

Kun Ágnes¹ – Barta Károly² – Katona Orsolya³

AZ M43-AS AUTÓPÁLYA ÁLTAL INDUKÁLT 2010-11-ES BELVÍZ TALAJTANI HATÁSAI⁴

BEVEZETÉS

A 2009-2010-es évek hidrometeorológiai jellemzői 2009 ősztől 2011 tavaszáig olyan mértékű belvízi elöntéseket eredményeztek az Alföldön, mely alapján a jelzett másfél évet 1940-42, 1966-67, 1970 és 1999-2000 mellett az elmúlt száz év egyik legjelentősebb belvizes időszakaként tarthatjuk számon. A jól ismert kialakító tényezőkön (Pálfai 2004, Rakonczai et al. 2011) túlmenően számos helyen az újonnan épült vonalas létesítményeknek is nagy szerepe volt a belvízhelyzet kialakulásában, vagy fokozásában (Barta et al. 2011, Kozák 2011). Jellemző példaként említhetjük meg a 2010 tavaszán megnyitott M43-as autópálya Szeged-Makó közötti szakaszát, mely mentén ugyancsak nagy területeket öntött el a belvíz. A területen szokatlanul számító belvíz kapcsán felmerült a kérdés, hogy a több mint másfél éves vízborítás milyen hosszútávú talajtani változásokat, hatásokat indukál az említett autópálya menti mezőgazdasági területeken.

A belvíz megjelenése és az általa okozott károk összefüggnek a talajnedvesség állapotával. Kienitz (1968) szerint „a mezőgazdaság belvízproblémája ma már nem korlátozódik a felszíni elöntések kérdéseire, hanem kiterjed arra a káros vízbőségre is, amely a talaj termőterében fellépett”. A talaj csak a vízgazdálkodási tulajdonságainak megfelelő mértékben képes a vizet tárolni, az ezen felül megjelenő többletvíz már terhelést jelent a számára. Azt, hogy a terhelés hogyan hat a talajra, a talajban végbemenő kémiai és fizikai változások, az elinduló degradációs folyamatok mértéke mutatja meg.

A talaj túl bő nedvessége, amely az anaerob folyamatok kialakulásához vezet, a talaj kémiai tulajdonságainak megváltozását okozhatja. Grecsin (1963) oxigénhiány hatását vizsgálta öntözött podzol és Szarvas környéki réti talajokban. Megállapításai szerint már 15 napos vízborítás jelentősen csökkenti a talajlevegő oxigéntartalmát, növeli a kétvegyértékű vasvegyületek mennyiségét, csökkenti a foszfor és a nitrát mennyiséget, valamint a humusztartalmat. Vajdai (1999) kísérletei és megfigyelései alapján szintén megállapítja, hogy a belvízborítás időtartamától függően 5, 10, illetve 20 nap levegőtlen állapot után a talaj felvehető nitrogéntartalma akár 20, 45 és 60 százalékkal is csökkenhet. A vízborítás során a talajból kioldódó szervesanyag-koncentráció további tápanyagvesztést képes okozni azáltal, hogy a levezetett, elszivattyúzott belvízzel együtt a szerves anyag jelentős része is távozik a területről, melynek mennyisége 500-1500 mg/l között változhat (Vajdai 2010). A 2012-es évi száraz tavaszi időszak nem adott lehetőséget a kémiai változások kimutatására, viszont az előző évek vízborításainak hatására végbemenő talajfizikai változások vizsgálata így is lehetséges volt.

A belvíz okozta fizikai degradáció leginkább a talaj felső rétegében okoz szerkezeti károsodást. A talajszerkezetre gyakorolt degradációs hatást a talajmorzsák vízállóságának

¹**Kun Ágnes:** Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék
Email: kunagnes87@gmail.com

²**Barta Károly:** Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék
Email: barta@geo.u-szeged.hu

³**Katona Orsolya:** Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék
Email: orsi1983@gmail.com

⁴Jelen kutatási eredmények megjelenését „Az SZTE Kutatóegyetemi Kiválósági Központ tudásbázisának kiszélesítése és hosszú távú szakmai fenntarthatóságának megalapozása a kiváló tudományos utánpótlás biztosításával” című, TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 azonosítószámú projekt támogatja. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

csökkenése bizonyítja (Vajdai 1966). A talajmorzsák akkor tudják funkcióikat ellátni, ha megfelelő stabilitásúak, vagyis ha az aggregátumon belüli összetartó erők meghaladják a rájuk ható romboló erőt. Ezt a tulajdonságukat aggregátum-stabilitásnak nevezzük (di Gleria et al. 1957). Ha az aggregátumok kisebb egységekre vagy elemi részecskékre esnek szét, a talajszerkezet megbomlik, az aggregátumok a talaj tömegében átrendeződnek. A legkisebb felszabaduló elemi részecskék eltömik a pórusokat, ezáltal megváltozik a pórustér jellege és a talajszerkezet minősége leromlik (Huisz 2007). Aggregátumokat romboló külső hatás a belvízborítás is, minek következtében a felszíni talajrétegen látványos az eliszapolódás. Az eliszapolódott réteg a kiszáradás során kérgessé válik és rontja az alsóbb rétegek vízgazdálkodási tulajdonságait is. Ez a réteg az agyagfrakciók miatt megnövekedett térfogatsúllyal jellemezhető. A víz levonulása után a kéreg kiszárad, és megakadályozza a talaj levegőzését. A talaj víz-levegő egyensúlya lassabban alakul ki, felmelegedése vontatottabban halad. Ez az állapot a redukációs folyamatok meghosszabbodását és az egyéb (fent említett) kémiai tulajdonságok megváltozását vonja maga után (Petrasovits és Vajdai 1982).

A feltalaj mikro- és makroaggregátumok minőségében bekövetkező változások mellett a művelt réteg alatti talajrétegekben is számos előnytelen folyamat indulhat el. A belvíz miatt túlnedvesedett talajon alkalmazott nem megfelelő agrotechnikai módszerek szintén rontják a talaj szerkezeti állapotát; tömörödést idézhetnek elő (Birkás és Gyuricza 2004). A képlékenység alsó határa (sodrasi határ) az a nedvességtartalom, ahol a kötött talajok különböző földmunkái elvégezhetőek anélkül, hogy a talaj szerkezetében károsodást okozzanak (Kádár 1998). Ha ennél a konzisztencia értéknél nedvesebb a talaj a művelés időpontjában, térfogattömeg-növekedés, azaz tömörödés következhet be a mezőgazdasági gépek hatása miatt. Ezt a hatást erősíti, ha a szántás és tárcsázás azonos mélységű az egymást követő évek során, ekkor eketalp- és tárcsatalp-réteg alakulhat ki, amely fokozza a belvíz kialakulásának lehetőségét (Birkás et al. 2009).

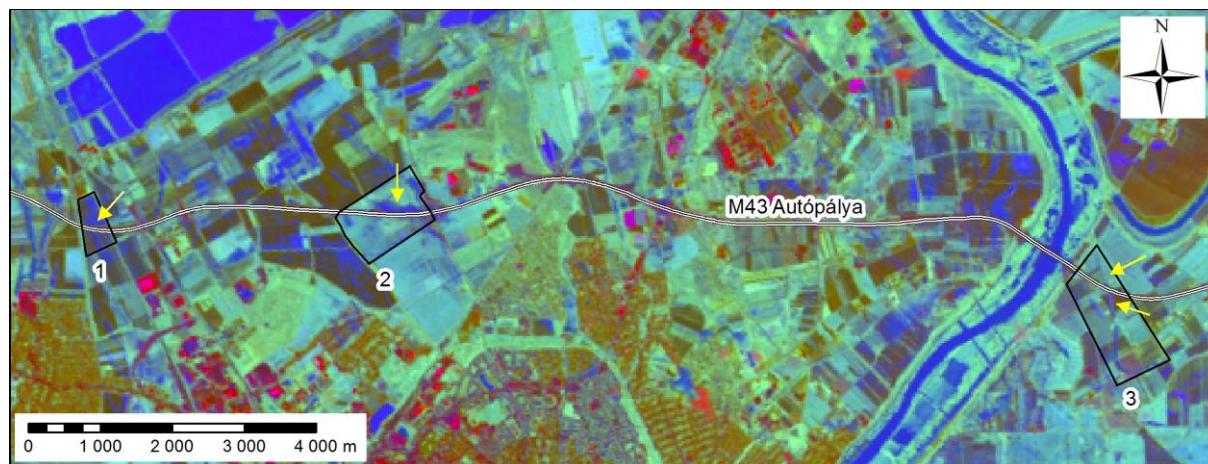
Vizsgálataink célja volt, hogy megállapítsuk, a vízborítást követő években kimutatható-e még bármilyen irányú szerkezeti változás a talajban. Új vizsgálati módszerként kísérletet tettünk lézeres szemcseanalizátorral meghatározni a feltalajra jellemző aggregátum-stabilitást. A tömörödés vizsgálatához talajellenállás méréseket végeztünk 3T System típusú penetrométerrel (Szöllösi 2003), illetve bolygatatlan minták segítségével meghatároztuk a talaj alapvető szerkezeti és vízgazdálkodási tulajdonságait.

MINTATERÜLETEK

Az 1986 és 2011 közötti időszak legcsapadékosabb éveiről összesen hét (Landsat és Rapideye) műholdfelvétel állt rendelkezésünkre, hogy meghatározzuk az M43-as autópálya által érintett területek belvízelöntéseinek előfordulásait. A felvételek alapján három, az elöntés szempontjából érdekes területet találtunk (1. ábra). Az 1986 előtti időszak belvízelöntéseiről az Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság terepi felmérései nyújtanak információt. Az 1. ábrán Landsat műholdfelvétel (2010.06.05) alapján készült Tasseled Cap vegetációs index látható. A vegetációs index alkalmas a Landsat felvételek spektrális adattartalmát növelni, így a vegetációról kapott további specifikus információk nyerhetőek. A fényességi, zöld és nedvességi index közül az utóbbi alkalmas a vízfelületek és nedves talajok pontosabb lehatárolására. A térképen ezen területek lehatárolása piros színnel történt.

Az első mintaterület a 2010 tavaszán átadott M43-as autópálya és az 5-ös számú főút csomópontjától nyugatra fekvő parcellákat foglalja magába. Elöntési gyakoriság szempontjából közepesen veszélyeztetett területnek számít (Pálfai 1994). A Vízügyi Igazgatóság felmérése alapján a terület egy része 1978-ban elöntés alatt volt, azonban a műholdfelvételek szerint – 2000-ben annak ellenére, hogy a többi mintaterület egyaránt

előntés alá került – érdekes módon ezen a területen nem jelent meg a belvíz. Az autópálya megépülése után, 2006-ban a töltés menti területek április elejétől június végéig folyamatosan vízzel borítottak, de 2010-11 tavaszán is jelentős belvizes időszakok voltak jellemzőek.



1. ábra: Visszaduzzasztott belvizek az M43-as autópálya mentén a mintaterületek feltüntetésével.

A második mintaterület az autópálya sándorfalvi úti csomópontja mellett található. Jelen cikkünk ezen mintaterület részletes terepi és laboratóriumi eredményeit taglalja. A terület előntési gyakoriság szempontjából erősen veszélyeztetettnek számít (Pálfai 1994). Az autópályától délre és a mintaterület nyugati részében 1971-ben és 1975-ben volt belvízelöntés, de a mintavételi helyszínen a Vízügyi Igazgatóság által nem volt felmért belvízfolt. A műholdképek alapján 2000 és 2006 márciusában volt belvízborítás, mely egy egykori, ma már löszrel fedett, lapos mélyedés formájában megjelenő meder vonalában volt megfigyelhető. 2006-ban június végére már eltűnt a területről a vízborítás. 2010-11-ben a jelentős csapadéknak köszönhetően újra belvíz volt jellemző a területen. A korábbi évekkel ellentétben ekkor (márciusban) nem a mederben jelent meg először a felszínen összegyűlt víz, hanem az akkorra elkészült autópálya mentén borított el nagyobb részt a szántóföldből. Később – a tartósan fennálló csapadékos időjárásnak köszönhetően – júniusban megnőtt az előntés nagysága, és az egykori medervonulatokat is elborította. Ezen kívül észrevehető még, hogy míg 2006-ban az autópálya vonalától északra és délre egyaránt megjelent a belvíz, addig 2010-ben, az autópálya megépülése után annak északi oldalán több területen van jelen, mint korábban. A déli lejtésű területen az autópálya visszaduzzasztó hatása egyértelműen igazolt (Barta et al. 2011).

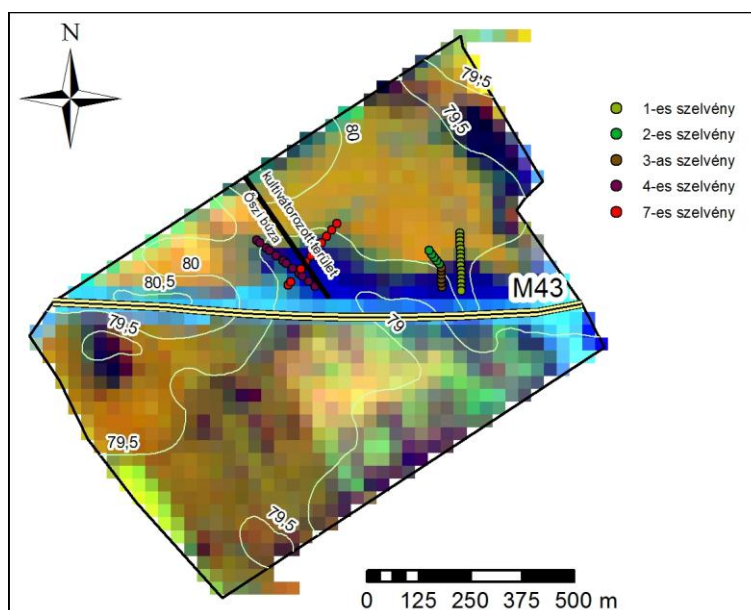
Az eddig ismertett két terület talajtípusa az Agrotopográfiai térkép (1985-86) alapján löszön kialakult réti csernozjom. Vályog fizikai féleségű, jó víznyelő, vízvezető és jó víztartó tulajdonságokkal rendelkező talaj. A legutóbbi belvizes időszakban őszi búzát termeltek a két területen.

A harmadik terület, ahol az autópálya felszínmódosító hatása látványosan befolyásolja a belvízelöntés megjelenését, a Tisza bal partján található. Egy egykori mederszakasz teljes hosszában rendszeresen belvízborított a 2010 előtti műholdfelvételek alapján, azonban az autópálya megépülése után attól északra nem jelenik meg belvíz (1. ábra). A meder északi része nem került víz alá sem az extrém csapadékos 2010-es évben, sem 2011-ben. Az Agrotopográfiai térkép (1985-86) alapján talajtípusa réti öntéstalaj, nehézagyg fizikai féleséggel jellemezhető, gyenge vízvezetésű és erősen víztartó tulajdonságokkal rendelkező talaj. A domborzati viszonyoknak köszönhetően mégis megszűnt a felszíni vízborítás a pályatöltés megépülése után.

MÓDSZEREK

MINTAVÉTEL

Az 1. ábrán 2-es számmal jelölt mintavételi területen 5 db különböző hosszúságú (40, 50, 140, 180 és 190 m) katénát jelöltünk ki, melyeket 2012. március 21-22-én 10, ill. 20 m-es távontként mintáztunk (2. ábra). Amint a 2. ábrán látható, a katénák déli része 2010-11-ben belvízborítás alatt állt, míg az északi pontok szárazon voltak. Kivételt ez alól a 4-es szelvény képez, mely az egykori medermaradványról reprezentál egy keresztmetszetet. A mérési pontokban penetrométerrel talajellenállás és –nedvességtartalom-meghatározást végeztünk, illetve talajmintát vettünk 60 cm-es mélyséig, valamint 12 db kiválasztott pontból bolygatatlan talajmintát gyűjtöttünk a feltalajból és az eketalp-rétegből.



2. ábra: A katénák és mintavételi pontok elhelyezkedése. A kék pixelek a belvíz területi elhelyezkedését mutatják.

AGGREGÁTUM VIZSGÁLATOK

Az aggregátum-stabilitás, illetve -minőség meghatározásához a lézeres szemcseösszetétel-mérés a hazai gyakorlatban kevésbé elterjedt, mint külföldön. A módszer alkalmazhatóságára azonban az elmúlt 20 évben a témában készült tanulmányok adnak bizonyítékot. Míg a mérőműszerek közt csak árnyalati különbségek vannak, addig az alkalmazott vizsgálati módszerek és mérési koncepciók közti eltérés széles skálán mozog. Nem lehet figyelmen kívül hagyni, hogy az egyes szerzők eredményei épp e differenciálódás miatt nehezen vethetők össze egymással (Field és Minasny 1999, Westerhof et al. 1999, Mason et al. 2003, 2011, Badin et al. 2009, Bieganski 2010).

Méréseinkhez a Fritsch Analysette 22 típusú lézeres szemcseanalizátort használtuk, amely 0,08–2000 μm mérettartományban képes mérni a talajszemcsék eloszlását. A méréshez a talaj legfelső 10 cm-éből származó mintákat használtuk fel. Előkészítésük során meghatároztuk az aktuális nedvességtartalmukat, majd kiszárítva 1,6 mm-es szitán átszitáltuk. A mérés során állandó energia mellett (cirkuláció vagy ultrahang) a változó idő függvényében vizsgáltuk az aggregátum szétesésének mértékét. Vizsgálatainkban alapvetően két különböző módon mértünk. Elsőként ultrahang nélkül végeztünk el 10 mérést (20 másodperces szünetekkel a mérések közt), mely során a víz romboló erejét vizsgáltuk. A lehetséges

keringési sebesség beállításai közül a maximális, 10-es erősséget alkalmaztuk. Másodikként az aggregátumok teljes szétesése, a teljes diszperzió elérése volt a cél. A diszpergálás történhet kémiai és fizikai úton (ultrahanggal), illetve a szakirodalomban a két módszer kombinációjára is van példa (Mason et al. 2003). Gyorsabb módszer az ultrahangfürdő alkalmazása, amely most már az új készülékekben beépítve megtalálható (Ryzak és Bieganowski 2011). Munkánkban az ultrahang romboló erejét kihasználva ultrahangfürdő alkalmazása közben 3 mérést végeztünk, melyek közül az utolsó mérés eredményeképpen kapott szemcseméret-eloszlást elemeink tekintettük.

Az aggregátumok hierarchiájának jelenléte, vagyis a szétesés jellemezhető a szemcseméret eloszlással. 3 méretfrakciót különítettünk el minden talajmintánál (A, B és P-vel jelölve ezeket), melyek változásai eltérő tendenciát mutatnak az aggregátumok szétesése közben. A, a legnagyobb méretű frakció folyamatosan csökken az aggregátumok szétszakadásának következtében, míg B frakció először folyamatosan nő az A csoportból felszabaduló mikroaggregátumok és elemi szemcsék következtében, majd csökken, mivel a mikroaggregátumok is diszpergálni kezdenek. P-re, a legkisebb frakcióra a diszperzió következtében folyamatos felhalmozódás jellemző. Az A+B+P összege mindig 100%-ot ad eredményül (Field és Minasny, 1999). A frakcióhatárok különbözőek az eltérő talajtípusok esetében, mi más szerzőkhöz hasonlóan (Mason et al. 2011, Westerhof et al. 1999) Field és Minasny (1999) „first order rate law” törvényét adaptáltuk, és a talajunkra jellemző mérettartományokat a fentiek szellemében határoztuk meg méréseink után.

A diszpergálás előtti és utáni állapot szemcseanalízise alapvetően abban különbözik, hogy az előbbi az effektív, az utóbbi az elemi szemcseeloszlást reprezentálja (Slattery és Burt, 1995, 1996, Bauselnick et al. 1999, Mason et al. 2003, 2011). Az effektív eloszlás analízise során a szuszpenzió nemcsak a szemcséket tartalmazza, hanem azokat az aggregátumokat is, amelyek nem estek szét a víz cirkulációjának, mechanikai romboló erejének következtében.

A talaj szerkezetességének jellemzésére a Kacsinszki-féle diszperzitásfaktort (K_d) használtuk fel:

$$K_d = (a/A) * 100 \quad (1)$$

ahol a : a mikroaggregátum analízisekor kapott agyagtartalom m/m%-ban,

A : a mechanikai elemzésből származó agyagtartalom m/m%-ban.

Ez gyakorlatilag megmutatja, hogy az agyagszemcsék (<0,002 mm) hány százaléka nincsen koagulált állapotban (Buzás 1993). Saját számolásaink során a mikroaggregátum-analízisnek megfelelően az effektív szemcseméret-eloszlást, az agyagtartalom helyett pedig a legkisebb, korábban említett P méretfrakcióval számoltunk. A legtöbb mintában ez a 30 mikron (0,03 mm) alatti tartományt jelenti. Mechanikai elemzés agyagtartalma helyett szintén az elemi szemcseeloszlás P frakcióját használtuk. Minél nagyobb ez az érték, annál inkább elporosodott a talaj.

Az effektív és elemi szemcseméret-eloszlás a stabil aggregátumok meghatározásához használható fel. Az utolsó ultrahang nélküli és az ultrahang utáni mérés A frakciójának különbségeként kiszámolható azoknak az aggregátumoknak a mennyisége, amelyek épen maradtak a víz cirkulációjának hatása ellenére. Az így kapott mennyiség csupán az aggregátumokra vonatkozik, nem tartalmaz elemi szemcséket.

TÖMÖRÖDÖTTSÉGMÉRÉS

A 2. ábrán feltüntetett pontokban három ismétléssel végeztünk méréseket 3T System típusú elektronikus talajréteg-indikátorral. Az eszköz 0-60 cm-en 1 cm-enként méri a talaj nedvességtartalmát (a szántóföldi vízkapacitás %-ában), illetve a behatolási ellenállást kPa-ban, és a mért adatokat elektronikusán tárolja (3. ábra).



3. ábra: 3T System penetrométer

A kapott eredmények feldolgozása során a kiugró értékeket javítottuk, egy-egy adatsort indokolt esetben mérési hiba miatt nem használtunk fel az elemzés során. Egy adott pont talajjellenállását 3 ismétlés átlaga reprezentálja. Technikai hibából adódóan a talajnedvességmérés eredményei nem voltak értékelhetőek, de a bolygatatlan talajmintákon végzett gravimetriás mérések (ld. később) segítségével megállapíthatóvá vált, hogy 25-30 cm alatt még mindenhol szántóföldi vízkapacitásig telített volt a talaj.

A talaj egyéb vízgazdálkodási és szerkezeti tulajdonságainak meghatározása érdekében katénánként néhány ponton 100 cm³-es bolygatatlan mintákat is gyűjtöttünk a területről. A pontok kiválasztásában a legfontosabb szempont az volt, hogy szelvényenként legalább két pont a belvizes és legalább két pont a száraz szakaszokat reprezentálja. A mintákat több ismétlésben vettük, majd a laboratóriumi eredményeket átlagoltuk. A bolygatatlan patronokban lévő talajmintákat telítve, majd szakaszosan eltávolítva belőle a vizet gravimetriás módszerrel (Stefanovits 1996) a következő tulajdonságokat határoztuk meg: felvételi nedvességtartalom, térfogattömeg, maximális és szántóföldi vízkapacitás. Ezek az eredmények felhasználhatók az aggregátum-vizsgálatot és a penetrométeres mérési eredmények kiegészítésére.

EREDMÉNYEK

AGGREGÁTUM VIZSGÁLATOK

Az aggregátum vizsgálatok legfontosabb eredményeit az 1. táblázatban foglaltuk össze. A Kacsinszki-féle diszperzitásfaktor az 1-es, 4-es és 7-es szelvény mentén mutat csökkenést, ami azt jelenti, hogy távolodva az autópályától a P frakció egyre nagyobb hányada van beépülve az aggregátumokba. A számos kiugró értékkel jellemezhető szelvényekben azonban olyan alacsony a korreláció ($R^2 < 0,25$), hogy a változás nem tekinthető szignifikánsnak. Az első szelvény esetében a legnagyobb a diszperzitás foka, itt a legkevesebb a mikroaggregátum. A mikroaggregátumokat nem, vagy csak kis mennyiségben tartalmazó talajokban hiányoznak a morzszaképződés feltételei. Önmagukban azonban ezek a mutatók nem használhatóak fel a talaj szerkezetének jellemzésére. A sok mikroaggregátum jelenléte nem jelenti azt, hogy a talaj makrostruktúrája megfelelő (di Gleria 1957), méréseink ezt részben alátámasztják, ugyanis a legtöbb stabil aggregátum előfordulása nem köthető a legjobb szerkezeti mutatók előfordulásához.

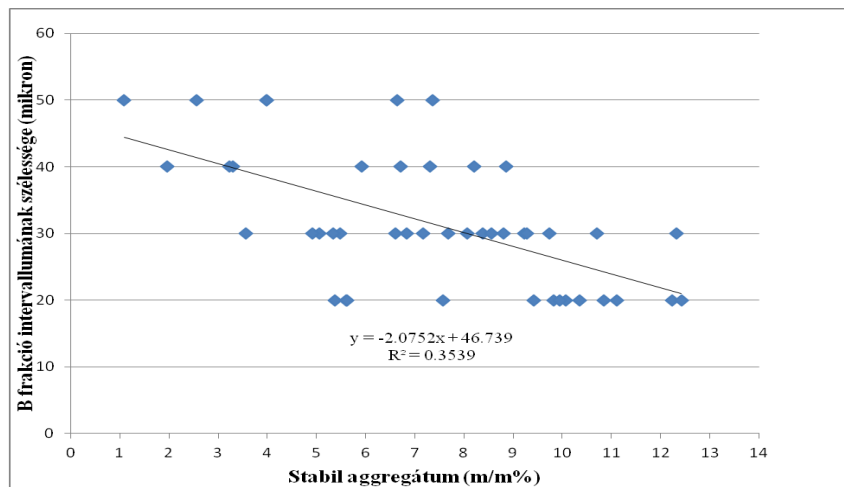
1. táblázat: A stabil aggregátumok mennyisége, a Kacsinszki-féle diszperziófaktor és a B frakció mérettartományának szélessége a vizsgált pontokban
A halványszürke sorok a belvizes pontokat jelölik.

Szelv. szám	Mintaszám	Stabil aggr. (tömeg%)	Kacsinszki-féle diszp. faktor	B frakció szélessége (µm)	Szelv. szám	Mintaszám	Stabil aggr. (tömeg%)	Kacsinszki-féle diszp. faktor	B frakció szélessége (µm)
1	6	9,82	55,37	20	4	3	12,33	41,54	30
	7	5,61	57,52	20		5	11,11	53,25	20
	8	8,06	50,94	30		7	10,08	51,91	20
	9	8,38	51,83	30		8	4,92	53,40	30
	10	8,56	43,53	30		10	5,49	47,62	30
	11	5,37	59,76	20		12	10,36	52,76	20
	12	7,58	56,86	20		13	10,84	55,33	20
	14	5,62	57,04	20		15	7,31	37,04	40
	15	9,22	44,12	30		18	9,73	47,33	30
	16	7,69	46,50	30		20	10,71	44,99	30
	17	8,81	49,69	30		21	3,99	37,75	50
	18	12,24	47,83	20		átlag	8,81	47,54	29,09
	20	3,56	48,65	30					
	átlag	7,73	51,51	25,38					
2	4	6,71	43,00	40	7	2	9,95	53,02	20
	5	2,56	38,08	50		3	6,60	51,02	30
	6	9,27	48,11	30		7	8,21	37,15	40
	8	9,41	54,64	20		9	6,84	47,29	30
	átlag	6,99	45,96	35,00		11	1,95	47,86	40
3	7	7,17	48,26	30		13	6,64	29,65	50
	8	5,07	49,90	30		15	5,34	49,55	30
	9	12,43	50,33	20		17	7,36	30,93	50
	10	3,29	43,42	40		19	3,24	43,50	40
	11	3,98	26,51	50		21	5,91	38,07	40
	12	8,86	33,70	40		átlag	6,20	42,80	37,00
	17	1,09	42,95	50	vizes átlag	7,63	49,06	28,15	
átlag	5,98	42,15	37,14	vizes szórás	2,68	7,27	8,18		
				száraz átlag	6,84	43,05	36,67		
				száraz szórás	2,91	6,59	9,73		

Vízállóság szempontjából stabil aggregátumnak azokat tekintettük, amelyek épen maradtak az ultrahang nélküli mérés ideje alatt. Ehhez a legnagyobb méretű frakciót vizsgáltuk meg, azt a csoportot (A), amely a mérés ideje alatt folyamatosan csökkent már az első beméréstől kezdve. A frakció mérettartománya minden minta esetében külön került meghatározásra, de általában a teljes mintából a 60 mikronnál nagyobb átmérővel rendelkező szemcsék tömegszázalékát jelenti. A szelvények közül egyértelműen a 4-es számú mutatja a legmagasabb átlagértéket, melynek vélhetően nem a belvíz hatása, hanem az alkalmazott agrotechnikai eljárás áll a háttérben: ez a szelvény teljes egészében a fél éve bolygatatlan búzatáblában húzódik (ld. 2. ábra). Ugyanezt támasztja alá a belvizes és a száraz pontok eredményeinek átlaga is: a belvízborítás elmúltá óta eltelt egy év agrotechnikai beavatkozásai (szántás, tárcsázás) a szántott rétegben eltüntették a kialakult szerkezeti különbségeket.

Módszertani szempontból megemlítendő eredmény még, hogy a három vizsgált mutató közül a stabil aggregátumok kapcsolatot mutatnak a B méretfrakció tartományával (4. ábra). Az adataink alapján megállapítható, hogy minél nagyobb a B frakció szélessége, annál

kevesebb az adott mintában a stabil aggregátum. A B frakció meghatározása, hasonlóan az A-hoz és P-hez minden mintára egyedi mérettartomány alapján valósult meg.

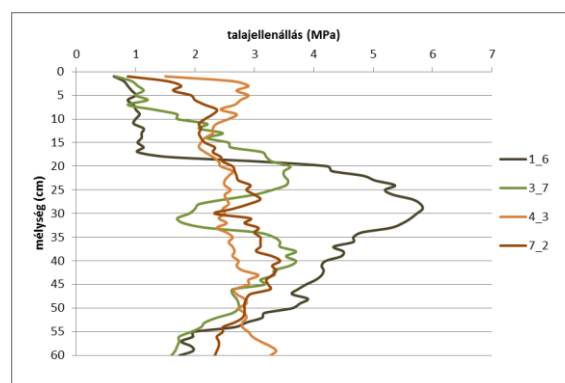


4. ábra: Összefüggés a stabil aggregátumok aránya és a B frakció mérettartományának szélessége között

TÖMÖRÖDÉS

A mérés előtti napokban az 1, 2, 3-as szelvény és a 7-es szelvény egy része 15-20 cm mélységben kultivátorozva lett, így ezt az eredmények értékelése során figyelembe kell venni. Ez azt jelenti, hogy a tömörödöttséget jellemző mutatókat alapvetően az eketalp-rétegre koncentrálni (25-30 cm alatt) tudjuk elemezni.

A részletes elemzés előtt érdemes megjegyezni, hogy az autópályához eső legközelebbi pontok talajjellenállása minden esetben magasabb, mint az adott szelvény többi pontja (Tóth 2012). A szakirodalom szerint 3 MPa vagy annál nagyobb ellenállásértékeknél a talaj tömörödöttnek tekinthető (Birkás 2009). Az autópálya kerítéséig kifutó minden egyes katéna kezdő pontja – bár különböző mélységben, de – eléri ezt a határértéket (5. ábra). A maximális talajjellenállás mélységbeli különbségének az oka, hogy a 4-es és 7-es szelvény pontjai az őszi szántású területen helyezkednek el, míg az 1-es és 3-as szelvény pontjai a tavaszi talajművelésű terület alatt találhatók. A legmarkánsabb tömörödés az 1-es szelvény 6-os pontjában rajzolódik ki, melyben vélhetően az építkezésben résztvevő munkagépeknek is szerepe volt. Bár ez a hatás csak a pályát kísérő keskeny sávban érvényesül, mégis nehezen orvosolható talajdegradációt eredményez.



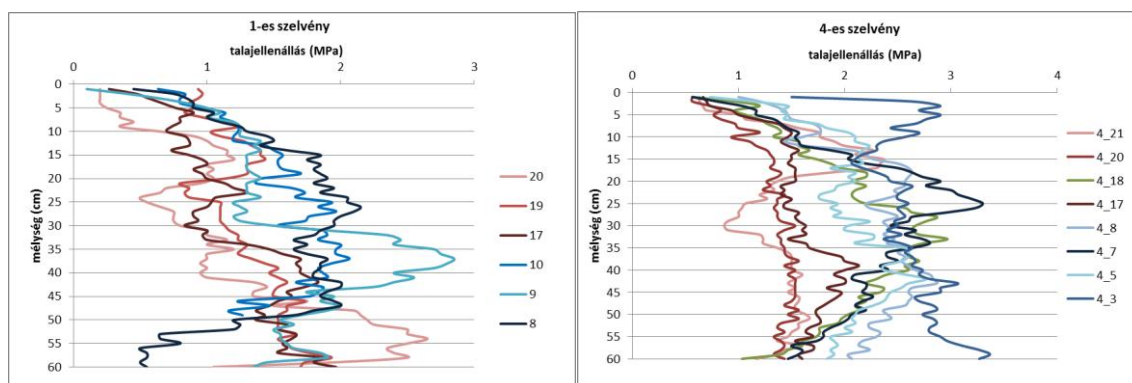
5. ábra: Az autópályához legközelebb eső pontokban mért behatolási ellenállás értékei

A behatolási ellenállás mérésének adathalmazából a belvizes és száraz pontok statisztikai alapadatait (2. táblázat), illetve a két leghosszabb szelvény (1-es és 4-es) mentén kiválasztott belvizes és száraz pontok eredményeit (6. ábra) mutatjuk be.

2. táblázat: A belvizes és száraz pontok 20-40 cm közötti talajellenállás-értékei 5 cm-es mélységközönként átlagolva

száraz	20-25 cm	25-30 cm	30-35 cm	35-40 cm	belvizes	20-25 cm	25-30 cm	30-35 cm	35-40 cm
min.	0,67	0,74	1,06	0,98	min.	0,76	1,03	1,05	1,29
max.	2,02	2,43	2,59	3,47	max.	4,95	5,67	5,18	4,43
átl.	1,20	1,28	1,59	1,92	átl.	1,90	1,97	2,08	2,18
szórás	0,34	0,41	0,46	0,62	szórás	0,92	0,91	0,78	0,70

A statisztikai adatok alapján minden mélységben a belvizes terület pontjain mértük a legmagasabb talajellenállás értékeket. A maximum értékek a belvizes pontokban legtöbb mélységben legalább kétszeresek a száraz részeken mértékhez képest. 25 és 35 cm mélységben a legnagyobb a talaj ellenállása, feltételezhetően a hosszabb időszakon belüli azonos mélységű talajművelés következménye. Az adatok alapján egyértelműsíthető a belvizek hatása a talajtömörödéssel.



6. ábra: Az 1-es és 4-es szelvény mentén kiválasztott mérési pontok talajellenállás-értékei
Belvizes pontok: 8, 9, 10, 4_3, 4_5, 4_7, 4_8; száraz pontok: 17, 19, 20, 4_17, 4_20, 4_21

Az 1-es és a 4-es szelvény esetében is azt tapasztaltuk, hogy az autópályához legközelebbi 4-5 pont rendelkezik a legmagasabb értékekkel, a száraz területeken lévő legtávolabbiak pedig lényegesen kisebb ellenállással jellemezhetőek. Külön kiemelnénk, hogy az eltérést nem okozhatják a talaj nedvességtartalmában mutatkozó különbségek, mivel a 20 cm alatti rétegekben már mindenhol szántóföldi vízkapacitásig telített talajjal találoztunk.

3. táblázat: A vízgazdálkodási tulajdonságok jellemző értékei a bolygatatlan talajminták alapján

Mintaszám	vk_{max} (v/v%)	térfogattömeg (g/cm^3)	vk_{sz} (v/v%)	vk_{sz}/vk_{max}
1-13(23)/45-50 cm	38,6	1,51	29,6	0,77
1-6(14)/20-25 cm	29,1	1,81	24,4	0,84
3-7(6)/30-35 cm	35,7	1,56	28,3	0,79
4-3(12)/30-35 cm	39,4	1,28	26,1	0,66
4-5(15)/30-35 cm	42,4	1,34	26,6	0,63
7-3(18)/30-35 cm	41,3	1,33	29,9	0,72
Belvizes pontok átlaga	37,75	1,47	27,48	0,74
1-18(24)/40-45 cm	38,3	1,53	27,1	0,71
1-20(16)/40-45 cm	40,4	1,41	32,7	0,81
1-20(8)/20-25 cm	46,6	1,28	28,7	0,62
2-6(11)/30-35 cm	41,6	1,44	28,7	0,69
2-8(20)/30-35 cm	42,3	1,33	28,7	0,68
3-12(21)/30-35 cm	37,4	1,61	28,4	0,76
4-21(12)/30-35 cm	32,9	1,67	22,8	0,69
7-13(24)/30-35 cm	48,8	1,18	35,8	0,73
Száraz pontok átlaga	41,04	1,43	29,11	0,71

A bolygatatlan talajmintákon végzett méréseink maximálisan alátámasztják a belvízfoltok alatt tapasztalt káros folyamatok megindulását (3. táblázat). Legmarkánsabb különbséget a maximális vízkapacitásban tapasztalhatunk, de a térfogattömeg és a szántóföldi vízkapacitás értékei is azt mutatják, hogy a másfél éves belvízborítás után a mezőgazdasági nagygépek általaj tömörítő hatása erőteljesebben érvényesül. A két vízkapacitás hányadosa pedig rávilágít arra, hogy a tömörödés következtében megkezdődött a gravitációs póruster csökkenése, veszélyeztetve ezzel a növények gyökérzetének optimális víz- és levegő ellátottságát.

ÖSSZEFOGLALÁS

A talaj szerkezetének belvíz hatására történő degradációját két mélységben, különböző módszerekkel vizsgáltuk. A legfelső, művelt talajrétegben célunk volt a belvíz és a talaj aggregátumok minősége közti kapcsolat kimutatása. Eredményeink alapján nem mutatható ki egyértelműen szerkezetromlás a feltalajban. A stabil aggregátumok mennyiségének területi eloszlása nem mutatott kapcsolatot belvízborítással, azonban a mintaterületeken alkalmazott eltérő talajművelés kimutatható a mikroaggregátumok tulajdonságaiban. Három szelvény esetében a talaj diszpergáltságának mértéke összefüggést mutat az autópályától való távolsággal és a belvízborítással, azonban ennek megerősítésére további vizsgálatok szükségesek. A mintapontok bővítése mellett a módszertan továbbfejlesztése is célkitűzés. A lézeres szemcseanalizátorral érdemes lenne eltérő környezeti tényezők mellett és különböző fizikai féleségű talajokon, több ismétlésben további méréseket és összehasonlításokat elvégezni, illetve kísérleti jelleggel a mintaterületeket bővíteni öntözött mezőgazdasági parcellákkal is.

A felső 60 cm-ben végzett talajtömörödés-mérések alapján egyértelműen kimutatható volt az eketalpréteg a teljes mintaterületen. Itt viszont már markáns eltéréseket tapasztaltunk a belvizes és száraz területek között. A talajjellenállás-értékek és a szerkezeti tulajdonságok

alapján egyértelműen a belvizes pontokban találtuk a legrosszabb állapotban lévő talajszerkezetet. Ezeken a részeken a talajművelés magasabb nedvességtartalomnál történt, így a talajtömörödés elkerülhetetlenné vált, megnövekedett a térfogattömeg, valamint lecsökkent a maximális és a minimális vízkapacitás. Ez magával hozta a víz- és levegőgazdálkodási tulajdonságok megváltozását.

A kutatás alapján megállapítható, hogy az autópálya mentén előfordult belvíz hatására talajdegradációs folyamat indult el. A talajtömörödés mértéke jelentősen meghaladja a szakirodalmi határokat. A magas ellenállás értékek nemcsak a talaj szerkezetében okoznak negatív változást, hanem a belvíz előfordulás lehetőségét is fokozza azáltal, hogy a felszín közelében akadályozza a leszivárgást.

IRODALOM

- Agrotopográfiai térképsorozat, 27-es lap (Szeged). M = 1:100 000. – Kartográfiai Vállalat, Budapest. 1985–1986.
- BAUSELNICK L, GOVERS G, POESEN J. 1999. Assesment of micro-aggregation using laser diffractometry. *Earth Surface Processes and Landforms* 24: 41-49.
- BARTA K, SZATMÁRI J, POSTA Á. 2011. A belvízképződés és az autópályák kapcsolata. *Földrajzi Közlemények* 135/4: 379-387.
- BIRKÁS M. 2005. Talajhasználat a káros klimatikus hatások enyhítésében. *Agro-21 Füzetek* 45: 114-123.
- BIRKÁS M, GYURICZA CS. 2004. A talajhasználat és a klimatikus hatások kapcsolata. In: Birkás M. és Gyuricza Cs. (szerk.): *Talajhasználat – Műveléshatás – Talajnedvesség*. Szent István Egyetem, Gödöllő
- BIRKÁS M, STINGLI A, FARKAS CS, BOTTLIK L. 2009. Összefüggés a művelés eredetű tömörödés és a klímakárok között. *Növénytermelés* 3: 5-26.
- FIELD DJ, MINASNY B. 1999. A description of aggregate liberation and dispersion in A horizons of Australian Vertisols by ultrasonic agitation. *Geoderma* 91: 11-26.
- HUISZ A. 2007. A talaj aggregátum stabilitása az egységes aggregátum-stabilitási mutató tükrében. *Agrártudományi Közlemények* 26: 83-99.
- DI GLERIA J, KLIMES-SZMIK A, DVORACEK M. 1957. *Talajfizika és talajkolloidika*. Akadémiai Kiadó. Budapest 204-474.
- GRECSIN IP. 1963. Oxigénhiány a talajokban és ennek hatása a talaj tulajdonságaira. *Agrokémia és Talajtan* 3: 451-455.
- KIENITZ G. 1968. A vízgyűjtők rendszervizsgálata és a belvízjelenség. *Vízügyi Közlemények* 2: 219-244.
- KOZÁK P. 2011. Belvízi jelenségek az Alsó-tiszai vízgyűjtőkön az 1955–2010. közötti időszakban. – In: Rakonczai J. (szerk.): *Környezeti változások és az Alföld*. Nagyalföld Alapítvány Kötetek. 7: 227–236.
- MASON JA, JACOBS PM, GREENE RSB, NETTLETON WD. (2003) Sedimentary aggregates in the Peoria Loess of Nebraska, USA. *Catena*. 53. p.377-397.
- MASON JA, GREENE RSB, JOECKEL RM. 2011. Laser diffraction analyses of the disintegration of aeolian sedimentary aggregates in water. *Catena* 87: 107-118.
- PÁLFAI I. 1994. Az Alföld belvív-veszélyeztetettségi térképe. *Vízügyi Közlemények* 3: 279-289.
- RAKONCZAI J, FARSANG A, MEZŐSI G, GÁL N. 2011. A belvízképződés elméleti háttere. *Földrajzi Közlemények* 4: 339-349.
- RYZAK M, BIEGANOWSKI A. 2011. Methodological aspects of determining soil particle-size distribution using the laser diffraction method. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 174: 624-633.

- SLATTERY MC, BURT TP. 1995. Size characteristics of sediment eroded from agricultural soil; dispersed versus non-dispersed, ultimate versus effective. In: Hickin, E.J. (Ed.), *River Geomorphology*. Wiley, Chichester 1–17.
- SLATTERY MC, BURT TP. 1996. Particle size characteristics of suspended sediment in hillslope runoff and stream flow. *Earth Surface Processes and Landforms* 22: 705-719.
- PÁLFAI I. 2004. *Belvizek és aszályok Magyarországon*. Közlekedési Dokumentációs Kft. Budapest
- PETRASOVITS I, VAJDAI I. 1982. A termőhelyi víztöbbletek termelést korlátozó hatásai. In: Petrasovits I. (szerk.): *Síkvidéki vízrendezés és –gazdálkodás*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
- STEFANOVITS P. 1996. *Talajtan*. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- SZÖLLŐSI S. 2000. A 3T SYSTEM készülékkel mért penetrációs ellenállás és nedvességtartalom összefüggése vályog fizikai féleségű talajon. *Agrokémia és Talajtan* 3-4: 263-274.
- TÓTH A. 2012. Autópálya által okozott belvív talajtani hatásai. Szakdolgozat. Szeged
- VAJDAI I. 1966. Milyen közvetlen természetési károkat okozhat a belvív? *Magyar Mezőgazdaság* 10: 14-15.
- VAJDAI I. 1999. Időszakosan káros vízbőség (belvív) hatása a növénytermesztésben. *Gazdálkodók kézikönyve* 1-2: 1-18.
- VAJDAI I. 2010. Még mindig a belvízkárokról. *Agrofórum-21* 3: 60-61.
- WESTERHOF R, BUURMAN P, VAN GRIETHUYSEN C, AYARZA M, VILELA L, ZECH W. 1999. Aggregation studied by laser diffraction in relation to plowing and liming in the Cerrado region in Brazil. *Geoderma* 90: 277-290.