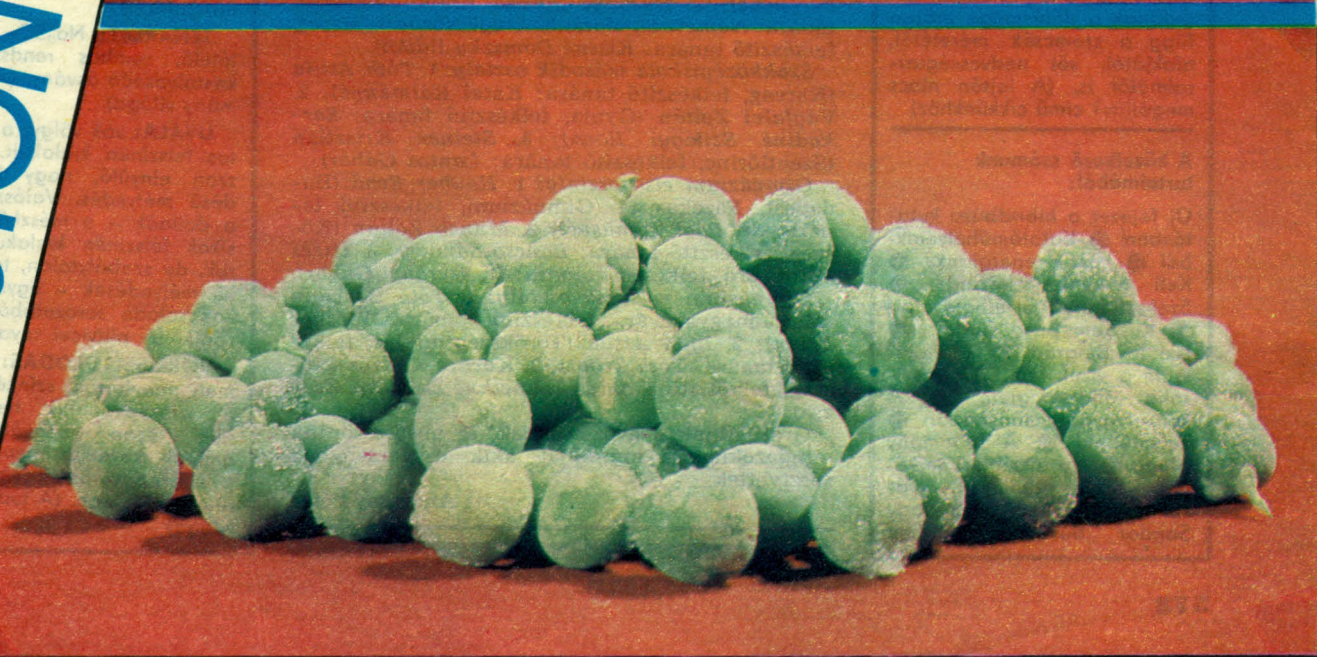
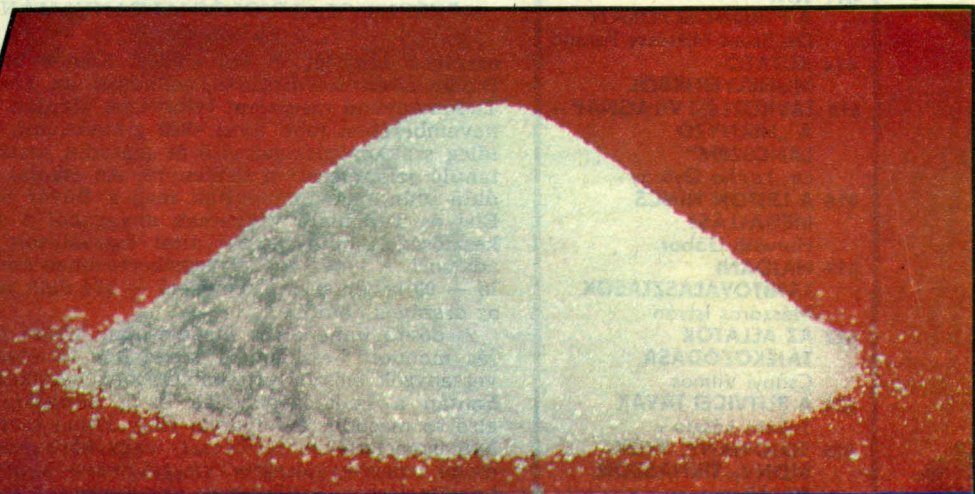


ÉLET és TUDOMÁNY

20. szám 1988. V. 13.

ALEJTŐN NINCS MEGÁLLÁS?



A LEJTŐN NINCS
MEGÁLLÁS?
Horváth Gábor

ÉLET és TUDOMÁNY

XLIII. ÉVF. ● 1988. V. 13.

20. szám, 616-618.o.

A lejtőn r

A szemcsés anyagok rézsűszögének ismerete igen fontos a műszaki és a talajmechanikai tervezésben, a mesterséges, illetőleg a természetes anyaghalomok egyensúlyának, állékonyságának vizsgálatában. A szemcsés halomok rézsűszögének csökkenése földcsuszamlásokban, suvadásokban megnyilvánuló katasztrófák okozója lehet. A rézsűszögdőlésű homokdűnéken szokatlan módon még szíphetünk is. A hangyaleső lárvája rézsűszögdőlésű homoktölcsérben ejti csapdába zsákmányát. Annak titka, hogy a fáraók piramisai ennyire állják az időt, rézsűszögdőlésükben rejlik, s a fiatal vulkáni lávasalakkúpok alakját is a rézsűszögük határozza meg.

A mindennapi életben minden olyan helyen, ahol szemcsés, ömlesztett anyagot nagy tömegben kell a szabadban tárolni (tűzéptelepeken, magtárakban), gazdasági fontossága van a rézsűszög ismeretének, mert csak ennek alapján határozható meg, hogy egy bizonyos mértani alakzatú és alapterületű anyaghalomnak mekkora lehet a legnagyobb térfogata úgy, hogy a halom statikailag biztos, állékony legyen.

A rézsűszög nagysága függ az anyag szemcséinek a méreteitől, az alakjától és a közöttük érvényesülő kölcsönhatástól. Ez utóbbin — ha teljesen száraz anyagról van szó — a szemcsék közti súrlódást kell érteni, s ezt a száraz súrlódási együttható jellemzi, míg ha valamilyen folyadék (pórusfolyadék) teljesen vagy részben kitölti a szemcsék közti pórusokat, az ebből eredő *tapadási* együttható válik fontossá. Ilyenkor ugyanis a szemcsék összetapadnak, bizonyos vonzás lép fel közöttük. Ezen túlmenően a szemcséknek egymáshoz képest való elmozdulására a pórusfolyadék viszkozitása is kihat: e két hatásnak az eredője a *nedves* súrlódási együtthatóban foglalható össze.

A rézsűszög ismeretének fontos gyakorlati haszna miatt a kutatók már számos homogén szemcsés anyagnak a rézsűszögét meghatározták a szemcseméret, a szemcsealak, a szemcsék közötti súrlódási együttható és a pórusfolyadék tulajdonságai s térfogathányada alapján.

Ha apró szemcséjű, száraz anyagot egyre nagyobb és nagyobb kupacba halmozunk, megfigyelhetjük, hogy egy bizonyos kritikus szögünél nem lehet meredekebb a halom oldalának dőlése. Ha e kritikus dőlésszöget elérve még több anyagot rakunk a kupac tetejére, az összeomlik, megcsúszamlik, dőlésszöge viszaesik erre a kritikus értékre, a többletanyag pedig legördül az oldalakon. A szemcsés anyagok e kritikus dőlésszögét rézsűszögnek nevezzük. A rézsűszög jellemzi az anyaghalmoz egyensúlyának, stabilitásának határát, ezért ez nagy fontosságú statikai mutató.

kúpokat pedig *lávalalakkúp*nak nevezik. Az úgynevezett *Stromboli-típusú* vulkánkitörés lávasalakja különböző szemmagyságú, zömében 1 milliméternél nagyobb átmérőjű szemcsékből áll, laza, törmelékes anyag. A belőlük felépülő lávasalak-kúpok jellegzetesek, néhány 100 méter magasak, s többnyire forgásszimmetrikusak. A legjellegzetesebb vonásuk az, hogy a kúp oldalainak lejtőszöge mindig ugyanakkora, s megegyezik a laza salak rézsűszögével, azaz a fiatal lávasalak-kúpok oldalának dőlése a vízszinteshez képest mindenkor 33 fok. Később — az erózió miatt — ez a szabályos, éles körvonalú kúpforma lágyabbá, laposabbá válik.

Az úgynevezett *Surtsey-típusú* vulkánkitörések piroklasztikumai sokkal töredezettebb, finomabb szemcsészettségű, mint a Stromboli-típusúaké, mert ezek a vulkánkitörések — minthogy nagy mennyiségű víz keveredhet hozzájuk — robbanás-

sak, hevesek. Ennek megfelelően a lerakódó, úgynevezett tufagyűrűk szerkezete is más lesz, a dőlésszög pedig a kisebb szemcseméretnek megfelelő rézsűszöggel egyezik meg.

A piramisok időállóságának titka

Sivatagos területeken, ahol a víz eróziójával mondhatni egyáltalán nem, vagy csak időszakosan kell számolni, az erózió a hőmérséklet-ingadozás okozta felaprózódásban és a szél hordta apró szemcséjű törmelék (homok) koptató, csiszoló munkájában nyilvánul meg. Az előző erózió-fajta közismert következményei a kősvatagok, az utóbbi pedig a kővekből és sziklákból kiformalódó fantasztikus, furcsa formák, az ingókövek, a kőgombák...

Kevesbé ismeretes az, hogy az ilyen területek hegyeiben a törmelék-kúpok — amelyek a hóingadozás okozta fokozatos felaprózódás, fel-

Mincs megállás?

Ugyancsak sok, különböző homogén szemcsés anyag keverékének a rézsűszögét ismerjük az említett mutatók függvényében. Ezek az ismeretek táblázatokba vannak foglalva, s fontos háttérül szolgálhatnak a már említett statikai, stabilitási tervezéseknek.

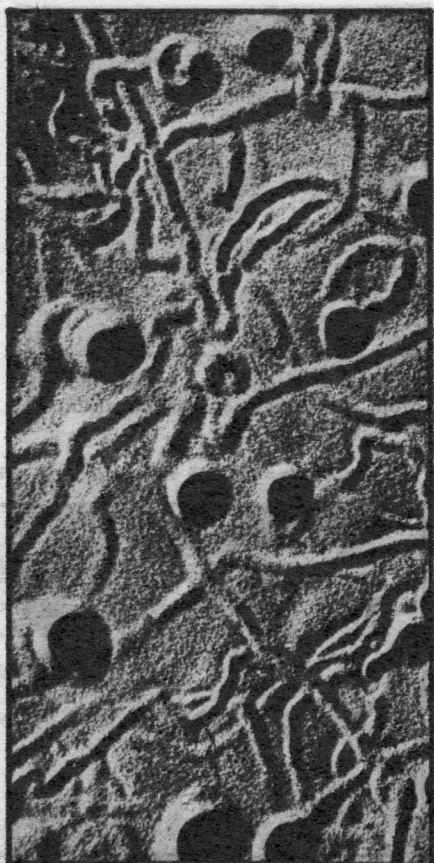
Földcsuszamlások, lávasalak-kúpok

A rézsűszög általában megnő a pórufolyadék hatására: értéke annál nagyobb, minél nagyobb a pórufolyadék felületi feszültsége és viszkozitási együtthatója, valamint a szemcsék száraz súrlódási együtthatója. Ahogy nő a pórufolyadék térfogathányada, először a rézsűszög is nő, majd egy bizonyos legnagyobb értéket elérve csökken, s egészen alacsony értékeket vehet föl. Ennek az az oka, hogy nagy pórufolyadék-hányad esetén az anyag átázik, elfolyósodik, s inkább már viszkózus folyadékként viselkedik.

A földcsuszamlások, *svadások* okai között gyakran előfordul, hogy esőzések, vízbetörések miatt a talaj átázása következtében hirtelen csökken az illető lejtős terület talajának rézsűszöge, s ezért elveszti egyensúlyát, állékonyságát.

A vulkánkitörések gyakran „termelnek” nagy mennyiségű vulkanikus szemcsés anyagot (piroklasztikumot). A leggyakoribb bazaltos piroklasztikumot *bazalthamunak* vagy *lávalalakkúp*nak, a vulkáni kürtő körüli

1. ábra. A homokban apró homoktölcscsúcsok várják a gyanútlan áldozatokat

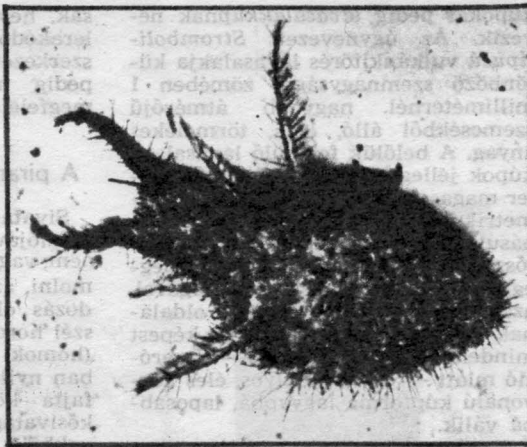


darabolódás és a szélerózió pusztító, koptató munkájának következményeképpen alakultak ki nagyobb sziklákból és rögökből — *nagyon hasonló dőlésszögűek*, egyformák, és — ami még érdekesebb — sokszor *piramis alakúak*: dőlésszögük szinte megegyezik a fáraók piramisaiéval. Bizonyos kutatók ezt a nagyfokú hasonlóságot azzal magyarázzák, hogy a fáraók építései e törmelék-kúpok alakjához hasonlóan tervezték és építették meg a piramisokat, vagyis már akkor tudták, hogy az erózió szempontjából ez az alak a legkedvezőbb. Hiszen ha az erózió pusztító, romboló munkája az évezredek alatt egy törmelék-kúp alakot hoz létre, az eredendően ilyenre formázott mesterséges építésű kőpiramisok nyilván alaktartók, időállóak lesznek. Felaprózódásuk során úgyszólván a természetes törmelék-kúpokra jellemző rézsűszög alakulna ki, de ha eredendően rézsűszögben dőlnek az oldalak, ez nem okoz gyökeres változást a piramisok formájában. A természet tehát maga alakítja ki a legkedvezőbb törmelék-kúpformát, az embernek csupán utánoznia kell, s építményei időállóak lesznek...

Sízés a homokdűnéken

A görgökkel ellátott sítalp lehetővé teszi a gypsít: a mesterségesen készített hó kiúzi az időjárás szélsőségeit a sísportból: a különleges mű-

A lejtőn nincs megállás ?



2. ábra. A hangyaleső lárva hatalmas fogóival

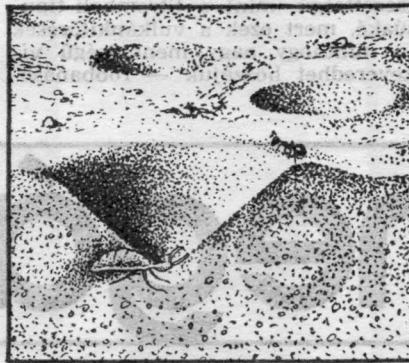
anyagból készült, kis súrlódási együtthatójú műgyep pótolja a havat. Mindez biztosítja, hogy a sízni vágyók e különleges eszközökkel az időjárástól és az évszaktól függetlenül üzhessék kedvenc sportjukat.

Bármennyire meglepően hangzik is, a sivatagokban (ahol nincs se természetes, se mesterséges hó, illetőleg gyep) szintén sízhet az ember, mégpedig a homokbuckákon, dűnéken. Csak megfelelően kell megválasztania a homokdűnét! Ha olyan homokbuckáról csúszunk le sítalpon, amelynek a dőlése rézsúszögű, akkor, ha nem is nagyon nagy sebességgel, de jól utánózható a hagyományos lesiklás. Ez érthető, hiszen a rézsúszög az a kritikus szög, amelyen újabb anyagmennyiség már nem maradhat meg a halom tetején; ezért a halom oldalát megterhelve az megcsúszik, s a többlet az oldalakon legörög. Ha rálépünk sítalppal egy rézsúszögű homokbuckára, az többletterhelést jelent: emiatt a talp alatti homokréteg megcsúszik, legördül a dombról, s így mint megannyi (ezer meg ezer) kis görgős keréken, mi is lecsúszunk a homokbuckán. A sítalp csak azért kell hozzá, mert nélküle besüppedne lábunk a homokba, s ez — megnövelve a menetellenállást — lassítaná a lefelé való csúszásunkat.

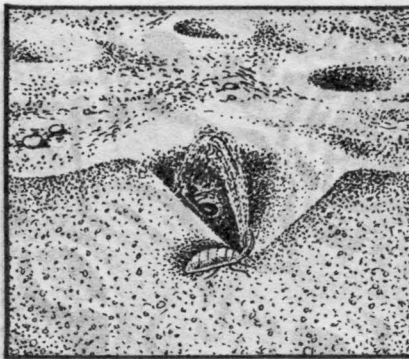
A homokos, széléróziós területeken a rézsúszögű homokbuckák meglehetősen gyakoriak. Vegyünk gondolatban egy tetszőleges alakú homokbuckát, amelyet megadott irányból szél ér. A bucka szél felőli oldalán a homokszemek szélirányban görgetődnek, sodródznak, s amikor elérik a bucka szélárnyékos oldalát, leperregnek, lecsúsznak. Így a szélárnyékos oldalon természetes módon rézsúszög alakul ki.

A hangyaleső homoktölcsércsapdája

Homokos területeken járva gyakran megfigyelhetünk a homokban

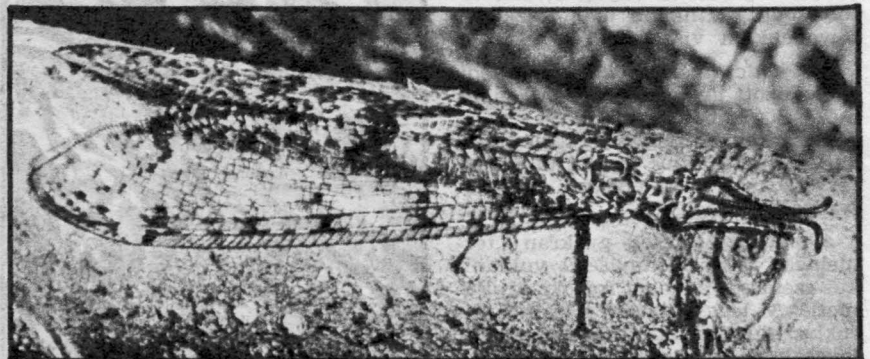


3. ábra. A lárva a homoktölcsér alján — a hangya egyelőre még biztonságban



4. ábra. A hangyaleső lárva homoközönt zúdít lefelé csúszó áldozatára

5. ábra. A hangyaleső imágója csak alkonyattájt kel szárnyra, napközben pihen



sok apró tölcser (1. ábra). Ezeket a hangyalesők (Myrmeleontidae) családjába tartozó hangyalesőknek és hangyafarkasoknak a ragadozó lárva (2. ábra) készíti avégett, hogy vele mint homokcsapdával ejthessen el hangyákat és más kisebb, a talajon mászkáló rovarokat. Ha egy kis rovar beletéved egy ilyen tölcserbe, onnan nem tud kiszabadulni, mert a laza homokszemek a fölé felgyűlő állat lábait alatt rögtön megcsúsznak, leperregnek, s ezért az állat folyton visszacsúszik.

A tölcser alján, a homokba dúródottan lecsúszó lárva (3. ábra) rezgésérzékelője jelzi, hogy a tölcserbe rovar tévedt, s ennek hatására a lárva homoközönt zúdít — fejének és rágóinak gyors mozgásával — az áldozatra (4. ábra). Ez a homokzuhany végleg lesodorja a rovarat a tölcser aljára.

A hangyaleső lárva kedvező helyeken sűrű telepekben élhetnek. A tölcser úgy építik, hogy előbb befúrják magukat a homokba, majd a fejük és a rágók erőteljes mozdulataival addig szórják ki maguk körül a homokot, amíg szabályos kis tölcser nem keletkezik.

A lárvákból törekeny testű, sűrűn erezett, átlátszó szárnyú imágók fejlődnek ki; ezek nappal növényeken pihennek, szárnyaikat testükhöz szorítva (5. ábra).

A hangyalesők homokcsapdájának az a titka, hogy — az építési módból következően — a tölcser oldalának dőlésszöge éppen azonos a száraz homok rézsúszögével. Ezért csúszik egyre lejjebb a tölcserben az oda beletévedt rovar, s ezért sikerül ezt a csúszást „segítenie” a lárvának a homoközönnel.

Így kapcsolja össze a lávasalakúkat, a fáraók piramisait, a homokbuckákon sízókét és a hangyalesőket a szemcsés anyagok rézsúszöge

Horváth Gábor

(ELTE, alacsony-hőmérsékleti fizikai tanszék)