. A második (RFK) modellben az első futtatáshoz képest pluszban a következő adatokat használtuk:

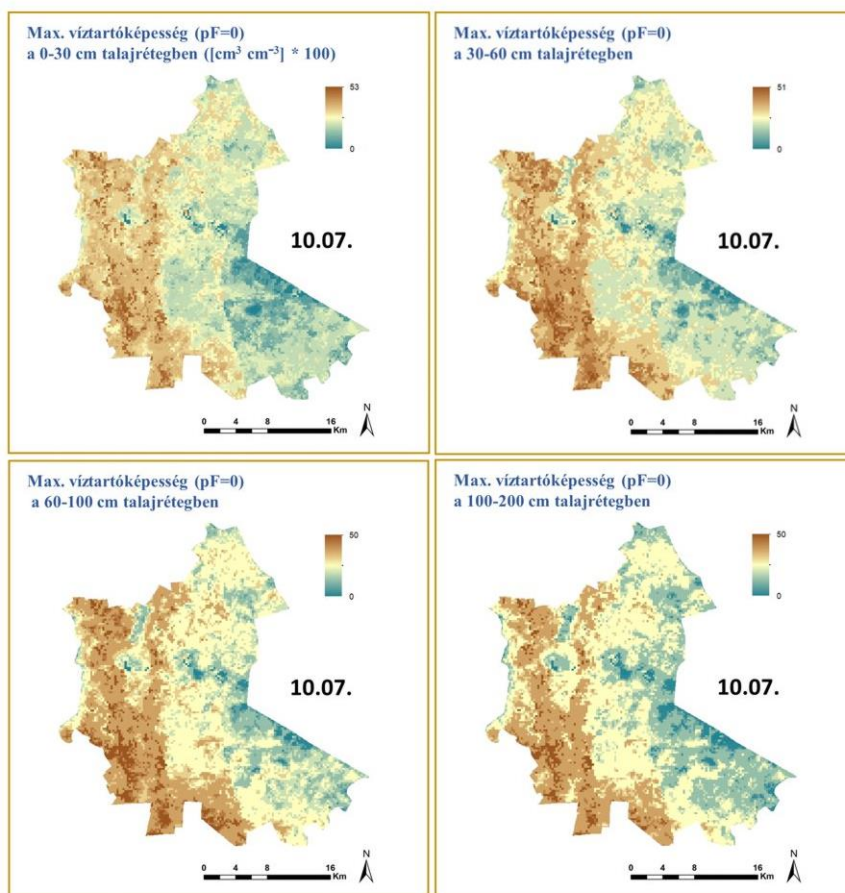
- Feláramlási területek
- Relative Slope Position (relatív lejtésviszonyok)
- Valley Depth (völgy mélység),
- Channel Network Distance (csatornahálózat távolság ESRI)
- Vízfolyástól való távolság,
- Talaj hidrofizikai tulajdonságok a 0-30 cm, 30-60 cm, 60-100 cm, 100-200 cm rétegre:
 - o maximális vízkapacitás (pF=0),
 - o szabadföldi vízkapacitás (pF=2,5),
 - o holtvíz tartalom (hervadáspon) (pF=4,2),
 - o hidraulikus vezetőképesség.

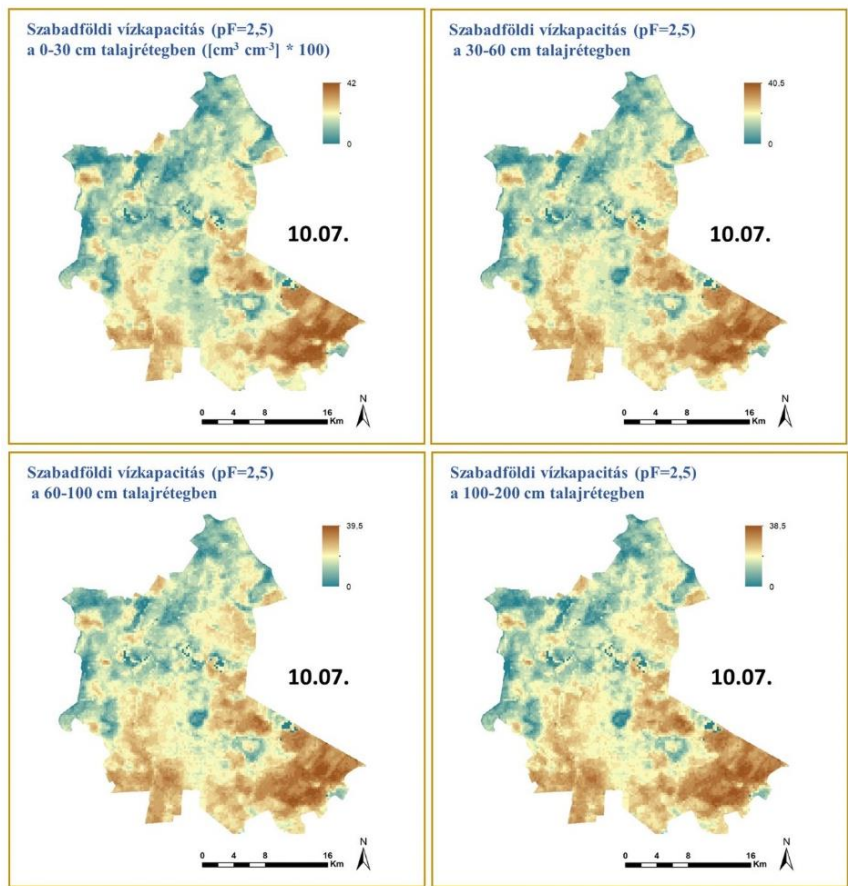
A felszín alatti vizek és a hidromorfológiai elemek térbeli kiterjesztését a 25. ábra tartalmazza. Az EU-SoilHydroGrids adatbázisból származó térképeket a 26.-27. ábrák mutatják be.



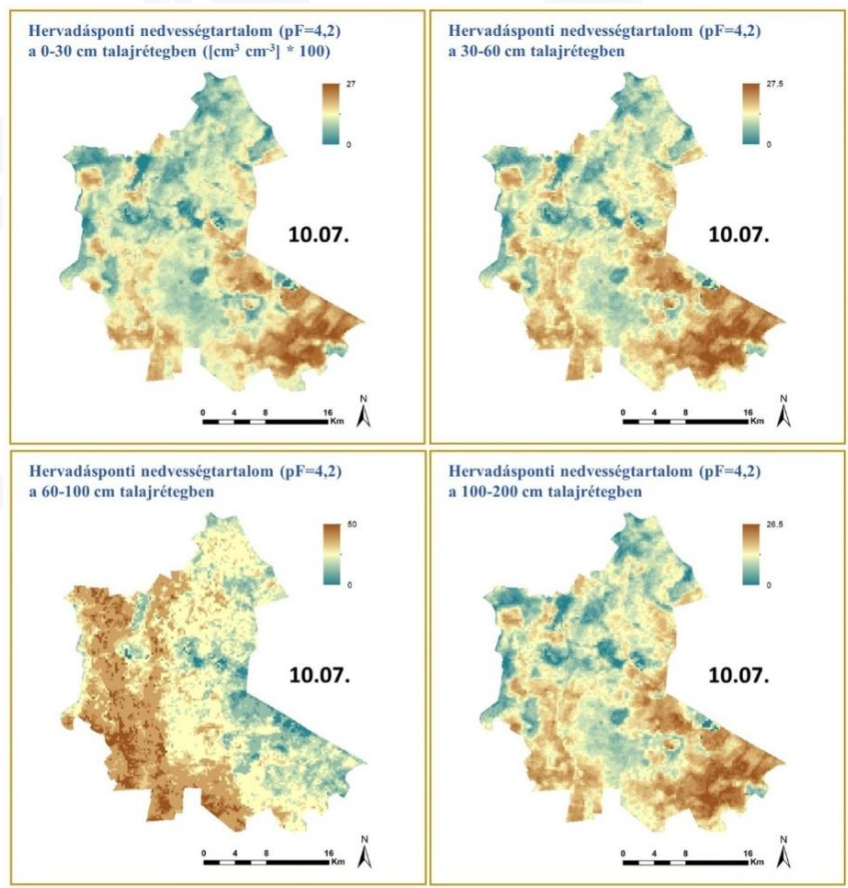


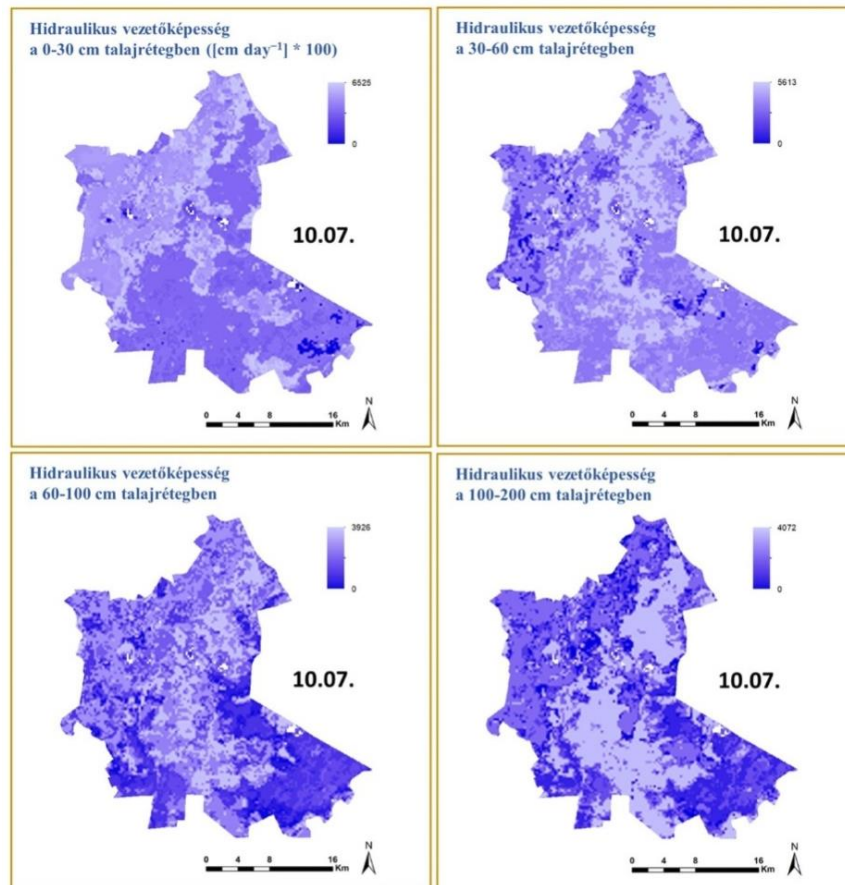
25. ábra: Hidrológiai és hidromorfológiai tényezők





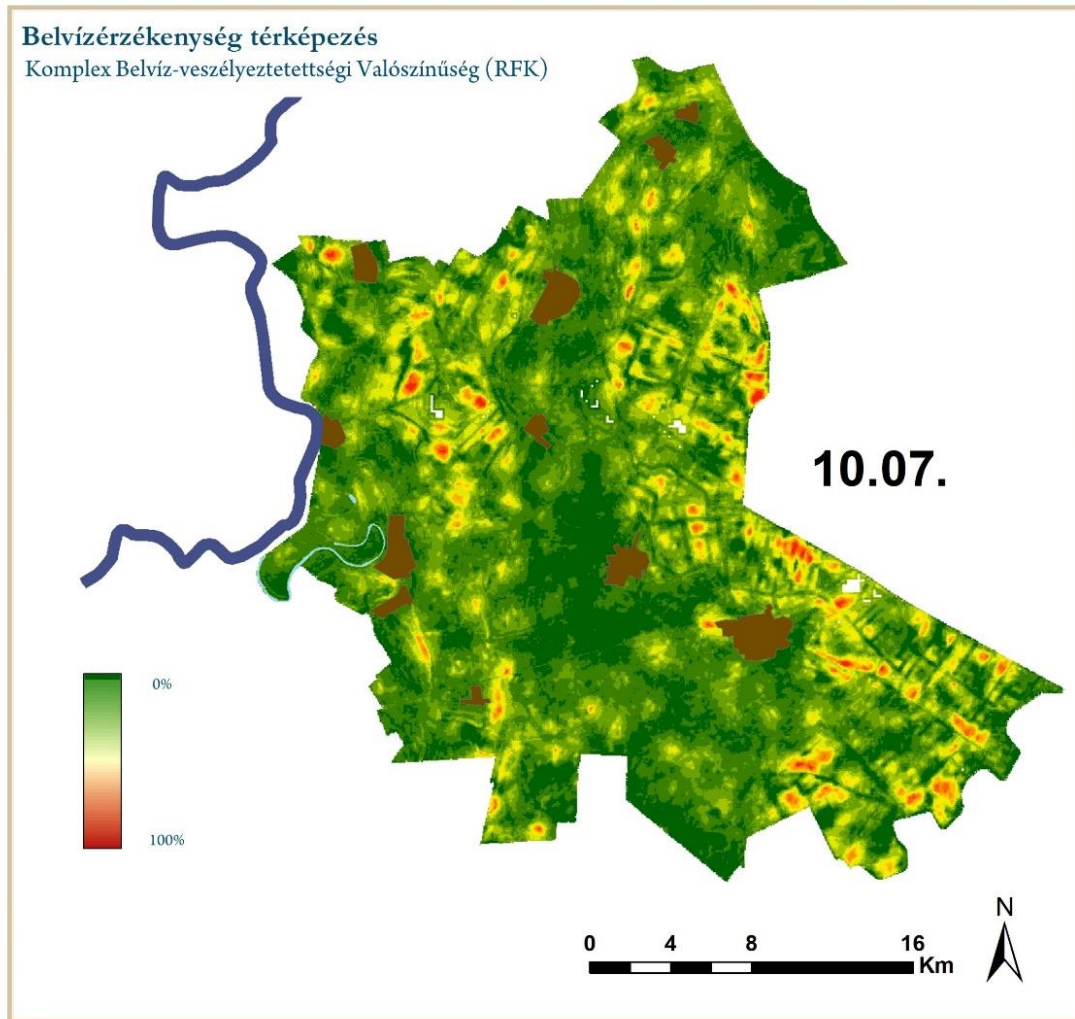
26. ábra: talaj hidrofizikai tényezők I.





27. ábra: Talaj hidrofizikai tényezők II.

Azért választottuk ezt a módszert a Komplex Belvíz Veszélyeztetettségi Valószínűségi térkép előállításához, mert az osztályozó és regressziós fák, a véletlen erdő (Random Forest; RF), több döntési fa által adott előrejelzéseket kombinálja, amelyek véletlen vektorok egy független halmazának értékei alapján alakulnak ki. A módszer végeredménye a sokszoros futtatások összedolgozása révén alakul ki, és nem hajlamos a szélsőséges értékek levágására, mint a regressziós krigelés. A véletlen erdő osztja az osztályozó és regressziós fák hasznos tulajdonságait, de azokhoz képest pontosabb eredményekre képes és kevésbé érzékeny a túlparaméterezésre. Előnye továbbá, hogy kevésbé homogén adatok kezelésére is képes. Vannak gyenge pontjai is a módszernek, de a redidumokkrigelésével kiküszöbölhetőek és predikció bizonytalansága is modellezhető. Az RFK módszerrel történő futtatáshoz kibővítettük a tényezők körét, amivel eddig figyelmen kívül hagyott befolyásoló folyamatok hatásait is számításba tudtuk venni (pl.: feláramlási területek, talajok horizontális vízgazdálkodási tulajdonságai, csatornahálózat stb.) A többszöri futtatás eredményeként kapott Belvíz-veszélyeztetettségi valószínűség térképet (28. ábra) használtuk fel a kockázati térképezés alapjául szolgáló előfordulási valószínűségi térkép előállításához.



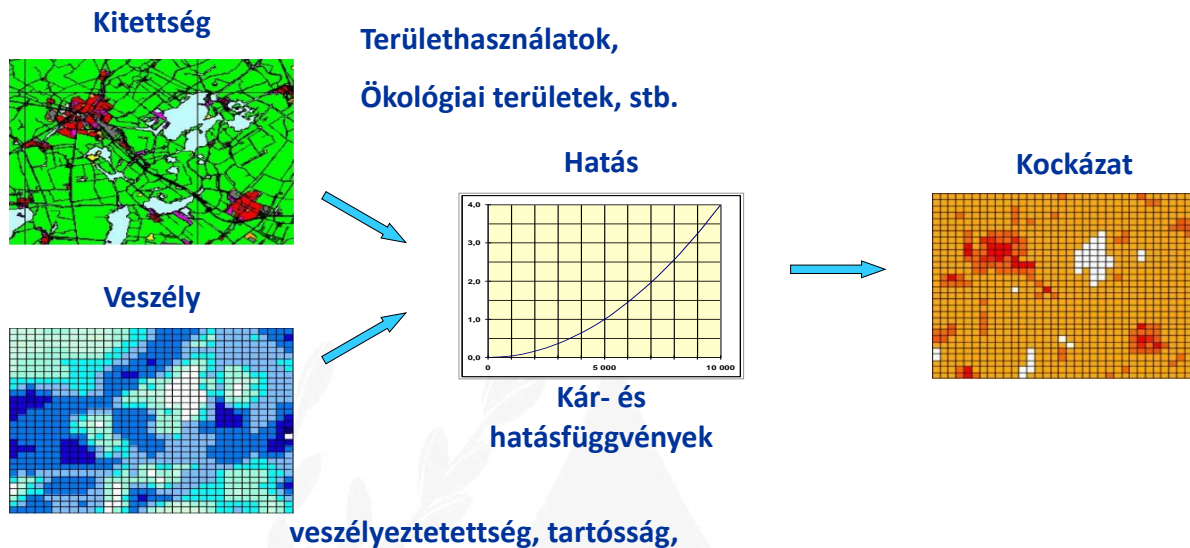
28. ábra: Random Forest Krigeléssel készült Komplex Belvíz-veszélyeztetettségi Valószínűség

6.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 (29.ábra):



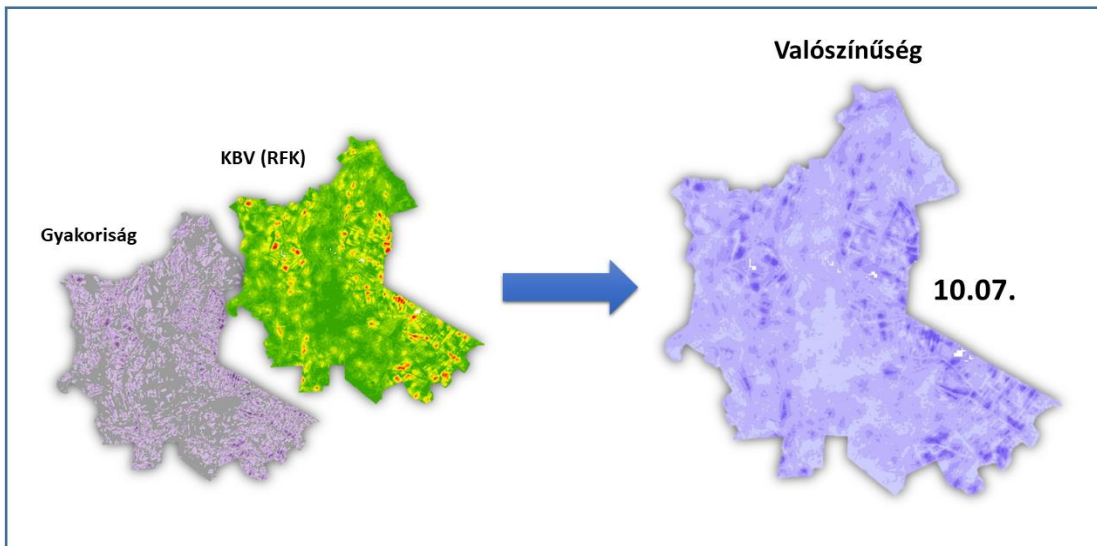
29.ábra: A kockázatszámítás tematikája

RAINMAN projekttel kapcsolatosan a két kiemelt mintaterületen a belvíz valószínűségi térkép előállításához felhasznált adatok a következők:

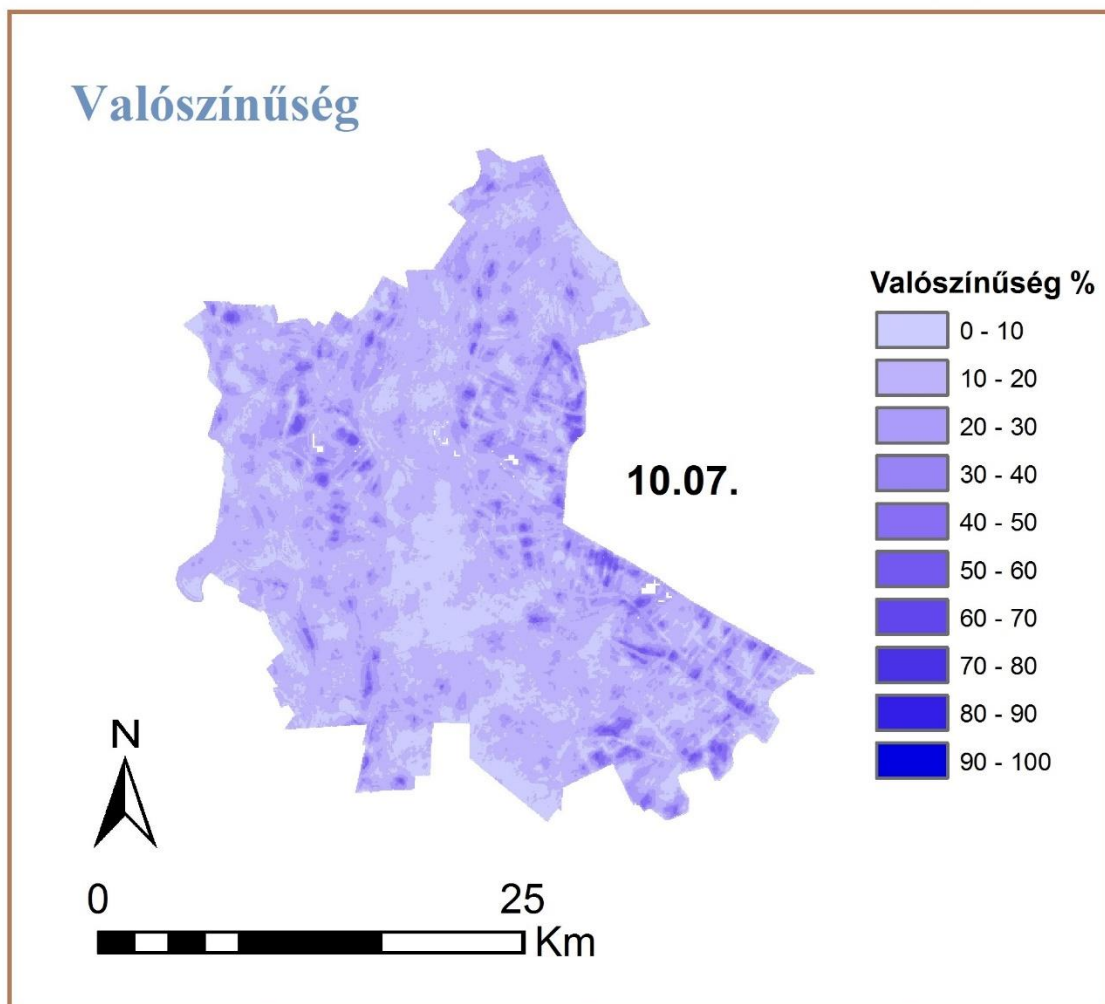
- a NAIK ÖVKI által 2019-ben elkészített Komplex Belvíz-veszélyeztetettség Valószínűségi (RFK) térkép
- a belvizek előfordulásának a gyakorisági értékét %-os formában
- a mintaterületre lehatárolt meteorológiai állomások adatai
- a földhasználati tényezőket (szántó, rét-legelő, erdő) felhasználva a CORINE Landcover(2012) CLC50 adatbázis

Az előállított valószínűségi térképet felhasználva és a hidrometeorológiai tényezőkkel kiegészítve (csapadék és a lehetséges párolgás mértékét felhasználva) egy feltételes belvízi elöntést és tartósságot rendelhetünk a már létrehozott valószínűségi térképhez

A térkép előállításához szükségünk volt a NAIK ÖVKI által 2019-ben elkészített Komplex Belvíz-veszélyeztetettség Valószínűségi térkép, és az elöntés gyakoriság térképre (30.ábra). A két térkép által meghatározott veszélyeztetettség érték, és az előfordulási gyakoriság érték adja meg a Valószínűségi térképünket (31.ábra).



30.ábra: A valószínűségi térkép szerkesztése



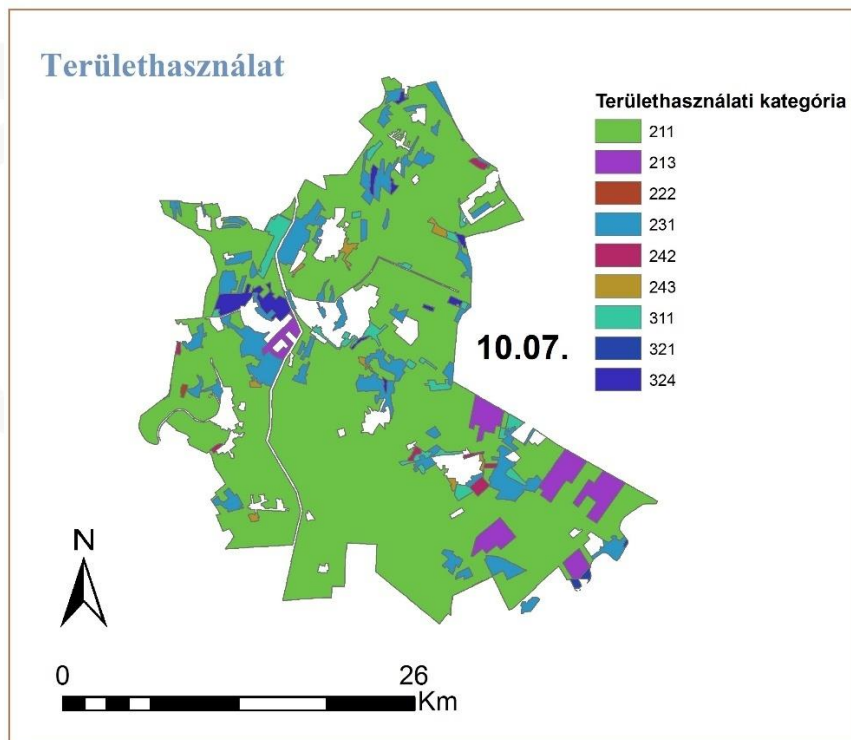
31.ábra: Az előfordulási valószínűség térképe

A mintaterületre felhasználtuk a 2015. évi belvíz-veszélyeztetettség térképezés során készített egységes, homogenizált belvízi elöntés relatív gyakoriság térképet. A korábbi megyei állományok nem azonos referencia adatsorok alapján készültek, ezért a legnagyobb kihívást a belvíz elöntések homogenizálása jelentette. A kiindulási alap, hogy az eloszlásokat szűrőfüggvények segítségével átranzformáltuk egymásba. Ehhez referenciának a Pálfai-féle belvíz-veszélyeztetettség térképet alkalmaztuk. 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 becslt gyakorisági adatokra vezettük oly módon, hogy a kvartilisekbe eső értékeket beszoroztuk a megfelelő becslt korrekciós értékekkel.

A belvízi 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. A belvíz-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.

Esetünkben célszerű a mezőgazdasági területekre koncentrálni a kockázat tekintetében, az épített környezeti elemek (ingatlanok, infrastrukturális elemek) az árvízi kockázati térképezési módszer használható.

A területhasználat ábrázolására a 2012-es CORINE Landcover CLC50 adatbázist használtuk fel. A művelési ágak közül a szántók és az egyéb mezőgazdaságilag művelt területek kapták a legnagyobb hangsúlyt. A rét-legelő és az erdő esetében a keletkező kár becslése igen szubjektív és erősen helyspecifikus, ezért a számításoknál csak becslt átlagértékekkel tudtuk figyelembe venni. A mezőgazdasági területek leválogatása után alapján meghatároztuk az esetleges állománypusztulás és az ehhez kapcsolódó termés kiesés mértékét. Ehhez rendeltünk kárértékeket, irodalmi hivatkozások figyelembevételével (32. ábra).



32.ábra: Az előfordulási valószínűség térképe

A valószínűségi térkép és a területhasználati térkép segítségével kockázati értéket rendelhetünk a terület használathoz. A rendelkezésre álló információk alapján csak egy becsült értéket tudunk rendelni a mezőgazdasági területeken történő elöntések következtében keletkezett kárról. A kockázati térkép pontosítása érdekében egy részletesebb adatbázisra lenne szükség (MEPAR), ahol a mezőgazdasági tábla szintjén van nyilvántartva a termesztett növény. A becsült kár értéke pixelekre vetítve (50x50 m) a következő növények (búza, kukorica, napraforgó, és repace) átlagterméseit (kg/ha) és felvásárlási árát (forint/kilogramm) vettük figyelembe a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) adatbázisából (5. táblázat)

(<http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/gyor/szn/szn17.pdf>
<https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/gyor/szn/szn16.html>).

5. táblázat: A belvízi elöntések által okozott károk mértéke

KSH 2016/2017 adatai alapján	Termésátlag Kg/ha)	Felvásárlási ár (forint/kilogramm)	Érték (forint/ha)	1 pixel értéke (0,25ha/forint)
Búza	5380	44	236720	59180
Kukorica	8610	43	370230	92557,5
Napraforgó	2950	100	295000	73750
Repace	3440	112	385280	96320
			Átlag:	80451,875

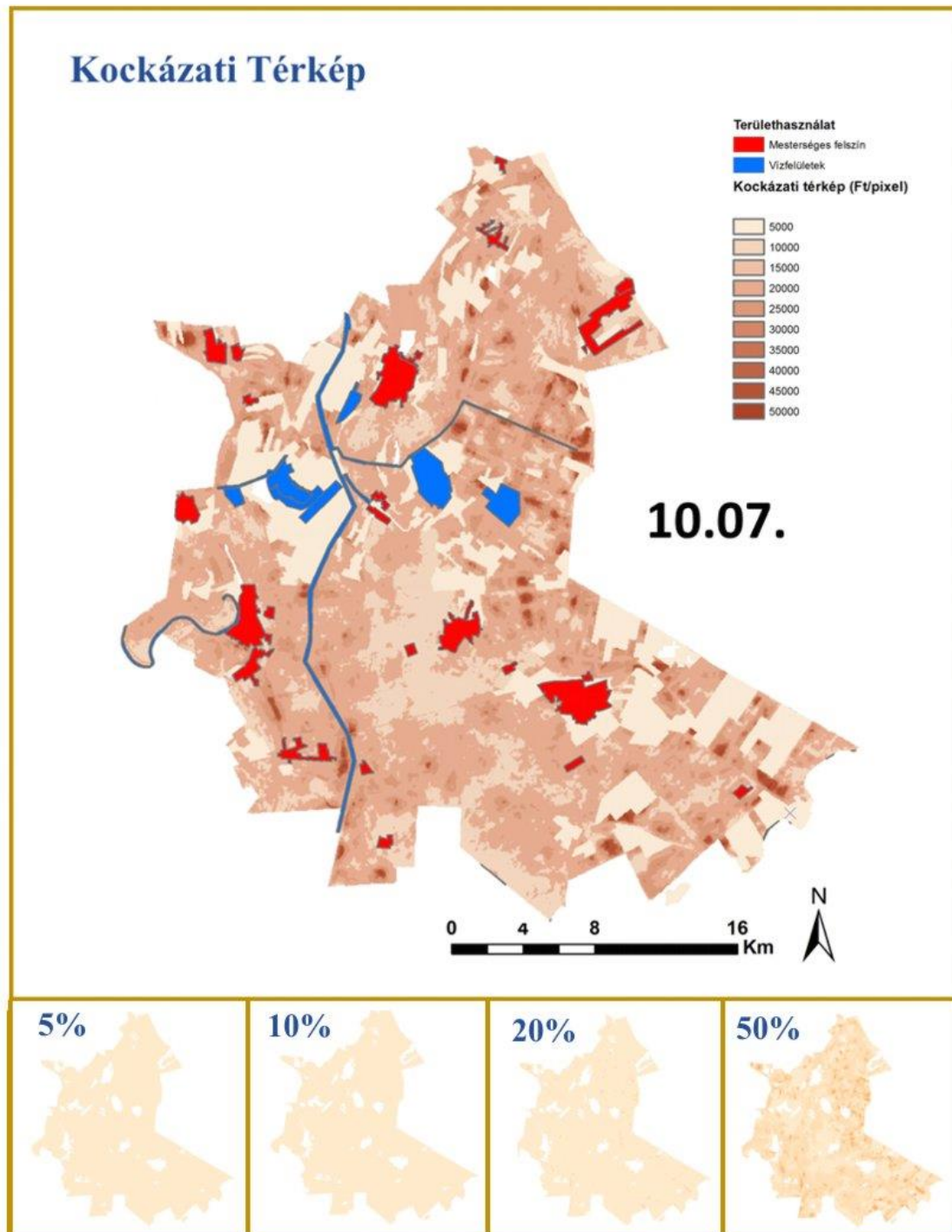
A mintaterület csapadékadatát áttanulmányozva azt a szabályszerűséget tapasztaltuk, hogy ha „rövid idő” (feltehetően 1 hét vagy 10 nap) alatt lehullott csapadék mennyisége megközelíti, vagy meghaladja a területre vonatkozó havi átlagot, nagy valószínűséggel belvízi elöntés várható. Feltehetően a felszíni vízborítás a leginkább veszélyeztetett területeken indul meg. A csapadék intenzitása és tartóssága fogja meghatározni az elöntött terület nagyságát. Ez a mennyiség a különféle behatásokra csökken (a tartósság 0-ra redukálódáshoz szükséges idő), mint a párolgás (a hőmérséklet hatása jelentős), elszivárgás és az elvezetés (a szivattyúkapacitás kap itt szerepet).

A belvízi kockázatkezelés során az elméleti és tapasztalati adatokra támaszkodóan a tartósságot a következő módon tudjuk figyelembe venni. A tartósság jelentősége első sorban a belvízi elöntéseknél van, ahol a termény-növények vízzel való borítottságából származó károsodás mértéke függ a víznek a területen való tartózkodási idejétől (6. táblázat).

6. táblázat: Az állománypusztulás mértéke a tartósság függvényében

Növény	Márciusban				Áprilisban				Májusban				Júniusban			
	ha az elöntés 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 takarmánynövények		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 kockázati térképünket kiegészítettük a feltételezett tartósság által kárba vesztett termények %-os értékével. Feltételezünk egy 3, 5, 10, 15, 20 napon keresztül fennálló vízborítottságot, ahol az eltelt napon arányában megadunk egy kipusztulási %-os arányt (5%, 10%, 20%, 50%, 100%). Az természetvédelmi vagy ökológiai értéket képviselő területek esetében az értékekben jelentkező károk vagy hasznok mértékét nem lehet egyértelműen megállapítani. A tartós vízborítás egy vizes élőhelyen vagy szikes pusztán nem kárt fog okozni, hanem az haszonként, hiszen nem kell mesterségesen pótolni a vizet. (a tanulmányban nem adtunk értéket ezeknek a területeknek), (31.ábra).



29.ábra: Az előfordulási valószínűség térképe

A kockázati térkép mutatja be az 50x50 m-es rasterhálóra 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 tartósság jelentősége elsősorban a belvízi elöntéseknél 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.

A kockázat a károk várható értéke, azaz az elöntés előfordulási valószínűségének, a kitettségnak (területhasználatnak) és a kitett értékek elöntéssel szemben való érzékenységének szorzata. Az előfordulási valószínűséget, a veszély paramétereivel egyetemben (veszélyeztetettség, tartósság) a veszélytérképek tartalmazzák. A kitettség a vizsgált területen található vagyoni és nem-vagyoni értékek összessége. Ezek érzékenységére utalnak a kárfüggvények, és a nem-vagyoni értékek tekintetében az osztályba sorolás.

7. ÖSSZEFOGLALÁS, JAVASLATOK

A belvív-veszélyeztetettségi térképezés módszertanának kidolgozását illetően számos koncepció született különböző kutató műhelyekben, azonban az ország jelentős részét lefedő térkép a Pálfai-féle belvív-veszélyeztetettségi térképet leszámítva nem készült. A NAIK Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóintézet (a jogelőd Halászlai 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 belvív-veszélyeztetettségi térképezése Magyarország síkvidéki területein (Alföld, Kisalföld, szórvány területek)” c. projektet. A projekt eredményeképp elkészült Magyarország Komplex Belvív-veszélyeztetettségi Valószínűség térképe.

A belvizek kialakulása egy összetett folyamat, amelyet számos tényező határoz meg. A korszerű geostatistikai módszerek és a GIS segítségével meghatározhatóak azok a tényezők, amelyek belvízképződési szempontból relevánsak és alapjai egy pontos belvív-veszélyeztetettségi térképnek. Az adatelemzés és adatmodellezés módszereit átdolgozva a térképet lokális szintű vizsgálatok elvégzésére is alkalmassá tettük. Jelen tanulmányban készített kockázati térkép már 50x50 m pixelekkkel, vagyis negyed hektáros felbontással készült. A 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. Az aktuális veszélyeztetettség megállapításához naprakész adatok szükségesek. A veszélyeztetettségi térkép előállításához 23 különféle tényezőt és segédváltozót használtunk fel. Jelen tanulmányhoz alkalmazott RFK módszerhez már több mint 44 térképet használtunk fel az elemzésekhez (a melléklet tartalmazza a tényezőtérképeket TIFF formátumban). A belvízi veszélyeztetettség és a természeti tényezők kapcsolatának tisztázását célzó korábbi kutatásainkra támaszkodva a *fő tényező* számszerűsítésén túlmutatva számos környezeti segédváltozót határoztuk meg, és ezeket együttesen használtuk fel a szintézis térkép szerkesztésénél. Az egyes tényezőtérképek alapadatainak térbeli kiterjesztéséhez krigelési eljárást alkalmaztunk. A regresszió krigelés olyan térbeli becslési módszer, amely kombinálja

a tematikus és a térbeli becslést. A tényezők belvíz keletkezésében betöltött szerepének, „súlyának” megállításhoz lineáris regressziós vizsgálatokat végeztünk el.

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.

A belvív-kockázati értékek számításánál a bel- és külterületi létesítmények károsodását, valamint a belvívvédekezéshez rendelhető költségeket nem állt módunkban figyelembe venni, ugyanis ezek becslése erősen eseti jellegű és rendkívül bizonytalan. Ezért a tanulmányunkban csak a mezőgazdasági vonatkozásokkal foglalkozunk, kár alatt pedig csak a szántóföldi kultúrák terméspusztulása miatti bevételkiesést vettük figyelembe. Az árvíz kockázati térképezés és értékelés során a vízügyi szakemberek által felmért a veszélyeztetett területen lévő épített vagyon nagyságát, a veszélyeztetett lakosság számát, a kulturális örökségeket, a természeti értékeket, a veszélyes üzemek, egyéb létesítményeket, közintézményeket. A belvív kockázat értékelésekor ezen vizsgálatok és kárfüggvények az irányadóak, azzal a megjegyzéssel, hogy a belvív esetében 0,5m-es mélységet nem igen haladja meg a vízborítás. A belvív kapcsán releváns a mezőgazdasági művelés és a vetésszerkezet figyelembevétele, hiszen az agráriumban a jelentkező kár elsősorban terméskiesésben és állománypusztulás formájában fog jelentkezni.

A 10.07. belvívvédelmi szakasz kockázati térképezése során megállapítást nyert, hogy ennek a területnek a jelentős része valamilyen természeti okból kifolyólag belvívvel veszélyeztetett. Főként a K-i határterületeken a 39 vizsgált évből 26 elöntési esemény volt. Az elöntések (a hozzájuk rendelt védekezési fokozatok figyelembevételével) nagy többségében a víztöbblet 10-15 napig is a területen tartózkodott. A természetett kultúrák jelentős részét 100%-ban elpusztítja egy ilyen mértékű belvívelöntés. A terület alapvető adottsága a jó minőségű termőföld. A földhasználat sajátossága ebből következően a mezőgazdasági területek 91%-os aránya, ezen belül pedig a szántó területek igen magas aránya (közel 79%), ami a az országos átlagot jóval meghaladja. Sem a gyümölcsös, sem a szőlőterületek aránya nem jelentős, területük együttesen sem éri el az 1%-ot. Ehhez képest jelentősebb a gyepterületek és az erdőterületek használatának aránya (11,08% és 7,77%) a megyében, bár országos szinten a térségben található a legkevesebb erdőterület. A jellemzően téli félévben bekövetkező elöntések az őszi vetésű növényeket károsítják, de az átáztatott talaj a mezőgazdasági műveletek megakadályozásával szintén kárt okoznak. Ezekben az időszakokban, a lehullott csapadékmennyiséget megfigyelve, megállapítható, hogy akár 20-30 mm csapadék után is kialakul elöntés. Az őszi időszakban a belvizei elöntések rövidebbek, hiszen a kiszáradt talajok telítéséhez nagyobb mennyiségű, vagy igen nagy intenzitású csapadék szükséges. Az időjárási szélsőségek fokozódása miatt azonban ezekkel számolnunk kell. Erősen kockázatos területeket találunk a szakasz K-i részén a Szolnok-Túri-síkon és a Tiszafüred-Kunhegyesi-síkon, valamint a Dévaványai sík szikesebb területein területén. Kisebb kockázatúak a magas fekvésű területek valamint a homokos löszös talajjal rendelkezők, ilyenek a síkok és árterek futóhomokos és löszhátas részei (Szolnok- Túri-sík).

A belvívvédelmi szakasz jelentős része mezőgazdasági terület, ezek java részt szántóföldi művelés alatt áll. A terület jellemző természetett növényei a gabonafélék, a kukorica, a napraforgó és a repce. Nagyobb terület van berendezve rizstermesztésre. A belvív szempontú kockázati elemzéskor ezeket a hidrológiai szempontból erősen befolyásolt, antropogén hatás alatt álló területeket nem vettük figyelembe. Az állandó ültetvények nem jelentősek. A konvencionális mezőgazdaságban elsősorban a termés mennyiségének növelése volt a cél, míg manapság egyre inkább a minőségi termelésre térünk át. Ennek ellenére jelentős területen nem a természeti feltételeknek megfelelő termesztéstechnológiát, illetve

hasznosítási módokat alkalmazzák. A jó minőségű, mezőgazdasági termelésre alkalmas területeken nyilvánvalóan a jó mezőgazdasági gyakorlatnak megfelelő termelést kell folytatni, viszont az alkalmatlan területekre más jellegű hasznosítási javaslatokat kell, illetve érdemes kidolgozni. Itt kell értelmezni a kedvező természeti adottságok fogalmát, ugyanis azt kell figyelembe vennünk, hogy a mezőgazdasági termelés, a természetvédelmi területek kijelölése, a vizes élőhelyek kialakítása és fenntartása, az erdő-, legelő-, gyepter-, nádgazdálkodás és még az ökoturizmus fejlesztéséhez is megfelelő természeti adottságok, illetve feltételek szükségesek. A szántóterületek a legjobban kitéttek a belvíz elöntésekkel szemben, ami a kockázati térképen is látszik, sok olyan terület van, ahol a lehetséges kár nagy mértékű és nagy valószínűségű lesz. Ezeknél a területeknél a területhasználat jelenlegi gyakorlatát felül kell vizsgálni és javaslatokat kell tenni alternatív hasznosításra.

A belvízvédelmi szakasz teljes területe síkvidéki jellegű, a folyómedrek kis mértékű esése jellemző, ezért nagy a veszélye a tartós és nagy belvizek kialakulásának. Ezért a belvizek (többlet vizek) helyben tartásának is kiemelt feladatnak kell lennie. A magas kockázatú területeken kialakítandó tározóterek vehetnek részt a belvíztározásban, de bevonhatók a belvíz-, illetve az öntözőcsatornák medre is. A felmérések szerint medertározással együtt a közel 30 millió m³ -nyi víz tározható, melynek jelenlegi kihasználtsága 17%. A víztöbblet megfelelő víz- és tájgazdálkodással a térség javára fordítható. Az áttérés ugyanakkor több szakág szoros, kompromisszumos együttműködését (elsősorban mezőgazdaság, vízgazdálkodás, környezet- és természetvédelem), és a jelenlegi üzemeltetési/gazdálkodási/fenntartási rendszer felülvizsgálatát kívánja meg, ami a későbbiekben sokszorosán megtérülhet.

A kockázati térkép segítségével gazdaságossági szempontok alapján is megtehetünk lehatárolásokat. A veszélyeztetett területek morfológiai adottságai és az elöntések előfordulási gyakorisága alapján elkülöníthetők a visszatartás lehetséges színhelyei. További szűkítések tehetők a területhasználat figyelembevételével. Az alkalmas területhasználati módok kiválasztása a tározás költséghatékony megvalósíthatóságán alapult. A természetvédelmi érdekek alapján a Natura 2000 területek csak korlátozottan alkalmasak ilyen irányú fejlesztésre, mert a törvényi előírás korlátozza az adott védelmi kategóriába eső területeken a vízépítési beavatkozásokat. A területek alkalmasságánál fontos szempont a megfelelő kiépítettségű csatornahálózat megléte vagy fejlesztési lehetősége. A belvíz visszatartás több célt szolgálhat, egyrészt minőségjavítást azáltal, hogy a befogadókat mentesítheti a túlzott szervesanyag és egyéb szennyezőanyag beviteltől, másrészt kielégíthet területi vízigényeket (elsősorban mezőgazdasági vízhasználat). Ezért is fontos a megfelelő műszaki feltétel, amely biztosíthatja a visszatartott belvíz odavezetését, kormányzását és elvezetését. A belvíz természetéből adódóan időszakosan előforduló esemény, ezért a tározást úgy kell kiépíteni, hogy a belvízmentes időszakokban is lehetőség legyen a vízpótlásra.

Szarvas 2019.06.15.

.....
Bozán Csaba
intézetigazgató

.....
Körösparti János
témafelelős