

## **A belvív-veszélyeztetettség talajtani összefüggései a Békés-Csanádi löszháton**

*Bozán Csaba<sup>1</sup> – Bakacsi Zsófia<sup>2</sup> – Szabó József<sup>2</sup> – Pásztor László<sup>2</sup> – Pálfai Imre<sup>3</sup> – Körösparti János<sup>1</sup> – Tamás János<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> Halászati és Öntözési Kutatóintézet, Szarvas

<sup>2</sup> MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

<sup>3</sup> Alsó-Tisza vidéki Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság, Szeged

<sup>4</sup> Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Mezőgazdaságtudományi Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék, Debrecen

E-mail: bozancs@haki.hu

### **Összefoglalás**

A magyar mezőgazdaságban jelentős problémát okoznak a belvízi elöntések. Az elöntések kialakulását számos tényező befolyásolja, melyek térképi feldolgozása jelentősen hozzájárul a belvív kialakulásának megismeréséhez. Ebben a dolgozatban bemutatjuk a GIS alapú belvív-veszélyeztetettség térkép szerkesztéséhez szükséges talajtani tényező kidolgozásának módszertanát a Békés-Csanádi löszhát területére vonatkozólag. A talajok belvív-érzékenységi mutatójának előállítására és térbeli megjelenítése a talajok vízgazdálkodási tulajdonságán (beszivárgási kapacitás, mm/h) alapszik, melyhez a Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszert használtuk fel a tájtermesztési térképlapok integrálásával, amit korreláltattunk a Várallyay-féle vízgazdálkodási kategóriarendszerrel.

### **Summary**

Frequent occurrence of extreme hydrological anomalies is a great problem for the agricultural production in Hungary. An important step towards an effective solution is the detailed and reasonably accurate mapping of the influential environmental factors of excess water inundation. In this paper the methodology of GIS based mapping of excess water hazard based on soil factor is presented in the Békés-Csanád Loess Plateau. Effect of soil was modelled and spatially represented by the water management characteristics of soil (infiltration capacity, mm/h) which based on the Digital Kreybig Soil Information System and Várallyay classification of the hydrophysical properties of soils.

### **Bevezetés**

A belvív elsősorban a sík vidékek sajátos hidrológiai jelensége, mely hazánkban különös figyelmet érdemel, hiszen Magyarország területének több mint fele síkvidéki jellegű (TAMÁS, 2003). A belvízi problémák főleg az Alföldön éleződtek ki, egyrészt e tájegység hatalmas és termékeny területe, másrészt különleges, a belvízképződést elősegítő természetföldrajzi adottságai miatt (PÁLFAI, 1992). Hazánkban a belvív által veszélyeztetett területek

nagysága mintegy 44000 km<sup>2</sup>, az ország területének 47%-a. Kifejezetten száraz évben egyáltalán nem, vagy csak elhanyagolható mértékben keletkezik belvív, szélsőségesen nedves években viszont akár 300-500 ezer hektárnyi területet is elönthet (PÁLFAI, 2000).

A belvív képződését kiváltó tényezőket alapvetően két csoportra bonthatjuk időbeni változékonyságuk alapján (SALAMIN, 1966; VAJDAI, 1974; PÁLFAI, 1992, PETRASOVITS & VAJDAI, 1982; VÁRALLYAY, 2003). Az állandó vagy alig változó tényezők sorába olyan jellemzők tartoznak (domborzat, talajtani adottságok, sekélyföldtani adottságok), amelyek meghatározzák egy adott terület belvízképződési feltételeit. Viszont azt, hogy az állandó feltételek által megteremtett belvízi veszélyeztetettségű területen mikor jelenik meg víztöbblet, az időben változó meteorológiai és hidrológiai tényezők együttes, kedvezőtlen állása határozza meg. A természeti tényezők mellett az emberi beavatkozások is jelentős hatással vannak a belvízhelyzet kialakulására: mezőgazdasági beavatkozások (pillanatnyi agrotechnikai színvonal); belvízcsatornák kiépítettsége, karbantartottsága; területhasználat; melioráció; településrendezés (csatornázottság).

A Halászati és Öntözési Kutatóintézetben FVM által támogatott keretek között 2001 óta folynak a szélsőséges vízgazdálkodású, elsősorban belvízzel veszélyeztetett területek térképezésére vonatkozó kutatások. Módszerünk alapja, hogy a belvív kialakulásának feltételeit megteremtő, illetve befolyásoló tényezők feltérképezése a már meglévő és elérhető adatállományok és az ehhez kapcsolódó tapasztalatok felhasználásával vezessen eredményre. Ennek megfelelően a belvív-veszélyeztetettségi térkép készítése során a talajtani tényező kidolgozásában az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet munkatársai játszottak meghatározó szerepet, melynek módszertanáról jelen dolgozatban számolunk be.

### **Anyag és módszer**

Bemutató területnek a Békés-Csanádi löszhát tájegységet választottuk, mely a Körös-Maros közén elterülő 1700 km<sup>2</sup> kiterjedésű kistáj-csoport, ami részben lefedi a Maros hordalékkúpját. Területén a földrajzi elhelyezkedés és geológiai felépítése miatt, sajátos hidrológiai viszonyok alakultak ki. Az elsősorban mezőgazdasági hasznosítású kistáj talajtani adottságait a felszín közeli löszös üledékek és a talajvíz elhelyezkedése határozza meg.

Adott területen áradás, vagy jelentős csapadékesemény után keletkező víztöbblet 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- képességét, valamint vízraktározó kapacitását, mely jelentős hatással van a vízborítás időtartamára (VÁRALLYAY et al., 1980).

A talajok belvíz-érzékenységi mutatójának előállítása nem más, mint a talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak megfelelő numerikus indikátorral történő jellemzése. A feladat megoldásához térbeli és tematikus alapként a Kreybig-féle talajismereti térképsorozat térinformatikai feldolgozásaként elkészült Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer (DKTIR) geometriai állományait használtuk. Az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézetben az Alföld teljes területére összeállt a DKTIR digitális talajfolt rendszere, amely magába 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 DKTIR-be integrálását (PÁSZTOR et al., 2001; SZABÓ et al., 2001).

VÁRALLYAY et al. (1980) a vízgazdálkodási paraméterek számszerű meghatározása alapján a magyarországi talajokat a következő 9 vízgazdálkodási kategóriába sorolták (1:100.000): 1. Igen nagy víznyelésű (VNy) és vízvezető képességű (VK), gyenge vízraktározó képességű (VR), igen gyengén víztartó (VT) talajok; 2. Nagy VNy, VK, közepes VR, gyengén VT; 3. Jó VNy, VK, jó VR, jó VT; 4. Közepes VNy és VK, nagy VR, jó VT; 5. Közepes VNy, gyenge VK, nagy VR, erősen VT; 6. Gyenge VNy, igen gyenge VK, erősen VT, kedvezőtlen vízgazd.; 7. Igen gyenge VNy, szélsőségesen gyenge VK, igen erősen VT, igen kedvezőtlen, extrémén szélsőséges vízgazd.; 8. Jó VNy és VK, igen nagy VR és VT; 9. Sekély termőrétegűség miatt szélsőséges vízgazd.

A gyengén, vagy erősen szikes, tözezes (6., 7., 8.), illetve sekély termőrétegűség (9.) miatt szélsőséges vízgazdálkodásúként leírt kategóriák kivételével a többi esetben a talaj vízgazdálkodása a szerkezeti állapot és a tömődöttség mellett elsősorban a fizikai talajféleséggel mutatott összefüggést.

A Kreybig-féle talajismereti térképsorozat a talajok mezőgazdasági szempontból kiemelkedő jelentőségű kémiai és fizikai tulajdonságainak térképezése céljából született. Megkíséreltük a Kreybig-féle térképeken feltüntetett, fizikai talajtulajdonságok alapján elkülönített csoportokat a Várallyay és munkatársai által kidolgozott vízgazdálkodási kategóriákkal párhuzamba állítani, hogy ezek alapján következtethessünk a lehetséges belvíz-érzékenyséjükre. A Kreybig-féle 1:25.000-es talajismereti térképsorozaton, a fizikai talajtulajdonságok alapján a következő osztályok különböztethetők meg: I. Jó víztartó és vízvezető képességű (VK) talajok (vályog); II. Közepes VK, a vizet erősebben tartó talajok (nehéz, agyagos-vályog); III. Gyenge VK, a vizet erősen tartó, erősebben repedező talajok (agyag); IV. Nagy VK, még jó víztartó talajok (könnyű, homokos-vályog); V. Igen nagy VK, gyengén víztartó talajok (homok); VI. Jó VK, a vizet igen erősen tartó talajok (magnéziumos talajok); VII. Szikes talajok (mezőgazdasági alkalmasságuk szerint): 1. mezőgazdasági művelésre alkalmas, gyengén szikes talajok; 2. mezőgazdasági művelésre

feltételesen alkalmas szikes talajok; 3. mezőgazdasági művelésre nem alkalmas, erősen szikes talajok; VIII. Tőzeges talajok; IX. Köves, kavicsos talajok; X. Sekély termőrétegű talajok; XI. Időszakosan vízállásos, vízjárta területek.

Az 1:25.000-es méretarányú Kreybig-féle Átnézetes Talajismereti Térképezés képezte az 1:75.000-es léptékű tájtermesztési térképek alapját. A tájtermesztési térképek foltrendszerre, illetve felépítésének logikája hasonló, bár kategóriarendszerük némileg eltér. A tájtermesztési térképek a talajismereti térképek generalizálásával születtek és olyan levezetett információkat (vízvezetőképesség) tartalmaznak, amelyek a talajismereti térképek nyers feldolgozásával nem állnak rendelkezésre. A tájtermesztési térképek digitalizálása és DKTIR-be integrálása után az egységes térinformatikai környezet lehetőséget ad az értékhozzáadott információk részletesebb térbeli felbontás melletti hasznosítására.

## **Eredmények**

### *A Várallyay- és a Kreybig-féle vízgazdálkodási kategóriák korreláltatása*

A Kreybig-féle csoportosítás 10 talajfizikai osztályt különböztet meg a Várallyay-féle 9 kategóriával szemben. A Kreybig-féle talajismereti térképsorozat adataival elsősorban a szántóföldi növénytermesztés támogatását célozta, a gazdáknak kívánt gyakorlati információkkal szolgálni, s bár talajfizikai alapról indul, szempontrendszerre ezért a másik osztályozástól kissé eltérő.

A Kreybig-féle osztályok egy része – fizikai talajféleségük meghatározása alapján – jól korreláltható a Várallyay-féle vízgazdálkodási kategóriákkal: a homok (1.), homokos vályog (2.), vályog (3.), agyagos vályog (4.), agyag (5.), illetve tőzeges talaj (8.) kategóriák egy az egyben megfeleltethetők egymásnak.

A Kreybig-térképeken a szikes talajok mezőgazdasági alkalmasságuk alapján 3 csoportba vannak sorolva, ez megközelítőleg a különböző mértékben (gyenge, közepes, erős) szikes talajoknak feleltethető meg. Mivel a Várallyay-féle vízgazdálkodási kategóriák közül csak kettő a szikes (enyhén, illetve erősen szikes talajok) kategória, a Kreybig-féle szikes osztályokat meg kellett osztani. A Kreybig-féle rendszerben mezőgazdasági művelésre alkalmas, vagy feltételesen alkalmas szikes talajokat az enyhén szikes (6.), míg a mezőgazdasági művelésre alkalmatlan szikeseket az erősen szikes (7.) Várallyay-féle kategóriáknak feleltettük meg.

A Kreybig-féle „köves, kavicsos talajok” szántóföldi gazdálkodási szempontból kevésbé értékes területeket jelölnek, s habár a „sekély termőrétegű” (nyomtatásban vízszintes vonalkázással jelölt) talajoktól eltérő felületkitöltő mintázat (apró háromszögek) jelöli, mindkettő besorolható a Várallyay-féle sekély termőrétegű talajok (9.) vízgazdálkodási kategóriába. A szerves talajok csoportjába tartozó tőzeges (Kreybig-féle osztály), illetve tőzeg és kotus talajok (Várallyay-féle kategória) egymásnak megfeleltethetők,

kibővítvé még a Kreybig-féle térképeken szereplő időszakosan vízállásos, vízjárta területekkel.

A Kreybig-féle rendszerezés külön kitér a magnéziumos talajokra. A Mg talajfizikai szerepének megítélése nem teljesen egységes. Blaskó és Karuczka (2001) különböző kicserélhető Mg-tartalmú talajokat vizsgálva megállapította, hogy „a kedvezőtlen fizikai tulajdonság kimutatható romlása a Na és Mg együttes hatásaként következik be és a Mg hatása nem jelentős, ha a rendszerben elegendő mennyiségű kicserélhető Ca is van”. Kreybig (1956) úgy találta, hogy a Mg növeli a talajok vízmegkötő képességét, ezzel tovább növelve a kötött talajok egyébként is nagy holtvíztartalmát. A fentiek alapján a Kreybig-féle osztályozásban magnéziumosként jelölt talajokat a Várallyay-féle vízgazdálkodási kategóriákon belül elsősorban az *erősen szikes* kategóriába soroltuk, nem zárva ki annak a lehetőségét, hogy – kisebb kicserélhető Mg és Na tartalom mellett – részben a gyengén szikes, részben az agyag fizikai féleségű talajok csoportjának tulajdonságait is hordozhatja (ezeket az 1. táblázatban zárójelben tüntettük fel).

**1. táblázat.** Az egymásnak megfeleltetett, Várallyay-féle vízgazdálkodási kategóriák és a Kreybig-féle talajféleségi osztályok a belvízképződésre való hajlam feltüntetésével

A 9 talaj-vízgazdálkodási kategória <i>fizikai talajféleségük szerint</i>	<i>Víznyelési sebesség (IR) mm/óra</i>	<i>Megfeleltethető Kreybig-féle osztályok</i>	<i>A terület vízborítás után hajlamos-e belvízképződésre?</i>
(1.) homok	> 500	V.	nem hajlamos
(2.) homokos vályog	150-500	IV.	gyengén hajlamos
(3.) vályog	100-150	I.	közepesen hajlamos
(4.) agyagos vályog	70-100	II.	hajlamos
(5.) agyag	50-70	III. (VI.)	erősen hajlamos
(6.) enyhén szikes, v. pszeudoglejes t.	10-50	VII./1-2.; (VI.)	igen erősen hajlamos
(7.) erősen szikes t.	< 10	VII./3.; VI.	szélsőségesen hajlamos
(8.) tőzeg, kotu	-	VIII., XI.	<i>eleve belvízesnek vett</i>
(9.) sekély termőrétegű t.	-	X.; IX.	<i>talajképző közettől függ</i>

*A talajok belvíz-érzékenységének numerikus indikátorai*

A Várallyay-féle vízgazdálkodási kategóriarendszer és a Kreybig-féle talajfizikai osztályok korrelációja lehetővé tette a DKTIR térképi talajfoltjainak a becsült víznyelési sebességgel való jellemzését. Első közelítésben ezt a becsült víznyelési sebesség értéket választottuk a talaj belvíz-érzékenység indikátoraként.

A talaj fizikai féleségén, illetve a víznyelési sebességen alapuló csoportosítás nem tudja figyelembe venni a talajok kiindulási nedvességállapotát (a csapadékesemény kezdetén), ami viszont döntő hatással a talaj ún. infiltrációs (beszivárgási) kapacitásának kiindulási értékére. Vízrel

telített, vagy fagyott talajfelszínre érkező csapadék nem tud beszivárogni még abban az esetben sem, ha a talaj mechanikai összetétele és a talaj szerkezete ezt egyébként lehetővé tenné. Ekkor a felszín horpadásainak ún. depressziós tározási kapacitásának túllépése után gyakorlatilag azonnal megindul a felszíni lefolyás.

A talajok vízvezető-képességi értékéről megállapítottuk, hogy a talajok belvív-érzékenységi tulajdonságának leírása szempontjából a víznyelési sebességnél jobban hasznosítható, pontosabban kvantálható információnak tűnik. A kiindulási alapként szolgáló Kreybig-féle térképekhez kapcsolódó ún. tájtermesztési térképek jelkulcsa tartalmaz vízvezető-képességre vonatkozó adatokat. Ezek az értékek egy-egy adott folthoz rendelt közelítő értékek, meghatározásuk módja eltérhet a jelenlegi gyakorlattól, ezért a számértékeket csak, mint belvív-érzékenységi indikátorokat vettük figyelembe.

A feltüntetett vízvezető-képességi érték a telített (kétfázisú) talajállapotra vonatkozik számszerűsítve. Ideális esetben a beszivárgás során a vízbefogadás sebessége idővel elér egy egyensúlyi állapotot, s az állandósult vízáteresztés értéke a telített állapotra vonatkozó vízvezető-képességi értékhez ( $K_s$ ) közelít. Ennek alapján a jelkulcsban feltüntetett vízvezető-képességi értékeket a belvív-érzékenység numerikus indikátorának tekinthetjük.

Ahhoz, hogy a készülő belvív-veszélyeztetettségi térkép ne veszítse el kapcsolatát a korábban kidolgozott, Várallyay-féle 9 kategóriával összhangba hozott 1:25.000-es adatállománnyal, a tájtermesztési térképek kategóriarendszerét néhány összevonással, illetve kiegészítéssel hozzákapcsoltuk a Várallyay-féle osztályokhoz (2. táblázat). Azokra a kategóriákra, melyekre a jelkulcsban nem volt érték, becsült értékeket adtunk. A becsléssel elsősorban az adott csoportnak a többi kategóriához való viszonyát számszerűsítettük.

A belvív-veszélyeztetettségi térkép elkészítéséhez előkészített talaj belvív-érzékenységi mutató (numerikus indikátor) végeredményben a 2. táblázat ötödik oszlopában szereplő átlagolt, illetve *becsült* vízvezető-képesség érték cm/óra-ban megadva. Ennek térképe a vizsgálatba vont Békés-Csandái löszhát területére a 2. ábrán látható.

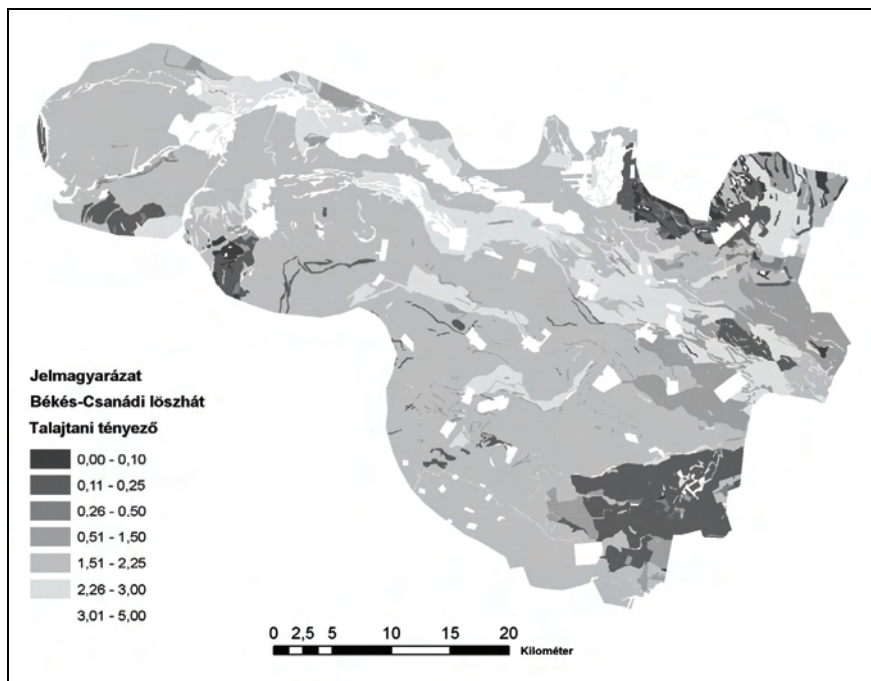
**2. táblázat.** A talaj belvív-érzékenységi mutatója  
(vízvezető-képesség érték, cm/óra)

Várallyay-féle 9 kategória, <i>fizikai talajféleség szerint</i>	IR (mm/óra)	Megfeleltethető ún. Tájtermesztési kategória	Megadott vízvezető-képesség, mm/óra (Tájterm. jelkulcs alapján)	Indikátorként használt átlagolt, illetve <i>becsült</i> vízvezető-képesség érték (cm/óra)
(1.) homok	500	(1.,3.) savanyú/karbonátos, nem humuszos homok	<b>40-60</b>	<b>5,00</b>
(1.) homok	500	(2.,4.) savanyú/karbonátos, humuszos homok	<b>20-40</b>	<b>3,00</b>
(2.) homokos vályog	325	-	-	(2,30-3,00) 2,60
(3.) vályog	125	(5.) kitűnő vályog és öntésiszap-talajok	<b>15-30</b>	<b>2,30</b>
(3.) vályog	125	(6.) felszínben savanyú, kitűnő minőségű vályog- és agyagtalajok	-	1,50*
(4.) agyagos vályog	85	-	-	(1,00-1,50) 1,30
(5.) agyag	60	(7.) Igen erősen kötött, savanyú mészigényes agyagok és vályogok	<b>5-15</b>	<b>1,00</b>
(6.) enyhén szikes, v. pszeudoglejes t.	30	(10.) enyhén szikes talajok, mezőgazd.	-	1,10**
(6.) enyhén szikes, v. pszeudoglejes t.	30	(11.) enyhén szikes talajok, feltételelesen mezőgazd.	-	0,50
(7.) erősen szikes t.	10	(12.) erősen szikes talajok	-	0,10***
(8.) tőzeg, kotu	0	(9.) tőzeg és kotus talajok	-	-
(9.) sekély termőrétegű t.	-1	(8.) sekély termőrétegű talajok	-	-

\* Az 5. kategóriához tartozó alsó érték.

\*\* Az A és B szintben a művelés keverő hatása érvényesülhet.

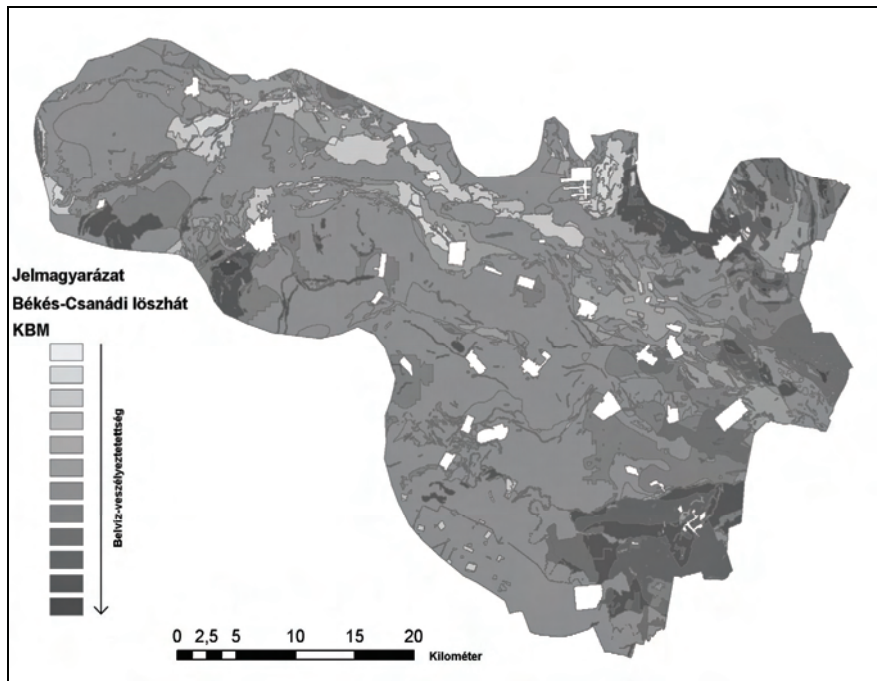
\*\*\* A mérés a gyakorlatban nagy szórást mutat, a duzzadás és a felszíni repedezettség bizonytalanná teszi.



**2. ábra.** A talaj belvív-érzékenységi mutatójának térbeli eloszlása a Békés-Csanádi löszháton

A bemutatott talajtani tényező meghatározó részt képez a veszélyeztetettségi térkép szerkesztésében, melyben 6 fő tényezőt alkalmaztunk: hidrometeorológiai, domborzati, talajtani, földtani, talajvíz és földhasználati tényező. Minden tényezőt egyetlen számértékkel jellemeztünk, olyan számmal, amely véleményünk szerint legjobban kifejezi az adott tényezőnek a belvízképződésben játszott szerepét. A statisztikai vizsgálatokhoz szükséges függő változóhoz előállítottuk a belvív-gyakorisági térképet, mely a sokéves elöntési térképek alapján készült. A gyakorisági értékek területi eloszlását összesítő térképi állomány EOV vetületi rendszerbe illetve tartalmazta a különböző években előfordult elöntések figyelembevételével számított gyakorisági értékeket. A felsorolt tényezők térképeit digitális formában fedvényként egymásra illesztettük, és egy regressziós egyenlet segítségével differenciált módon összegeztük az egyes tényezőket. A regressziós egyenleteteket úgy állítottuk elő, hogy az egyes befolyásoló tényezőket, mint független változókat, a tényleges belvízi elöntésekből meghatározott elöntési gyakorisággal, mint függő változóval vetettük össze. Az így kapott Komplex Belvív-veszélyeztetettségi Mutatóból (KBM) szerkesztettük meg a végső szintézistérképet (3. ábra).





3. ábra. A KBM alapján szerkesztett belvív-veszélyeztetettség térkép

### Köszönetnyilvánítás

A feladat kidolgozását az FVM Természeti Erőforrások Főosztálya támogatja.

### Irodalomjegyzék

- BLASKÓ, L., KARUCZKA, A., (2001): Különböző kicserélhető magnézium-tartalmú talajok néhány fizikai tulajdonsága, *Agrokémia és Talajtan* **50**. 3-4. 383-396.
- KREYBIG, L., (1956): *Az agrotechnika tényezői és irányelvei*, Akadémiai Kiadó, Budapest. 518 p.
- PÁLFAI, I., (1992): *Belvízzel veszélyeztetett területek az Alföldön*. Kézirat. Környezetgazdálkodási Intézet, Környezetvédelmi Tájékoztató Szolgálat, Budapest. 83 p.
- PÁLFAI, I., (2000): *Az Alföld belvízi veszélyeztetettsége és aszályérzékenysége*. Békéscsaba. *A Nagyalföld Alapítvány Kötetei*. **VI**. 206-219.
- PÁSZTOR, L., SZABÓ, J., BAKACSI, ZS., CSÖKLI, G., ZÁGONI, B., (2001): '1:25.000-es méretarányú talajtani-földrajzi mintázat az ország egyes területein a Kreybig Digitális Talajinformációs Rendszer alapján', In: 'A földrajz eredményei az új évezred küszöbén', (Szerk.: G. DORMÁNY, F. KOVÁCS, M. PÉTI, J. RAKONCZAI). CD-ROM (ISBN 963 482 544 3), Szegedi Tudományegyetem TTK Természeti Földrajzi Tanszék.

- PETRASOVITS, I., VAJDAI, I., (1982): A termőhelyi víztöbbletek termelést korlátozó hatásai. In: Sík vidéki vízrendezés és gazdálkodás. (Szerk.: PETRASOVITS I.) 19-37. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- SALAMIN, P., (1966): Vízrendezések. Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem, Mérnöki kar, Szakmérnöki tagozat, Mérnöki Továbbképző Intézet kiadványa (M. 166.). Tankönyvkiadó, Budapest (kézirat).
- SZABÓ, J., PÁSZTOR, L., BAKACSI, ZS., ZÁGONI, B., CSÖKLI, G., (2000): 'Kreybig Digitális Talajinformatikai Rendszer (Előzmények, térinformatikai megalapozás). Agrokémia és Talajtan **49**. 1-2. 265-276.
- TAMÁS, J., (2003): Problems and solutions of field scale agro-ecological data acquisition and data interpretations in agroinformatical domain. Applied Ecology and Environmental Research **1**. 1-2. 143-157.
- VAJDAI, I., (1974): A káros vízbőséggel (belvízzel) kapcsolatban eddig kialakult és újabban javasolt fogalmak és a károsodási formák ismertetése. Agrártudományi Egyetem Közleményei, 177-182.
- VÁRALLYAY, GY., SZÜCS, L., RAJKAI, K., ZILAHY, P., MURÁNYI, A., (1980): Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszere és 1:100000-es méretarányú térképe. Agrokémia és Talajtan **29**. 1-2. 77-112.
- VÁRALLYAY, GY., 2003. A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. Mezőgazdasági vízgazdálkodási szakirányú továbbképzési szak, Budapest-Gödöllő. 168 p. (egyetemi jegyzet)