

## SZEMCSEÖSSZETÉTELI ELEMZÉSI MÓDSZEREK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

UNGÁR TIBOR\*

**Összefoglalás:** A közlemény a leggyakrabban használatos szemcseösszetételelemzési módszerek, az Atterberg-féle, a pipettás és areométeres módszer eredményeit hasonlítja össze, és vizsgálja az areométeres módszer hibaforrásait. Az areométeres módszer némely hibaforrása ellenére mindenkor használható a talajmechanikai és kerámiai laboratóriumban, jól használható gyakorlati irányú és többnyire a tudományos célú földtani és üledékes közettani vizsgálatokhoz, a talajtani laboratóriumok részére azonban nem ajánlható.

A közettani, talajtani és talajmechanikai laboratóriumokban a szemcseösszetételelemzés leghasználatosabb módszerei az Atterberg-féle, a Köhn-féle pipettás és az areométeres módszer. A különböző módszerek összehasonlítására több vizsgálat történt. Az Atterberg-módszer és a pipettás elemzés összehasonlítására vonatkozóan löszvizsgálataikkal kapcsolatban Vendl, Takáts, Földvári [19, 20] és Földvári [4] közöltek adatokat, a ritkábban használatos Wiegner-módszer és az Atterberg-módszer összehasonlítására pedig Sztróka [13]. Az Atterberg-féle és pipettás módszer mellett gyorsasága és egyszerűsége következtében egyre inkább terjed a Bouyoucos kezdeti kísérletei után Casagrande [1] által kidolgozott areométeres módszer használata. Ennek pontosságára vonatkozóan még aránylag kevés adat ismeretes; újabban Makarova és Platova [8] foglalkoznak e módszer pontosságának vizsgálatával pipettás elemzés eredményeivel való összehasonlítás útján, vizsgálataik azonban csak talajtani értelemben vett talajokra terjednek ki. Vizsgálati anyagul „fekete terasztalaj”-t, oszlopos sós talajt és karakumi homoktalajt használtak. Leglényegesebb megállapításaik a következőkben foglalhatók össze: Az areométeres módszerrel kapott eredmények a pipettásaitól jelentősen eltérnek. 10 g-os bemérésből való elemzésnél aránylag pontosan határozható meg a közepes méretű szemcsék (0,05—0,01 mm) mennyisége, ekkor azonban az iszap- és agyagtartalom jelentős eltérést mutat a pipettás elemzéshez képest, mivel az elemzés végén a szuszpenzió töménysége oly alacsonyra csökken, hogy pontos fajsúlymérés nem végezhető. A próbaadag 30 g-ra való emelése növeli ugyan az iszapszemmagyság és porszemmagyság meghatározásának pontosságát, de erősen eltorzítja a homok-szemmagyságosztály adatait. Szerintük az a szemmagyság határozható meg legpontosabban, melynek meghatározási pillanatában a szuszpenzió töménysége 1% körül van. Eredményeik alapján az areométeres módszert talajminták vizsgálatára nem tartják alkalmasnak.

Makarova és Platova vizsgálatai a laboratóriumainkban areométeres mérésnél szokásos szuszpenzió töménységétől eltérő töménység mellett készültek, így eredményeik laboratóriumaink részére közvetlenül nem használhatók. Az areométeres módszert a pipettással hasonlítják össze, amelynek pontossága azonban kisebb, mint

\* A kézirat beérkezésének ideje: 1956. aug. 3.

a jelenleg legmegbízhatóbbnak elismert Atterberg-módszeré. Az alább ismertetendő vizsgálatok célja annak megállapítása volt, hogy a legszokásosabb körülmények közt végzett Atterberg-féle, pipettás és areométeres elemzés eredményei mennyire egyeznek, ill. a különböző módszerekkel dolgozó intézmények egymás eredményeit milyen mértékben használhatják. Az eredményekben mutatkozó eltérések értelmezéséhez az areométeres módszer néhány eddig kevésbé vizsgált hibaforrását is tanulmányozni kellett.

Mínthogy a cél az volt, hogy mindhárom módszer leghasználatosabb alakjában (próbaadag mennyisége, diszpergálás módja, diszpergáló szer minősége mellett) kerüljön összehasonlításra, ebből szükségszerűen következik, hogy az egyes módszereknél eltérő mennyiségű próbaadagot, eltérő előkészítési módot és diszpergálószert kellett alkalmazni. Ily módon az elemzési eredmények közt mutatkozó különbségekben általában minden eltérés, tehát az eltérő előkészítésből, más diszpergálószert alkalmazásából származó is érvényesül.

A megvizsgált minták mind legfelső pleisztocén és holocén lerakódásokból származnak, Szeged környékéről.

### 1. Vizsgálati módszerek

Az Atterberg-elemzéseknel az előkészítés ujjal való szétdörzsölés és Beam módszere szerinti frakcionáló bemosással történt. Tapasztalatok szerint ez az előkészítési mód adja az aránylag legtekélyesebb, tehát a maximális, vagy „végsőt” legjobban megközelítő diszperzitást. Az elemzés 5 g légszárász állapotú mintából történt, mínthogy Correns és Schott [2] kísérletei szerint 105 C°-on való szárítás csökkenti a kolloidrészek mennyiségét, hasonló megállapítást tett vulkáni tufák iszapolásánál Sztróka y [14, 15] is. A legfinomabb szemmagyságot osztályoknál diszpergálószerrül 1 ccm keres. ammóniák szolgált, a durvább, nem koagulálódó szemmagyságok iszapolása desztillált vízben történt. Az elemzések elvégzését a Miháltz és Molnár által szerkesztett iszapoló tömb gyorsította meg, amelyben 10 Atterberg-henger felrázása, ill. lecsapolása egyidejűleg végezhető.

A minták fajsúlyát sem ennél, sem a többi módszernél nem határoztam meg, ui. Miháltz [9] vizsgálatai szerint a finomszemű törmelékes üledékek egyes szemmagyságotályai közti fajsúlykülönbség jelentős, sőt nagyobb lehet, mint különböző finomszemű törmelékes üledékek közepes fajsúlyai közti különbség; így a közepes fajsúly meghatározása értelmét veszti. Minden esetben 2,7 fajsúlyt használtam, ami azonban külön eltérést nem okozhat, mínthogy az ebből származó hiba minden esetben egyaránt érvényesült.

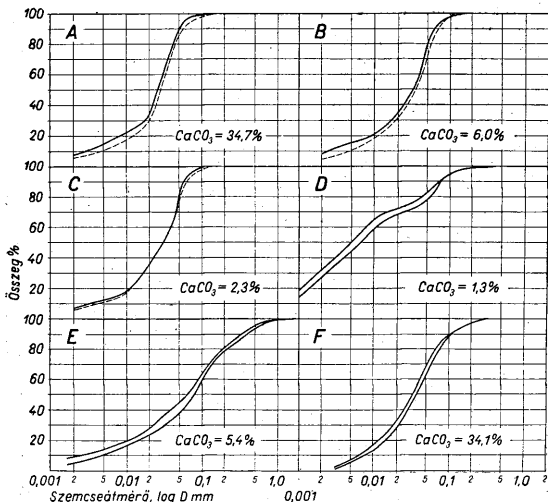
Az areométeres módszernél aránylag igen nagy szuszpenziótöménység elérése szükséges, mínthogy a szuszpenzió nagyobb fajsúlyváltozása emeli a leolvasási pontosságot. Ezért itt az elemzések 50 g-os bemérésből készültek, kivéve egyes homokmintákat, amelyekből összehasonlítás céljából 100 g-os bemérésből is készült elemzés. Ilyen nagy próbaadagnál a Beam-féle előkészítési mód már nem használható, ui. egyrészt ilyen mennyiségű anyag ujjal való dörzsöléstől hosszú idő múlva sem diszpergálódik kellőképpen, másrészt a frakcionáló bemosás miatt a szuszpenzió túlságosan felhígulna és az elemzéshez szükséges szuszpenzió-térfogatot (1 lit) túllépné. Az areométeres módszerhez előkészítésül a rázógépi diszpergálás alkalmas. A minták előkészítése többféleképpen történt. A másik két módszerrel való összehasonlításához legjobbnak bizonyultak azok az elemzések, amelyeknél az előkészítést 8 órás rázással történt, de összehasonlításul minden mintából készült elemzés 2 órai rázással, egyes mintákból még 16 órás rázással, továbbá 16 órai főzés + 10 órás rázással is. Az areométeres módszernél nem használhatók a másik két módszernél alkalmas diszpergáló szerek sem, a nagy szuszpenzió-töménység miatt csak a nátriummetaszilikátoldat nyújt kellő szuszpenzió-állandóságot. Kereskedelmi, 36 Bé°-ú nátriummetaszilikátból 1 ccm/lit-t használtam. A fajsúlyleolvasások az üledék megindítása után 30, 45 mperc, 1, 2, 5, 15, 45 perc, 2, 5 és 24 óra időpontokban történtek. A hőmérséklet-ingadozás 2 C°-nál többet nem tett ki, az ebből eredő hiba Casagrande szerint legfeljebb 2%. Egyébként az elemzés és kiértékelés úgy történt, ahogy az Casagrande

grande eredeti munkájában [1] és a módszer néhány magyar nyelvű ismertetésében [7, 12] található.

A pipettás módszernél az Atterberg-módszernél nagyobb szuszpenziótöménység miatt literenként 10 cm 0,1 normál nátriumoxalátot kellett használni. Az előkészítés kb. 24 óráig tartó bepáriással, azt követően 20 perc — 3 óras rázással történt. Az elemzéshez felhasznált anyagmennyiség 10 g volt. Ennek az előkészítésmódnak összehasonlítás céljára való alkalmazását indokolja, hogy a hazai viszonylatban legnagyobb apparátussal dolgozó üledékes köztetani laboratóriumban, a M. Áll. Földtani Intézet laboratóriumban ez az előkészítési mód használatos.

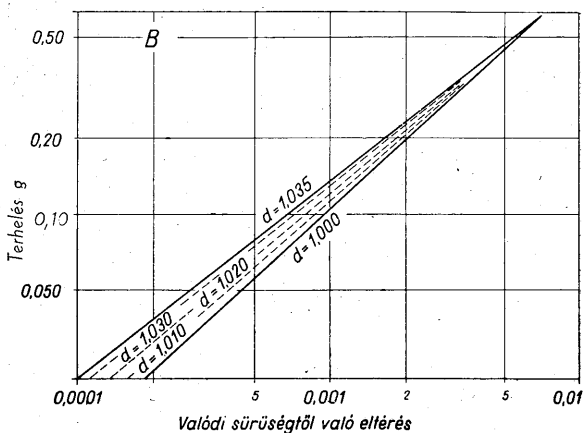
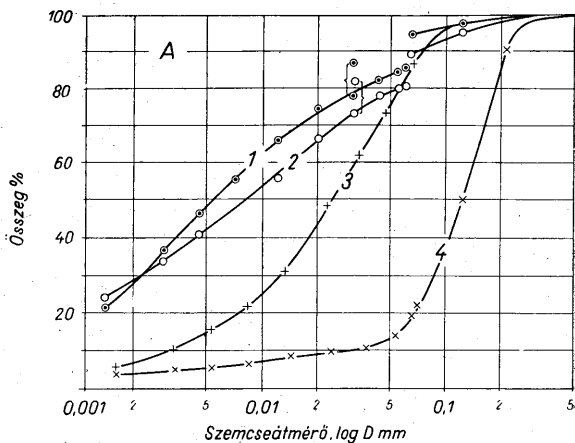
## 2. Hibaforrások vizsgálata

a) Újraelállíthatóság (reprodukálhatóság). Az egyszeri elemzésből levonható mennyiségi következtetés mértékének megállapítására vizsgálni kellett az areométeres módszer eredményeinek újraelállíthatóságát (reprodukálhatóságát). Összehasonlítási alapul szolgálnak Atterberg-módszerrel készült párhuzamos elemzések eredményei (1. ábra, A, B és C rajza).



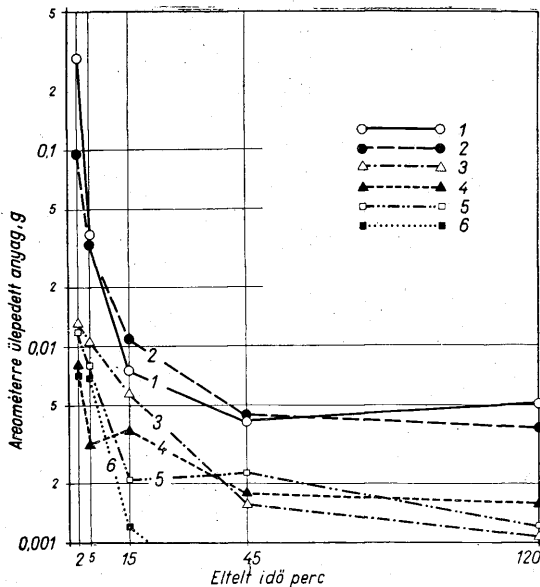
1. ábra. A, B, C rajz: Reprodukálhatóság az Atterberg-módszernél két-két párhuzamos elemzés alapján. A: finomhomokos lösz, B: igen finomhomokos iszap, C: iszapos igen finom homok. D, E, F rajz: reprodukálhatóság az areométeres módszernél; ugyanazon minta ötszöri elemzésekor az eloszlásgörbék a határgörbékén belül voltak. D: agyagos iszap, E: infúziós lösz, F: iszapos aprószemű homok — Reproducibility of results by the Atterberg method as shown by pairs of parallel analyses. A: loess with fine sand, B: mud with very fine sand, C: very fine sand with mud. Drawings D, E, F: Reproducibility of results by the areometer method: on analyzing five times one given sample, the distribution curves remained within the limiting curves. D: argillaceous mud, E: loess with infusions, F: muddy fine sand

Az Atterberg-módszerrel készített párhuzamos elemzések eredményei nagymértékben hasonlóak, bár megállapítható, hogy a Gessner által párhuzamos elemzésekre 2 %-ban megadott [5] maximális eltérésnél nagyobb is előfordult. Az 1. ábra D, E, F



2. ábra. A rajz. A szítással és areométeres elemzéssel meghatározott görberész agyagos mintáknál nem köthető össze törésmentesen. 1 és 2: agyagos iszap, 3: iszapos, igen finom homok, 4: iszapos aprószemű homok. B rajz: nomogram az areométerre üledéptett anyagmennyiség alapján a fajtsúly-hiba meghatározásához az egyenesekre írt sűrűségű szuszpenziókban — Drawing A: the connection of the curve parts determined by sieving and areometer analysis cannot be connected without a break in the line. 1—2: argillaceous mud, 3: muddy, very fine sand, 4: muddy, fine-grained sand. Drawing B: Graph for the determination of the density error by the mud settling upon the areometer-tube, in suspensions of the density as written upon the lines

rajza az areométeres módszer reprodukálhatóságáról nyújt képet : egy agyagos iszapot, infúziós lösz és iszapos aprószemű homokot ötször elemezve, az összegörbék a határ-görbékben belül helyezkedtek el. Úgy látszik, hogy agyagos mintánál a reprodukálhatóság mértéke valamivel kisebb, mint közepes szemnagyságú, homokliszt- és homokmintánál, általában azonban az areométeres módszer reprodukálhatósága ellen kifogás nem emelhető.



3. ábra. Az areométerre ülepedett anyag mennyisége az abszcisszán feltüntetett időpontokban. 1 és 2 : agyagos iszap, 3 és 4 : iszapos, igen finom homok, 5 és 6 : iszapos, aprószemű homok — Amount of the material settled upon the areometer tube plotted against time: 1—2: argillaceous mud, 3—4: muddy, very fine-grained sand, 5—6: muddy, fine-grained sand

Megállapítható, hogy kb. 5%-os eltérések véletlen hiba következtében még lehetségesek s így ennél kisebb eltérésekből lényeges következtetést levonni nem lehet. Természetesen a reprodukálhatóság csak a véletlen hibák nagyságáról nyújt felvilágosítást, de az előfordulható rendszeres hibák következtében a módszer pontosságának egymagában még nem mértéke.

b) Az areométerre ülepedő anyag mint hibaforrás. Az areométeres elemzések eredményeit összeggörbével ábrázolva, az iszapolással és szítalással meghatározott görberész gyakran nem köthető össze töresmentesen. Ez különösen nagy agyagtartalmú mintáknál feltűnő, homokliszt-féléknél ritkán, homokmintáknál nem tapasztalható. Néhány példát a 2. ábra A rajza tüntet fel.

Az 1 és 2 összeggörbe két eléggé kötött mintáé („nyersanyag”-tartalom 28% körül). A szemcseeloszlást 0,066 mm-ig iszapolással, az ennél durvább részekenél szitálással állapítottuk meg. 0,066 mm-nél az iszapolással, ill. szitálással meghatározott görberész közti eltérés kb. 9%. A 3 görbe iszapos igen finom homokot, a 4 görbe iszapos aprószemű homokot ábrázol, ezeknél eltérés nincs.

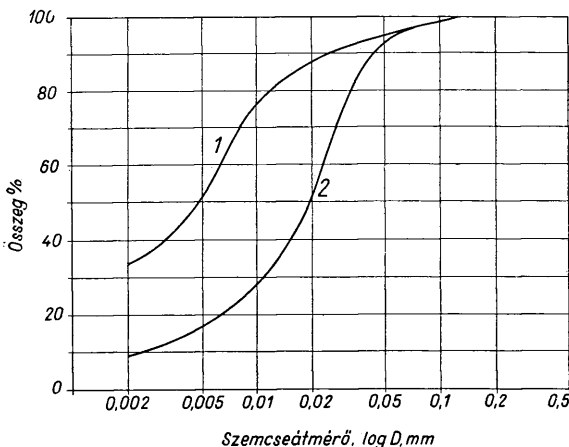
Ez az agyagos mintáknál tapasztalható eltérés nem koagulációtól ered (mint esetleg gondolni lehetne). Egyéb vizsgálatok alapján megállapítható, hogy nátrium-metaszilikát-stabilizátor alkalmazása mellett a koagulációnak lényegtelen szerepe van. Az eltérés oka az, hogy a szuszpenzióból mérés alatt az areométerre szemcsék ülepednek, s a ráülepedő anyag mennyisége közvetlenül az ülepítés megindítása után legnagyobb. Az areométerre való anyagülepedésből származó hiba vizsgálata következőképpen történt: különböző mintákból az areométeres elemzéshez szükséges töménységű szuszpenziót készítve, az areométert a szokásos fajsúlymérés időpontokban a szuszpenzióba helyeztem, majd igen óvatosan kiemelve — hogy a ráülepedett anyagból minél kevesebb mosódhassék le — a ráülepedett anyagot lemostam, bepárlás és 105 C°-on való szárítás után mértem. Az areométeres mérésnél a 30 és 45 mperces, 1 és 2 perces fajsúlyleolvasás egyszeri areométer-bemerítéssel történik, a 2 percen túli leolvasások közt azonban az areométert ki kell emelni. Az areométerre ülepedett anyag mérése ugyanígy történt, az eredményeket a 3. ábra tünteti fel.

A 2. percnél jelzett ráülepedés 2 perc, a többi időpontban feltüntetett anyag 30 mperc alatt ülepedett az areométerre (a hosszabb idő utáni leolvasásoknál is legalább fél perccel korábban a szuszpenzióba kell meríteni az areométert, hogy megnyugodjék). Megállapítható, hogy az areométerre ülepedett anyag mennyisége az ülepítés első perceiben igen nagy (az ábra logaritmikusan beosztású!), majd rohamosan csökken, de még az ülepedés kezdetétől számított 2 óra után is a legtöbb mintánál mérhető nagyságú. Az areométerre ülepedő anyag mennyisége nagymértékben függ a minta szemcseösszetételétől, az 1 és 2 agyagos iszapnál az első 2 percben kb. hússzor akkora, mint a 3 és 4 iszapos igen finom homoknál; még kevesebb az 5 és 6 iszapos aprószemű homoknál, ezek közül a 6-nál 15 perc eltelte után már nem volt mérhető. Az első percekben az areométerre ülepedő anyag mennyisége kiugróan nagy az agyagos mintáknál, tehát éppen azoknál, amelyeknél az összeggörbe iszapolással és szitálással meghatározott része rosszul köthető össze.

Az areométerre ülepedett anyag súlytöbblete miatti, a fajsúlymérésben bekövetkező hiba is meghatározható. Az areométert különböző súlyú alumínium-terheléssel látva el, meghatároztam a mért fajsúly hibáját (a technikai alumínium fajsúlya kb. 2,6—2,7, tehát közel akkora, mint az agyagoké). A terhelés által okozott fajsúlyhiba némileg a közeg sűrűségétől is függ;  $d = 1,035$  és  $d = 1,000$  sűrűségű közegre a hiba meghatározása közvetlen méréssel,  $d = 1,030$ ,  $1,020$  és  $1,010$  sűrűségűre interpolálással történt. Az így nyert nomogrammal (1. ábra B rajza) az areométerre ülepedéstől származó fajsúlyhiba közelítőleg meghatározható s az összeggörbe hibája összegszázalékban kiszámítható. A 2. ábra A rajzán a helyesbítéssel kapott görbepontok is fel vannak tüntetve; megállapítható, hogy az 1 agyagos iszapnál az areométerre ülepedés az összeggörbe 0,032 mm-hez tartozó pontjánál kb. 9%, a 2 agyagos iszapnál 5% eltérést okozott. Megjegyzendő, hogy a ráülepedett anyag mérésekor az areométer kiemelésénél minden óvatosság ellenére az anyag egy része lemosódhat, így a megállapított hiba a valóságban inkább kisebb.

Agyagos mintáknál a ráülepedés által okozott hiba a 2 percen túli leolvasásoknál már jelentéktelen, homokliszt- és homokmintáknál pedig már az első percekben sem okoz lényeges hibát. Az agyagos mintáknál a ráülepedett anyagban főleg az agyag- és iszapszemnagyság vesz részt. 10 agyag- és iszapminta, és külön 10 iszapos homokminta

elemzésekor az areométerre ülepedett anyagot összegyűjtve és Atterberg-hengerben megiszapolva a 4. ábra görbéi adódtak. Az összegyűjt anyag agyag- és iszapmintáknál 0,94, az iszapos homoknál csak 0,31 g volt, ez arra mutat, hogy a nagyobb mérvű ráülepedésnél az agyagszemcsék tapadásának van szerepe. A 3. ábrából még megállapítható, hogy az areométerre ülepedő anyag mennyisége hasonló szemcseeloszlású mintáknál is eléggé eltérő lehet, mert mennyisége a szuszpenzió felrázásakor keletkező örvényléstől és egyéb ellenőrizhetetlen körülményektől is függ, tehát az ebből származó hiba korrigálására nincs mód.

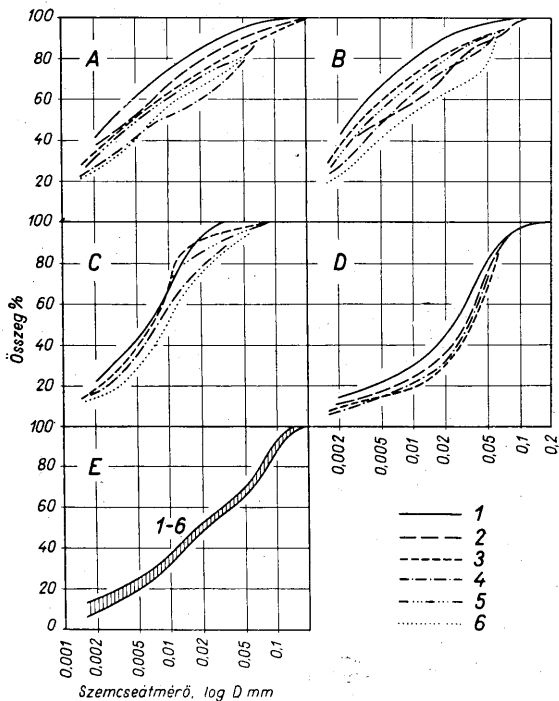


4. ábra. Az areométerre ülepedett anyag szemcseeloszlása. 1: 10 agyag- és iszapminta alapján, 2: 10 iszapos homok alapján — Grain-size distribution of the material settled upon the areometer tube. 1: on the basis of 10 clay and mud samples, 2: on the basis of muddy sand samples

Az eredményeket kizárólag azáltal tehetjük jobbá, hogy a 2 perc előtti fajsúlyleolvasásokat agyagos mintáknál elhagyjuk és a leolvasást az ülepítés megindítása után 2 perccel kezdjük. 2 perccor a hőmérséklettől, a törmeléken üledék fajsúlyától stb. függően kb. a 0,018—0,022 mm átmérőjű szemcsék mennyiségét határozzuk meg. Ehhez a szemcseátmérőhöz a szitaelemzés alsó határa, 0,05 mm még elég közel esik, a görbe nem válik túlságosan hézagosná. Homokliszt- és homokmintáknál a 2 perc előtti fajsúlyleolvasások is felhasználhatók, bár közvetlenül a felrázás után eszközölt leolvasások adatai az areométer erős forgó és ingó mozgása miatt nem megbízhatók.

c) Az előkészítés hatása. Az areométeres módszernél az előkészítés rázógépi rázással történik; a rázás idejét illetően a nézetek eltérők, feltételezik, hogy hosszabb rázás a szemcsék tördelődésére vezet. Az előkészítésnek az elemzési eredményekre gyakorolt hatását legrészletesebben az 5. ábrán feltüntetett mintákon vizsgáltam. Ezek szemcseösszetételre és közettani jellegre eléggé eltérő minták. Az összehasonlításban a következő elemzési és előkészítési módok szerepelnek: 1) Atterberg-módszer, elő-

készítés: ujjal dörzsölve; 2) pipettás módszer, előkészítés: 24 óra főzés + rázás; 3) areométeres módszer, előkészítés: 2 óra rázás; 4) areométeres módszer, előkészítés: 8 óra rázás; 5) areométeres módszer, előkészítés: 16 óra rázás; 6) areométeres módszer előkészítés: 16 óra főzés, 10 óra rázás.



5. ábra. Összehasonlító elemzések. 1: Atterberg-módszerrel, 2: pipettás módszerrel Köhn-készülékben, 3: areométeres módszerrel, előkészítés 8 óra rázás, 4: areométeres módszerrel, előkészítés 2 óra rázás, 5: areométeres módszerrel, előkészítés 16 óra rázás, 6: areométeres módszerrel, előkészítés 16 óra főzés és 10 óra rázás — Comparative analyses: 1: Atterberg method, 2: Pipette method, as carried out by the aid of the Köhn apparatus, 3 to 6: areometer method, with the following preparation: 8 hours shaking for 3, 2 hours for 4, 16 hours for 5, 16 hours cooking and 10 hours shaking for 6

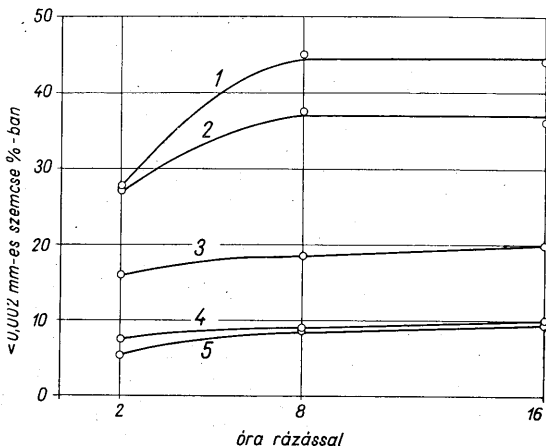
Megállapítható, hogy az ujjal szétdörzsölt, Atterberg-módszerrel elemzett minta adja a legtöbb finom részt, az iszapos homokminta kivételével, amelyre lazaságánál fogva az előkészítési mód változtatása igen csekély hatással volt. A 2 órás rázással előkészített minták lényegesen kevesebb finomrészt szolgáltatnak, mint a 8 órás rázással előkészítettek, ez azonban tördelődés eredménye nem lehet, tördelődés következtében



I. táblázat

Minta száma	Minta jellege	CaCO <sub>3</sub> %	Elemzési módszer					
			Atterberg	Pipettás	< Areométeres			
			< előkészítés					
			ujjal dörzsolva	főzés+rázás	2 óra rázás	8 óra rázás	16 óra rázás	16 óra főzés + 10 óra rázás
< 0,002 mm szemcse %								
1.	Fekete, erősen humuszos agyag	0,0	41,5	37,0	27,0	45,0	44,0	26,0
5.	Kékesszürke agyag .....	0,9	44,0	35,5	27,5	37,5	36,0	24,5
7.	Kékesszürke, agyagos iszap ....	5,4	22,4	—	16,0	18,5	20,0	14,0
17.	Sárga, iszapos infúziós lösz .....	34,5	15,0	11,4	7,5	9,0	10,0	7,5
24.	Kékesszürke, gyengén humuszos iszapos homok .....	5,4	8,2	10,5	5,5	8,5	9,5	7,5

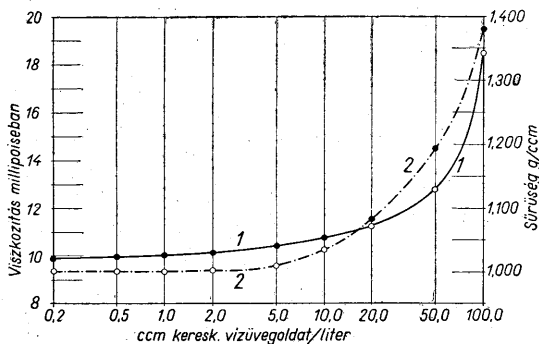
ugyanis az iszapos homok-mintánál is 8 órás rázás után több finomrésznek kellene mutatkoznia. Ezt bizonyítja még, hogy a 8 órás rázással előkészített elemzéseknél a finom részek mennyisége még mindig kisebb, mint az ujjal dörzsoló mintáké.



6. ábra. Rázógépi előkészítés időtartamának hatása a 0,002 mm-nél kisebb szemcsék mért mennyiségére. 1 : erősen humuszos agyag (réti agyag), 2 : agyag, 3 : agyagos iszap, 4 : lösz, 5 : iszapos homok — The effect of preparation by the aid of the shaking machine upon the measured amount of grains smaller than 0,002 mm. 1 : intensely humous clay (bog clay), 2 : clay, 3 : argillaceous mud, 4 : loess, 5 : muddy sand

nál. A pipettás módszerrel kapott szemcseeloszlás az areométereséhez hasonlóbb, mint az Atterberg-módszeréhez. Az Atterberg-módszernél ugyanis a többszöri felrázás és ülepítés miatt a finom részek jobban elkülönülnek a durvábbaktól, mint az egyszeri

üleptéssel dolgozó pipettás és areométeres eljárásnál. A 16 órás rázás az areométeres módszernél a 8 órás rázáshoz képest csak lényegtelen eltérésű. Lényeges, hogy a minták előzetes főzése a finom részek mennyiségére elönytelenül hat, az agyagos mintáknál a 16 órás főzéssel előkészített elemzés, még az utólagos 10 órás rázás ellenére is, igen kevés finom részt adott. Ez feltételezhetően onnan ered, hogy a főzésnél oldódás révén jelentősen felszaporodik az elektrolittartalom, ami erős koagulációt okozhat. A minták főzése — amit több talajtani módszertani munka ajánl — laza törmelékes üledék-mintáknál feltétlenül elvetendő. Az előkészítés hatását legvilágosabban a „kolloid” (0,002 mm-nél kisebb) szemcsék mennyisége mutatja (I. táblázat, 6. ábra).



7. ábra. Nátriummetaszilikát-oldatok viszkozitás- és sűrűségváltozása a töménység függvényében — Viscosity and density of sodium metasilicate solution against concentration

A 6. ábra a kolloid részek mennyiségét a rázási idő függvényében tünteti fel. Az 1 és 2 agyagos mintánál a 8 órás rázás a 2 órással szemben nagymértékben emelte a kolloid részek mennyiségét, a 16 órás rázás után kissé kevesebbnek adódott, de a hibahatáron belül ugyanannyinak. A 3 agyagos iszapnál és a 4 és 5 lösz, ill. iszapos homok esetében ez a hatás kevésbé mutatkozik. Megállapítható, hogy — az általános felfogással ellentétben — még aránylag hosszú idei rázás sem okozza a szemcsék tördelődését, ellenkezőleg: a vízben való rázás diszpergáló hatása a laboratóriumban számbajövő időtartam alatt határértékhez közeledik, de a rázással előállított diszperzitás még hosszú idő múlva sem éri el az ujjal szétdörzsölt mintáét, természetesen még kevésbé a maximális vagy végső diszperzitást.

Iszap- és iszapos homokmintáknál a 8 órás rázás hatása kismértékű ugyan, de a minta diszpergálódása — mint E n d e l [6] laza törmelékes üledékek víz alatti szét-esésére vonatkozó kísérletei mutatják — a szemcseösszetételtől nem egyértelműen függ. Ebből gyakorlati vonatkozásban következik, hogy az areométeres módszernél kielégítő eredmények nyeréséhez, biztonság kedvéért, minden mintánál 8 órás rázást kellene alkalmazni.

d) A stabilizáló-szer hatása. Az areométeres módszernél használt nátriummetaszilikát-stabilizátornak nagy hibájával róják fel, hogy a diszpergáló közeg

viszkózitását és sűrűségét megváltoztatja. Kereskedelmi vízüvegből készített különböző töménységű oldatok viszkózitásának és sűrűségének vizsgálatával e kérdést el lehetett dönteni [17]. A 21 C°-on (Oswald-féle viszkóziméterrel) eszközölt mérések szerint 1 ccm nátriummetaszilikát-oldat a diszpergáló közegnél igen csekély viszkózitásváltozást okoz; a sűrűsége gyakorolt hatás pedig Mohr—Westphal-mérleggel még nagyobb töménység esetén sem mérhető nagyságú (7. ábra).

A viszkózitás- és sűrűségmérések adatai alapján pl. 0,002 mm átmérőjű, 2,7 fajsúlyú szemcsék esési sebessége 1 ccm/lit vízüveget tartalmazó oldatban 20 C°-on  $3,69 \cdot 10^{-4}$  cm/sec, desztillált vízben  $3,76 \cdot 10^{-4}$  cm/sec. Ugyanakkor 21 C°-on az ilyen szemcsék ülepedési sebessége  $3,85 \cdot 10^{-4}$  cm/sec, a 20 C°-ra vonatkozó  $3,76 \cdot 10^{-4}$  cm/sec sebességtől való eltérés  $0,09 \cdot 10^{-4}$  cm/sec. 1 ccm vízüveg használata mellett tehát az elkövetett hiba kb. akkora, mint akkor, ha a szuszpenzió hőmérséklete 1,0 C°-kal változik az elemzés alatt. Minthogy az elemzéseknél természetesen ritkán használatos és a jelzett hőmérsékletingadozásnál nagyobb is előfordulhat, megállapítható, hogy a vízüveg használatából eredő hiba a szemcseösszetéti elemzések egyéb, pl. hőmérséklet-ingadozásból eredő, hibája mellett elenyésző.

A nátriummetaszilikát használata csak annyiban kényelmetlen, hogy az üvegeszközöket megtámadja és némely mintánál felrázaskor erős habzást idéz elő, ami a kezdeti fajsúly-leolvasásokat akadályozza.

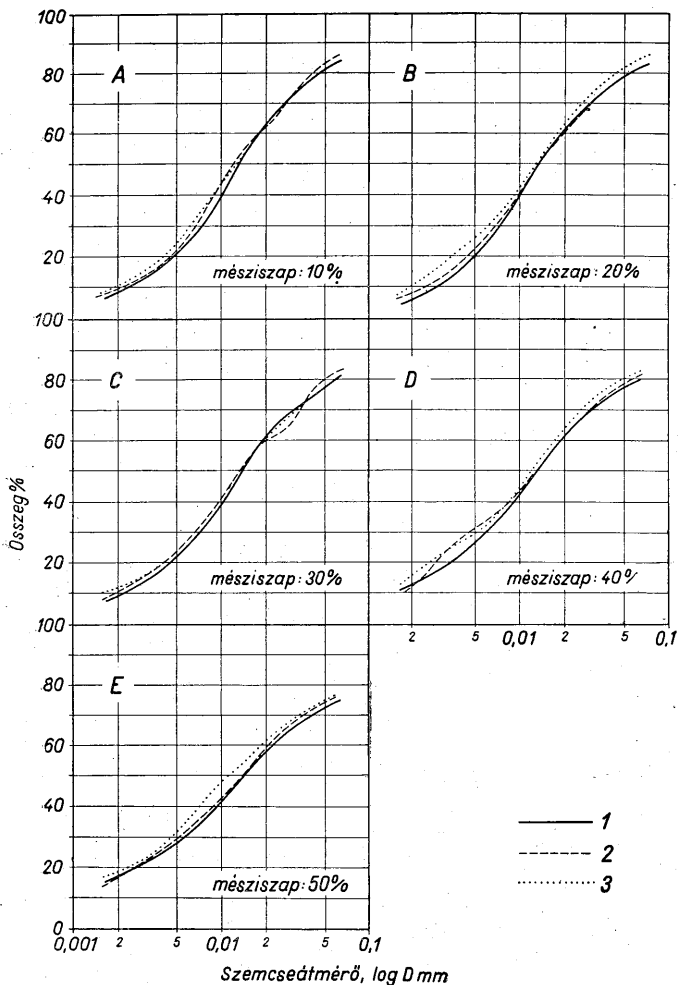
A stabilizáló-szer hatásának vizsgálatára történt a következő kísérletsorozat: Egy mészmentes iszappintához emelkedő mennyiségben igen finomra porított mészkarbonátot kevertem, amely csekély szennyezéstől eltekintve gyakorlatilag teljesen mészkarbonátnak tekinthető. Ebből az anyagból a keverékek 10, 20, 30, 40 és 50%-ot tartalmaztak. A keverékekből előállított szuszpenziókat az elkészítés után 1 nap, 7 nap, és 45 nap múlva areométerrel elemezve, megállapítható, hogy a szuszpenzió állása még a kb. 50% mészkarbonátot tartalmazó mintánál is csak lényegtelen változást idézett elő. Amennyiben változás egyáltalán történt, az inkább a szuszpenzió diszpergálódásában állt (8. ábra).

A kolloid részek mennyiségét Atterberg-módszerrel is meghatároztam (II. táblázat). Ezek a kísérletek bizonyítják, hogy — bár Tchillingarian kísérleteivel kapcsolatban [16] más stabilizáló-szerek használatának lehetősége is felmerül — az egyszerűbb anyagok közt általában a nátriummetaszilikát biztosítja a legjobb hatást és a koagulációt csaknem teljesen kiküszöböli.

II. táblázat

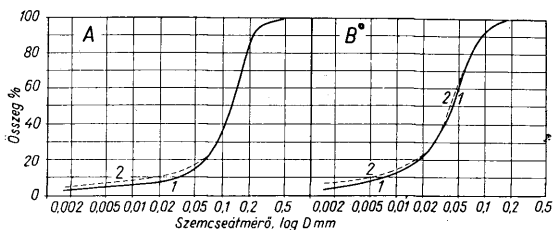
Kíséret	Mésziszap %	< 0,002 mm-es szemcsék súlyszázalékban			
		Atterberg-módszerrel	Areométeres módszerrel		
			1 nap után	7 nap után	45 nap után
A	10	12,2	9,0	9,6	10,5
B	20	13,6	6,5	8,3	11,0
C	30	14,2	9,0	10,2	11,5
D	40	16,3	13,0	13,5	16,5
E	50	17,7	16,8	17,5	17,8

Makarova és Platova [8] feltételezik, hogy az areométeres módszernél jelentékeny hibát okoz, hogy az ülepités elején a rohamosan leülepedő durvább részek örvénylést létesítenek és sok finom részt ragadnak magukkal. Néhány összehasonlító



8. ábra. Mészkarbonát-tartalom mennyiségének hatása az areométeres elemzés eredményeire. A rajz: mésziszap 10%, B rajz: 20%, C rajz: 30%, D rajz: 40%, E rajz: 50%. 1. a szuszpenzió készítése utáni első nap, 2. 7 nap, 3. 45 nap után — Effect of calcium carbonate content upon results of areometer analysis. Drawing A: 10 per cent. loose CaCO<sub>3</sub> precipitate; B: 20 per cent, C: 30 per cent, D: 40 per cent, E: 50 per cent 1. one day after preparing the suspension, 2. after 7 days, 3. after 45 days

elemzés megmutatta, hogy ez a hatás alárendelt mértékű. E kísérleteknél iszapos homokmintákból előzetesen nedves szitálással leválasztottam a 0,066 mm-nél durvább részt és a maradékot iszapoltam. A finom részek mennyisége kissé többnek mutatkozott (9. ábra), az eltérés azonban nem haladja meg az areométeres módszer eredményeinek reprodukálhatósági határát. Megjegyzendő, hogy a durva rész nedves szitálással való elkülönítése körülményes művelet, ui. a finom részeket tartalmazó résznek nem szabad felhígulnia, tökéletlen elválasztás esetén pedig sok finom szemcse marad a durva részletben, amivel éppen ellenkező hatást érünk el: a finom részeket kevesebbnek mérnök. A durva részek előzetes leválasztása gyakorlati munkánál nehezen vihető keresztül, de az előbbieket alapján felesleges is.



9. ábra. 1 görbék: eloszlásgörbék a teljes anyagminta areométeres elemzése alapján, 2. eloszlásgörbék a 0,066 mm-nél nagyobb szemcsék előzetes leválasztása után. A rajz: iszapos finomhomok, B rajz: iszapos aprószemű homok — Curves 1: distribution curves as based upon the areometer analysis of the entire sample. Curves 2: distribution curves after previous separation of grains smaller than 0,066 mm. Drawing A: muddy silt. Drawing B: muddy fine-grained sand

e) A vizsgálati anyag mennyisége. Az areométeres méréshez a hazai laboratóriumok 50 g, erősen homokos mintáknál 100 g anyagot mérnek be. Vaszilijev 30 g-ot, Popov 30—40 g-ot javasol [8]. Több összehasonlító vizsgálatnál azt találtam, hogy magas homoktartalmú mintáknál 100 g-ot célszerű bemérni, ez az 50 g-os próbapeggel szemben a finom részek mennyiségét előnyösen emeli és megakadályozza, hogy az elemzés végén a szuszpenzió töménysége a mérhetőség alá szálljon.

### 3. Az elemzések összehasonlítása

Az elemzési eredményeket a III. táblázat, kiemelt példákat grafikusan az 5. ábra tüntet fel. Az Atterberg-féle, a pipettás módszerrel és a 8 órá s r á z á s s a i előkészített areométeres módszerrel készült elemzések eredményeit a III. táblázat rövideg kedvéért paraméteres jellemzéssel (Trask szerint [11]) foglalja össze. Itt  $D_{25}$  = „alsó kvartilis”, azon szemcse átmérője, melynél kisebb szemcsék összes mennyisége 25%;  $D_{50}$  = „közepes szemcseátmérő”, azon szemcse átmérője, amelynél kisebb (és nagyobb) szemcsék összes mennyisége 50%;  $D_{75}$  = „felső kvartilis”, azon szemcse átmérője, amelynél kisebb szemcsék összes mennyisége 75%;  $O = \sqrt{D_{75}/D_{25}}$  = osztályozottság!

$$Sz = \frac{D_{75} \cdot D_{25}}{(D_{50})^2} = \text{görbeszimmetria.}$$

E számításmód mellett  $O = 1$ , az osztályozottság értéke az egységgel lenne egyenlő oly anyagnál, amelynél  $D_{25} = D_{75}$ , tehát az anyag csaknem monodiszperz

III. táblázat

Sor-sz.	Minta jellege	CaCO <sub>3</sub> %	Elemzési módszer	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>	O	Sz
1.	Fekete, erősen humuszos agyag (réti agyag)	0,0	Atterberg Pipettás Areométeres		0,0027 0,0040 0,0043	0,011 0,017 0,021		
2.	Fekete, erősen humuszos agyag (réti agyag)	0,0	Atterberg Pipettás Areométeres	0,0020	0,0031 0,0085 0,0076	0,013 0,035 0,024	4,18	0,97
3.	Kékesszürke, kissé humuszos agyag	0,9	Atterberg Pipettás Areométeres		0,0024 0,0050 0,0033	0,0074 0,021 0,011		
4.	Kékesszürke, agyagos iszap	3,2	Atterberg Pipettás Areométeres	0,0025	0,0035 0,010 0,0053	0,0091 0,029 0,015	3,40	0,72
5.	Kékesszürke, agyagos iszap	1,3	Atterberg Pipettás Areométeres		0,0043 0,0034 0,0039	0,010 0,0085 0,0091		
6.	Szürkéssárga, igen finom homo- kos iszap	9,1	Atterberg Areométeres	0,0024 0,0024	0,0055 0,0053	0,017 0,016	2,74 2,58	1,73 1,37
7.	Kékesszürke, agyagos iszap	5,4	Atterberg Areométeres	0,0022 0,0027	0,0062 0,0070	0,011 0,011	2,23 2,02	0,63 0,60
8.	Sárgásbarna, igen finom homokos, agyagos iszap	9,5	Atterberg Areométeres	0,0025 0,0027	0,0087 0,011	0,027 0,024	3,28 2,98	0,89 0,41
9.	Kékesszürke, kissé agyagos iszap	14,1	Atterberg Areométeres	0,0060 0,0045	0,012 0,012	0,021 0,022	1,91 2,20	0,82 0,69
10.	Kékesszürke, igen finom homokos iszap	4,0	Atterberg Areométeres	0,0045 0,0033	0,011 0,0087	0,023 0,019	2,27 2,40	0,78 0,83
11.	Sárga, igen finom homokos iszap	9,5	Atterberg Pipettás Areométeres	0,0057 0,0057 0,0058	0,012 0,011 0,011	0,024 0,015 0,018	2,13 1,62 1,76	0,81 0,70 0,78
12.	Kékesszürke, okkerfoltos, erősen igen finomhomokos iszap	2,7	Atterberg Pipettás Areométeres	0,0064 0,0040 0,0063	0,016 0,013 0,013	0,026 0,023 0,023	2,08 2,40 1,91	0,61 0,54 0,85
13.	Kékesszürke, erősen igen finom- homokos iszap	6,8	Atterberg Pipettás Areométeres	0,0035 0,0075 0,0091	0,017 0,022 0,029	0,029 0,038 0,050	2,88 2,25 2,34	0,25 0,59 0,54
14.	Kékesszürke, erősen igen finom- homokos iszap	8,2	Atterberg Areométeres	0,0064 0,0090	0,019 0,023	0,032 0,043	2,24 2,18	0,57 0,73
15.	Világosszürke, erősen iszapos- infúziós lösz	6,7	Atterberg Areométeres	0,0074 0,013	0,020 0,025	0,035 0,043	2,14 1,81	0,66 0,89
16.	Kékesszürke, erősen iszapos in- fúziós lösz	28,2	Atterberg Pipettás Areométeres	0,0060 0,010 0,012	0,022 0,023 0,026	0,037 0,037 0,041	2,48 1,94 1,87	0,46 0,70 0,69
17.	Sárga, erősen iszapos infúziós lösz	34,5	Atterberg Pipettás Areométeres	0,0065 0,010 0,010	0,023 0,030 0,040	0,043 0,048 0,052	2,46 2,19 2,28	0,57 0,53 0,32
18.	Kékesszürke, erősen iszapos, igen finom homok	6,8	Atterberg Pipettás Areométeres	0,0090 0,013 0,013	0,024 0,032 0,032	0,041 0,060 0,057	2,13 2,15 2,09	0,64 0,73 0,72

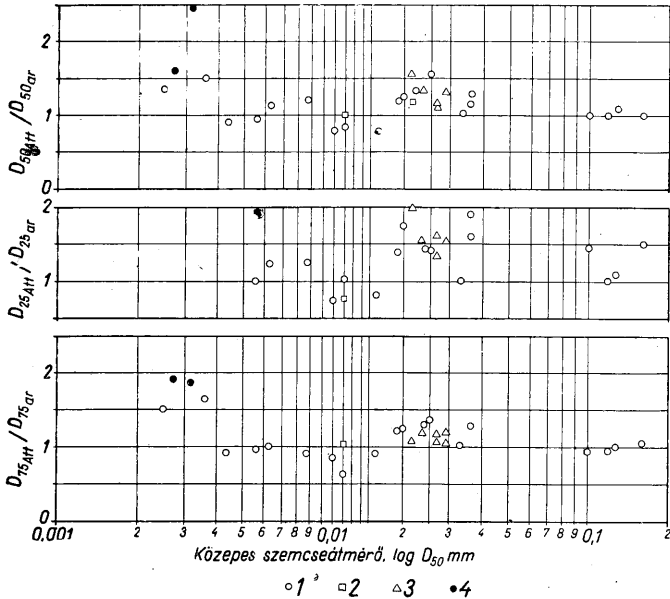
Sor-sz.	Minta jellege	CaCO <sub>3</sub> %	Elemzési módszer	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>	O	Sz
19.	Sárgásszürke, erősen iszapos infúziós lősz	33,5	Atterberg Areométeres	0,010 0,015	0,027 0,031	0,045 0,048	2,12 1,78	0,61 0,75
20.	Barnássárga, erősen iszapos infúziós lősz	33,6	Atterberg Pipettás Areométeres	0,013 0,017 0,021	0,027 0,031 0,037	0,042 0,046 0,050	1,70 1,64 1,54	0,75 0,81 1,44
21.	Világosszürke, iszapos infúziós lősz	31,8	Atterberg Areométeres	0,011 0,015	0,027 0,030	0,038 0,045	1,85 1,73	0,48 0,75
22.	Sárgásszürke, iszapos infúziós lősz	34,1	Atterberg Areométeres	0,014 0,022	0,029 0,038	0,048 0,051	1,85 1,52	0,80 0,78
23.	Kékesszürke, iszapos, igen finom homok	4,5	Atterberg Areométeres	0,010 0,014	0,025 0,039	0,052 0,070	2,28 2,25	0,95 0,64
24.	Kékesszürke, iszapos, finom és aprószemű homok	5,4	Atterberg Pipettás Areométeres	0,011 0,011 0,011	0,034 0,030 0,035	0,11 0,13 0,11	3,16 3,43 3,16	1,05 1,56 1,72
25.	Kékesszürke, iszapos finom homok	4,5	Atterberg Areométeres	0,010 0,016	0,035 0,045	0,055 0,070	2,34 2,09	0,45 0,55
26.	Kékesszürke, iszapos finom homok	4,5	Atterberg Pipettás Areométeres	0,0090 0,014 0,017	0,035 0,037 0,040	0,055 0,060 0,068	2,47 2,06 2,00	0,40 0,61 0,73
27.	Kékesszürke, iszapos aprószemű homok	1,0	Atterberg Areométeres	0,018 0,026	0,10 0,10	0,17 0,16	2,90 2,47	0,37 0,41
28.	Szürke, humuszos, kissé iszapos aprószemű homok	3,6	Atterberg Areométeres	0,050 0,075	0,16 0,16	0,22 0,23	2,21 1,75	0,43 0,67
29.	Barnásszürke, kissé iszapos aprószemű homok	14,5	Atterberg Pipettás Areométeres	0,076 0,076 0,076	0,12 0,12 0,12	0,19 0,17 0,18	1,57 1,49 1,54	1,00 0,90 0,95
30.	Szürke, iszapos, aprószemű homok	2,7	Atterberg Areométeres	0,081 0,090	0,13 0,14	0,17 0,17	1,45 1,37	0,94 0,78

lenne. Az osztályozottság csökkenésével az O-érték nő, homokfajtáknál értéke átlagosan 1—2, homoklisztféléknél kb. 2—3, agyag- és iszapmintáknál 3 feletti. Az Sz-érték a szemcseeloszlásnak a közepes szemnagyságtól a kis, ill. nagy szemnagyságok felé mutató aszimmetriájára jellemző: ha a kis szemnagyságok felé az osztályozottság kisebb, mint a nagy szemnagyságok felé (az összeggörbe a kis szemnagyságok felé lankásabb, mint a nagyok felé), Sz értéke 1-nél kisebb; ha az osztályozottság a kis szemnagyságok felé erősebb, mint a nagyok felé (az összeggörbe a kis szemnagyságok felé meredekebb, mint a nagyok felé) Sz 1-nél nagyobb; ha az eloszlás tökéletesen szimmetrikus, Sz = 1. A legtöbb finomszemű törmeléken Sz < 1 (az összeggörbe a finom szemcsék tartománya felé elhúzódo).

Az összehasonlításból megállapítható, hogy az előkészítés és elemzési módszer változtatása legnagyobb eltérést az agyagos üledékeknél okoz. A diszpergálás, stabilizáló-szer és elemzési módszer tekintetében tehát ezek a legérzékenyebbek, ami a nagy fajlagos felület s a vele kapcsolatos adszorpciós és koagulációs jelenségek következménye. Az Atterberg-módszerhez képest a pipettás és areométeres módszerrel kapott eredmények jelentős eltérést mutatnak, az agyagos üledékek közt is feltűnő a humuszban gazdag agyagok („réti agyagok”) eltérése: az Atterberg-módszerrel kapott eloszlásnál lényegesen durvábbnak mutatkoznak. Ebben a nátriummetaszilikát-stabilizátornak lehet szerepe, ui. Földvári pipettás elemzéseknél különböző stabilizáló-szereket használva [4]

numuszban gazdag agyagoknál nátriummetaszilikát jelenlétében kevesebb finom részt kapott, mint nátriumoxalátnál; a finom részek mennyisége kb. csak annyi volt, mint desztillált vízben.

Homokliszt- és iszapmintáknál kis és nagy eltérés vegyesen fordul elő, homokoknál az eltérés alárendelt. Feltűnő, hogy agyagos (iszapos) mintáknál az areométerezés utáni szitalemezés lényegesen nagyobb homoktartalmat mutatott, mint az Atterberg-



10. ábra. Az Atterberg-féle és areométeres módszerrel készült elemzések kvartiliseinek és közepes szemcseátmérőjének összehasonlítása. Jelzések: 1. humus mentes minták,  $\text{CaCO}_3 < 1\%$ , 2.  $\text{CaCO}_3 1,1-2,1\%$ , 3.  $\text{CaCO}_3 > 2\%$ , 4. humusos minták. Comparison of the quartils and median grain sizes of Atterberg and areometer analyses 1. samples humous,  $\text{CaCO}_3 < 1\%$ , 2.  $\text{CaCO}_3 1,1-2,1\%$ , 3.  $\text{CaCO}_3 > 2\%$ , 4. samples humous.

elemzés után. Itt szerepet játszhat az is, hogy az Atterberg-elemzésnél a többszöri újrafelrészítés következtében a homokszemekhez tapadó finom részek nagyobb mennyiségben szabadu'nak fel, tehát többszörösen megtisztított homokot mérünk, az egyszeri ülepítéssel dolgozó eljárásoknál pedig homokszemcsékhez tapadó finom részt is a homokhoz mérünk. Fontosabb azonban itt az Atterberg-módszernek egyik hibaforrása: ennél a szit elemzést az utolsó iszapolt frakció után a hengerben maradó anyagon szokás elvégezni. Az Atterberg-elemzésnél csak 5, legfeljebb 10 g anyagot használunk s az agyagos mintákból a szitáláshoz maradó amúgyis kevés homok nagy része a szitalemezésbe szorulva a veszteségbe kerül. Az areométeres módszernél legalább 50 g-ot mérünk be, így



a veszteség nem csökkenti lényegesen a homoktartalmat. Ha tehát az Atterberg-elemzéseknél, agyagmintáknál a homoktartalom szélsőségesen pontos meghatározására van szükség, ezt külön, nagyobb próbaadagból kellene eszközölni.

Az eltérő módszerekkel kapott eredményeket összehasonlítva megállapítható, hogy a l t a l á b a n az Atterberg-módszer adja a legtöbb finom részt. Az areométeres és pipettás módszerrel kapott görbék elegendő megegyezők, de az Atterberg-módszerhez képest az anyagot igen sok esetben durvább szemnagyságúnak tünteti fel. Ez részben onnan ered, hogy az Atterberg-módszernél a sokszori felrúzás csaknem maradéktalanul felszabadítja a tapadó finom szemcséket; szerepe lehet még az eltérésben az Atterberg-henger K ö h n által [5] kimutatott hibájának, amely abban áll, hogy a henger kifolyója körül örvénylés képződik, amely a keltetésnél finomabb szemeket is magával ragad. Az eltérések az O-értékben is megmutatkoznak, a görbeszimmetria (Sz) eltérése azonban alárendelt.

Ami már most azt a kérdést illeti, hogy az eltérő módszerrel készült elemzések egymásba átszámíthatók-e, áttekinthető képet ad a 10. ábra. Ez az Atterberg-féle és areométeres módszerrel kapott eredmények összehasonlítását tartalmazza. Jelölések:  $D_{25At}$ ,  $D_{75At}$ ,  $D_{50Ar}$ : Atterberg-módszerrel kapott kvartilisek és közepes szemcseátmérő;  $D_{25Ar}$ ,  $D_{75Ar}$ ,  $D_{50Ar}$ : areométeres módszerrel kapott kvartilisek és közepes szemcseátmérő. Az ábra függőleges tengelyére a megfelelő paraméterek hányadosa van felmérve, a vízszintes tengelyre a közepes szemcseátmérő (nagy agyagtartalmú mintáknál az alsó kvartilisra vonatkozó pont nem vihető fel, mivel az alsó kvartilis nem állapítható meg). Az eredmények tökéletes egyezése esetén a pontoknak az egységvonalon kellene sorakozniuk. A pontok elhelyezkedésében némi törvényszerűség mutatkozik. Agyagos mintáknál (közepes szemcseátmérő  $\approx 0,004$  mm) areométeres módszerrel a közepes szemcseátmérőt és a felső kvartilist az Atterberg-módszer eredményénél nagyobbak mérjük. Ha az üledék közepes szemcseátmérője kb. 0,004—0,015 mm közti, a pontok az egységvonal két oldalán kb. azonos számban, attól nem nagy távolságra fordulnak elő, jeléül annak hogy a két módszer eredményeinek megegyezése ilyen közepes szemcseátmérőjű mintáknál a legjobb. Ha az üledék közepes szemnagysága kb. 0,015 mm felett van, az eltérés ismét emelkedik, és pedig oly értelemben, hogy az areométerrel kapott paraméterek nagyobbak. Megjegyzendő, hogy különösen nagy homoktartalmú anyagoknál a közepes szemcseátmérő és a felső kvartilis megegyezése megint javul, de csak azért, mert ezek meghatározása már a szitaelemzés tartományába jut.

A humuszos agyagminták nagy eltérése itt is kiütözik; figyelemreméltó még, hogy a nagyobb karbonát tartalmú minták a többinél nem jelentősebb eltérések, ami szintén a koaguláció alárendelt szerepére utal. Együttáll megállapítható, hogy az üledék közepes szemcseátmérője és az eltérések közt egyértelmű kapcsolat nincs. Az Atterberg- és pipettás módszer szembeállításakor hasonlóan szórt pontok adódtak. Ebből következik, hogy olyan átszámítási „kulcsot” találni, amellyel az eredmények egymásba átszámíthatók, vagy pl. az areométeres módszer eredményei az Atterberg-módszeréhez „javíthatók” lennének, nem lehet. Az eltérést az előkészítés, stabilizálószer és elemzési mód bonyolultán befolyásolja s az nemcsak a szemcseösszetételtől, hanem az üledék ásványtani és vegyi jellegétől is jelentékenyen függ.

#### 4. Összefoglalás, következtetések

150, különböző módszerrel, ill. előkészítéssel készült szemcseösszetételelemzés és egyéb vizsgálatok eredményei a következőkben foglalhatók össze:

1. Az areométeres módszer reprodukálhatósága kielégítő, egyes elemzések eredményei közt kb. 5%-os eltérés lehetséges, ekkora eltérés azonban párhuzamos Atterberg-elemzéseknél is előfordul.

2. Agyagos minták areométeres elemzésekor az areométerre ülepedő anyag észrevehető hibát okoz. A hiba azáltal küszöbölhető ki, hogy a fajsúlyleolvasást az ülepítés megindítása után 2 perccel kezdjük. Homokliszt- és homokmintáknál az areométerre ülepedés lényeges hibát nem okoz.

3. Rázógépi előkészítés még hosszabb idő után sem okozza a szemcsék törledését, ellenkezőleg: még hosszabb rázógépi behatás sem nyújt az ujjal való szétdörzsöléssel egyenértékű diszperzitást. Az areométeres méréshez a mintákat 8 óras rázással kell előkészíteni. A minták főzése kerülendő.

4. Az areométeres elemzéssel kapott eredményeknek a többi módszerhez képest tapasztalható eltérésében a koaguláció szerepe jelentéktelen. Kivételt képeznek a humuszgazdag agyagok, amelyek a nátriummetaszilikát-stabilizátor jelenlétében a valóságosnál lényegesen durvább szemcseeloszlásúak.

5. A nátriummetaszilikátot a szokásos mennyiségben alkalmazva (1 ccm/lit) a diszpergáló közeg viszkozitását és sűrűségét jelentéktelenül változtatja csak meg, így ez hibaforrás nem lehet.

6. Atterberg-féle, pipettás és areométeres elemzések eredményeit összehasonlítva megállapítható, hogy a legnagyobb eltérések agyagmintáknál, különösen humuszos agyagoknál fordulnak elő.

7. Olyan átszámítási módot találni, mellyel egyik módszerrel kapott eredmények a másikéra átszámíthatók lennének, nem lehet, mert az előkészítés, diszpergálószer és elemzési mód különbözősége, a szemcseösszetétellel és az üledék ásványtani-vegyi jellege bonyolultan szabja meg az eltéréseket.

8. Megállapítható, hogy valamennyi módszer csak többé-kevésbé relatív eredményeket ad, melyek csak az adott diszpergálási mód, diszpergálószer és elemzési mód mellett érvényesek. Ebből következik, hogy szükséges lenne a hazai laboratóriumok részére egységes módszerek megállapítása, amelyek lehetőleg az üledékes közettani, talajmechanikai, talajtani és kerámiai laboratóriumok igényeit egyaránt kielégítenék, s az eredmények kicserélését lehetővé tennék.

Mínthogy az Atterberg-módszer ismeretes hibalehetőségei ellenére aránylag a legközvetlenebb, ennek eredményeit kell a valóságot legjobban megközelítőnek elfogadni. Ennek feltevésevel az egyes módszerek alkalmazási köre a következők adódik:

1. Talajmechanikai és kerámiai célú vizsgálatoknál a szemcseösszetéti elemzés célja az üledék többi fizikai tulajdonságára való következtetés. A törmelékeny üledékek fizikai tulajdonságai azonban a szemcseösszetételen kívül az ásványi, vegyi jellegtől is függnek, így ez a következtetés mindig csak közelítő lehet. Erre a célra az areométeres módszer teljesen megfelel, annál is inkább, mert a módszer eltérései az üledék rendszertani helyét nem változtatják meg. Az areométeres módszer igazi alkalmazási területe tehát az, amelyre eredetileg készült: a talajmechanikai laboratórium.

2. Mínthogy éppen a magas humusztartalmú agyagmintáknál az areométeres módszer az Atterberg-félétől különösen nagy eltérést, talajtani célra való alkalmazása nem ajánlható.

3. Közettani, földtani vonatkozásban az areométeres módszer gyakorlati feladatok megoldásához jól használható. Pontossága a legtöbb tudományos igényű vizsgálatnál is kielégítő, s a hosszadalmasabb Atterberg-módszerhez csak akkor kell

folyamodni, ha a szemnagyság-osztályok sajátságait (pl. ásványtani összetételét) külön-külön kell vizsgálni. A pipettás módszer használata az areométerrel szemben különös előnnyel nem jár.

## IRODALOM — REFERENCES

1. Casagrande, A.: Die Aräometer-Methode zur Bestimmung der Kornverteilung von Böden und anderen Materialien. Berlin, 1934. — 2. Correns, C. W.—Schott, W.: Über den Einfluss des Trocknens auf die Kornverteilung von Tonen. Koll. Ztsch., 65. 1933. — 3. Figurovskij, N. A.: Szedimentometriceszkij analiz. Moszkva—Leningrad, 1948. — 4. Földvári A.: Agyagok iszapolása ammoniumhidroxid-, nátriumoxalát- és nátriummetaszilikát-oldatban. Mat. és Term.-tud. Ért., LIV. k. 1. r., 1936. — 5. Gessner, H.: Die Schlämmanalyse. 1931. — 6. Keil, K.: Ingenieur-geologie und Geotechnik. Halle (Saale), 1951. — 7. Kézdi Á.: Talajmechanika. Bpest, 1952. — 8. Makarova, A. F.—Platova, E. N.: A mechanikai talajanalízis pipettás módszerének és areométeres módszerének összehasonlító tanulmányozása. Pocsvojevnyij, 1953. évf. 5. sz. — 9. Miháلتz I.: Különböző fajtsúlyú ásványokból álló kőzetek iszapolásáról. Földt. Közl., LXVII. k., 1938. — 10. Papp F.—Kertész P.—Meizl I.: Közethatórózó, Bpest, 1953. — 11. Pettijohn F. J.: Sedimentary Rocks. New York. — 12. Sikó A.—Kozma Z.—Iapray G. stb.: Anyagvizsgálatok, kísérletek, megfigyelések. Öntözésügyi Közl., IV. évf. 1. sz., 1942. — 13. Sztróka K.: A budai márga közettani vizsgálata. Föld. Közl., LXII., k. 1—12. f., 1932. — 14. Sztróka K.: A Descabezo (Chile) vulkánocsoport 1932. évi kitöréséből származó vulkáni hamu közettani vizsgálata. Földt. Közl., LXVI. k. 4—6. f., 1936. — 15. Sztróka K.: Diszperzításváltozások vulkáni tufák iszapolásánál. Mat. és Term.-tud. Ért. LV. k. 3. r., 1937. — 16. Tchilingarian, G.: Study of dispersing agents. Journ. of Sedimentary Petr., Vol. 22, No. 4., 1952. — 17. Ungár T.—V. Csuri I.: Nátriummetaszilikát használata szemcseösszetélteli elemzésekénél. Hidrológiai Közl. (Nyomás alatt) — 18. Svecov, M. Sz.: Petrografia oszadocsnich porod. Moszkva—Leningrad, 1948. — 19. Vendl A.—Takáts T.—Földvári A.: A budapestkörnyéki löszről. Mat. és Term.-tud. Ért., LII. k., 1935. — 20. Vendl A.—Takáts T.—Földvári A.: Újabb adatok a Börzsönyi-hegység löszének ismeretéhez. Mat. és Term.-tud. Ért., LIV. k. 1. r., 1936. — 21. Vendl M.: Kőzet-, szén- és ércmeghatározó módszerek. Sopron, 1935.

## Comparison of grain size analysis methods

T. UNGÁR

The results of 150 grain size distribution determinations, carried out by different methods of analysis and preparation, and of some other investigations are summarized in the following:

1. The reproducibility of the areometer method is sufficient; the scatter of parallel determinations amounts to about 5 per cent., but the same amount of error is also found between parallel Atterberg analyses.

2. The material settling upon the areometer tube may cause perceivable error in case of argillaceous samples. This error may be eliminated by beginning readings of density two minutes after the commencement of settling. The settling upon the areometer does not cause any essential error in dealing with samples of sand and silt.

3. No splintering of the grains occurs on treatment with the shaking machine, even after continued application. On the contrary, the dispersion effected by kneading with the fingers is not reached even by prolonged shaking. The preparation of the samples for areometer analysis by shaking machine has to be continued for eight hours. Cooking of the samples has to be avoided.

4. Coagulation plays no important part in causing deviations between areometer- and other types of analyses, with the exception of humous samples, which yield an apparent grain size far exceeding their actual one in the presence of the sodium metasilicate stabilizer.

5. No significant change in the viscosity or density of the dispersing medium occurs on application of the usual amount of sodium metasilicate (0,1 per cent); thus the use of this reagent presents no source of error.

6. On comparing Atterberg, areometer and pipette analysis results, it becomes apparent that the greatest divergences occur in the case of argillaceous samples.

7. It is impossible to find a method of reckoning which would relate the results of one analysis method to those of the other ones, as the differences among results of the different methods are governed by a complicated relationship affected by differences in preparation procedure, dispersing agent and analysis method as well as by the grain size distribution and mineralogical composition of the sample.

8. It may be stated that none of the methods yields better than relative results, comparable only if a given complex of dispersion and analysis procedure and dispersing agent is applied throughout. Consequently it is considered necessary to establish standard

methods, covering the requirements of sedimentary petrology, soil mechanics, pedology and ceramics, for all laboratories of the country, in order to facilitate the exchange of results.

The Atterberg analysis method being, in spite of its well known sources of error, the most direct one, its results have to be regarded as the best approximating actual grain size distribution. On this assumption, the following fields of application may be determined for the different procedures:

1. In the field of soil mechanics and ceramics the grain size distribution is used as a basis for deducting physical properties of the sediment. However, as the physical characteristics of a given detrital sediment depend also upon chemical and mineralogical composition, these deductions are necessarily approximative only. In this respect the areometer method proved to be entirely satisfactory, all the more so as the divergencies of this method do not affect the systematic position of the sediment studied. The ideal field of the areometer method is therefore the one for which it was originally designed, namely the laboratory of soil mechanics.

2. The areometer method, exhibiting important deviations from the Atterberg procedure for humous soils, is not recommended for pedological purposes.

3. In petrology and geology the areometer method is most useful in routine work. Its precision is also sufficient for most scientific purposes, and the necessity of using the more complicated Atterberg method arises only when separate determination of the properties (such as the mineralogical composition) of grain size classes is needed. The pipette method does not offer any advantages as compared with the areometer method.