

A talaj mechanikai összetételének meghatározása különböző módszerekkel

*Hernádi Hilda¹ – Makó András¹ – Kucsera Sándor²
– Szabóné Kele Gabriella² – Sisák István¹*

¹ Pannon Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar

² Fejér Megyei Növény- és Talajvédelmi Állomás

E-mail: hhilduci@freemail.hu

Összefoglaló

A talaj mechanikai összetételét a talajfizikai módszertan szerint többféleképpen is meghatározhatjuk, azonban egyre inkább szükségessé válik egy olyan mérési módszer szabványosítása, amely egyszerűen elvégezhető és automatizálható. A különböző módszerrel meghatározott mechanikai összetétel értékek előkészítésmódtól és mérésmódtól függően eltérőek lehetnek. Kísérletsorozatunkban kétféle mérési (lézeres és pipettás) és előkészítési (ISO/DIS 11277/1995., MSZ 08. 0205-78 MÉM Ágazati szabvány) eljárással meghatároztuk nagy elemszámú, fizikai és kémiai tulajdonságaiban heterogén talajmintaanyag mechanikai összetételét. Statisztikai módszerekkel összehasonlítottuk az eredményeket, illetve vizsgáltuk az eltérő módszerekkel kapott adatok közötti átszámítási lehetőségeket.

Abstract

The soil particle size distribution is measurable according different soil physical methodology, but it can be more and more important the standardization of an easy and automatized method. The results of the different particle size distribution measurements are vary from each other, depending on the used pre-treatment and measurement methods. In this study we measured the particle size distribution of soil samples characterized by different physical and chemical properties. Comparative experiment series was performed using two type of measuring (laser and pipette method) and pre-treatment (ISO/DIS 11277/1995., MSZ 08. 0205-78 MÉM) methods. We compared the results using statistical methods and we examined the conversion possibility between the results of different methods.

Bevezetés

A talaj mechanikai összetételét különböző módszerekkel vizsgálhatjuk. A mérési eredmények azonban eltérhetnek attól függően, hogy milyen előkészítési módot és mérési módszert alkalmazunk (MAKÓ et al., 2002). A talajtani gyakorlatban legelterjedtebben használt ún. „pipettás módszer” jellemzője, hogy a mérés során – meghatározott ülepedési idők eltelte után – az ülepedő talajszuszpenzióból kipipettázott anyag mennyiségekből számítjuk a különböző méretű elemi részecskék mennyiségét. A számítás során – a Stokes törvényt felhasználva – ún. „ekvivalens átmérővel” jellemezhető gömbszerű részecskéként képzeljük el a talaj szemcséit (VÁRALLYAY, 1993). A talajban

található szemcsék azonban többnyire szabálytalan formájúak, így azonos átlagos átmérőjű talajszemcsék ülepedési ideje eltérő lehet. Az ülepedési sebességet befolyásolhatja más talajtulajdonság is, mint pl. a szemcsék különböző fajlagos tömege, vagy az ülepedő szuszpenzió hőmérséklete (MATHEWS, 1991). A módszer hátránya, hogy – egyéb mérési eljárásokhoz képest - relatív nagy mintatömeget igényel és időigényes (elsősorban az agyagfrakció meghatározása) (LOVELAND & WHALLEY, 2001).

A szakirodalmi adatok alapján a – nálunk leginkább az iparban (pl. kerámiaiparban) elterjedt – lézeres mechanikai összetétel meghatározási módszer is alkalmas lehet a talajok szemeloszlásának vizsgálatára (BEUSELINK et al., 1998). A mérési módszer azon alapul, hogy a vizsgált közegen lézersugarat bocsátunk át. A lézersugár fénye meghatározott térszögben hajlik el, aminek elhajlási szöge a részecskék méretét mutatja; a lézersugár intenzitása pedig arányos a részecskék mennyiségével. A részecskék nagyság szerinti eloszlásának számítása két optikai modell, a Fraunhofer vagy a Mie-elmélet szerint történhet. Az eredmények eltérőek lehetnek attól függően, hogy melyik számítási módot alkalmazzuk. Emellett a vizsgálat pontosságát a részecskék alakja, a szuszpenzió színe és a különböző ásványi összetételű részecskék eltérő optikai tulajdonságai (törésmutató, fényelnyelés stb.) is befolyásolhatják (ESHEL et al., 2004). A mérési módszer gyors, pontos, az eredmények jól reprodukálhatók és a mérés automatizált. Hátránya viszont, hogy kevés összehasonlítható mérési tapasztalat áll rendelkezésünkre a talajfizikai adaptálhatóság megítéléséhez. A mechanikai összetétel adatok összehasonlítását egyébként egyszerűbbé teszi, hogy a lézeres szemcseanalizátor a számítás során egy folytonos függvényt képez, így a mérés eredményei könnyebben összevethetők más mérési módszerek eredményeivel.

Kísérletsorozatunk célja az volt, hogy mechanikai összetétel lézeres szemcseanalizátorral történő mérésére vonatkozó kevés hazai talajfizikai tapasztalatot kibővítsük, a mérési módszer rutin talajvizsgálati módszertanba történő beilleszthetőségét vizsgáljuk.

Vizsgálati anyag és módszer

Méréseink során hazánk és az Európai Unió különböző területeiről vett talajmintasorozatot (170 db) vizsgáltunk. A mintákat a hazai (MSZ-08. 0205-78 MÉM) szabványban rögzített pirofoszfátos módszerrel, illetve a FAO (ISO/DIS 11277/1995.) szabvány szerint (az aggregátumok teljes roncsolásával) készítettük elő a mechanikai összetétel vizsgálatokhoz. A két előkészítési módszer közti alapvető különbség az aggregátumokat összetartó cementáló anyagok eltávolításának mértékében van. Az MSZ szabvány szerinti előkészítésnél a 2 mm-es szitán átengedett talajhoz az Arany-féle kötöttségi számának megfelelő mennyiségű Na-pirofoszfátot adtunk, majd a mintát egy éjszakán átrázta a talajt diszpergáltuk. A 0,25 mm-nél nagyobb részecskéket

tartalmazó homok frakciót nedves szitálással választottuk el. A különböző mérettartományba eső 0,25 mm-nél kisebb részecskék mennyiségét pipettázással határoztuk meg.

A FAO módszertan szerinti előkészítési eljárásnál a talaj bemérését követően a diszpergálószer hozzáadása és a vizes rázatás előtt eltávolítottuk a talajmintából az aggregátum-képzésében jelentős szerepet játszó cementáló anyagokat. A talajminták humusztartalmát hidrogén-peroxiddal roncsoltuk el, mésztartalmát híg sósavval, vastartalmát Na-ditionittal távolítottuk el, majd a talajmintákhoz diszpergálószer (4 %-os Na-hexametafoszfát és 1%-os Na-karbonát oldat keveréke) adtunk. A homok frakciót ($>50\mu\text{m}$) szitával különítettük el, majd a kiszárított homok frakciót szitasorral történő szétszitálással további mérettartományokra ($>1000\mu\text{m}$, $1000-500\mu\text{m}$, $500-250\mu\text{m}$, $250-100\mu\text{m}$, $100-50\mu\text{m}$) bontottuk. A további frakciókat (durva por: $50-20\mu\text{m}$, finom por: $20-2\mu\text{m}$ és agyag: $2\mu\text{m}$) adott idő elteltével meghatározott mélységből kipipettázva határoztuk meg.

A különféle módszerekkel előkészített minták mechanikai összetételét meghatároztuk a hagyományosnak tekinthető pipettás módszerrel, illetve lézeres szemcseanalizátorral (FRITSCH, Analisette-22 Compact) is. Ez utóbbi módszerrel a $0,3-300\mu\text{m}$ méretű szemcsék százalékos mennyiségét határozhatjuk meg. Talajmintánként három ismétlésben $3-10\text{ ml}$ szuszpenziót mértünk be. Pipettázásonként $3-5$ ismétlésben végeztünk méréseket annak megfelelően, hogy a mérőeszközhöz csatlakoztatott számítógépen közvetlenül a mérés után megjelenített szemeloszlási görbék milyen mértékben tértek el egymástól – a mérések eredményei között néhány esetben ugyanis lehetnek kisebb különbségek attól függően, hogy hogyan helyezkednek el a szuszpenzióban a részecskék a mérés pillanatában. A készülék beállításának megfelelően a mérés elindításának feltétele az volt, hogy annyi mintát pipettázzunk az ultrahangfürdőbe ($80\text{W}/36\text{kHz}$) – ami egy mechanikus keverőegységgel együtt a minta homogenitását és részleges diszpergálását biztosította a mérés időtartama alatt -, hogy a szuszpenzió fényáteresztése $7-15\%$ között legyen. A mérés 635 nm hullámhosszon történt. Az eredményeket számítógép rögzítette. Az Analisette for Windows program automatikusan számította a minta szemcseméret eloszlását és illesztette a szemeloszlási függvényt a mért értékekre.

A különböző mechanikai összetétel vizsgálati módszerekkel különböző mérettartományok szerint választjuk szét a talajokat alkotó elemi részecskéket, így egzakt összehasonlításukhoz bizonyos korrekciókat, illetve összevonásokat kellett elvégeznünk az adatsorokon.

A lézeres és pipettás mérési módszerrel különböző mérethatárok között vizsgálhatjuk a szemcseeloszlást (a lézeres módszernél: $\sim 0,3-300\mu\text{m}$; pipettás módszernél : $<2\mu\text{m} - 2\text{ mm}$ között).

1. táblázat. A különböző előkészítési eljárásokkal és mérési módszerekkel meghatározott mechanikai összetétel frakciók mérettartományai

	Pipettás			Lézeres		
	agyag	por	homok	agyag	por	homok
FAO	<0,002mm	0,002mm- 0,05mm	0,05mm- 2mm	0,0003mm- 0,002mm	0,002mm- 0,05mm	*
MSZ	<0,002mm	0,002mm- 0,02mm	0,02mm- 2mm	0,0003mm- 0,002mm	0,002mm- 0,02mm	0,02mm- 0,3mm

* A homok frakció a mérés során nem került meghatározásra.

Másrészt a pipettás méréseken belül is a FAO és MSZ szabvány eltérő szemcseméret-tartományokat különít el (a homok frakció alsó határa 0,05 mm, illetve 0,02 mm). Az értékelést az is nehezítette, hogy a lézeres mérésekhez a FAO szabvány szerint előkészített talajszuszpenzió már nem tartalmazta a (nedves szítalással előzőleg eltávolított) homokfrakciót, míg a MSZ szabvány szerinti szuszpenzió az elemi szemcsék teljes mérettartományát magában foglalta (1. táblázat). A lézeres mérés felső határa azonban ebben a esetben is 300µm volt. Ahhoz hogy az eredményeket össze tudjuk hasonlítani, illetve hogy a z egyes mért frakciókat a teljes talajmintaanyag százalékában tudjuk megadni, a lézeres mérések mechanikai összetételénél a hiányzó mérettartomány-frakciók százalékos értékét pótoltuk a pipettás mérések megfelelő adataival. A FAO szabvány szerinti mérésnél a pipettás mérések 0,05-2 mm homok frakciójának %-os értékével helyettesítettük a lézeres mérések homok frakciójának értékét; az MSZ szabvány szerinti mérések esetében pedig a 0,25-2 mm-es homok (rész)frakció százalékos mennyiségét a lézeres homokfrakció mért értékéhez adtuk hozzá. A kétféle pipettás mérés összehasonlíthatóságához pedig az MSZ szabvány porfrakcióját egészítettük ki az azonos módszerrel meghatározott homok frakció egy részével (0,02mm-0,05mm).

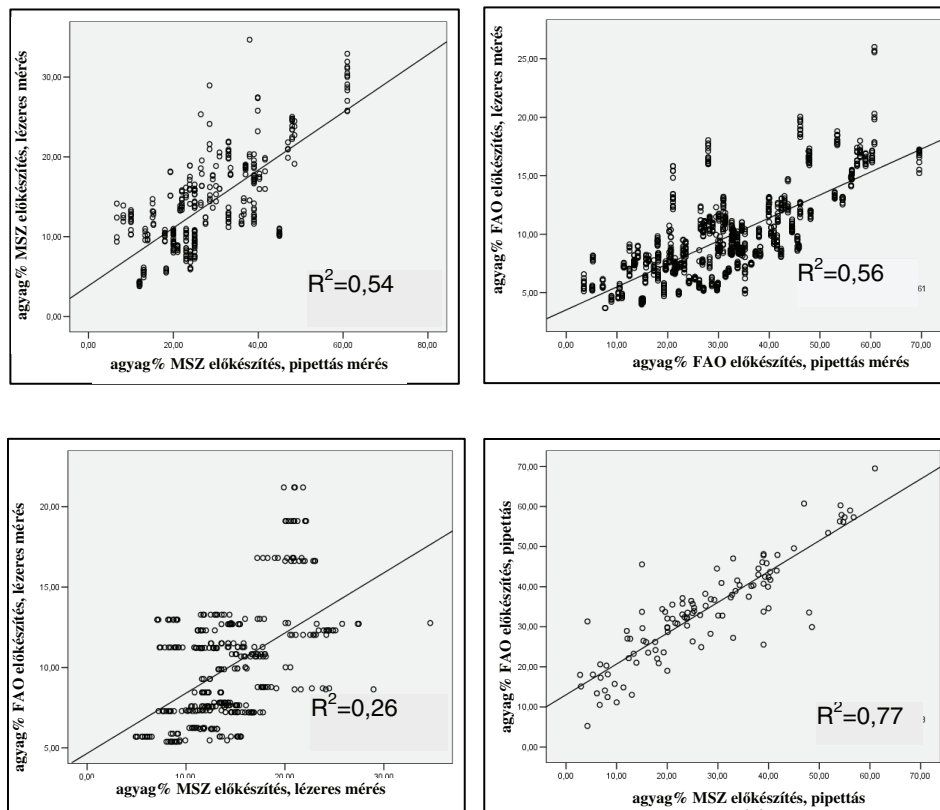
Az eredményeket SPSS for Windows 13.0 statisztikai programmal értékeltük. A témával foglalkozó szakirodalom (KONERT & VANDENBERGHE, 1997; LIU et al., 1996; ARRIAGA et al., 2006) szerint a különböző előkészítési és mérési módszerek eredményei között leginkább az agyagtartalom mennyiségében tapasztalható jelentősebb különbség, ezért – a kutatómunka jelenlegi szakaszában – a vizsgálatba vont talajminták agyagtartalom értékeit hasonlítottuk össze. Vizsgáltuk a különböző módszerekkel meghatározott agyagtartalom értékek kapcsolatát a teljes mintaanyagon, illetve különböző (származási helyű) mintacsoportonként. Statisztikai módszerekkel (lineáris regresszió) vizsgáltuk a különböző módszerek mérési eredményei közötti átszámítás lehetőségeit.

Vizsgálati eredmények

A mért agyagtartalom értékek közötti összefüggés előkészítési- és mérési eljárásenként változó (1. ábra). Legszorosabb kapcsolatot a kétféleképpen előkészített mintaanyagon végzett pipettás mérések eredményei között találtunk ($R^2=0,77$).

A teljes mintaanyagot tekintve, a különböző mérési módokat összehasonlítva közepes korreláció tapasztalható – mindkét előkészítés mellett – a pipettás és a lézeres mérések eredményei között (FAO: $R^2=0,56$; MSZ: $R^2=0,54$). A hasonlóság azonban csak látszólagos: az MSZ szabvány szerint előkészített talajok pipettás és lézeres módszerrel mért agyagtartalom értékei – egy (az MSZ szabványtól kissé eltérő előkészítést használó) EU-s mintacsoportot kivéve - mintacsoportonként általában gyengébb ($R^2 \sim 0,3-0,4$) kapcsolatot mutatnak.

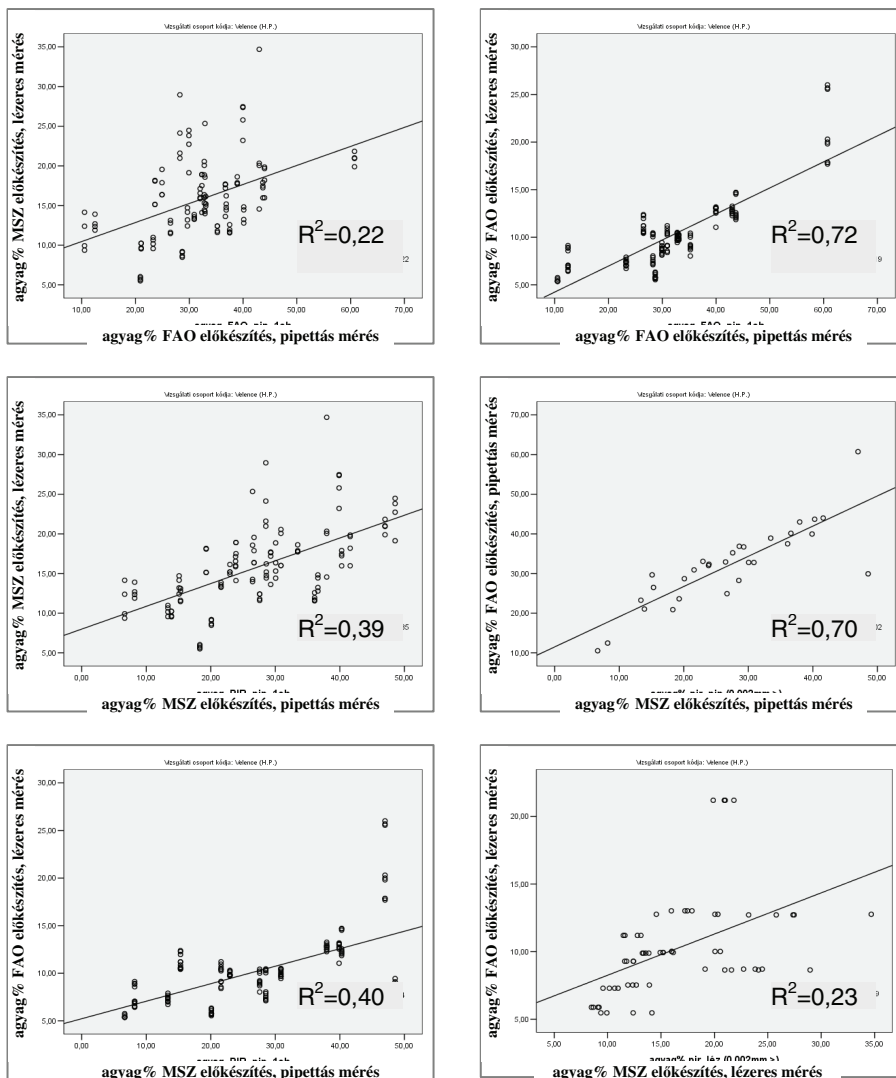
A kétféle mérési módszernél – a szakirodalom szerint – más és más tényezők befolyásolják a mérés pontosságát (pipettás mérésnél, pl. a szemcsék szabálytalan formája, eltérő sűrűsége; a lézeres mérésnél a szuszpenzió színe, részecskék alakja stb.).



1. ábra. A különböző mechanikai összetétel meghatározási módszerek összehasonlítása (teljes mintaanyag)

Mivel mintacsoportonként változott az elvégzett vizsgálatípusok száma (nem volt lehetőségünk minden mintacsoportnál mindegyik módszerrel meghatározni a minták mechanikai összetételét), kiválasztottunk egy olyan mintacsoportot (Velece 30db), melynek elemeire, mindkét előkészítéssel és mérési módszerrel végeztünk vizsgálatokat. Az agyagtartalom mérések eredményeit a 2. ábrán hasonlítottuk össze.

A mintacsoporton belül a különféle előkészítési és mérési módszerekkel meghatározott agyagtartalom értékeket összehasonlítva a következő megállapítások tehetők:



2. ábra. A különböző mérési módszerek és előkészítési eljárások összehasonlítása a velencei talajminták mechanikai összetétel eredményei alapján

- Legszorosabb kapcsolatot ($R^2=0,72$) a FAO szabvány szerint előkészített pipettás és lézeres módszerrel mért agyagtartalmak közt tapasztaltunk. A lézeres mérések eredményei rendre kisebbnek mutatkoztak a pipettás mérések eredményeinél. Ez eltér a teljes adatbázis vizsgálatával kapott eredményektől, ami valószínűleg annak is köszönhető, hogy a (névleg)

MSZ szabvány szerint előkészített talajok egy részénél az MSZ szabványtól kissé eltérő előkészítést használtak (EU-s talajmintasor).

- Ugyancsak szoros összefüggést tapasztaltunk a pipettás mérések esetében a kétféle módon előkészített talajminták mért agyagtartalma közt ($R^2=0,70$). A FAO előkészítés után mért minták agyagtartalma általában nagyobbak mutatkoztak a MSZ előkészítés után mért agyagtartalmaknál (ami a dezaggregáció fokának különbözőségével jól magyarázható).
- A kétféle módon előkészített, lézeres módszerrel mért agyagtartalom értékek között gyenge kapcsolatot találtunk ($R^2=0,23$). A teljes előkészítéssel kezelt talajok agyagtartalma ebben az esetben is jelentős mértékben eltér az MSZ szabvány szerint előkészített minták agyagtartalom értékeitől. A különbséget azonban (a dezaggregáció eltérő mértékén túl) további tényezők is befolyásolhatják, pl. hogy a ragasztóanyagok eltávolítása – a lézeres mérés esetében – megváltoztathatja a talaj-szuszpenzió optikai tulajdonságait. A lézeres mérés alatt alkalmazott ultrahangfürdő részleges diszpergálásának hatását sajnos a vizsgálat eredményei alapján nem értelmezhetjük. Az erre vonatkozó eddigi – szakirodalomban található – vizsgálatok eredményei szerint nem változtatja meg a mért eredményeket számottevő mértékben (JUSI, 2005).

Vizsgálati eredmények értékelése, megvitatása, következtetések

A statisztikai vizsgálatok alapján elmondható, hogy mechanikai összetétel mérések eredményét az előkészítési mód és a mérési módszer is meghatározza.

Összehasonlítva a különböző előkészítési eljárásokkal kapott eredményeket, a FAO előkészítés után mért agyagtartalom értékek (mindkét mérési módszer eredményeinél) jelentősen meghaladják az MSZ- szabvány szerint előkészített minták mért agyagtartalmát.

A kétféle mérési módszer közül a FAO-módszeren szerint előkészített minták pipettás és lézeres módszerrel mért agyagtartalom értékei között szorosabb az összefüggés, mint az MSZ-szabvány szerinti előkészítés után különbözőképpen meghatározott agyagtartalom értékek között.

A pipettás mérések esetében a különböző előkészítések után meghatározott agyagtartalom értékek közötti összefüggés jóval szorosabb, mint a lézeres vizsgálatok kétféle módon előkészített talajainak agyagtartalom eredményei között. A pipettás eljárással, de különböző előkészítési módszerrel mért eredmények eltérése leginkább az előkészítés különböző dezaggregáló hatására vezethető vissza. A lézeres mérésnél emellett az előkezelés hatására az egyes talajtulajdonságokban (talaj szemcsék alakja, ásványi összetétel, optikai sajátságok stb.) bekövetkező változások is befolyásolhatják a mérés pontosságát.

A mérésmódból adódó különbségek kisebbnek mondhatók, mint az előkészítésből adódók. A FAO módszertan szerint előkészített minták pontosabb mechanikai összetétel eredményekkel szolgálnak, bármelyik mérésmódot is választjuk. Az így előkészített és különböző módon meghatározott agyagtartalom értékek jól korrelálnak egymással és az MSZ-szabványnak megfelelően végzett (pipettás) mechanikai összetétel meghatározás eredményeivel is.

Vizsgálatunk eredményei alapján a talaj mechanikai összetételének gyors, és egyszerű de kielégítően pontos meghatározására a FAO előkészítés és a lézeres mérési módszer kombinációja lehet a legcélszerűbb.

Köszönetnyilvánítás

Kutatásunkat a T048302 és a 62436 sz. OTKA pályázatok támogatásával végeztük.

Irodalomjegyzék

- ARRIAGA, F. J., LOWERY, B. & MAYS, M. D., (2006): A fast method for determining soil particle size distribution using laser instrument. *Soil Sci. Soc.* **171**. 9. 663-674.
- BEUSELINK, L. G., GOVERS, G., POESEN, J. & DEGRAER, G., (1998): Grain-size analysis laser diffractometry: Comparison with the sieve-pipette method. *Catena* **32**.193-208.
- ESHEL, G., LEVY, G. J., MINGELGRIN, U. & SINGER, M. J., (2004): Critical evaluation of the use of laser diffraction for particle-size distribution analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **68**. 736-743.
- JUSSI K., (2005): The laser diffraction grain size analysis of late miocene floodplain sediments from Lantian, in Shaanxi province, Northern China. University of Helsinki, Department of Geology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences. Master thesis.
- KONERT, M. & VANDENBERGHE, J., (1997): Comparison of laser grain-size analysis with pipette and sieve analysis: A solution for the underestimation of clay fraction. *Sedimentology* **44**. (3), 523-535.
- LIU, T. K., ODELL, R. T., ETTER, W. C. & THORNBURN, T. H., (1996): Comparison of clay contents determined by hydrometer and pipette methods using reduced major axis analysis. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **30**. 665-669.
- LOVELAND, P.J. & W. R. WHALLEY, (2001): Particle size analysis. In: *Soil and Environmental analysis, physical methods.* (Eds.: K. A. SMITH & C. E. MULLINS) 281-314. Marcel Dekker Inc. New York.
- MAKÓ, A., MÁTÉ, F., TÓTH, M., LÁSZLÓ, K. & NÉMETH, T., (2002): A különböző szabványos módszerek szerint mért agyagtartalom és néhány egyéb talajfizikai paraméter összefüggésének vizsgálata. XVI. Országos Környezetvédelmi Konferencia és Szakkiállítás. Siófok. 2002. szeptember 11-13.
- MATHEWS, M. D., (1991): The effect of grain shape and density on the size measurement. In: *Principles, methods, and applications of particle size analysis.* J. (Ed. P. M. SYVITSKI). 22-33. Cambridge Univ. Press. Cambridge.

VÁRALLYAY, GY., (1993): A talaj mechanikai összetételének vizsgálata. In: Talaj és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv. 1. (Szerk.: BUZÁS I.). 35-37. Inda 4231 Kiadó, Budapest.