

# Válaszok Dr. Tél Tamás kérdéseire

Szeretném megköszönni Dr. Tél Tamás professzor úrnak a dolgozatom gondos átolvasását, támogató és elismerő bírálói véleményét és elgondolkodtató kérdéseit. A feltett kérdésekre válaszaim a következők.

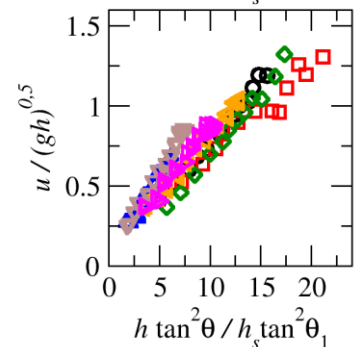
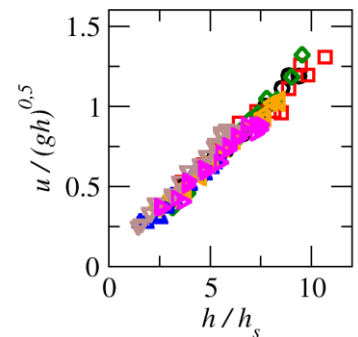
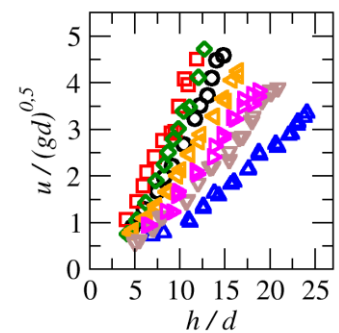
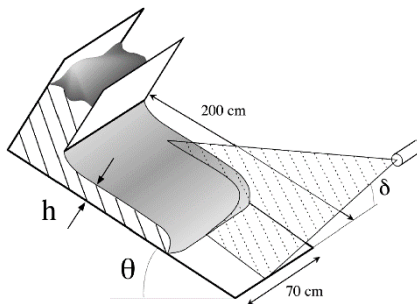
- 3.1.1 fejezet: A folyási törvényre kapott eredmények alátámasztják a Pouliquen-Jenkins-alakot, melyben nem lép fel additív konstans. A 2.3 a ábra az egyszerűbb Pouliquen-alakkal, mely homokra jelentős tengelymetszettel rendelkezik, jó egyezést mutat korábbi mérésekre. Hogy néznének ki ugyanezek az adatok a Pouliquen-Jenkins-ábrázolásban?

**Válasz:** A dolgozatom irodalmi áttekintésében bemutatott 2.3(a) ábra egy korábbi munkából, az [57]-es számmal jelölt referenciából származik. Az ábrán két adathalmaz látható. Az üveggolyókra vonatkozó eredetileg az [56]-os referenciában jelent meg, a homokra vonatkozó pedig magában az [57]-esben.

Itt a jobb oldali ábrán az [56]-os referenciából származó, üveggolyókra vonatkozó adatsorok láthatók eredeti és skálázott formában. A középső panelen Pouliquen-alakot míg az alsó panelen Pouliquen-Jenkins-alakot használtam a skálázáshoz. Látható, hogy ezek az adatsorok jobban egybeesnek a Pouliquen-alakot használva. Sajnos a homokra vonatkozó adatsorokat nem tudom Pouliquen-Jenkins-alakban ábrázolni, mivel az eredeti adatsorok nem lettek publikálva.

Az [56]-os referenciában publikált adatsorok tehát jobban egybeesnek az egyszerűbb Pouliquen-alakot használva, míg az általam mért adatsorokra a Pouliquen-Jenkins-alak ad jobb egybeesést.

Ennek a különbségnek az lehet az oka, hogy nem pontosan ugyanazt a mérési módszert alkalmaztuk. Én a felületi sebességet mértem, míg az [56]-os referencia szerzői a folyási front sebességét mérték, és ezt azonosították a mélységátlagolt sebességgel.

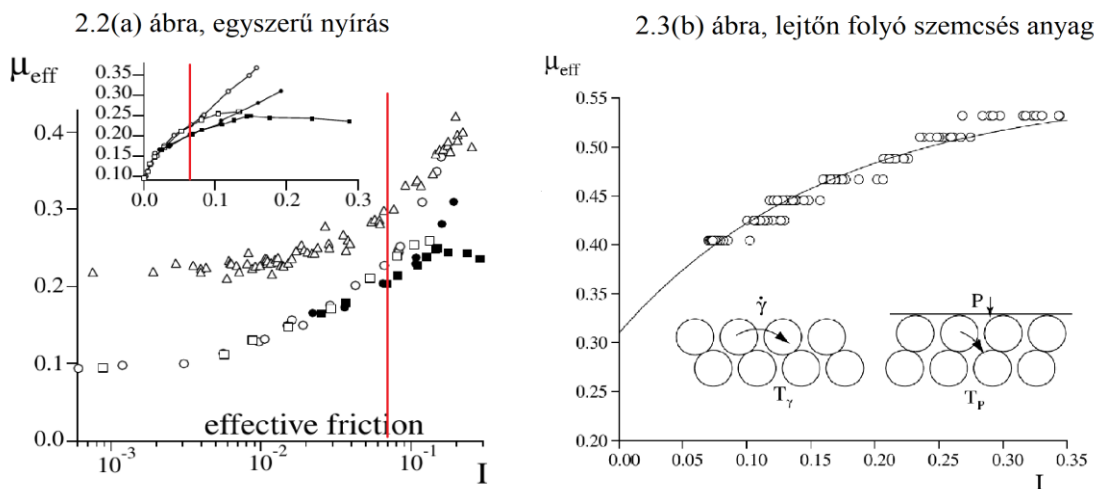


2. 3.1.2 fejezet: Lát-e hasonlóságot a lejtőn folyó anyag instabilitása következtében kialakuló vortex-mintázat, és a tengerek felszínén a szél hatására a szél irányában kialakuló vízszintes hengeres áramlás, az ún. Langmuir-cirkuláció között?

**Válasz:** Valóban vannak hasonlóságok a két jelenség között, miszerint egy egyirányú nyíró áramlás inhomogenitásokkal szembeni instabilitása vezet oda, hogy egy másodlagos áramlás alakul ki hosszanti vortexek formájában. Ennek a másodlagos áramlásnak a sebessége töredéke az elsődleges nyíró áramlásénak. Fontos azonban megemlíteni a lényeges különbségeket is: a Langmuir-cirkuláció létrejöttében fontos szerepet játszanak az elsődleges áramlás hajtóerejének (azaz a szélnek) az inhomogenitásai, míg a lejtőn folyó szemcsés anyag instabilitásának két fő összetevője, hogy (i) az effektív súrlódás inerciális számtól való függése nem monoton, és tartalmaz egy negatív meredekségű szakaszt, és (ii) ez szorosan összefügg az anyag kitágulásával (gázszerűvé válásával). Ezen túl a lejtőn folyó szemcsés anyag esetében egy véges (kis) vastagságú rétegről van szó, és a cirkuláció periodicitása ezzel a rétegvastagsággal korrelál, míg a tenger felszínén kialakuló Langmuir-cirkuláció nem egy vékonyrétegben kialakuló jelenség, aminek a méretskáláját a rétegvastagság szabná meg.

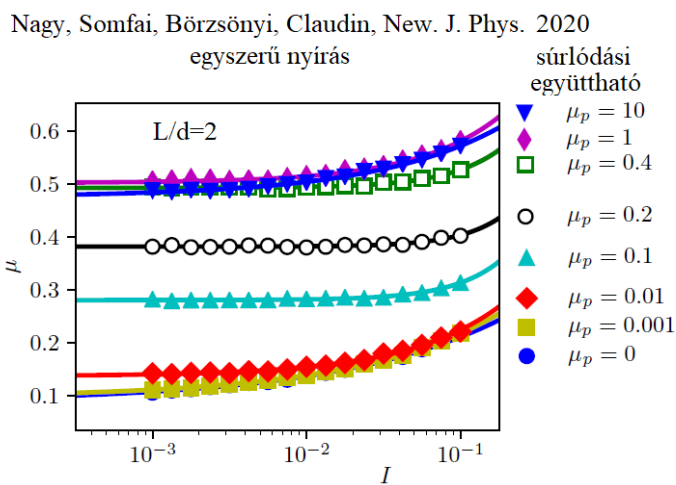
3. 3.1.2 fejezet: A 3.10 f ábra az effektív súrlódás függését mutatja az inerciális számtól, saját eredményekre alapozva. A bevezető rész 2.2 a ábrája azt sugallja, hogy  $\mu_{\text{eff}}$  konstanshoz tart az  $I \rightarrow 0$  határesetben, amit a következő, 2.3 b ábra nem feltétlenül támaszt alá. Saját eredményei alapján eldönthető-e  $\mu_{\text{eff}}$  jellege ebben a tartományban?

**Válasz:** Az effektív súrlódás inerciális számtól való függéséről a kísérleteimhez kapcsolódó numerikus szimulációkból kaptunk információt. A két leggyakoribb elrendezés az egyszerű nyírás esete (konstans nyomás mellett) és a lejtőn folyó rendszer esete. Az egyszerű nyírás esete alkalmasabb a kis inerciális számhoz tartozó határesetet, az ún. kvázisztatikus tartomány feltérképezésére, ahol az effektív súrlódás konstans, tehát nem függ a nyírási rátától. A lejtős mérésekben tipikusan nem a kvázisztatikus tartományt szokták vizsgálni, hanem az attól nagyobb inerciális számhoz tartozót. Ha a kvázisztatikus határesetre vagyunk kíváncsiak, akkor szokás logaritmikus skálán ábrázolni az adatokat. A bevezető részben található 2.2(a) és 2.3(b) ábrák is jól mutatják ezt a különbséget. Egymás mellé helyezve őket, a 2.2(a) ábrán függőleges vonallal bejelöltem a 2.3(b) ábra mérési tartományának alsó határát.

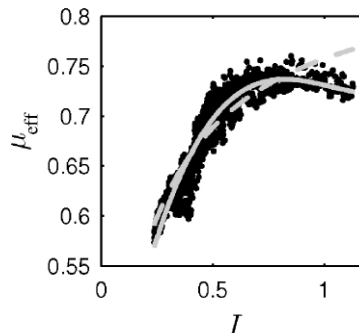


A dolgozat 3.1.2 szakaszában ismertetett eredmények szintén a lejtős elrendezésben készültek, és a mérési tartományt a 2.3(b) ábrán látható eredményekhez képest a nagyobb inerciális számok irányába terjesztették ki. Így vált láthatóvá a nem-monoton viselkedés (3.10(f) ábra). Ezek az adatok nem alkalmasak a kvázisztatikus (kis  $I$ ) határeset meghatározására. Viszont azóta a csoportunkban is

születtek újabb numerikus eredmények (Nagy Dániel doktorandusz munkája), amik kiterjednek a kvázistacionárius tartományra is. Az itt látható adatsorok  $L/d=2$  elnyújtottságú részecskékre készültek különböző részecske-részecske súrlódási együtthatók ( $\mu_p$ ) mellett. Az illesztések a  $\mu = \mu_c + A \cdot I^\beta$  alakkal készültek.

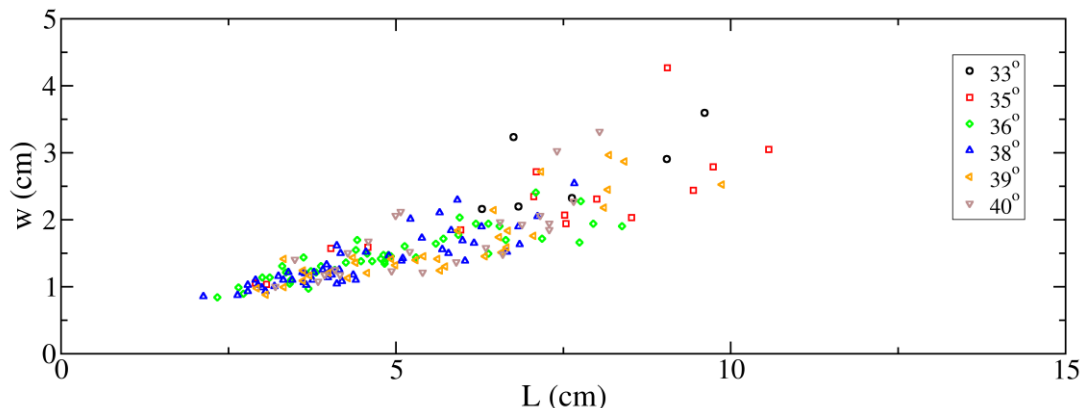


3.10(f) ábra  
lejtőn folyó szemcsés anyag



4. 3.2 fejezet: Kérem, pontosítsa, mit ért a lavinák A területén. A szövegben  $A^{1/2}$  a lavina lineáris méreteként fordul elő, de a 3.12 a, b ábrák szerint a lavinák nagy része elnyújtott, vagyis hosszuk és szélességük jelentősen eltér. Nem lett volna célszerűbb a szélességet meghatározni?

**Válasz:** A lavinák méretét úgy határoztam meg, hogy az ImageJ szoftver segítségével egy téglalap illesztéssel megbecsültem a hosszukat és a szélességüket. Az alábbi ábrán láthatjuk példaként a homoklavinák szélességét ( $w$ ) a hosszúságuk ( $L$ ) függvényében. A két mennyiség között lineáris korreláció rajzolódik ki, miszerint  $L \approx 3w$ , a lejtő szögétől függetlenül. A lavinák lineáris méreteként a  $\sqrt{A} = \sqrt{Lw}$  kifejezést használtam, de lehetett volna egyszerűen a  $w$  vagy akár az  $L$  értékét is venni.



5. 3.2 fejezet, analitikus megfontolások: miért a folyási törvény Pouliquen-alakját használja itt a szerző, ha saját mérései a Pouliquen-Jenkins-alakot támasztják alá?

**Válasz:** A fő ok az, hogy a lavinákra vonatkozó analitikus megfontolások hamarabb készültek, mint az az adatelemzés, aminek következtében a Pouliquen-Jenkins féle formulával illesztettük a folyási törvényre vonatkozó kísérleti adatokat. A két formula esetét összehasonlítva azt mondhatjuk, hogy a 3.10 képlet jobb oldalán látható zárójeles tényező értéke a Pouliquen alakkal számolva homok esetére kb. 6.6-szor nagyobb, mint az üveggolyókéra, míg a Pouliquen-Jenkins illesztéssel ez a különbség 5-szörösnek adódik. Tehát a lényeges különbség mindkét formula esetén fennáll közöttük, azaz az elméleti megfontolás mindkettővel működik.

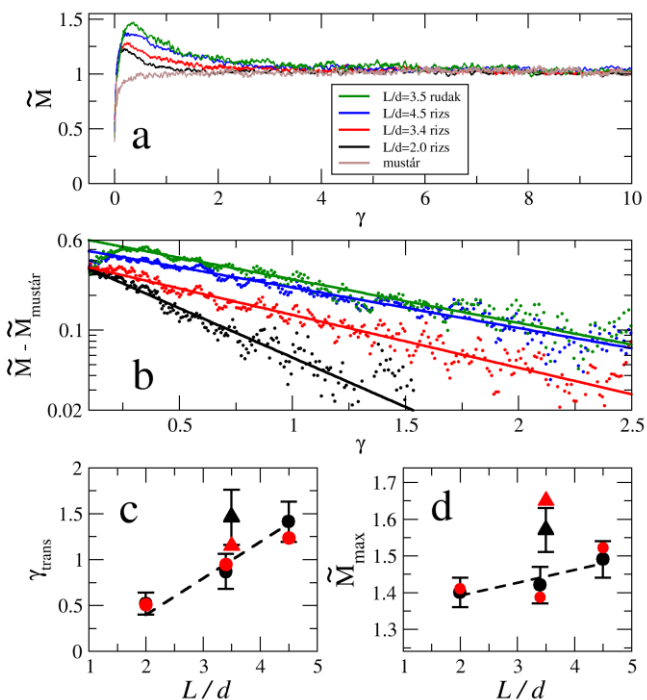
6. 4.1 fejezet: a 4.4 c ábra kapcsán milyen magas a teljes repcemag réteg? A teljes magasságot mutatja az ábra?

**Válasz:** A teljes töltési magasság ebben az esetben kb.  $19.6 d$  volt, viszont a 4.4c ábra csak  $17.7 d$  magasságig mutatja a zónaszélesség  $z$  függését.

7. 5.1 fejezet: az 5.7 b ábra illesztései esetén nem célszerűbb az exponenciális illesztést valamely  $\gamma_0$  érték után kezdeni? A zöld görbe esetén nekem úgy tűnik, hogy a 0,3 érték után kezdődik csak az exponenciális csökkenés, vagyis  $\gamma_0$  értéke 0,3 körüli.

**Válasz:** De igen, ez történt, az illesztést egységesen a  $\gamma_0=0.1$  érték utáni adatpontokra hajtottam végre.

Ha a  $\gamma_0=0.3$  értéket használjuk, akkor az ábra az itt látható módon módosul. A c és d paneleken piros szimbólumok jelölik az új illesztési adatpontokat. Látható, hogy ezek az  $L/d=3,5$  elnyújtottságú rudak (zöld görbe) esetén valóban jobban elmozdulnak (kb. a korábban megjelölt hibahatárra vándorolnak: lásd a háromszöggel jelölt adatpontokat), míg a másik 3 minta esetében az elmozdulás kisebb.



8. 6.1 fejezet: A 6.2 d, e ábrák eredményei milyen  $z^*/d$  magasságokhoz tartoznak? Jelentős-e itt a magasságfüggés?

**Válasz:** Az ábrán ábrázolt adatok a  $z=60d^*$  magassághoz tartoznak. Arról, hogy ennek milyen a magasságfüggése, nincs adatsorom.

9. 6.2 fejezet: miért nem vizsgálta a szerző a silózene jelenségét elnyújtott részecskékkel?

**Válasz:** Az egyik ok, hogy amikor a silózene jelenségét vizsgáltuk, akkor még elnyújtott alakú részecskékkel nem kísérleteztünk.

A másik ok, hogy az elnyújtott részecskék, amikkel azóta sokféle kísérletet csináltunk, a silózene kísérlethez túl nagy méretűek (a legkisebbek is kb. 10x nagyobbak, mint kellene). A silózene kísérletek nagy részét  $d=0.15$  mm átmérőjű szemcsékkel hajtottam végre. A szemcseméretet növelve a jelenség fokozatosan eltűnt: 0.5 mm-es szemcsékkel már a nagyobb ( $W=3,55$  cm) átmérőjű csőben sem volt rezonancia. Ha a jelenlegi elnyújtott alakú szemcsékkel akarnánk kísérletezni, jóval (kb. 10x) nagyobb csövet kellene használni, de ezt egyelőre nem próbáltam.

Budapest, 2020.08.12.

Börzsönyi Tamás