

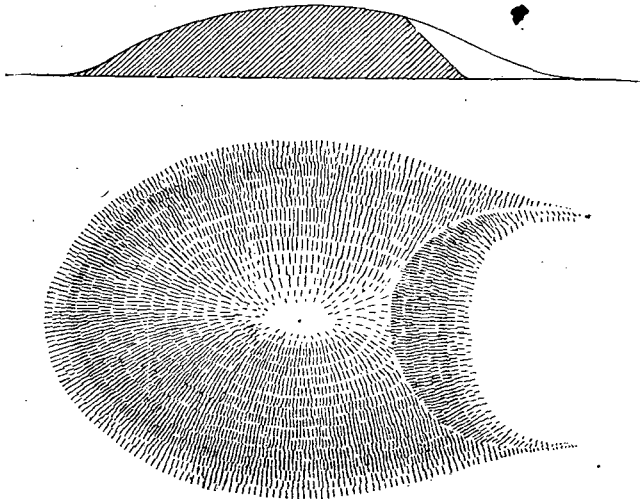
A FUTÓHOMOK MOZGÁSÁNAK TÖRVÉNYEI.

CHOLNOKY JENŐ-től.*

I. és II. táblával.

ELŐSZÓ.

Kinn Kelet-Ázsiában, a mongol puszták szélén láttam először igazi nagy futóhomok területet. Lama-miao, vagy Dolon-nor városát eltemetés-sel fenyegeti a homok, a mely hatalmas barkhánok alakjában közeledik a város falaihoz. A homok messziről jött, itt van a végső nyulványa a sivatagnak s már patakok által öntözött steppe-területen emelkednek a 30—40



1. ábra.

méter magas homokhalmok. Annak előtte nem fordítottam valami különös figyelmet a homok mozgására s így nem is nagyon érdekelt, hogy milyen alakúak ezek a hatalmas homokhegyek. Önkénytelenül megragadta azonban figyelmemet az a tény, hogy mennyivel tetemesebben nagyobb a barkhán teste, mint az a meredek lejtőjü, félhold alaku kivágás a barkhán homlokán, a melyet az utazók, a sivatag-járók szoktak ábrázolni és leírni. Annyira feltűnt ez, hogy egy délelőttöt reá szántam s a városhoz legközelebb emelkedő s egészen különálló ilyen barkhánt lépéssel, megközelítőleg felmértem és jegyzeteimben le is rajzoltam. Ennek a rajznak másolata az 1. ábra

* Előadta a Földtani Társulat 1901 november hó 6.-án tartott szakülésén.

rajza. Ez a rajz készen volt a «Sárkányok Országából» című munkám számára, de tartózkodtam a közlésétől, miután dr. LÓCZY LAJOS, mesterem, az észlelés helyes voltát, tekintettel arra, hogy minden egyéb eddigi feljegyzéssel ellenkezésben lenni látszik, tévesnek vélte. Az a határtalan tisztelet, a melylyel iránta viseltetem s minden tekintetben elismert tekintélye visszatartottak attól, hogy véleményével ellenkező dolgokat közöljek. Élt bennem azonban a meggyőződés, hogy a barkhánoknak ez a típusos formája, ha azok egészen szabadon mozognak s így nem szüntem meg a dolog felett töprengeni s néha-néha vitatkozni is. Végül dr. SEMSEY ANDOR úr áldozatkészsége részben megoldotta a dolgot. A múlt 1901. évi nyáron az ő szives támogatásával bejártam a magyarországi futóhomok területet. A tanulmány sokkal gyümölcsözőbb lett, mint előre várhattam volna. Sok olyan kérdés világosult fel, a mely ez ideig rejtély volt s ezeknek a tanulmányaimnak az eredményeit vagyok szerencsés jelenleg a mélyen tisztelt Társulat elé terjeszteni.

Első részleteül a homok mozgásának általános törvényeiről fogok szólni, azután később a magyarországi futóhomokterületeket részletesen fogom ismertetni.

I. FEJEZET.

A futóhomok-területek általános képe.

A homok sápadt, teljesen egyenletes színezete, enyhe formái a leg-erősebb perspektivikus csalódásokra adnak alkalmat. Azokat a rendkívül lankás, 2—3 fokos lejtőket, a melyek a futóhomok-halmok legnagyobb részén láthatók, gyakorlatlan szem alig veszi észre. Fényes, magasan álló napvilág mellett semmiféle egyenletlenséget sem látunk a homoklejtőkön, csak azokat az aránylag meredek, 33—34° hajlású lejtőket vesszük észre, a melyek élesen mennek át a halmok egyébként rendkívül lankás lejtőibe. Magasan álló Nap fénye mellett lehetetlen fogalmat alkotnunk egyszerű rátekinéssel a lankás lejtők formáiról. Egészen simának is fogjuk azokat hinni, a fodrok (ripple mark) finom redőzetén kívül, a melyek az előbb említett meredek lejtőkön kívül mindenütt bámulatos egyenletességgel borítják a futóhomokot.

Mikor aztán a nap alacsonyabbra sülyed, hogy erősebb oldalvilágítást nyernek a lankás lejtőjű halmok is, akkor egyszerre megelevenedik a halmok simának látszott lejtője s meglehetősen egyenletes és szabályos halmokkal látjuk azt ellepve, a mely tüneményt méltán hasonlíthatjuk a víz hullzásához, különösen, ha meggondoljuk, hogy ezek a halmok folyton előbbre mozognak a széllel, helyüket, alakjukat és nagyságukat változtatva. Már a kis fodrozat is nagyon emlékeztet a víz felszínén keletkező apró

hullámokra, noha a homok-fodrok csodálatos szabályossága ezt a hasonlót meglehetősen felületessé teszi. Későbbi megfontolásaink világossá fogják tenni, hogy ezek egyáltalában nem identikus tünemények a hullámzással s a hasonlóság csak egészen külsőleges, felszínes. Látni fogjuk, hogy CORNISH VAUGHAN mennyire téved, a mikor ezeket homok-hullámoknak (sand-waves) nevezi s a nagy homokhalmokat a fodrozat nagyobb kiadásának tekinti.*

A miként a művészek a hegyek alakját feltétlenül torzítják s mindig meredekebbre rajzolják, mint a milyenek, viszont a térszin lankás lejtőit alig képesek észre venni s inkább síkságnak rajzolják, azonképen járnak el a turisták rendszeren a homokhalmok alakjával is. A meredek, omlásos lejtőket túlozzák, a lankás lejtőket pedig nem veszik észre. Különösen a meredek homoklejtő meredekségét szokták túlbecsülni. Egészen szabad száraz homokon nem mértem sehol meredekebb lejtőt, mint $34\frac{1}{2}^\circ$. SOKOLOW 36—38 fokra teszi a legmeredekebb száraz homoklejtőket.**

Csakis nedves homok állhat meg meredekebben, esetleg egészen vertikális fallal, sőt tulhajlólag is. De ekkor a homok tapintata is elárulja azonnal annak nedves voltát. Szörnyűségesen tulzottak tehát az olyan ábrázolások, mint a milyeneket pl. még oly kitünő észlelő könyvében is láthatunk, mint HEDIN SVEN. A romokban heverő város falfestményei ez.

* CORNISH VAUGHAN: On desert sand-dunes bordering the Nile delta The Geogr. Journal. Vol. XV. továbbá: On the formation of sand-dunes, Geogr. Journ. 1897. Mafs, On sea-beaches and sandbanks, Geogr. Journ. 1898 May and June.

** SOKOLOW: Die Dünen. Berlin 1894. p. 170. — Sokolow különösen kiemeli, mennyire tévednek a lejtő túlbecsülésében. Erről a tárgyról így szól (p. 170): «Bei den Bestimmungen der Böschungswinkel der sichelförmigen Dünen stossen wir wieder auf falsche, auf Schätzungen nach dem Augenmaass beruhende Angaben. So bestimmt Middendorff den Leeseitenwinkel zu 60° , Meyen giebt ihn sogar zu 75 bis 80° an, und viele Beobachter weisen dieser Böschung einen grösseren Winkel zu als der, dem lockeren Sande entsprechende 36 bis 38° . Ein so grober Schätzungsfehler rührt wahrscheinlich zum Theil daher, dass die Einbuchtung der Leeseite es verhindert diese letztere anders als von vorn zu betrachten, wobei eine Böschung stets einen steileren Anblick gewährt etc.» 38° -os lejtőt Sokolow is csak egyetlen egyszer mért «és pedig a homok oly labilis állapota mellett, hogy felszínének a leggyengédebb érintése mulhatatlanul csuszamlást okozott s a lejtő azonnal lankásabb lett» (p. 171.). Mindazáltal még ő is tetemesen túloz a rajzaiban. Nézzük csak meg szép művének 81. lapján a 6. ábrát. Az erdőt eltemető dűne homoklejtője annak kontúrvonalára szerint 50° , a 87 lapon rajzolt homokhalom (7. ábra) lejtője pedig 53° ! Nos, ha ő, a homok legkitünőbb ismerőinek egyike, ennyire tévedhet rajzaiban, mit várjunk turistáktól!

HEDIN SVEN (Geogr.-wissensch. Ergebnisse meiner Reisen in Central-Asien. PETERMANN's Ergänzungsband. XXVIII. Heft. 121. p. 33.) a Takla-makan homok-sivatagon ezeket a lejtőket 36 — 39° -nak találta s mégis népszerű munkájában majdnem függőlegesnek rajzolja a lejtőket.

képén * egészen vertikális falu barkhánokat rajzol. Hasonlót mondhatok úgyiszlóván az összes eddig *rajzolt* homokhalmokról. A fényképek reprodukciói természetesen egészen hűek, s ha a retuss nem rontotta el, dokumentum jellegűek. Ezeket azonnal látni fogjuk, hogy mennyire csalódnak azok, akik oly nagyon meredekre rajzolják ezeket a lejtőket.

A második általánosan elterjedt látásbeli tévedés már valamivel komplikáltabb. A barkhánokat és dűnéket általában úgy szokták rajzolni, hogy azoknak legmagasabb pontja ott van, a hol a szél felőli lankás lejtőjű rész a meredek omlásos lejtővel érintkezik. Nevezük ezt a vonalat könnyebb tárgyalás végett oromvonalnak. Ennek az oromvonalnak legmagasabb részét szokták a homokhalom legmagasabb pontja gyanánt leírni és ábrázolni. A mint azonban gondosabb leírásról, vagy mérésről van szó, azonnal kiviláglik, hogy ez tévedés. Csak kivételes, hogy úgy mondjam speciális esetekben van ez így, a mint majd később szó lesz róla. Az egyetlen megmért homokhalom-profil, a melyről az irodalomban tudomásom van, SOKOLOV idézett munkájában található a külön táblán (80. lap). Ezen világosan lehet látni, hogy a halom tetőpontja messze hátul van az oromvonal mögött. Ezt tapasztaltam magam is mindenkor, mindenféle alakú halmon, az előbb említett speciális eseteken kívül.

Ugyanezt megerősíti HEDIN SVEN is ** a ki a Takla-Makán sivatagon látott homokhalmokról azt mondja: «az uralkodó széliránynyal szemben a lejtő igen lankás, fenn + 0° vagy éppen — 3° és több, azaz a dűne egy kissé a lee-oldal felé áthajlik, különben pedig a luv-oldal lassanként lejtődik a legközelebbi dűne meredek oldaláig.»

Efféle csalódásból származik a barkhánoknak erősen félhold alakú rajza is. Azt tapasztaljuk ugyan, hogy minél tökéletesebb észlelő valaki, annál elnyújtottabb alakúra rajzolja a barkhánokat, de csak a fényképek szokták ezeket az alakokat pontosan vissza adni. A régibb észlelőkről nem is beszélve, tekintsük meg a sivatagok legkitünőbb tanulmányozójának, JOHANNES WALTHERNEK újabb művében *** a 123. lapon a Bochara melléki barkhánok rajzát.

Ezek közül a legnagyobbiknak homloklejtője alaprajzban $\frac{1}{3}$ rész olyan széles, mint a hátulsó lejtő. Ha már most a barkhán tetőpontja az oromvonalon van s a lejtőket egyenes vonalnak képzeljük is, akkor is világos, hogy az elülső meredek lejtő hajlásszögének tangense 3-szor

* HEDIN SVEN: Through Asia, London 1898. Vol. II. p. 795. Hasonló rajzok ugyanezen műben: Marching along the edge of a Sand-dune Vol. I. p. 533; The dunes increased rapidly in height. Vol. I. p. 520. Digging the deceitful well. Vol. I. p. 543. The last five camels Vol. I. p. 553. stb. Magyarul THIRING G. fordításában: Ázsia sivatagjain keresztül, Budapest, 1901. p. 130.

** PETERMANN'S Ergänzungsband XXVIII. p. 33.

*** J. WALTHER: Das Gesetz der Wüstenbildung. Berlin 1900.



akkora, mint a hátulsó lejtőé. Az elülső lejtőt vegyük fel 30° -osnak, akkor az előbbi feltevés alapján a hátulsó lejtő már mintegy 11° . Ha hozzá vesszük, hogy a halom hátulsó lejtője nem egyenes vonalú s a tetőpont sincs az oromvonalon (a mit WALTHER id. munkájának 41. és 43. ábrái is bizonyítanak), úgy a hátulsó lejtőben 15° -os részletek is lesznek. Már pedig maga WALTHER mondja (id. m. 123 lap). «A luv-oldal hosszú, nagyon lassan emelkedő homokhát . . .», továbbá idézett fényképei szerint ez a lejtő nem több $3-4^\circ$ -nál. Legkitünőbb észlelőink torzítva rajzolják tehát ezeket az alakokat s önmaguknak ellentmondanak. Mindazáltal tetemes javulást látunk az újabb észlelők kifejezéseiben. Azelőtt félhold alakúnak mondták a barkhánokat, WALTHER már pajzs-alakúnak (Schildform) nevezi őket.

Első tekintetre minden futóhomok terület a legnagyobb rendszertelenséget, mindenféle alakok zürzavarát mutatja. Csak gondos észlelés és sok mérés fog közöttük rendszert megállapítani, a mely aztán annál meggyőzőbb és megragadóbb lesz. A hol a homokot fák, bokrok, gyeppurkolat félig-meddig kötve tartják, ott még zürzavarosabb a dolog. Meredekebbek a lejtők, rendtelenebbek az alakok. De itt már valamivel jobban tájékozódik a szem, a vetett árnyékok, a sötét növényzet stb. jobban tájékoztatják a szemet s mérés nélkül is könnyebb helyes formákat rajzolni.

Minden észlelő észrevette, hogy a szabad homokterületeken a szélnek kitett oldal lankásabb, míg a szél árnyékában meredekebb. A félig, vagy egészen kötött buczkavidéken ez az általános szabály megszűnik s leggyakrabban éppen fordítva van a dolog, de itt szabályt felállítani nem lehet.

Arra sem nagyon figyeltek az észlelők, hogy az uralkodó szelek milyenek, egyféle van-e, vagy valamelyik csak alig túlnyomó s az uralkodó szeleknek egyébként mi a természete? Világos, hogy ott fogjuk a legzebb szabályos alakokat találni, a hol valamelyik szél a halmok kidolgozásában túlnyomó vagy kizárólagos munkaképességű. Éppen ebből a szempontból rendkívül alkalmas hely Lama-miao, vagy Dolon-nor, a hol a téli szelek állandó irányúak, erősek és szárazak, míg a nyáriak változatosak, gyengék és nedvesek. Hasonló körülmények vannak a deliblati pusztán is, minek folytán mind a két hely rendkívül alkalmas az alap-típusok tanulmányozására.

Figyelmes szemlélet arról is meggyőz bennünket, hogy a fodrok (ripple-markok) a legcsodálatosabb szabályossággal lepnek el minden szél érte helyet s itt-ott igazán kedves formákban valóságos diszitménynyel vonják be a halmok egyhangú lejtőit. A fodrok olyan egyformák, olyan szabályosak, hogy csak elvéve akadunk csunya, tökéletlen formájú s az előbbiektől eltérő alakokra, a melyek azonban különös okok következményei. Miután a fodrozat egészen különálló jelenség s hálózatának minősége a

lejtők formáitól függ, czélszerű lesz őket tanulmányunk végén venni behatóbb vizsgálat alá, s most keressük meg a homokhalomok legfőbb formáit.

II. FEJEZET.

Barkhánok.

Látva a mongol puszták szép barkhánjait, majd a Hoang-ho és Pei-ho rengeteg törmelékupjain tova haladó buczkákat, meggyőződtem, hogy a barkhán a homokhalmok alapformája, illetőleg végleges alakja, a mely tovahaladtában többé alakját nem változtatja rendkívüli okok befolyása nélkül. Ez is egyike volt azoknak a tapasztalatoknak, a melyek az eddigiekkel homlokegyenest ellenkezni látszanak, mert eddig minden természetvizsgáló a szél irányára merőlegesen elnyúló hosszú gátakat, az úgynevezett dűnéket tartotta az alapformának. Annál nagyobb örömet okozott WALTHER újabb munkájának * 125. lapján található következő kijelentés: «Az iv alakú dűne (Bogendüne) normális typusa a szabad térségen keletkezett homokhegynek, mindenütt elő kell állnia a hol szélhajtotta homok halmozódik fel, s valamennyi többi dűne-formát törvényszerűleg (prinzipiell) az iv alakuról kell levezetnünk.» A mely kijelentésével WALTHER a «Denudation in der Wüste» című klasszikus munkájában kifejezett nézeteitől lényegesen eltér.

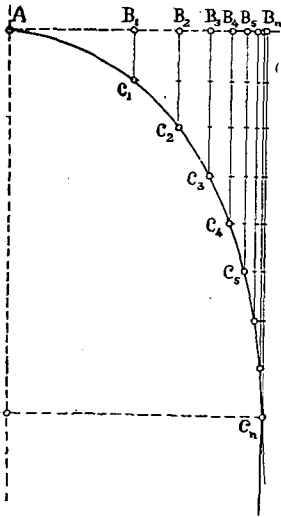
A mint ennek a kijelentésnek alapján kezdjük el a homokformák vizsgálatát, azonnal egészen más, rendszeres eredményekre fogunk jönni s minden egyes alakot genetikusan tudunk osztályozni.

Ha valamely egészen szabadon fekvő, sík térségen homokhalom áll, s azt állandó, egy irányú szél kezdi megbontani, a halom azonnal alakját kezdi változtatni. Minden egyenetlenség kisimül rajta, a szélnek kitett oldalon az által, hogy a rendetlen tagozatokat elpusztítja a szél, a szélárnyékos oldalon pedig a rendetlenséget betemeti a másik oldalról hozott homok. Amellett a halom, ha tulságosan magas volt, alacsonyabbá lesz, némi homokot pedig egészen elvisz róla a szél. Tulságosan erős vihar a halom tetejéről is elragadja s jókora uton viszi magával a homokot a levegőben, de a legtöbb homok a halom két oldalának lábánál távozik el. Végül felvesz a halom olyan alakot, hogy azon többé a szél nem változtat, legfeljebb méreteit csökkenti, a mennyiben elvisz róla homokot; vagy pedig ha más halmok is vannak a közelben, azokról esetleg többet hoz, mint a mennyit a vizsgált halomról elvisz s ezzel a halom nagyságát növeli. A szélnek kitett oldalról folyton viszi a szél a homokot

* Gesetz der Wüstenbildung.

s a másik oldalon lerakja. Ezzel a halom folytonosan előre mozog, de alakját nem változtatja. Ez az alak a homokhalmok typusa s effelé törekszik minden alak. Nevezzük ezt az alakot *typusos barkhán*nak. Ritkán fogjuk a sivatagokban találni, mert mindenféle egyéb körülmények is közre hatnak, mint: a talaj egyenetlensége, a barkhánok tulságos sűrűsége, a talaj és a homok nedvessége, növényzet stb. stb. Olyan helyeken fogjuk őket különösen találni, a hol már elhagyták az igazi sivatagot, kiértek annak szélére, de még nem kötődhettek meg. Kisebbecket gyakrabban találunk, mint másodrendűeket valamely nagy dűne hátán, vagy folyók homokjából felverve, a nagyok azonban nem közönségesek.

Vizsgáljuk meg először is elméletileg, hogy milyen lehet a typusos barkhán alakja? Világos, hogy először is alaprajzi alakja szimmetrikus lesz olyan tengelyre nézve, a mely a szél irányával párhuzamos. Másodsor pedig világos, hogy alaprajzi alakjának lesz két olyan érintője, a mely a szél irányával párhuzamos, miután azon a helyen, a hol a homok a barkhán



2. ábra.

lábánál elhagyja a halmot, ott ennek a homoknak útelemei végül is a szél irányával egybe fognak esni. Harmadsor az is önkényt következik, hogy az alaprajzi alak a halom szél felőli oldalán olyan lesz, hogy abban töréspontok, visszatérő pontok és inflexiós pontok nem fognak előfordulni.

Ha valamely fujtatóból egy csomó levegőt nyugodt légkörbe kilökünk, a kilóditott levegőmolekulák folyton csökkenő sebességgel mozognak előre, míg végre teljesen megállnak. A surródás és a levegő összenyomódása folytán keletkezett ellenállás a mozgást teljesen megszünteti. Tudjuk, hogy a levegőnek ez az ellenállása a sebességtől függ, de még nincsen ez az összefüggés sem elméletileg, sem gyakorlatilag teljesen megállapítva. — E szerint (2. ábra) az A ponton kilökött levegő t_1 idő múlva B_1 -be t_2 idő

mulva B_2 helyre és így tovább jut, folyton csökkenő sebességgel. A sebesség csökkenésének törvényét nem tudjuk, csak annyit ismerünk róla, hogy végeredménye $v=0$ lesz, vagyis a mozgó levegőtömeg végre t_n idő múlva megáll, B_n helyen.

Ha most a levegő nem nyugodt, hanem valamely V sebességgel mozog az AB_n irányra merőlegesen, állandó sebességgel, világos, hogy ez a mozgás magával fogja ragadni az A pontból kilóditott tömeget is. A tömeg tehát t_1 idő múlva nem B_1 -be, hanem C_1 -be jut, t_2 idő múltán C_2 -be s végül t_n idő után C_n -helyre, a mikor teljesen megszűnván az A helyen nyert

oldalirányú lökés, a levegő tömeg a széllel egy irányban fog haladni.* Ez a vonal tehát egy általános értelemben vett trajektória, a mely abban az esetben ha az A -ból B_n -be megtett út az időnek négyzetével áll összefüggésben, akkor másodfoku görbe lesz, kör, ellipsis, vagy (különben non sens esetben) hyperbola.

Ha ezt a vonalat (a mely körülbelül a szélben felszálló füstnek a vonalához hasonló) elő tudnók állítani s ezzel, mint vezérvonallal hengert készítenénk, a melyet az A — B_n vonallal a szélre merőlegesen helyeznénk el, az A ponton megütközött légtömegek a felület mellett minden ütközés nélkül surrannának el — ha a felület maga a szelet fel nem tartaná. Erre nincsen befolyása a szél erősségének, mert hisz minél nagyobb a V , annál nagyobb lesz az A helyen történt ütközés folytán keletkezett oldalirányú sebesség. A trajektóriának tehát csak méretei változnak meg, de alakja nem. Ámde a felület maga az egész szélrendszert feltartja utjában s így minden pontján ismétlődik az A ponton tapasztalt kitérülés s a megütközött levegő tömegek mind az A — C_n trajektórián fognak mozogni. Az ütközések folytán nyomás támad a felületre, a mely nyomás nagysága a szél sebességétől (V) függ. Legnagyobb ez a nyomás az A pont közelében s megszűnik C_n helyen, ha a levegő összesűrűsödése végtelen gyorsasággal el képes terjedni a környezetben. De ez nem így van. Az ütközés és nyomás folytán támadt összesűrűdés a C_n pont után még egy darabig érvényesül s a légtömegeket a C_n pont után visszahajló pályán való mozgásra kényszeríti.

Csináljuk meg már most ezt a hengert homokból, de képzeljük el, hogy az az önsúlya folytán nem fog összeomlani. Akkor az a nyomás, a melyről az előbb szólottam, el fogja távolítani a homokszemeket és pedig nagyobb mértékben az A pont körül, mint a C_n pont körül. Miután nem vagyunk képesek megállapítani elméletileg ennek a nyomásnak a nagyságát, nem tudjuk megmondani, hogy mekkora lesz az elmozdulás.

Ha olyan ennek a nyomásnak az eloszlása s olyan a henger anyagának elmozdíthatósága, vagyis ellenállása, hogy az általa okozott elmozdulás folytán a henger vezérvonala ugyanaz marad, csak eltolódik, akkor az állapot stabilis, a homokhenger megtartja eredeti alakját, csak folyton

* Könnyű belátni, hogy ez a pálya kör is lehet abban az esetben, ha az A -tól B_n -ig megtett út (x) a t időtől a következőleg függ

$$x^2 = 2 v a t - a^2 t^2$$

ha $r = \overline{AB_n}$ -el, a pedig egy állandó, a mely V sebességet jelenti a mi esetünkben. Lehet hyperbola is, abban az esetben, ha az A -tól B_n -ig terjedő mozgás sohasem érne véget, a mikor a B_n - C_n vonal asszimptotája a görbének. Csak parabola nem lehet sohasem, mert az A -ból kiinduló oldalmozgás tapasztalat szerint véget ér valamely B_n helyen. Hogy a trajektória parabola lehessen, akkor az volna szükséges, hogy a B_n a végtelenben feküdjék, a mi lehetetlen.

tovább és tovább mozogni látszik. Akkor ennek a hengernek a vezérvonala a mi keresett típusos barkhánunknak az alaprajza. Ha azonban a nyomás eloszlása olyan, hogy emiatt a henger vezérvonalának az alakja megváltozik, úgy az állapot még nem stabilis s csak bizonyos idő múlva alakul át a henger vezérvonala olyan idommá, hogy az aztán többé alakját nem változtatja.

Világos, hogy minél nagyobb a henger anyagának ellenállása, annál nagyobb lesz a nyomás különbsége A helyen és C_n helyen. Minél könnyebben mozdul ki az anyag helyéből, annál kisebb lesz a nyomás különbsége A és C_n helyeken. Hogy azonban az A helyen nagyobb nyomás állhasson elő, szükséges, hogy az $A-C_n$ ív görbületi sugara A körül nagyobb legyen, tehát a görbét laposabb legyen, a $B_n C_n$ távolság rövidebb legyen. Ha pedig nem szükséges a stationarius állapot előidézéséhez A hely körül a nyomás megnövekedése, akkor a görbének ugyanezen a helyen a görbületi sugara fog megkisebbedni, tehát a vonal hirtelenebben fordul A -tól C_n felé s a B_n-C_n vonal aránylag hosszabb lesz.

Levegőben tehát annál hosszabb lesz a típusos barkhán alakja, minél könnyebb és lazább az anyag, a melyből a barkhán készült. Homokból rövidebb, hóból hosszabb típusos barkhán készül. Meg fogjuk látni, hogy a tapasztalat ezt igazolta.

A függélyes metszetre nézve ugyanilyen eljárással a most kapott eredményekhez hasonlóakat fogunk kapni azzal a különbséggel, hogy

1. A horizontális síkban a szél mindkét oldalon kitérhet, a vertikális síkban csak felfelé, ennél fogva a kiindulás-ponton kis átmeneti görbe darab keletkezik, mely a szél irányának töréspont nélkül való átmenetét engedi meg a barkhán lejtőjén felfelé s a tulajdonképeni barkhán-lejtő nem derékszöggel, hanem hegyesszöggel indul ki.

2. Az eddigi erőmoz. hozzá járul a nehézkedés is, a mely vertikális irányú, s így a szélirány kitérítése ellen dolgozik, minél fogva ez a görbe vonal tetemesen elnyultabb lesz, mint az alaprajz határvonala.

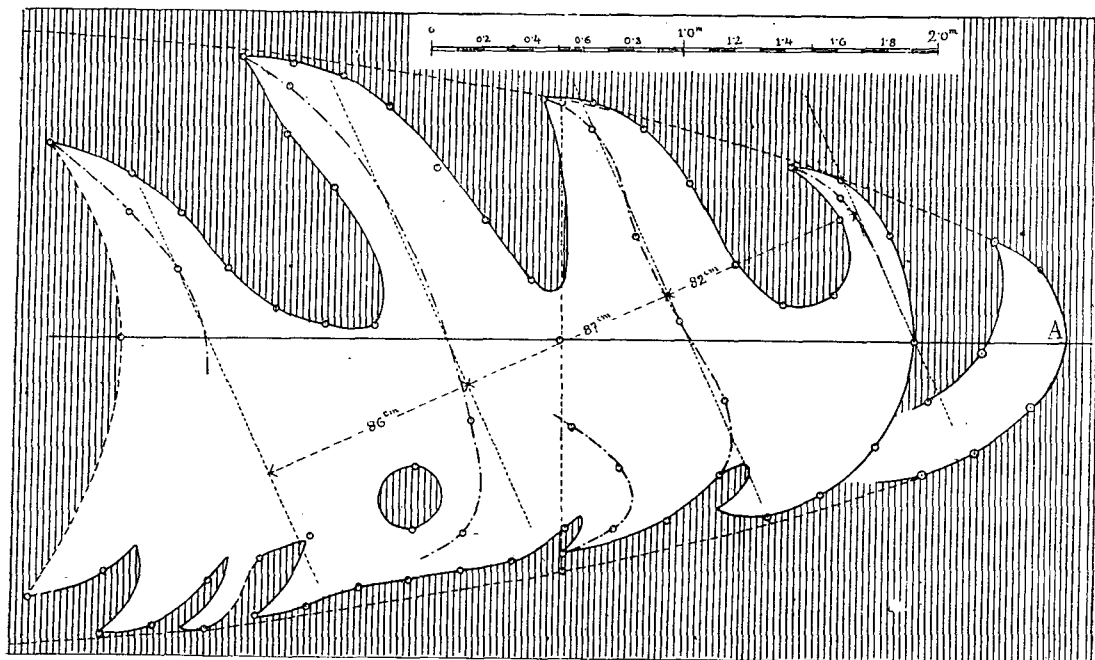
Még egy másik mód is kínálkozik a barkhán hátulsó felületének meghatározására. Ha ugyanis a barkhán tengelyében, de a barkhán testen kívül fekvő pontból a barkhán felületéhez érintőket húzunk, úgy ezeknek az érintőknek érintéspontjai olyan vonalat határoznak meg, a mely vonalon a felület-elemek a szelet eredeti irányából egyelő intenzitással térítik ki.

Miután nehezebb a szelet vertikális irányban kitéríteni, mint vízszintes irányban, könnyen belátható, hogy a körülíró kupnak vertikális síkban fekvő alkotója kisebb szöggel hajlik a kup tengelyéhez, mint a vízszintes síkban fekvő alkotók.

Ezzel a feltétellel még nem sikerült megközelítenem a barkhán alakját. Pedig ennek a feltételnek szükségképen állnia kell, ha azt akarjuk,

hogy a barkhán többé alakját ne változtassa, tehát tipusos barkhán legyen.

Nézzük már most, miképen egyezik az itt tárgyalt elméleti okoskodás a tapasztalattal. Világos, hogy egészen kifejlődött, tipusos barkhánt csak olyan halmok közt fogunk találni, a melyek teljesen szabadon meglehetősen messze eltávoztak. Ilyen barkhánok voltak azok, a melyeket Lama-miao mellett láttam, ilyenek voltak a Pei-ho törmelékkupján látottak, ilyenek azok, a melyek Pest megyében, Izsák és Szabadszállás vidékén,



3. ábra.

a Bikatorokban láthatók s végül ilyen a deliblati homokpusztán is található, Gerebencz vidékén tartós szél idején, de csak kedvező körülmények közt.

Hóból való barkhánokat a Balaton jegén láttam, s egyet ezek közül pontosan felmérve, a 3. ábrán mutatok be. Ezt érdemes közelebbről megtekintenünk.*

* 1901 februárius havának végén képződtek ezek a szép barkhánok a Balaton jegén, illetőleg a fölé fagyott kemény havon, mely a lépés alatt alig szakadt be. A kemény hó érdessége egyik oka, hogy a barkhánok képződhettek, a síma jégről a szél teljesen lesöpri a havat. A barkhánt alkotó szemek és a talaj között kell lenni legalább akkora surlódásnak, mint a barkhánt alkotó anyag szemének egymás közt való surlódása. — A hóbarkhánokat azon alkalomból tanulmányoztam, hogy szerencsém volt báró EÖTVÖS LÓRÁND urnak a Balaton jegén végzett gravitációs méréseiben részt vennem.

Azt látjuk, hogy a barkhán alaprajzának átlagos határa ellypsis, a melynek egyenletét is sikerült megállapítani:

$$y^2 = 0.4994x - 0.032038x^3$$

Az egyenlet a barkhán csúcspontjára (A) van vonatkoztatva, az X tengely a barkhán hosszanti tengelye a B és C pontokat számítás szerint kaptuk. A rajzon a vonalkázott rész a régi firnes hó, a fehér a friss «futó»-hó.

A barkhánon egymással párhuzamos gerinczeket látunk, a melyek nem állnak merőlegesen a barkhán tengelyére s távolságuk majdnem pontosan 86 cm. Ezek korábban képződött fodrok, a melyek a hó felszínén sokkal nagyobbak, mint a homok felszínén. Ezeket a fodrokat (ripple-markokat) korábbi szél készítette, a melynek iránya valami 25° -kal tért el annak a szélnek az irányától, a mely a barkhánt készítette. Ezeknek a fodroknak a végeit azután az új, erősebb szél legörbitgette s így az általános barkhán-formába beleillesztette. (A hóbarkhánok fényképei nem sikerültek annyira, hogy reprodukálhatók volnának.) Persze rendetlenségek és változatok fordulnak elő bennük, de hisz a hó nem is olyan egyenletes anyag, mint gondolnók, mert az összefagyása lényegesen megváltoztatja ellenálló képességét. Az olvadozó, firnes hó szemecskéi momentán összefagnak s ezzel a lazaságot megszüntetik. Minél hidegebb, porosabb a hó, annál hosszabb barkhánt kaphatunk, ha pedig a hó 0° -ú s a mellett szemei már nagyok, akkor rövidebb barkhán épül.

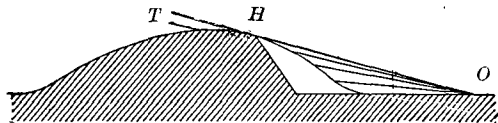
A homokbarkhánokon finomabb különbségeket fogunk tapasztalni, miután a szemek nagysága tulajdonképen elméletileg csak annyiban van befolyással, hogy ha a homokszemeket gömbalakunak vesszük, azoknak felülete a kis gömböcske sugarának négyzetével, míg köbtartalma a sugár harmadik hatványával áll arányban. Már pedig a szél támadó képessége a felülettel a homokszem sulya pedig a köbtartalmával áll egyenes arányban. Világos tehát, hogy a homokszemeket annál könnyebben mozdítja a szél, minél kisebbek azok. Ámde a homoknak sugarában olyan nagy különbségeket nem fogunk találni, mert a finomabb szemecskéket por alakjában úgyis teljesen elviszi a szél (extrem alakja a barkhánnak, a mely teljesen elnyúlott vonallá s mint ilyen, egyenlő sebességgel halad a széllel). E szerint durvább szemű homokból valamivel rövidebb, finom szemű homokból valamivel elnyultabb barkhánok keletkeznek.

Ismételten hangsúlyoznom kell, hogy a szél sebessége csakis a barkhán előre való mozgásának sebességét növeli, míg a barkhán alakjára valószínűleg semmi befolyással sincs, legfeljebb annyiban, hogy a surlódás a sebességgel nem arányosan, hanem talán négyzetesen növekedik.*

* A barkhánok *méreteire* azonban mindenesetre befolyása van a szél erősségének. A szél azonban nem egyenletes sohasem s így alakváltozások is kétségtelenül vannak. Az összefüggés nagyon komplikált.

Megváltozik azonban a homokbarkhán alakja, ha nem a levegő, hanem valamely más, a levegőnél sűrűbb anyag a mozgató közeg. Így pl. a vízben a homokhalom typosos barkhán alakja a zátony, a mely sokkal elnyultabb, mint a szél által készített barkhán. Még erre a kérdésre vissza fogunk térni.

Rá kell térnünk még a typosos barkhán alsó felének ismertetésére. Addig már jutottunk, hogy a barkhán alaprajza a szél irányához érintőlegesen átmegy, sőt a levegő összenyomódása folytán azon az érintőleges irányon túl is görbül. A barkhán teste körül futó légáramlás tehát még egy ideig hatással van a barkhán homokszemeire. A halom alsó vége felé a szétválasztott levegőáramok egymással ismét egyesülni törekednek s befelé, egymás felé kezdenek fordulni, még egy darabig surolva a halom felszínét. Majd elhagyják a homokhalom felszínét s egyesülve ismét normálisan folytatják pályájukat. Azoknak a helyeknek a sora, a hol a légáram-szálak elhagyják a halom felszínét, ismét egy olyan vonalat állapítanak meg, a melynek mentén a barkhán felszínéhez huzott olyan érintők, a melyek a barkhán hossz tengelyét is metszik (mint az 4. ábrán OT vonal a H ponton



4. ábra.

érint s O ponton metszi a tengelyt) mind egy pontban futnak össze, mert hisz ez a vonal is egyenlő ellenállású vonal, t. i. ellenállása = O . Ez a vonal a barkhán oromvonala. Ezen túl a homokot nem mozditja a szél, az helyén marad s így az előre haladó barkhántól eltemetetik, majd a mikor az előre haladó barkhán teljesen elnyelte ezt az oromvonalon túl levő tömeget, akkor helyén ür marad, a mit a barkhán teste lehetőleg meredek oldalakkal határol. A homok nem áll meg meredekebben 32—38 foknál, a mint már említettem s innen származnak azok a meredek lejtők, a melyekről már mondtam, hogy a felületes szemlélőnek annyira lekötik a figyelmét, hogy miattuk a barkhán többi, lankás oldalú részéről úgy szólván tudomást sem szerez. Pedig ez a meredek oldalú kivágás a barkhánok sokkal kisebb része, mint az a nagy hátulsó paizs, a melynek morphológiájával az előzőkben próbáltunk foglalkozni.

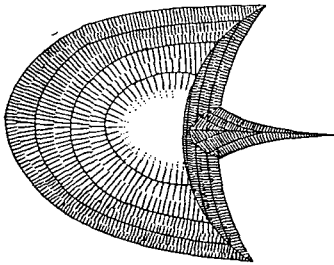
A barkhán ép része annak lábánál sokkal jobban előre nyúlik, mint a barkhán teteje s ezt az előre nyuló két kart nevezik az észlelők «sarlókarnak» (Sichelarm). Legkitünőbb észlelőink rajzaikban feltüntették, hogy ezek az előre nyuló karok nem valami különálló dolgok, hanem külső felületük csak a barkhán felületének folytatásai.

A szél befordulása a barkhán két oldalán különösen szépen mutatkozik olyan barkhánokon, a melyek még a fejlődés stadiumában vannak. Azok a barkhánok ugyanis, a melyek még nem nyújtották eléggé előre és

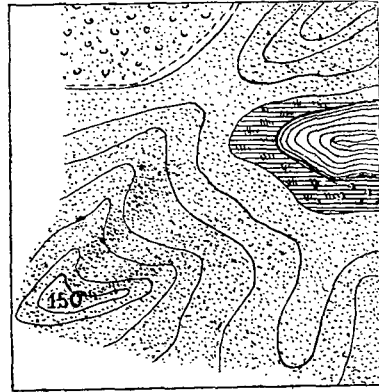
össze karjaikat, hanem csak most különültek el valamely más halomszoportból, például egy dűnéből, azoknak meredek homloklejtője előtt a fodrok egész határozottan mutatják a szél befordulását, sőt gyors képződés alkalmával a homlokfal előtt keskeny előrenyuló nyelv is keletkezik ott, a hol a két összeforduló szél találkozik. Ilyent az 5. ábrában látunk alaprajzban. Sok ilyen képződött 1901 július hó 23.-án a deliblati puszta futóhomokján a heves kossava szél hatása alatt. De CORNISH is fotografált ilyent a Nilus deltavidékéről; elég, ha szép illusztrációjára hivatkozom.*

A fodrozat befordulásáról még a fodrozat tárgyalásakor külön is fogok szólni.

Ezt az alsó kivágást szokták rendszeren tulságosan laposra rajzolni a turisták. Nem eléggé kanyarítják össze rajzaikon a két előre nyuló kart.



5. ábra.



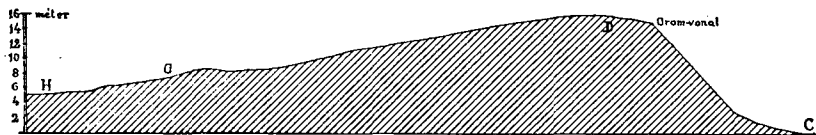
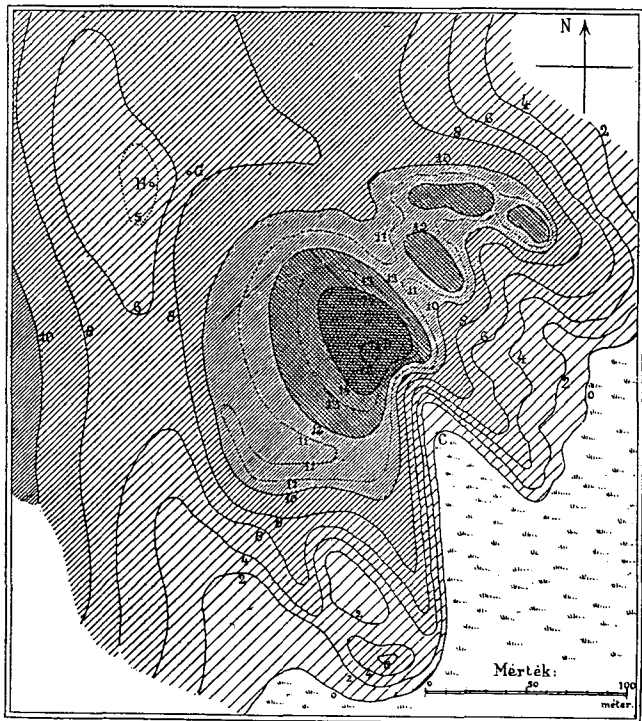
6. ábra.

Gondosabb megfigyelés helyesebben tünteti fel. Így pl. HEDIN SVEN** RICHTHOFEN báróhoz irt egyik levelében közöl egy barkhán homlokáról rétegvonalas vázlatot. Itt a két kar igen helyesen van előre nyújtva, csak a barkhán hátulján nem gondolt a formákkal. Ha megkezdett rétegvonalait befejezzük, egészen torz alakra jutunk. Dr. LÓCZY LAJOS a Gobi sivatag széléről a Nan-san éjszaki lábánál sajnos csak nagyon kevés adatot közöl a homokformákról. Egyetlen egy rajzán látható egy barkhán, de annak alakja tökéletesen megegyezik a fennebb mondottakkal. Ez a barkhán a SZÉCHÉNYI-expedítoról szóló nagy műnek I. kötetében a 482. lapon látható, az 52. ábra alsó bal sarkában. Az ábrának ezt a részét a szerző szives engedelmével itt a 6. ábrában reprodukálom.

* VAUGHAN CORNISH: Ou desert sand-dunes bordering the Nile delta. The Geogr. Journal, Vol. XV. pag. 1—32. Fig. 22 on plate I. Ujabban: Scottish Geogr. Mag. 1901. I. p. 6.

** H. SVEN'S Forschungsreise nach dem Lop-nor. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin B. XXXI. 1896. p. 318. Abbildung 8. Ugyanez id. munk. PETERMANN'S Ergänzungsband XXVIII. p. 86.

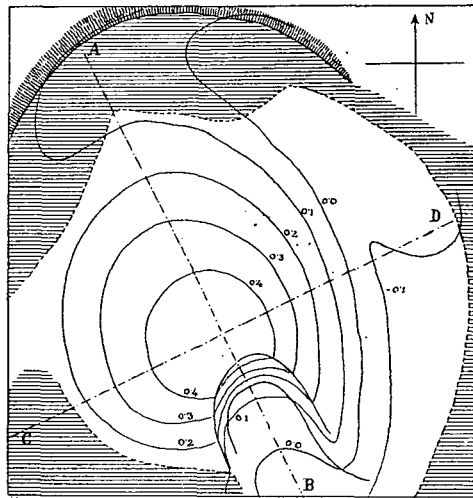
Magam pontosan felmértem néhány barkhánt. A Lama-miao melletti barkhánok egyikének aproximativé készült rajzát az 1. ábrában már láttuk. A kivágás kicsisége a barkhán testéhez feltűnő. Nem ilyen szabályos az a nagy barkhán, a melyet TREITZ PÉTER barátom szives kalauzulása mellett a pestmegyei Izsák mellett, a Kolom-tó éjszakai partján, a Bikatorok félig kötött buczkái között mértem. Még néhány nagy és hasonló alakút láttam, de ez mutatkozott a legzavartalanabb kiképződésűnek. A többiek nagyon



7. ábra.

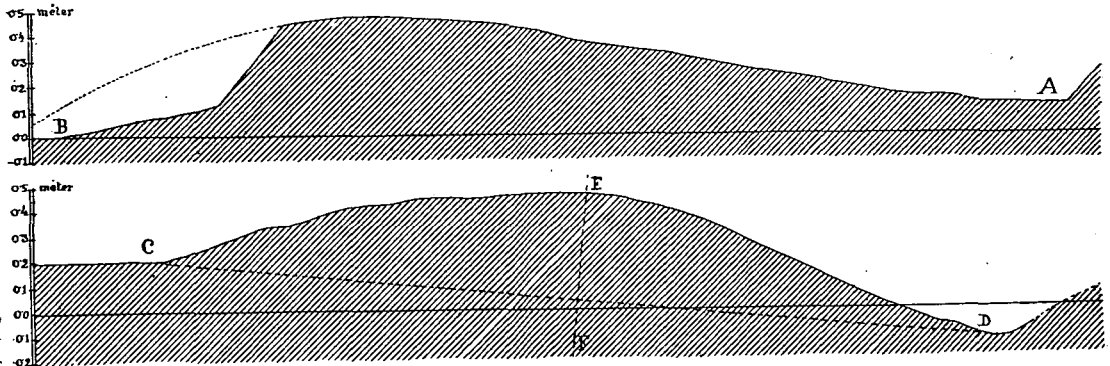
össze forrottak más halmokkal, vagy nagyon megkötődtek stb. A részletes felmérés eredményét alaprajzban, hosszanti és keresztmetszetben a 7. ábra mutatja. A mint az alaprajzon látni, a barkhán jobb szárnya közös szárny egy darabon egy második, kisebb barkhánnal, baloldali szárnya pedig ren-

detlen halmokhoz kötődik.* A barkhánt NNW irányú szél hozta létre s igazán szépen, szabályosan csak a 12 és 14 méter magasságú rétegvonalainak táján van kifejlődve.



8. ábra.

Sokkal szabályosabb a 8—9. ábrán látható kis barkhán, a melyet a deliblati pusztán mértem BELULESZKO SÁNDOR úr szives segítségével. Ennek a barkhánnak szabályosságát csak az rontja, hogy nem volt egészen víz-



9. ábra.

szintes területen, hanem a mint a keresztmetszet mutatja, a talaj a barkhán jobb oldalától bal oldala felé lejt. Ha ezt a lejtőt meghuzzuk ($C-D$) és felezés pontjában reá merőlegest emelünk ($E-F$), úgy a keresztmetszet erre a vonalra szymetrikus.

* Megjegyzem, hogy a bal és jobb kifejezést úgy értjük, hogy háttal állunk a szélnek, a mely a barkhánt felépítette.

Hasonlóképen igen szabályos az a kis barkhán, a melynek fényképét az I. tábla 1. képén láthatjuk. Ez is a deliblati pusztáról való. CORNISH is közöl egy csinos fényképet az idézett czikkéhez tartozó II. táblán, mint 25. ábrát.

Meg kell még említenem, hogy hasonlókat a Pei-ho és a Hoang-ho törmelékkipuján, továbbá a Liautungi öbölbe ömlő folyók árterén, különösen a Sziao-ling-ho homokos ármedrében elég számosat láttam.

Ne értsük azonban a dolgot félre. A typusos barkhán-alak, a melyet itt ismertettem, közelről sem gyakori jelenség. Hosszú utat kell megtennie a barkhánoknak, a míg ezt a typust felveszik. A hozzá közel álló alakok azonban minden esetre gyakoriabbak, mint eddig a turisták rajzaiból következtetni lehetett volna. A homokpuszták leggyakoribb formája az átmeneti alak lesz, a melyet az alapalakok ismertetése után azonnal tárgyalás alá veszünk.

Igen gyakori jelenség az is, hogy valamely homokhalmon a barkhán egyes részeit látjuk kiképződni. Így különösen az előre nyújtott karok gyakran kialakulnak egyes halmok mellett. Néha csak az egyik, máskor mind a kettő, de ezeken is látni lehet, hogy a kar alaprajzának külső konturája visszahajló, mintha a halom szélárnyéka felé egészen be akarna görbülni.

Úgy ezekről a tünetenyekről, mint a barkhán alakját módosító körülményekről még lesz összefoglalóan szó, a mikor már az összes alapalakokat megismertük.

III. FEJEZET.

Garmadák.

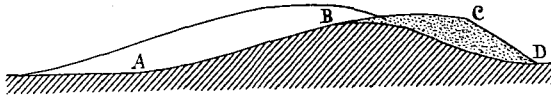
Ha a homokos térségen kiemelkedő halom van (tisztá, szabad futóhomokból) úgy ezt a szél, a mint az előbbi fejezetben tárgyaltuk, barkhánná fogja kialakítani. Ha most viszont a homokos térségen árokszerű mélyedés van, a melybe a szél belehatolhat, úgy egészen más, a barkhánnál szemben némileg fordított alakzat fog előállni. A míg ugyanis a barkhán szétválásra kényszeríti a légáramlatot, a mely a barkhán után ismét egyesül, addig az árokszerű mélyedés a levegő áramlását mintegy összetereli s így nagyobb dinamikai nyomásúvá teszi s ennél fogva az ároknak bizonyos törvény szerint való kibővítését fogja okozni.

Ilyen árokszerű mélyedés előáll pl. két egymáshoz közel álló barkhán között, vagy valami hosszú dűnének bemélyedése, nyerges alakja folytán. Különösen ez, a dűnék nyergei adnak okot az ilyen árkos bemélyedésre s a vele járó tünetenyekre. Hasonló képződmények állanak elő kötött buczkákön, ha azoknak megkötő burkolatát a szél feltöri s árkos mélyedést

hoz létre, a melyekkel egy külön fejezetben fogunk foglalkozni, mint rendkívül nagy fontosságú dologgal.

Az árok kiképződése közelről sem olyan egyszerű, mint a barkhán-képződés. Annyi bizonyos, hogy az ároknak a végén bizonyos emelkedés constatálható, a mely a barkhánok hátulso lejtőjének lankás emelkedésére emlékeztet.

De nem is magával az árokkal foglalkozunk, a mely az általa keresztül vágott halom lejtőitől stb. függ, hanem azzal a formációival, a



10. ábra.

mely az árok végén, a szél árnyékában képződik. Ezt a képződményt nevezzük garmadának. A szél ugyanis az árokból kifútt homokot annak végén hatalmas garmadákban rakja fel, vagy le, a szerint, a mint az árkos mélyedés végén alacsonyabb, vagy magasabb térszín következik. A 10. ábrában oly garmadát mutatok be, a mely magas gerincz nyerge mögött képződött. A garmada teteje az egész alakulás hosszanti metszete mentén eleinte lassu emelkedést, azután tetőpontot, majd lassu sülyedést mutat egészen az oromvonalig, a hol egyszerre a homokból lehetséges legmeredekebb lejtővel leesik az alsó térszínre. Az a vonal, a mely az árokszerű mélyedés, vagy benyergelés fenékvonalát teszi, aztán a garmadára megy át s egészen az oromvonalig tart (ABCD), azután a meredek lejtővel leesik, nagyon



11. ábra.

emlékeztet a barkhánok hosszanti metszetére. Úgy is kell lennie, mert a homok ellenállásától függ, a mint tudjuk, ez az egész vonal s ebben a tekintetben ugyanaz, akár barkhán, akár garmada, akár pedig a később tanulmányozandó dűne legyen is az.

Ha már most az árokszerű mélyedés vége előtt nem sülyedt térszín, hanem az árok fenekénél magasabb térszín kezdődik, akkor a garmadának csak egy részlete fog kiképződni. Így a 11. ábrában feltüntetett garmada sekély árok végén képződött és pedig úgy, hogy az árok partjának egyenetlenségeit lankásan kitöltötte, az árok végén túl pedig a normális garmada egy darabja állott elő.

A 12. ábrán látható garmada csak a legteteje tulajdonképen a garmadának, mert az árok vége elég lankásan emelkedik fel s a homok nem olyan nagy mennyiségben fuvódik ki, hogy a garmada ennél magasabb lenne. Majd ha több homok jön, akkor a garmada a szaggatott vonallal kihuzott alakot fogja felvenni.

Garmadák ábrázolását ismerjük az irodalomban, de mint külön formát eddig sohasem különböztették meg. Egyedül Sokolow* kitünő munkájában találunk erre nézve feljegyzést, sőt ábrázolást is. A 7. és 8. ábra tüntet fel garmadát, kissé tulzott mértékben, a 87. lapon. Sokolow ezt az alakulatot a düne (a hogy ő nevezi) két szárnyának hátramaradása



12. ábra.

folytán támadottnak hiszi. Valószínűleg nem más, mint szépen képződött garmada.

Különösen a kötött buczkák között találunk sok garmadát, annak mindenféle fajtát és változatát, ott tanulmányozhatjuk születésüket és pusztulásukat s azért majd a kötött buczkákön tapasztalható alakulatok tárgyalásakor fogok néhány új megjegyzést csatolni az eddigiekhez s ott is mutatok be róluk fényképeket.

IV. FEJEZET.

Dünék.

Európa homokterületeinek legnagyobb része a tengerparton van, homokja tengeri homok, a melyet a szél úgynevezett «düne» alakjában hajt a continens belseje felé. Nem czélom a dünék terjedelmes irodalmát összefoglalni, az eddig irottakat ismerteknek kell feltennem, hogy röviden előadhassam azokat a törvényeket, a melyek dünék képződését és felbomlását, alakjukat stb. szabályozzák.

Némely író düne név alatt összefoglal minden homokhalmot, a melyet a szél épített. Mások megszorítják ilyen, vagy amolyan értelemben. Használjuk mi a düne szót szigorúbban meghatározott értelemben s nevezzünk dünének minden, a szél irányára keresztben elnyuló s a széltől épített homokgátat.

* Id. h. 87, 88. lap.

CORNISH VAUGHAN* hozta ajánlatba a kumatologia szavat minden olyan földrajzi tünemény tanulmányozását összefoglaló tudományág számára, a mely hullámfelületekkel, hullám alakú képződményekkel stb. foglalkozik. Ebbe a tudományba tartozónak jelentik ki a homokformák ismeretét is. Nyomában BASCHIN** elfogadja ezt az elnevezést, de legalább annyira mégis correctebben itél, hogy ennek az új tudománynak a keretéből kizárja a CORNISH-tól bevezetett hullám-alaku felületek tanulmányozását. CORNISH ugyanis még a rétegyürődéseket is ennek a tanulmányanyagnak a keretébe foglalja s azonnal hullámhipotézist is állít fel a gyürődések keletkezésére.

BASCHIN a HELMHOLTZ-féle hullámelmélet alapján jut erre a felfogásra s felfogása szerint a homokdünék identikus jelenségek a hullámokkal. Természetesen az indítványozó CORNISH is ezen az állásponton van. Utazók és laikusok is gyakran hasonlították a dünéktől ellepett térszint a hullámzó víz felületéhez és nem joggal, a mint nem egészen lehetetlen olyan hasonlat sem, a mely a Jura szabályos és lassan elsimuló lánczait valami szép megmerevült hullámfelülethez hasonlítaná.

Lényegesen különböznek azonban a dünék a hullámoktól nemcsak annyiban, a mint BASCHIN is említi, hanem épen a leglényegesebb, hogy úgy mondjam definiáló pontban.

Hullámzás ugyanis tudományos értelemben rezgő, periodusos mozgás, hullám pedig ennek a periodusos mozgásban levő közegnek egy olyan darabja, a mely az összes különböző fasisban levő közegelemek közül egy teljes sorozatot tartalmaz.

A dünék homokjának a mozgása haladó mozgás, a dűne maga tova haladó tömeg, a mely haladása közben a szél által különös alakká formálódik. A homokszemek mozgásának van ugyan periodusa, mert a homokszem felhalad a dűne lankás lejtőjén, aztán a meredek lejtőn lecsúszik, megáll s nem mozdul addig, míg a dűne saját szélességével egyenlő utat meg nem tett. Ekkor a homokszem újra kezdi mozgását. Ámde, a míg a hullámzó felületek alakját a hullámzó mozgásban részt vevő molekulák rezgő mozgása okozza, addig a dűne alakját nem a homokszemek mozgásának periodusa szüli, hanem épen fordítva, a homokdűne alakja okozza a homokszem előre való mozgásának periodusos voltát.

Hiányzik tehát a homokdűne jelleméből a hullámzás definiáló tulajdonsága s ennél fogva a dűne nem identikus a hullámmal.

Felesleges ugyan a további bizonyításra, de azért elősorlok néhány,

* The Geogr. Journ. 1899. June p. 624. V. CORNISH: On Kumatology. Továbbá Arbeiten d. Geogr. Congress in Berlin 1899.

** O. Baschin: Die Entstehung wellenähnlichen Oberflächen formen. Zeitschr. d. Ges. für Erdkunde, Berlin. B. XXXIV. 1899. p. 408—424.

az előbb említett megkülömböztetésből folyó különbséget a hullám és a dűne között.

1. Hullámzó mozgás alkalmával a közeg összes pontjai mozgásban vannak. A dűne mozgása közben annak csak közvetlenül a szél hatása alatt álló részecskéi mozognak.

2. BASCHIN is említi már, hogy a szél megszűntével a víz hullámzása tovább tart, a homok-dűne nem mozdul meg többé, ha a szél elült.

3. A hullámok méretei a szél sebességétől annyira függenek, hogy bizonyos nagyságú szél csak egy bizonyos nagyságú, teljesen kifejlődött hullámot hozhat létre nagyobbat nem. A homokdűne nagysága a rendelkezésre álló homok mennyiségétől és a szélnek erre a célra hasznosított munkamennyiségétől függ. Akár milyen kis szél is hozhat létre tetszőleges nagyságú dűnét, csak elegendő ideig fújjon és elegendő száraz homok álljon rendelkezésére.

Ha a dűne mozgását minden áron osztályozni akarjuk, úgy azt az egyszerű gördülő mozgáshoz tartozónak fogjuk találni. Ha valamely kemény anyagból készült hengert gördítünk az által péld., hogy felette valami súlyos terítőt huzunk, akkor megközelítjük a dűne mozgásának formáját. Csak az a különbség, hogy a gördülő hengernek szilárdsága folytán minden pontja mozgásban van. Gondoljuk el most, hogy a henger nem szilárd, hanem péld. valami sűrű tézsta: Ha effelett huzzuk a súlyos terítőt, úgy az a tézstahengert laposra fogja nyomni s a henger alakja valami különös lesz, de nagy felülettel érintkezik az alapsikkal. A terítő huzása folytán a vele érintkezésben levő részecskék előre mozognak, míg az alappathoz érő részecskék mindaddig nyugalomban maradnak, a míg a tézsta-henger az alappal való érintkezés sikkal tovább nem mozgult. Minél lazább az összefüggés a gördülő tömeg szemcséi közt, annál nagyobb lesz azoknak a részecskéknek a száma, a melyek a gördülésben periodusosan nem vesznek részt. A homokhengerünkön teljesen megszűnt az összefüggés a szemcsék közt s így a gördülésben momentan csakis azok a homokszemek vesznek részt, a melyek a mozgató erő közvetlen hatása alatt állnak.

Népszerű hasonlatnak tehát megfelel ugyan, ha a dűnét hullámhoz hasonlítjuk, épen úgy, mint a hogy hullámos dombvidékről beszélünk, de lényegesen más tüneményről van szó, mint hullámzásról. Ha CORNISH kumatologia, vagy akármi más nevezet alatt össze akarja foglalni a víz hullámait és a dűnéket, azt csak is úgy teheti, ha ez alatt a szó alatt olyan tudományt ért, a mely laza anyagoknak felszíni alakjaival s annak okaival foglalkozik, de az ok többféle lesz: a vizen hullámzás, a homokon dűneképződés, a mely a hullámzástól különböző specialis mechanikai folyamat, a melyhez hasonlót azonban egyebütt is látunk a természetben.

Különösen hangsúlyozom itt is, hogy a dűneképződés a ripple-

markok vagy fodrok születésétől lényegesen különböző folyamat. A fodrokról szóló fejezetünkben látni fogjuk, hogy a fodroknak van köze a hullámokhoz s csak csekély eltérés az, a mi BASCHIN és saját felfogásom között van. A fodrok mérete azonban nem függ sem a szél sebességétől, sem a szél tartósságától, hanem egyedül surlódásának együtthatójától, a mely a fodrozott anyag minőségére utal. Fodrozatból tehát sohasem lesz dűne, mert a fodrozat méretei meg vannak szabva. Átmenet a kettő között nincsen.

A hullámelméletet legjobban látszik támogatni az a tény, hogy nagy szabad homokfelületeken keletkező dűnék meglehetősen egyforma méretűek s emiatt a szabad homok felszine nagyon hasonlít a hullámzó víz felszínéhez. A dűnék nagyságának egyenlőségét azonban nem a hullámszerű képződés okozza, hanem az, hogy a szabad homokfelületen a nedvesség mindenütt körülbelül ugyanabban a mélységben, mintegy 1 dm. mélyen kezdődik. Mindenütt egyforma vastag réteg áll tehát a szél rendelkezésére, a melyből kezdetleges dűnéit felépítheti.

Európa futóhomok területei majdnem kivétel nélkül a tenger partján vannak. Egyedül Magyarországon és Oroszországban ismerek nagyobb futóhomok területeket a tenger partjától távol, de ezeket még eddig behatóan nem tanulmányozták. A tengerparti homokterületek közül a Balti tenger, a Német tenger partvidékei és a Landok a legjobban tanulmányozottak. Azt találjuk, hogy a dűnék itt mindig a partvonallal párhuzamosak. Nem állíthatjuk tehát, hogy ezek a dűne-sorok a szél irányára volnának merőlegesek, mert az uralkodó szél nem mindenütt merőleges a partra, a mit számbeli adatokkal sem kell bizonyítani, miután világos, hogy daczára a szárazföldi és tengeri szelek szabályos váltakozásának, az uralkodó szél mégsem mindenütt merőleges a part irányára. Mindazáltal megemlítjük itt, hogy a Kurische Nehrung és Frische Nehrung dűnéinek iránya Memel-től Danzigig az éjszak-déliből kelet-nyugatiba fordul át s a legnagyobb dűnék éjszakkélet-délnyugati csapásuak, míg az egész partvonalon végig az uralkodó szél a nyugati.*

Sőt a kis Hela félszigeten a dűnék szintén párhuzamosak a partvonallal, pedig az uralkodó szél szintén párhuzamos a parttal.** Számptalan példát lehetne még felhozni, de szükségtelen. A JENTSCH is ugyanerre az eredményre jött.***

A dűnéknek a parttal párhuzamos irányát tehát nem a szél, hanem a homok termelő helyének eloszlása szabja meg. A homok a partszegélyen születik, annak első felhalmozódása a szél által a parttal párhuzamos

* Handbuch des deutschen Dünnenbaues. Berlin 1900. p. 130 stb. Nagyon helyesen jegyzi meg GERHARDT, hogy nem a dűnék irányáról, hanem az azokon látható átnyergelésekről lehet felismerni az uralkodó szelet.

** Id. h. 118. l.

*** Handbuch d. deutschen Dünnenbaues.

gáton történik, a melyet a német mérnökök és geológusok «Vordüne» néven ismernek s a melyből hordja el a szél a homokot az igazi düne felépítéséhez. Ha a homok nem a tenger partján, hanem a folyó partján terem, akkor a «Vordüne» a folyó irányával s az első dünelánczok szintén a folyó irányával lesznek párhuzamosak.

A Deliblat dünéi a legmunkaképesebb szél, a kossava irányára merőlegesen helyezkedtek el, miután a homok itt nem egy vonalon, hanem egész felületen született.

Változatosabb azonban az eloszlása azoknak az elemi dünéknek, a melyek a nagy dünék lankás lejtőin keletkeznek s a melyek annak felszínét olyan hullámzatossá teszik s a melyek a sivatag képződményeiről nyujtanak felvilágosítást.

A deliblati homokpusztán a kötött homokterület rendesen éles vonallal határolódik s így kezdődik a szabadon mozgó nagy düne. A szél tehát első támadását azon a meglehetősen szabálytalan görbe vonalon kezdi meg, a mely a düne szabad homokjának a határa. Az első düneláncz ennek mentén fut, hacsak nem nagyon fordul a szabad homok határa a széllel egy irányba. A második düneláncz már valamivel jobban a szélre merőleges irányban fordul s ez így megy tovább, mignem a távolabbi düne-lánczok már teljesen merőlegesen húzódnak a szél irányára. (Meggjegyzem már itt, hogy ezek a düne-lánczok csakis kezdetben összefüggő gerinczek, később a szél szétszaggatja őket). Miután 1. a düne lejtői mindig állandó mértékűek, akár mekkora legyen is a düne, 2. miután a homokot mindenütt megbolygatja a szél, tehát két düne-láncz között nem maradhat érintetlen terület, 3. miután a száraz homokréteg vastagsága mindenütt majdnem tökéletesen egyenlő, ebből következik, hogy az eleinte rendetlenül induló hepe-hupásság végeredménye az lesz, hogy meglehetősen egyenletes méretű, az elébb ecsetelt sorozatokban elhelyezkedett dünelánczok épülnek.

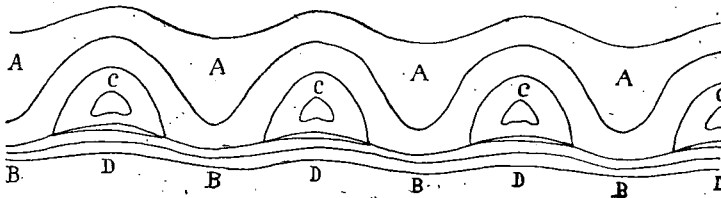
A dünék sorozatos, hullámszerű elhelyezkedése tehát nem valamely hullámszerű mozgás eredménye, hanem kényszerű következményei a dünék mechanikai törvények által szabályozott alakjának s a rendelkezésre álló homokréteg egyenletes vastagságának.

A dünék azután természetesen folyton nőnek, a hátulsók utólérik az elsőket, eltemetik, mert a szél jobban éri a hátulsókat, mint az elülsőket, nagyságuk folyton nő, mert a nedves részig kifútt homok száradni kezd, új homokanyag járul a düneképződéshez, s a szél tartós és erős, csakhamar hatalmas, meglehetősen egyenletes méretű gátak keletkeznek a szélre merőlegesen, a homok termelőhelyén.

Ne higyjük azonban, hogy ezek a dünék valami nagyon egyenes vonalú, szabályos gátak. Sőt ellenkezőleg! Oromvonaluk kigyózó vonal, alaprajzuk ehhez hasonló, de valamivel laposabb görbületű a meredek

lejtő alatt, míg a lankás lejtő lába annál erősebben kigyózott. S minél tovább haladt előre a dűne, annál erősebbek lesznek rajta ezek a rendetlenségek.

A 13. ábrán ideálisan szabályos körülmények között mutatom be a dűne ilyen formáját. A dűne magasságait a 0, 1, 2, 3 számú izohypsák mutatják. Az idomon látható, hogy *A* és *B* közt benyergelés, *C* és *D* közt kimagasodó hát van. A *C*, *C*... háta *barkhán* típusuak, az *A*, *A*... benyergelések előtt a *B*, *B*... halmazok a *garmadák*. Ha a *C*, *C*... magaslatok hátsó lejtője már felvette a *barkhán*formát, a melyre törekedik, akkor nem változtatja többé alakját, csak előre halad. Az *A*, *A*... benyergelések azonban folyton erősebben és erősebben bevágódnak, a *B*, *B*... *garmadák* mindjobban és jobban előre nyúlnak s a mellett lealacsonyod-



13. ábra.

nak, utoljára teljesen keresztül töri őket a szél s megindul a *C*, *C*... *barkhánok* előre nyúló karjának képződése.

Bármilyen szabályos legyen is a dűne, ha azt túlnyomóan egyirányú szél hajtja, akkor feltétlenül szét kell szakadoznia *barkhánokká*, mert lehetetlen a természetben olyan szabályos körülményeket elképzelnünk, hogy a dűne szél felőli lejtőjének teljesen egyenes vonalú izohypsái legyenek, a mint pedig a dűne hátán bemélyedések és kidomborodások vannak, azonnal megindul a *garmada* képződés a mélyedéseken, a *barkhánalak* kifejlődése a magaslatokon s a dűne széthull *barkhánokká*.

A dűnét tehát nem tekinthetjük másnak, mint törvényszerűleg egyforma méretű halmok sorozatának, a melyek lánczolatossá váltak a homoktermelő hely vonalassá idomának köszönhetően. Ideiglenes, rövid életű alakok tehát, a melyek azonnal felbomlanak és pedig végeredményképen *barkhánokká*.

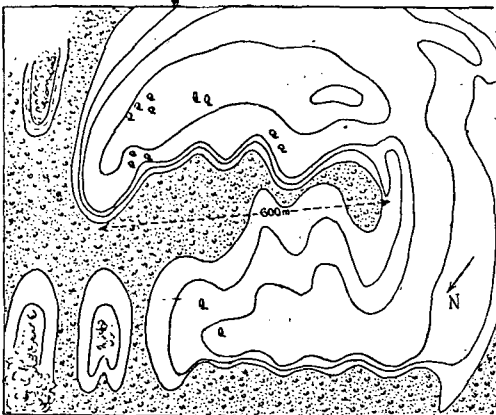
Akármilyen, gyorsan előremozgó dűnét tekintünk is meg, azt *barkhán* és *garmada* formákból összetéve látjuk. Azért kellett mondanom, hogy gyorsan előre mozgó dűne, mert ez magában foglalja azt a feltevést, hogy a munkaképes szél nagyon állandó irányú legyen, mert változatos szelek a dűne gyors előremozgását akadályozzák s ezzel zavaró körülményeket hoznak be, a melyekről a következő fejezetekben szó lesz.

Akármilyen európai dűnevidéket nézzünk is meg, azt fogjuk találni,

hogy szabályos dünék csak a legelsők, minél beljebb megyünk a szárazföld felé, annál inkább szétszakadoznak, felbomlanak. Csak az a baj, hogy Európában ezek a dünevidékek nem elég szélesek ahhoz, hogy rajtuk a teljes felbomlást tanulmányozhassuk, ez az oka, hogy igazán szépen fejlődött barkhánokat Európában oly kivételesen találunk s ez az oka, hogy ezeknek a dolgoknak a tanulmányozására legalkalmasabb terep Európában Magyarország, a hol, a mint talán majd szerencsém lesz más alkalommal elmondani, remek példáit látjuk a dünék teljes felbomlásának.

A sivatagok óriási mennyiségű homokjában az uralkodó alakok már most ezek a bomladozó dünék lesznek. (Feltéven, hogy egy irányú uralkodó szelük van). Mindig új és új dünék keletkeznek a régi nagyok hátán, csakhamar bomlásnak indulnak, egymást eltemetik, egymást növelik, vagy megszüntetik. Ha elhallgat a szél, a homok nedvessége lassan lehúzódik s ismét egyenletes réteget hagy szárazon, a mely réteg egyenletesen terül el halmon és mélyedésen keresztül. Új körülmények támadnak, új dünelánczok képződnek a kitörő széllel, ezek azonnal bomlásnak indulnak s ellepik a sivatag élettelen felszínét félig kiképződött barkhánokkal, gyorsan fejlődő garmadákkal. De mielőtt teljes lehetne a felbomlás, újra összedulja a szél, a mit alkotott. A tulságos homokmennyiség akadályozza a typosos barkhánok sűrű kifejlődését. Megtaláljuk azonban ezeket is, a mint találunk a deliblati pusztán is mindenféle stádiumban levőket.

Fényképen is igyekezem néhányat bemutatni. Az I. tábla 2. képén



14. ábra.

keletkező barkhánt látunk a düne két szétlapult garmadája között. A 3. kép szétszakadozó dünelánczokat és keletkező barkhánokat mutat. Az előtérbe levő barkhán tulsó (bal) karja már kezd előre nyúlni. Tökéletesen hasonló ehhez a deliblati pusztán két legnagyobb dünéjének alakja is, a melyeket à la vue rajzban a 14. ábrán mutatok be.

Az eddig vázolt három alakzat: a barkhán, a garmada is a düne a három főalak, a melyek közül azonban állandó csak a barkhán. Ez volt az oka, hogy ezt tárgyaltuk először, mint a futóhomok legfontosabb alakját.

Tekintsük meg már most a futóhomok alapalakjainak kifejlődését módosító körülményeket. Ezek között mint legfontosabbakat, a szél változó irányát és a megkötődést érdemes behatóbban tárgyalni.

V. FEJEZET.

A változó szél hatása.

Csak nagyon röviden tárgyalhatom azokat a változásokat, a melyek a szél megfordulása miatt következnek be az alapalakzatokon.

Ha a szél 90° -kal oldalra fordul, egészen összedulja az eddig létesített dolgokat. Mint új térszin szerepel ekkor a már kész alak-tömkeleg s valami különös dolgot nem jegyezhetek fel.

Ha szembe fordul a szél az előbbi irányával, akkor különösen egy érdekes dolog ötlük azonnal szembe. Ilyenkor ugyanis az összes alakzatok meredek lejtőjén kezdi a szél felszállítani a homokot, ezt a meredek, omladozó lejtőt lankássá kezdi faragni s a felhordott anyagból csinos koszorút épít az oromvonal helyébe. Ezt a koszorút, a mely a legszabályosabb dűneképződmény, az I. t. 1. képen láthatjuk, a kis szabályos barkhán háta mögött. Az előtér kis szabályos barkhánja ugyanis a nagy dűne tetején képződött, a mely nagy dűne vázlatos alaprajzát már a 14. ábrán láttuk. Az éjszakketle néző meredek lejtőn hajtja fel a homokot az éjszaki szél s készíti az 1. kép koszorúját.

Ehhez hasonló tüneményről GERHARDT is megemlékezik,* mint az éjszak-porosz tengerpart dűnéi között megjelenő gyakori jelenségről. Igen helyesen jegyzi meg a szerző, hogy ez a visszafordult koszorú éles gerincz a dűne tetején. Csakugyan, ennek a szél felőli lejtője sokkal meredekebb, mint a rendes dűnek szélnek kitett lejtője. Ez onnan származik, hogy a szél, a mely felépítette, nem vízszintes irányú, hanem a dűne meredek homloklejtőjén halad felfelé. Valóban, ez a dűne olyan, hogy a legmagasabb vonal csakugyan az oromvonalba esik. Igen csinos és ügyes rajzokban tünteti fel CORNISH a Nilus deltavidékéről ezeket a koszorukat** különösen alul idézett munkájának 6. ábrája nagyon érdekes. Barkhánokká szétszakadozó dűnét látunk itt, jól fel lehet ismerni a keletkezett barkhánformákat a táviró-oszlop felőli oldalon, de s barkhánok másik oldalát elpusztította az ellenkező irányú szél s hatalmas koszorút épített végig az egész szerkezeten. Ugyanilyen a 14. ábra.

Valószínű, hogy a 4. ábrán látható éles gerincz (Peak on a dune) hasonló eredetű, mivel semmiféle homokformán sem tapasztalható, hogy az oromvonal a legmagasabb legyen, kivéven ezt a visszafordult koszorút, a melyet, mint említettem, felfelé irányuló szél hoz létre. Tökéletesen

* Handbuch d. Deutschen Dünenbaues 136. lap, 79. ábra.

** V. CORNISH: Desert Sand-dunes bordering the Nile delta. Geogr. Journ. Vol. XV., 1900. p. 7. Fig. 6. p. 15. Fig. 14.

hasonlóak a Takla-makan homoksivatag homokhalmai is, a mint azokat HEDIN SVEN leírja.*

A megfordult szélnek van azonban sokkal fontosabb hatása is, a mi a koszorúképződéssel vele jár. Ez a tünemény pedig az, hogy a visszaforduló szél a dűne szétszakadozását gátolja. Sokkal hathatósabban pusztítja ugyanis a visszafordult szél a garmadát, mint a barkhánt, tekintettel annak alacsonyabb voltára. Látjuk ezt CORNISH idézett munkájának 6. ábráján is, a hol a koszorúnak garmadából készült része előre is nyulik, magasabb is, mint a barkhán forma tetején képződött koszorúrész. Az ismét rendes irányba forduló szélnek most első dolog lesz ezt a koszorút elpusztítani, s ismét előállítani a status quot. Ezután kezdhet csak bele a dűne további szétfűrészelgetésébe, a mikor ismét megtörténhetik, hogy a szél ellenkezőre fordul s a küzdelem megújul.

Ez az oka, hogy eddig egyetlen egyszer sem hivatkoztam a balti tenger német partjainak dünéire. Itt a két irányú szél hatása kétségtelen, a mit legjobban megvilágítanak GERHARDT következő szavai: **

«... A luv oldalon, azaz a dűnének szél felé fordított oldalán lankásan emelkedő lejtő képződik, a lee oldalon, vagyis a széltől elfordult oldalon meredek lejtő. Ellenkező irányú szelek fordított értelemben hatnak. Ellenhatásuk nem jelentéktelen, mert daczára csekélyebb erősségüknek, kedvezőbb támadó pontjaik vannak. Az erős, uralkodó irányú szelek a gyakori csapadékos hónapokban szoktak fujni; ezáltal hatásuk a homokmozgatásra korlátolt. Az ellenkező irányú szelek szárazabbak s ezért mérsékeltebb erősségük mellett is hathatósabbak.

.... Így az erős, uralkodó szelek befolyása a gyenge, ellenkező irányú szelek által részben sikerrel korlátozódik. A gyengébb szelek hatásával bekövetkezett mellékkörülmény nélkül a dűnek előre vándorlása még sokkal gyorsabban történék, mint a hogy tényleg van.»

Hasonló az állapot a landeokon is, noha közelebről sem olyan nagy mértékben. Ennek következtében a dűnek szabályosabbak voltak, a tengerparttól messze eltávoztak s barkhánokká bomladoztak szét. Ma azonban már nagyon meg vannak kötve.

Megjegyzem, hogy a dűnek és általában a homok mozgásának tanulmányozásakor nem csak arra kell figyelnünk, hogy melyik szél az uralkodó, hanem arra is, hogy melyik szél a legmunkaképesebb. Ha az uralkodó szél

* Id. munk. PETERMANN'S Ergänzungsband No. XXVIII. p. 243. Ezen és a következő oldalakon becses leírását találjuk a Takla-makan homok formáinak, a melyek fejtegetéseinket nagyban megerősítik s az észlelő gondos megfigyelését bizonyítják. Minden megjegyzését jelenleg nem sorolhatom fel fejtegetéseim megvilágítására, térszüke miatt. Ne vegye ezt a nagyérdemű szerző felületességnek. Talán még lesz alkalmam ezeket a fontos megjegyzéseket is kellőleg méltatnom.

** Handbuch des deutschen Dünenbaues 133 lap.

esővel, hóval jár, úgy annak munkaképessége tetemesen csekélyebb, mint az olyan gyakori szélé, a mely száraz és meleg. Már itt is felhívom a figyelmet arra, hogy a magyarországi homokok mozgására, nézve legelőnyösebbek a főhn-jellegű szelek, tehát azok, a melyek a magyar medence határhegységén átlépve, arról alászállva kapják utjukban a homokot. Ilyen a Nyírség éjszaki szele, a deliblati pusztá kossava szele.

Ha valamely vidéken az erős szelek gyakoriak, de a csapadék is bőséges, akkor a nedves homoknak szélmarta formái gyakran lesznek láthatók. Ilyenkor a rendes homokmozgásokat nagyon álcázzák a rendetlenségek. Sok csapadék erodáló hatását sem szabad figyelmen kívül hagynunk, a miről már különben RECLUS is tesz említést.

Különböző szelek hatása folytán complicált alakú homokhegyeket látott LÓCZY a Gobi déli peremén, Tung-hoan-hszién vidékén.*

VI. FEJEZET.

A kötött homok alakjai.

A homok többféle okból és többféle eszközzel kötődhetik meg. A megkötődés legtermészetesebb oka a klíma megváltozása, de ez rövid időn belül nem észlelhető. A dűnék és barkhánok azonban vándorolnak s vándorlásuk közben nedvesebb, szélsenedesebb helyekre érkehetnek, a hol azután felveri őket a gaz, a fű és a bozót s minden emberi beavatkozás nélkül megkötődnek. Majdnem kivétel nélkül minden futóhomok terület úgy végződik a szél irányában, hogy a szabad halmok lassanként átmennek kötött halmokba s csak ott, a gyepes, erdős, vagy kultivált vidéken simulnak el teljesen.

A megkötés oka az ember közbeavatkozása is lehet, a mely azonban lényegesen ugyanazokat a tüneményeket fogja előidézni, mintha a homok magától kötődött volna meg.

De más módon is kötődik meg homok. Így péld. a homok belsejében rendszeren képződnek concretiók, a melyek a homokhalom tovább mozgásában nem vesznek részt, hanem visszamaradnak. A deliblati pusztán úgy mint a nyírségi halmok között sokszor láttam, hogy a honnan a szél már sok homokot elvitt, ott a concretiók olyan sűrűn fedik a földet, hogy a szél hatása teljesen megszűnt.

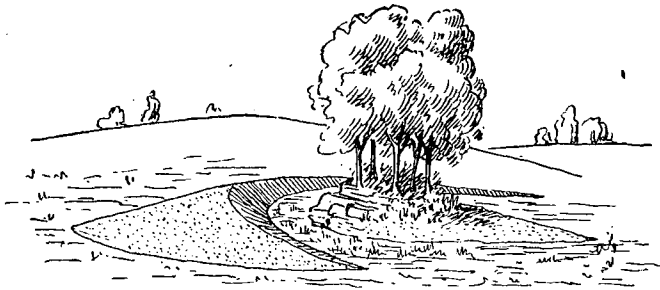
A hol a homok kezd megkötődni, ott érdekes jelenségeket találhatunk. A növények, bokrok körül érdekes felhalmozódások keletkeznek, a melyeket ismét a futóhomok fő alakjai közé sorozhatunk. Legtöbb szerző

* SZÉCHÉNYI expedíció tud. eredményei I. k. Geologiai rész. 476. lap.

a dűnék és barkhánok keletkezését akadályokon meggyülemlett homok-halmokból származtatja. Alig hiszem, hogy ez általános ok lehetne, mert akkor nem a dűne, hanem a barkhánforma uralkodnék mindenütt. Azonkívül a deliblati pusztá teljesen szabad, minden akadálytól mentes homokján láttam a dűnéket keletkezni és felbomlani. Az akadályok, különösen a gyér növényzet csak módosítja az előbb tárgyalt fő alakokat, de azoknak keletkezését nem szabad ezeknek az akadályoknak tulajdonítanunk.

SOKOLÓW igen szépen írja le a bokrok mögött keletkezett homok-felhalmozódásokat. Minden homokterületen látni ilyeneket, így a deliblati pusztán is. Ilyen képződményt látni az I. t. 4. képén a mely fücsomók mögött keletkezett hosszan elnyuló gerinczeket mutat. Érdekes, hogy a két fücsomó közt az árok mélyebb mint a külső térszin. Kétségtelen, hogy kifuvással van dolgunk.

Tömörebb, keményebb akadályok miatt másféle formák keletkeznek.

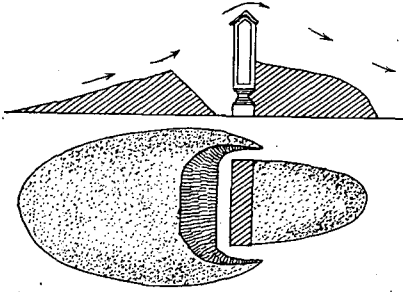


15. ábra.

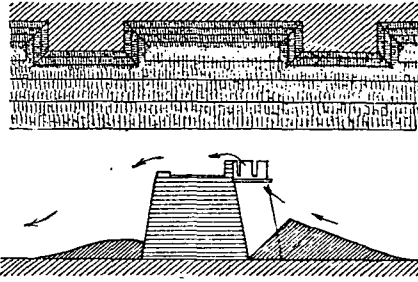
Így péld. a deliblati pusztán egy facsoport körül a 15. ábrán vázolt alakzat keletkezett. A legnagyobb akadály itt tulajdonképen a bokrok és fűk gyökereitől összetartott, nedves homokkupacz volt, a melyen kifuvás látható. Ezelőtt a kemény akadály előtt félhold alakú gát, mögötte pedig elnyuló nyelv keletkezett. Tökéletesen hasonló formákról emlékezik meg HEDIN SVEN (PETERMANN'S *Ergänzungsband* XXVIII. p. 34. *Zeitschr. der Ges. für Erdkunde*, Berlin B. XXXI. 1896. p. 295.) a tamariscus bokrok kupaczai körül.

Hasonló képződményt láttam Khinában az éjszak-csillii hegység egyik kitöltött medenczéjében. Itt a futóhomok meglehetősen nagy mennyiségű s az egyik templom kapuellenzője előtt a 16. ábrán látható képződmény támadt. (Huai-lai-hszién vidékén). A homokos területen fekvő khinai városok falai előtt is tökéletesen hasonló képződmények támadnak. LÓCZY is említést tesz erről, sőt rajzolja is, de magam is láttam. Így Pekingnek azt a falát, a melyik a tatárvárost a khinai várostól elválasztja, szintén homoktöltések

kísérik, de ezeket nagyon összetiporják. Sokkal szebbek Csönn-ting-fu falainak homokhalmjai. Ez a város az alföld homokos szegélyén fekszik s éjszakai falai előtt a 17. ábrán vázolt torlasz keletkezett. Érdekes, hogy a kiugró rizalitok előtt épen annyival alacsonyabb a homokgát, mint a mennyi kívántatik, hogy épen egy közös sík határolja az egész töltést.



16. ábra.

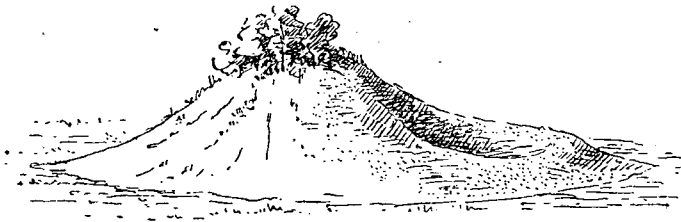


17. ábra.

Hasonló alakzatok támadnak a hóból is akadályok körül, s ezt azt hiszem mindenki látta már.

Számtalan változat, a legkülönbélebb alakok képződhetnek így akadályok körül s nagyon megérdemelnék ezek a tanulmányozást, nemcsak morphologiaiailag, hanem képződés és fejlődés szempontjából is. Jelenleg azonban erre részletesebben nem terjeszkedhettem ki.

A kötött homok sajátos alakjáról beszél SVEN HEDIN is a Takla-



18. ábra.

makán sivatagból. A tamariscusok magányos kúpok alakjában fogják fel a homokot s mondhatni, hogy minden tamariscus bokor egy-egy magányos homokkúp tetején áll.

Ha a barkhán kötődik meg, úgy az a félig megkötött állapotában, a míg a homoknak még van némi szabad mozgása, egészen elveszti szabályos alakját. Az Izsák vidéki Bikatorok buczkái között láttam egyet, a melynek tetején facsoport volt (18. ábra.) Emiatt a homokhalom magasra feltornyosult, karjai elől teljesen összezáródtak s egy mély lyukat öleltek körül. A barkhán ugyanis mozgásában megakadt, a homokot a facsoport fel-

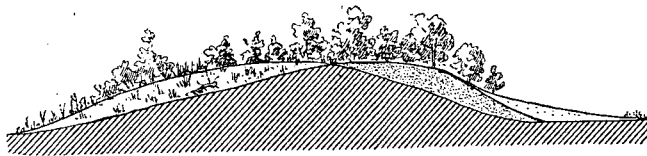
tartóztatta s emiatt a halom szokatlan magasságúvá lett. Mozdulatlansága miatt záródtak be karjai, a mit könnyű megérteni, mert hisz tudjuk, hogy a barkhántól szétválasztott szél a barkhán mögött ismét egyesül. Ennek a buczkának az alakja azonnal ismét a rendes barkhánná változnék, ha a facsoportot a tetejéről eltávolítanók.

Sokkal nagyobb fontosságú és egészen más tünemény az, a mi a teljesen kötött buczkaterületek alakulatait szabályozza. Ez a rendkívül fontos tünemény az *árkos kifuvás*, vagy a *szélbarázdák* keletkezése.

Akármiféle homokhalmot támadjon is meg a szél valamely helyen, a megtámadott helytől kezdve a halmon végig barázdát vág s mindaddig nem szünetel, a míg a halmot teljességgel keresztül nem fűrészelte. Az árok rendszeren addig mélyed, a míg az összegyűlt concretiók, vagy a mélyedés miatt összegyűlő nedvesség folytán bujábban tenyésző növényzet a homokot teljesen meg nem köti.

A ketté vágott halom két fele aztán sokáig megkötve állhat, mígnem a szél ismét ki nem kezdi valamelyiknek, természetesen a szél felé fordított végét. A mint a végéről a védő takarót eltávolította, azonnal megkezdí a sebzett helyen a homok kifuvását. Kifujja a száradó szemecskéket a fák gyökerei közül, a fa elvész, elszárad, majd bele ömlik a szél vájta mélyedésbe. Ez az első győzelem. A kifuvás tovább folyik, a többi fa is áldozatul esik, a kifutt homokkal pedig az előzőket betemeti szép garmadát építve a halom szélárnyékában fekvő lejtőjén.

A deliblati pusztá jól megkötött éjszaknyugati felén teméntelen példát látunk erre a fontos és eddig nem méltatott tüneményre. A 19. ábra



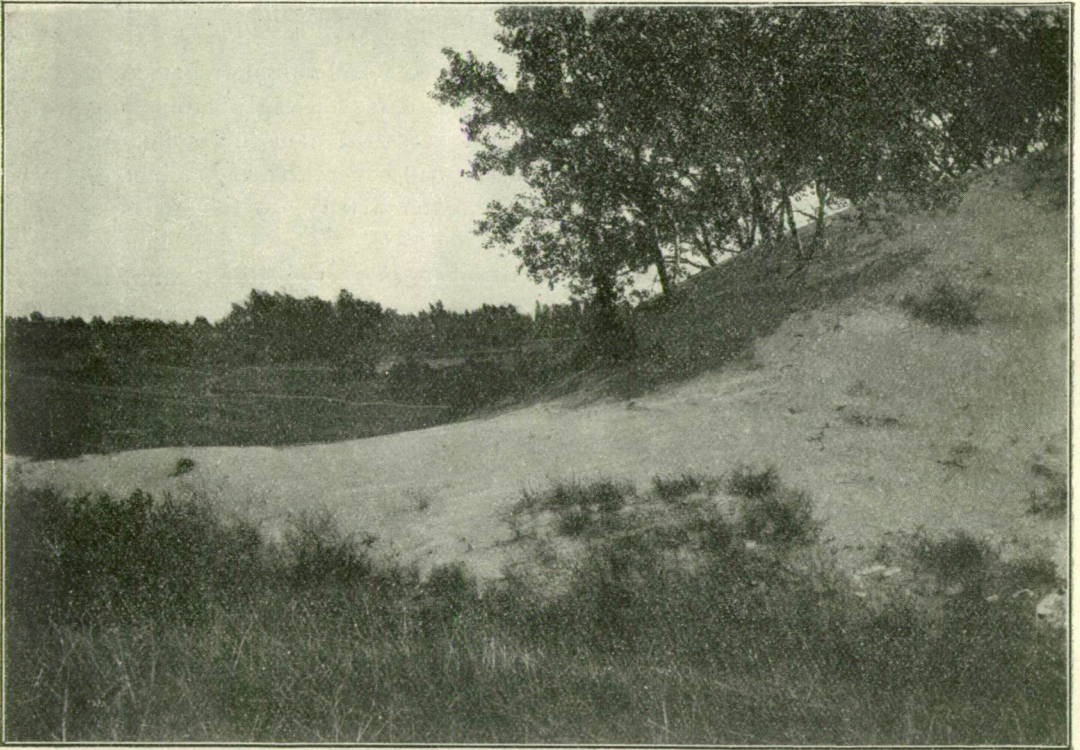
19. ábra.

ennek a tüneménynek magyarázatára szolgál. A II. tábla 1. képe a deliblati pusztá Flamunda nevezetű legvadabb részen levő egyik ilyen kifuvást mutatja és pedig annak szélbarázdáját, míg a 20. ábra ugyanannak garmadáját tünteti fel. A garmadának előre nyúló sarló-karja is kezd támadni. A szélbarázdá kissé megkötődött a fenekén nőtt növényzet s az összehalmozódott konkrecziók s a mésszel összecementeződött homokkő cserepek (Ortstein cserepek) miatt, a melyek valószínűleg első sorban kötötték meg

a kifutt barázdát s aztán védelmük alatt fejlődhetett az a gyér növényzet, a melyet képünkön is látunk.

A garmadának nincsen éles oromvonala, valószínűleg az általa félig eltemetett fák miatt. A 19. ábrán, annak háttérében egy másik ilyen szélbarázda részletét is láthatjuk.

Még sokkal szebb a II. tábla 2. képen látható rendkívül hosszú szélbarázda, a melyet BELULESZKO SÁNDOR úr, deliblati utitársam volt szives kérelmemre lefotografálni. Ennek a végén is láthatjuk a garmadát. Hasonló a II. t. 3. képe ugyan csak BELULESZKO úr fényképe után.



20. ábra.

Véletlen okok is lehetnek, a melyek a régen megkötött buczkákat megbolygatják. Így pl. a károlyfalvi kút környékén, a deliblati pusztán láttam egy ilyen kifuvást, a melyet a kociút okozott. A kociút ugyanis feltörte a gyeptakarót s ezzel megindult a barázda 21. ábra s ma már az egész halmot végig metszette, csak épen az a része maradt meg sértetlenül, a mely az út tulsó oldalán volt, tehát a melyen alul keletkezett a veszedelem.

Ennek a halomnak már a garmadája sem ép, hanem azt is elvágta a

szél, csak két hosszú nyulványt hagyott meg belőle az árok végén, annak mindkét partjához simulva. A rajzon látható rétegzések keményebb humuszos rétegek, a melyek a buczka hajdani felszínait jelzik.

Oly gyakori ez a jelenség a deliblati pusztán, hogy lehetetlen észre nem vennünk, hogy annak egész szerkezete ezen a tüneményen alapul. Teljesen begyepesedve ugyan, de fel lehet ismerni a hajdani szélbarázdákat garmadájukkal együtt azokon a helyeken is, a hol ma már bátran legelészhet a marha, mert a homok teljesen meg van kötve. A puszta éjszakai végén egymást érik azok a hosszán elnyuló, lefolyástalan árkok, a melyeknek figyelmes szemlélése azonnal elárulja eredetüket. II. t. 4. kép.



21. ábra.

Hasonló tüneményeket a Nyírségen is bőven találtam. Így péld. a Hajdu-Sámson mellett, a Budaházi puszta közelében a homok oktalan megbolygatása óriási szélbarázdát okozott, a mely ketté fogja szelni a Sámson keleti oldalán emelkedő halmokat, hacsak előbb meg nem kötik őket.

Kétségtelen, hogy a pestmegyei homokos területeken feltűnő merev NNW—SSE irányok is ezzel a tüneménynyel állnak összefüggésben. A deliblati puszta sajátosságos alakulását kétségtelenül ez okozta, a Nyírségen hasonlóképen nagyon valószínű, hogy ennek köszönhetjük az éjszak-déli irányban elnyuló hosszú gátakat.

Óriási fontossága van tehát ennek a tüneménynek a homokterületek domborzatára nézve s megismerése megfejt olyan tüneményeket, a melyek különben érthetetlenek volnának.

A míg ez a barázdáló folyamat nem haladt nagyon előre, addig a térszín magas meredek gerinczekből, mély, rejtelmes, szakadékos oldalú völgyekből áll, a melyekből olyan meglepően hiányzik a kis patak, a mely rendes körülmények közt készíteni szokta az ilyen hosszú, elnyuló völgyeket. Ilyen a deliblati puszta éjszaknyugati része.

Ha a barázdálás már messze előre haladt, akkor a völgyek szélesre kitérülnek, a gerinczek ritkán tarkázzák a térszint, alacsonyak s oly keskenyek, hogy mesterséges sánczoknak lehetne őket tartani. Ilyen a deliblati puszta délkeleti része s ilyen a Nyírség legnagyobb része.

Utoljára a gerinczek is elpusztulnak, mert azokat is lassanként lehordja a szél, kikezdve majd ezt, majd amaszt, szél felé fordult végén. Addig azonban nem nyugszik a szél munkája, mígnem sikerült a homokos térszint egész a talajvizig leáskálni, a mikor a homok végleg megkötő-

dik. Így péld. a deliblati puszta déli sarkán már a talajviz egészen közel van, a mélyedéseket állandó tavak töltik meg.

Összegezés.

A teljesen szabadon futó homokon a következő három alapalakot ismertük fel (a fodrozat kivételével):

1. A barkhánt, a mely végeredménye minden teljesen szabad homokfelületen keletkezett alakzatnak.

2. A garmadát, a mely árkos kifuvódással jár együtt s a mely a félig kötött homokvidéknek igen jellemző alakulása.

3. A dűnét, a mely nem állandó alaknak bizonyult, hanem csak az első felhalmozódásnak, a mely fejlődése folyamán garmadákká és barkhánokká alakul, míg végre teljesen szétdarabolódik.

Ezekon kívül a kötődés folytán előállanak még:

1. az akadályok körül való halmazok;
2. a kifuvott nedves homok finoman rétegzett formái;
3. a szélbarázdák és azok garmadái, a melyek a kötött homokterületek domborzatát alakítják át a szél irányában hosszan elnyúló gerincekké.

A szabad futóhomok-területek tehát ilyenféle alakulásokat mutatnak:

1. A hol születik a homok, ott dűnétet látunk, egymással többé-kevésbé párhuzamos sorokban.

2. Ezek a dűnék tovább haladásuk közben barkhánokká bomlanak szét s mint ilyenek huzódnak tovább, vagy addig a meddig keletkezésük óta egyáltalában eljuthattak (pl. Dolon-nor mellett, vagy a Hoang-ho alluviális lapályán), s akkor a legszabályosabb alakokat a legelőbbre haladtak között találunk. Ilyen a Duna-Tisza közének magas buczkavidéke, a mely csak ma van új átalakulás stádiumában. Vagy pedig

3. a barkhánok eljuthatnak olyan helyre, a hol megkötődnek s akkor a szélbarázdák munkálják ki hosszú gerincekké. Ilyen a deliblati puszta.

4. Ha az egész futóhomokterületen egyidőben megváltozik a klíma úgy, hogy az egész megkötődik, akkor az egész térszín átalakul hosszan elnyúló gerincekké, a melyek a legmunkaképesebb szél irányában fekszenek. Ilyen a Nyírség.

Talán lesz alkalmam ezeket a homokterületeket részletesen leírni s akkor jobban meg fogom világítani az itt röviden jelzett tünetényeket.

A fodrozaton kívül még csak a «fulds» nevezetű mélyedés marad meg, a mely szintén a szabad homokon képződik s valószínűleg az árkos bemélyedéssel és a garmadával áll összefüggésben, de tapasztalataim még nem elégségesek ahhoz, hogy a tüneténynek megmagyarázására:

