

## A mészkőfelszín pusztulása

DR. KÉZ ANDOR

A morfológia egyik nagy problémája a kőzet és azon át a felszín pusztulásmenetének, gyorsaságának pontos, mérhető számonvétele. Az utóbbi évtizedben ez a kérdés nagyon foglalkoztatta a külföldi morfológusokat, különösen az angol és francia nyelv területen. A felszín általános lepusztulásáról közönséges emberi mértékkel nagyon bajos számot adni, mert a felszín pusztulása évente a 0,2 mm-t az eddigi tapasztalatok szerint alig haladja meg. A felszín eróziója helyről-helyre nagyon tekintélyes mértékben változik, szűk csatornáknban jobban felerősödik, gyenge lejtésű, terjedelmes területeken legyengül. Rendszeres megfigyeléseket és méréseket „normális” kőzeteken eddig nem is hajtottak végre.

Más a helyzet a mészkő esetében, mert a karsztos vízfolyások mésztartalmát analízissel pontosan meg lehet határozni, és ki lehet számítani, hogy egy-egy vízfolyás mészköves vízgyűjtő területéről évente  $\text{km}^2$ -enkint hány  $\text{m}^3$  mész került elszállításra.

Jean Corbel, aki az utóbbi évtizedben sokat kutatott és írt ebben a témakörben, az *Annales de Géographie* 1959. évi március–áprilisi számában „*Erosion en terrain calcaire*” címen érdekes összefoglaló cikket közölt a mészkőfelszíneknek különböző éghajlati területeken végbemenő lepusztulásmértékéről és menetéről. A beszámolóban minden adat a mm ezredrészében van megadva, ami pontosan megfelel a  $\text{m}^3/\text{év}/\text{km}^2$  értéknek. Eleve meg lehet jegyezni, hogy a mészkőpusztulás legerősebb a hűvös, hideg éghajlatú területeken, mert a lepusztulás elsősorban a víz széndioxidtartalmától függ, az pedig hideg vízben sokkal nagyobb, mint melegben.

### *Az állandóan fagyott talaj területe*

Nagyon hideg éghajlaton az állandóan fagyott talaj általában száraz. A mészkő oldódása a magas  $\text{CO}_2$  tartalom miatt erős. Ezen a területen a kőzet pusztulása három övezetben megy végbe: az állandóan fagyott talaj feletti normális vízfolyás övezetében, jég formájában az állandóan fagyott talaj belsejében és a mélységben való lefolyással az állandóan fagyott talaj alatti szintben. A mész szilárd (lebegve, görgetve), vagy oldott állapotban kerülhet elszállításra. Arktikus területeken a mész szilárd állapotban gyakorlati értelemben alig kerül szállításra, viszont annál nagyobb mértékű az oldott állapotban való szállítás. Svalbardon az állandóan fagyott talaj alatt a víz szálban álló tömör mészkövön folyik, és ott a víz szénsavtartalma általában 200 mg/l. Viszont, ha a víz mészkőtörmeléken folyik át, a szénsavtartalom elérheti az 500 mg/l-t is, középértéke 350 mg/l. A fagyott talaj felszínén lefolyó víz átlagos szénsavtartalma 150 mg/l. A mészkő pusztulása így:

|                    |                                                                 |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------|
| a mélységben ..... | 14 $\text{m}^3/\text{év}/\text{km}^2$ ,                         |
| a felszínen .....  | 30 $\text{m}^3/\text{év}/\text{km}^2$ ,                         |
| összesen .....     | 44 $\text{m}^3/\text{év}/\text{km}^2$ -enkint, ill. mm/ezrelék. |

A Mackenzie É-i vidékén, valamint Észak-Alaszkában az állandóan fagyott talaj közelében a svalbardihoz hasonló a helyzet, de a fagyott talaj alatti terület kavicsos, és ezért ott a mészkő oldódása sokkal erősebb. A Mackenzie közelében fúrt két kútban a víz 500, ill. 1000 mg/l szénsavat tartalmazott. Észak-Alaszkában Kotzebue közelében két kútban 1890, ill. 9370 mg/l mésztartalmú vizet emeltek ki. Az utóbbi valószínűleg

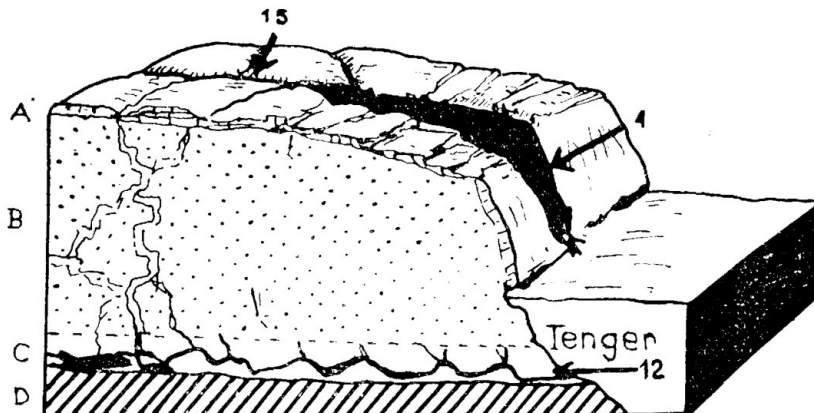
ebben a viszonylatban világrekord. Úgy látszik, hogy ebben a mélységben a szénsav-tartalom középértékben jóval meghaladja a 2000 mg/l-t. A mészkő pusztulása tehát :

*Észak-Alaszkában :*

|                    |                                                            |
|--------------------|------------------------------------------------------------|
| a mélységben ..... | 16,2 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                  |
| a felszínen .....  | 7,8 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                   |
| összesen .....     | 24,0 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> , ill. mm/ezrelék. |

*Észak-Kanadában (Nagy Medve-tó):*

|                    |                                                            |
|--------------------|------------------------------------------------------------|
| a mélységben ..... | 6,3 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                   |
| a felszínen .....  | 7,2 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                   |
| összesen .....     | 14,0 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> , ill. mm/ezrelék. |



1. ábra. A tömbszelvény a Svalbardon és Victoria-földön (Kanada) tapasztalható jellegzetes állapotot szemlélteti. Az éghajlat száraz, a talaj mélyen állandóan fagyott. A felszínen a lejtőket a fagy és nyáron gyengén az olvadákvíz támadja. A felszínt a mészkőtábla szerkezete révén az alacsony lépcsők, a karrosodás és a talajfolyás okozta egyenetlenség jellemzi. A kifagyásra nagyon hajlamos mészkőben a ritka időszakos vízfolyások nagyon gyorsan mély és szűk szurdokvölgyeket vájnak ki. Nagyon szigorú éghajlaton a szurdokvölgyeket kötőmedégleccserek töltik ki. A nyáron kb. 50 cm-re felengedő felső talajsztímben a víz mozgása a kifagyott közettörmelék között gyenge. Az állandóan fagyott talaj testében a jég helyenkint saját súlya alatt, a korábban keletkezett karsztos résekben mozog. Az állandóan fagyott talaj alsó határsztíntje alatt a vízmozgás már erősebb. A = a nyáron felengedő réteg, B = az állandóan fagyott talaj, C = az állandóan fagyott talaj alatti mészkőréteg, D = vizet át nem eresztő réteg. A számok a különböző helyeken fellépő erózió nagyságát jelölik m<sup>3</sup>/év/km<sup>2</sup> értékben

#### A tjäle övezet

A tjälén (tjále : ahol az altalaj fagyottsága 12 hónapnál kevesebb, de 7 hónapnál több ; kiterjedése területben és időben változó) a mélységben a víz mozgása tekintélyes. A csapadék sokkal több, mint a nagyon hideg területeken, különösen a hóval borított hegységekben lehet igen tekintélyes. A chilei fjordok környékén az alacsonyabb szinteken még évi 11 000 mm csapadékot is észleltek. Dél-Alaszkában is meghaladja a csapadék a 8000 mm-t. Ilyen területről különösen Közép-Alaszka vidékéről állanak rendelkezésre jó vizsgálati adatok. Így pl. a Tanana-folyóban október 1 és március 31 között a víz mésztartalma középértékben 136 mg/l volt, a szélső érték pedig 130, ill. 143. Ugyanezekben a hónapokban Palmerben a középérték 130, a szélsőséges 129 és 139 mg/l volt. Az értékek napi ingadozása nagyon gyenge, viszont az évszakos tekintélyesebb. A Tananában a mésztartalom középértéke május—szeptember között 105, a szélsőséges érték 87, ill. 120 mg/l volt. Az ingadozás tehát gyenge. A hideg víz nagyon támadóképes, így a mészkő oldódása szélsőségesen erős, de tekintélyes a mechanikus lepusztulás is.

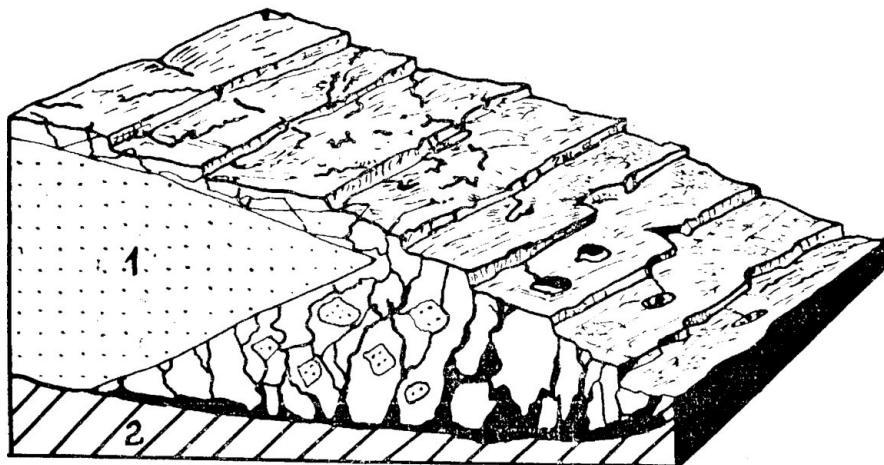
Az erősen behavazott hegységekben az oldás a mélyebb szintekben is nagyon erős, sok a nagy barlang (Lappföld). A mészkőtörmelék oldódása olyan erős, hogy a kavicsok egészen ellaposodnak, a téli fagy teljesen szétmorzsolja őket.

*Délkelet-Alaszka (Gold Creek):*

|                             |                                                           |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------|
| oldás a mélységben.....     | 700 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                  |
| oldás a felszínen.....      | 70 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                   |
| mechanikus lepusztulás..... | 100 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                  |
| összesen.....               | 870 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> , ill. mm/ezrelék. |

*Svartisen (Észak-Norvégia):*

|                             |                                                           |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------|
| oldás a mélységben.....     | 240 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                  |
| oldás a felszínen.....      | 160 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                  |
| mechanikus lepusztulás..... | 100 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                  |
| összesen.....               | 500 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> , ill. mm/ezrelék. |



2. ábra. Karsztosodás a hideg és nedves éghajlat övezetében. — A tömbszelvény a Trömsö vagy Dachstein (Ausztria) környéki viszonyokat szemlélteti. Az állandóan fagyott talaj tömege mindinkább elkeskenyedik. A felszínen nyáron felengedő réteg vastagsága mindinkább növekszik. Kisebb, állandóan fagyott részletek szigetszerűen helyezkednek el. A felszín tagolódása nagyjában az állandóan fagyott talaj területén tapasztaltakhoz hasonlít, de a karsztosodás és a felszínhez közelebb fekvő részekben a víz mozgása sokkal erősebb, a mélyebb szintekre a vízleszivárgás, majd a búvópatakok szerepe és jelentősége fokozódik. Az állandóan fagyott talaj teljes eltűnése után nagy dolinák keletkeznek. A víz nagy szénasvartartalma miatt nagyon támadóképes. A mészkicsapódás, cseppkőképződés nagyon gyenge. 1 = állandóan fagyott talaj, 2 = vizet át nem eresztő réteg

Az Alpokban a mélységben való oldás az összes oldás 50—80%-a. A lepusztulás a lefolyó víz magasságával csökken. A következő példák esetében a nedvesség a délkelet-alaszkeinál kisebb.

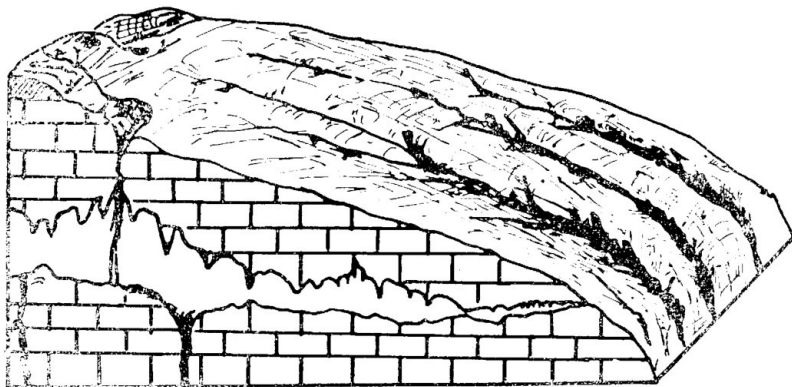
|                                             |                                        |
|---------------------------------------------|----------------------------------------|
| Capilano (Brit-Columbia) .....              | 420 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> |
| Észak-Vercors (Franciaország) .....         | 240 „ „                                |
| Silbern (Svájc) .....                       | 112 „ „                                |
| Saint-Casimir (Québec) .....                | 170 „ „                                |
| Sainte-Thérèse de Blainville (Québec) ..... | 120 „ „                                |
| Lismore (Ben Nevis környéke)!.....          | 150 „ „                                |
| Tanana (Közép-Alaszka) .....                | 40 „ „                                 |
| Palmer (Alaszka) .....                      | 32 „ „                                 |
| Svédország (Lappföld) .....                 | 40 „ „                                 |
| Észak-Finnország .....                      | 30 „ „                                 |

A mechanikus lepusztulás a Capilánón, Vercorson és Silberén 100%-os, Québecben, Lismoren és Tanánán 10%, Palmeren 5% és Lappföldön 1%.

Az erózió hatására nagyarányú a barlangképződés, és a barlangokban a víz annyira támadóképes, hogy mészkőlerakódás sehol sem képződhet. A felszínen hatalmas a karrosodás, széles dolinák képződnek, erős a felszín lépcsőződése, ami gyakran a korábbi zordabb éghajlat öröksége.

### *Mérsékelt tengeri éghajlat*

Állandóan fagyott talaj nincs, a hó és fagy időszakos, a hűvös nyáron az elpárolgás korlátozott, az eső keskeny sávon szélsőségesen bőséges, de a belső síkságok felé gyorsan csökken. Példának az írországi Shannonra gondolhatunk. A nagy magasvizek kivételesek, a mechanikus lepusztulás korlátozott.



3. ábra. Karsztosodás a mérsékelt és nedves éghajlatú területeken. — A tömbszelvény a Nyugat-Ir-országban, az Észak-Pennine-hegységben (Anglia), a Sambre és Meuse közötti állapotot szemlélteti. A felszínen a nagyon hevesen lefutó vizek egyrészt lecsendesednek, normális folyásúvá válnak, másrészt a korábbi, havasabb időszakban beállott karrosodást fenntartják. A barlangokban a mészkőcsapódás gyengén erősödik, különösen a sztalagtitok növekszenek. A földalatti vizek általában kicsik, szűkek (kivéve, ha nem a megelőző időszak maradványai). A felszínen a meredekebb lejtőkön elkülönülő szikla-csoportok képződnek

#### *Északkelet-Sligo (Írország):*

|                              |                                                          |
|------------------------------|----------------------------------------------------------|
| oldás a mélységben.....      | 16 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                  |
| oldás a felszínen .....      | 24 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                  |
| mechanikus lepusztulás ..... | 4 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                   |
| összesen .....               | 44 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> , ill. mm/ezrelék. |

#### *Cuilgagh (Írország):*

|                              |                                                          |
|------------------------------|----------------------------------------------------------|
| oldás a mélységben.....      | 20 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                  |
| oldás a felszínen .....      | 30 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                  |
| mechanikus lepusztulás ..... | 4 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                   |
| összesen .....               | 54 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> , ill. mm/ezrelék. |

#### *Virion (Belgium):*

|                              |                                                          |
|------------------------------|----------------------------------------------------------|
| oldás a mélységben.....      | 15 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                  |
| oldás a felszínen .....      | 35 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                  |
| mechanikus lepusztulás ..... | 3 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                   |
| összesen .....               | 53 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> , ill. mm/ezrelék. |

### *Száraz, nyáron meleg éghajlat*

Közepes szélességeken, kontinentális területeken és a földközi-tengeri övezetben jellegzetes. Az éghajlatot a nagy szárazság és a szélsőséges hőmérséklet-ingadozás jellemzi. A mészkőpusztulás a gyér vízfolyás miatt viszonylagosan gyenge. A lepusztulás

helyenkint ott a legerősebb, ahol a hűvösebb éghajlat miatt a havazás előfordulhat, vagy a domborzati viszonyok miatt a csapadék bőségebb. Ilyen a helyzet a kanadai Sziklás-hegység K-i lejtőjén, a jugoszláv Karszton. Ha a víz felhasználja a hidegebb időszakokban (az eljegesedések folyamán) kialakult barlangjáratokat (Karszt), a mélységben az oldás kisebb, viszont ha ez az eset nem következik be (kanadai Sziklás-hegység), az oldás tekintélyesebb.

|                                         |                                         |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| Timavo (Karszt) .....                   | 64 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> , |
| Maligne (kanadai Sziklás-hegység) ..... | 40 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> , |
| Bow (kanadai Sziklás-hegység) .....     | 37 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> , |
| Calanque masszívum .....                | 10 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> , |
| A Chélif Orléansville-nél .....         | 4 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> .  |

A mechanikai lepusztulás a nagyobb magasvizekkel jellemzett hegyi folyók esetében erős. A Karszton vagy a kanadai Sziklás-hegységben eléri a 20 m<sup>3</sup>/év/km<sup>2</sup>-enkinti értéket is. Viszont a Canque vagy a Chélif vízgyűjtőterületén nem haladja meg az 1 m<sup>3</sup>/év/km<sup>2</sup>-enkinti értéket sem.

### Száraz trópusi éghajlat

Fő jellemzője a forróság. A meleg vízfolyások gyenge oldóképességűek. Az elpárolgás is nagy és a vízfolyások gyengék. A Neucas mentén a mészkő oldása csak 1 m<sup>3</sup>/év/km<sup>2</sup>. A Neucas még eléri a tengert, a Szahara vádijai azonban a sivatagban vesznek el, és az oldott mészkőanyag nem hagyja el a szaharai medencéket. A párolgás miatt a szénsavtartalom tekintélyes, a helyi oldódás mérhető, megközelíti az 1 m<sup>3</sup>/év/km<sup>2</sup> értéket, és nem lehet csodálkozni, hogy 1–2 millió év folyamán 2 m vastagságú mészkőréteg is lepusztulhatott. Ebben a gyenge eróziójú és száraz övezetben a mészkőfelszín régmúlt idők eróziós és szerkezeti formáit őrzi.

#### A mészkőpusztulás összértéke :

|                                      |                                          |
|--------------------------------------|------------------------------------------|
| Los Alamos vidékén (Új Mexikó) ..... | 0,4 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> , |
| A Colorado Nagy kanyonjában .....    | 6,6 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> , |
| Rio Grande San Acacia-nál .....      | 1,5 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> . |

### Nedves trópusi éghajlat

A szerző minden olyan vidéket nedvesnek tekint, ahol az évi csapadék középértéke eléri, ill. meghaladja az 1000 mm-t.

*Dél-Floridában* a január középhőmérséklete ritkán süllyed 16 °C alá, nyara viszont állandóan 27 °C-nál melegebb, de gyakoriak a 30 °C-os középhőmérsékletek is. Nyáron a felszíni vizek hőmérséklete több hónapon át 30 °C-nál melegebb. Az évi csapadék mennyisége 1300 mm, de a párolgás rendkívül nagy. Mélyebb szintekben a víz mésztartalma nagy. Homesteadben 10 év folyamán 189–210 mg/l között ingadozott, Tamiami-ban 268–186 mg/l, középértékben 200 mg/l volt. A mészkő oldódása a mélyebb szintekben, különösen az összetöredezett mészkőtömegekben, ahol a víz mozgása a résekben igen lassú, nagyon tekintélyes, ezzel szemben a tömör mészkőben gyengébb. A mechanikus lepusztulást nem lehet 0,5 m<sup>3</sup>/év/km<sup>2</sup>-nél nagyobbra becsülni. A lepusztulás mértéke tehát

|                              |                                                           |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| a mélységben .....           | 2 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                    |
| a felszínen .....            | 3 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                    |
| mechanikus lepusztulás ..... | 0,5 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                  |
| összesen .....               | 5,5 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> , ill. mm/ezrelék. |

Yucatan-félsziget nagyon jó példa az erdővel borított trópusi karsztra. Egyetlen hónap középhőmérséklete sem süllyed 18 °C alá. Champoton környékén, a mészköves terület központjában, az évi középhőmérséklet 26,7 °C, de a maximum meghaladja a 47 °C-ot. Míg Dél-Floridában még ritkán fagy is előfordulhat, Yucatanban a fagy teljesen ismeretlen. Az abszolút minimum legfeljebb 4 °C. Az évi csapadék mennyisége mindenütt meghaladja az 1000 mm-t, a félsziget nagyobb részén az 1500 mm-t. Csak Brit-Honduras keskeny határövezetén és a Guatemalával szomszédos hegységben emelkedik 3000 mm fölé. Yucatanban így a mészkőpusztulás szempontjából három övezetet lehet megkülönböztetni :

*Északi övezet (Mérida):*

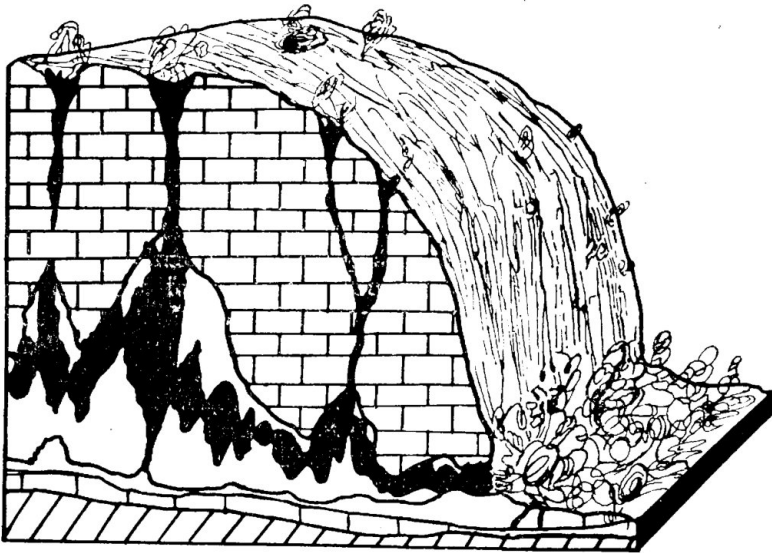
|                                               |                                                          |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| a mélységben .....                            | 2 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                   |
| a felszínen és annak közvetlen közelében..... | 10 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                  |
| összesen .....                                | 12 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> , ill. mm/ezrelék. |

*Középső övezet (Rio Champton):*

|                    |                                                          |
|--------------------|----------------------------------------------------------|
| a mélységben ..... | 2 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                   |
| a felszínen.....   | 14 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                  |
| összesen .....     | 16 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> , ill. mm/ezrelék. |

*Magasabb D-i terület (Rio Usumacinta):*

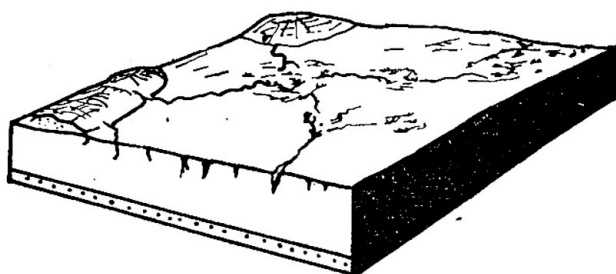
|                        |                                                          |
|------------------------|----------------------------------------------------------|
| a mélységben (?) ..... | 10 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                  |
| a felszínen (?) .....  | 20 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                  |
| összesen .....         | 30 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> , ill. mm/ezrelék. |



4. ábra. Karsztosodás a meleg és nedves éghajlat területén. — A tömbszelvény Kuba, Közép-Amerika és Tonkin karsztjait szemlélteti. A hosszú ideig tartó és lassú fejlődés folyamán az eróziótól kidolgozott lejtők nagyon meredek és gyakran mély árkokkal szabdalnak. A barlangokban a hatalmas méretű mészlerakódások elszűkítik és tekintélyes mértékben megnehezítik a földalatti vízhálózat kifejlődését. Nagyon gyakoriak a hatalmas sztalagmitok. A mészlerakódást helyenkint aragonit váltja fel

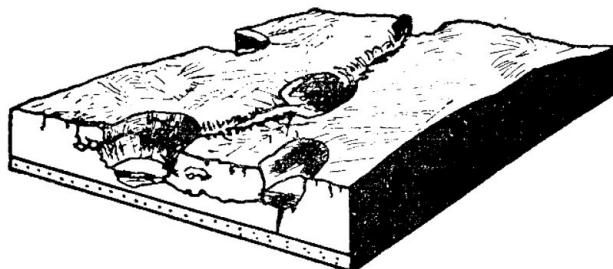
A hegységben azonban figyelembe kell venni a szilárd állapotban szállított törmelék is. A Rio Usumacinta középértékben lebegve 136/mg/l szilárd hordalékot szállít, amelynek fele olyan mésziszapból áll, amilyen hideg vízi folyókban nem fordul elő. A szállított szilárd anyag vastagsága 1000 év folyamán 15 mm. A Felső-Usumacinta mentén tehát a lepusztulás mértéke 45. A hatalmas hegyvidéki karsztterületek minden éghajlati övezetben krétakori mészkővön alakultak ki. Ezeken a területeken a lepusztulás kivételesen előnyös feltételek között megy és ment végbe, mert a lejtősodás nagy és a 2000 mm-t meghaladó csapadék hosszú geológiai időközön keresztül jellegzetes volt. A karszt pusztulásában, de különösen a trópusi karszt fejlődésében a nagyon hosszú, geológiai időkre kiterjedő eróziós folyamat meghatározó szerepet játszik. Erre a menetre a Mexikói-öblöt övező karsztos területeken nagyon jó példákat lehet látni.

*Dél-Floridában és Yucatanban* a negyedkor elején felhalmozódott mészkő kb. 500 000 éven át lepusztulásnak volt kitéve. A vízfolyások még nem karsztosodott mészkő-felszínen folynak végig, csak mélyebben kialakított árkokba oldják a mészkövet.



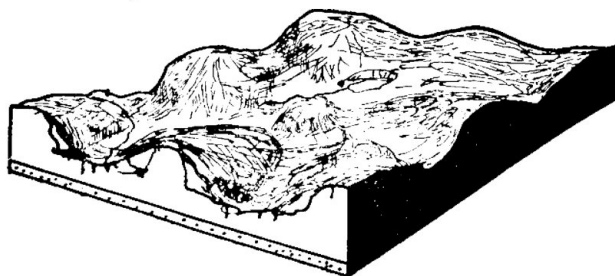
A negyedkor óta

500 000 év



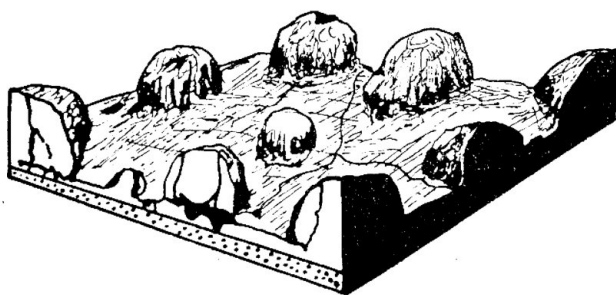
A pliocén óta

10 000 000 év



A miocén óta

25 000 000 év



A kréta óta

100 000 000 év

5. ábra. A karszt szakaszos fejlődése meleg és nedves éghajlaton. — Trópusi vidékeken a mészkő karsztosodása a mészkő felszínrekerülésével kezdődik. Fiatal (pliocén, pleisztocén) mészkövek a trópusokon erősen sehol sem karsztosodtak el. A trópusokon az erősen elkarsztosodott területek mészkőtömegei legalább krétakoriak. A tömbszelvény valamennyi ábrája a Mexikói-öböl környékéhez tartozó részletet ábrázol: Yucatanból negyed-, Floridából és Észak-Yucatanból pliocén-, Közép-Yucatanból miocén-, Kubából krétakorit. Negyedkoron ebben az esetben idős negyedkort kell érteni. Valamennyi évszám kb. a mészkő lerakódásának idejét jelöli



Ugyanezen a vidéken a pliocén mészköveken a felszín már gyengén fejlett, mert már kb. 10 millió éve pusztulásnak és oldásnak van kitéve. Csak a homokos és morzsalékos talajban van mélyebb szintben is vízmozgás. Yucatanban a felszínt tágas dolinák szabdalják. Magasvíz idején a dolinák csaknem teljesen kitöltődnek vízzel, a víz elárasztja a völgyeket és a szomszédos mélyedéseket is. Száraz időben nagyon jól lehet tanulmányozni a víz mélyebb szintben kialakított járatait. Meg lehet azt is állapítani, hogy a járatokat nagyon gyorsan rendkívüli mértékben mészlerakódás vonja be. A mésszel erősen telített vízből a lerakódás gyors.

*Közép-Yucatanban* a mészkő miocénkori, és a táj arculata már egészen más. A dolinák nagyon ritkák. Helyüket tágas, mérsékelt magasságú dombokkal tagolt mélyedések foglalják el. A domborzat meglehetősen lágy, gyengén fejlett. Az erózió ezen a területen közel 25 millió éve működésben volt.

*Kubán* a legerősebben karsztosodott vidékek krétakori mészkövön alakultak ki, az erózió itt már kb. 100 millió éves. A hosszú lepusztulás folyamán rendkívüli, jellegzetes formákból álló karsztvidék keletkezett. A dolomit alapzat fölött az erózió csak vékony mészkőhátyát és egy sorozat rommaradványt hagyott meg emlékek.

*Jamaicában* a híres „toronykarszt”-on az erózió eocén és oligocén mészkövön alakított ki nagyon fantasztikus formákat. Itt a völgyek, ill. mélyedések nem olyan szélesek, mint Kubán, mert Jamaicán az erózió működése már csak 50–40 millió esztendőre vezethető vissza. Ugyancsak itt a negyedkori és pliocén mészköveken már sokkal gyengébb, az Észak-Yucatanban látható karsztformákhoz hasonló formák keletkeztek.

Az előbbi karsztosodásidő meglepően hosszúnak látszik, ha arra gondolunk, hogy hideg éghajlati övben fekvő területeken az elkarsztosodás a negyedkorban és a poszt-glaciális időben milyen gyorsan ment végbe. Délkelet-Alaszka és Észak-Norvégia karsztos területein a mai ütemű karsztosodás a kréta óta, vagyis 100 millió év folyamán, 50 km vastagságú mészkőréteget pusztított le.

#### *Az alaszakai és floridai felszín jelenlegi lepusztulásának összehasonlítása*

*Jean Corbel*, hogy a meleg és hideg éghajlati területeken fekvő karsztos vidékek lepusztulásmenetének egymástól való különbségét mennél tökéletesebben igazolhassa, két megfelelő helyzetben fekvő folyó mentén minden nap végrehajtott részletes mérések és elemzések eredményeit közli. Minden nap mérték a folyók vízmennyiségét és meghatározták a folyók vízének mésztartalmát is. A vizsgálatokat egyrészt Florida legnagyobb folyóján, a Kissimmee-en, valamint az alaszakai Tananan hajtották végre. A két folyó vízgyűjtőterületének nagysága és esése (1%-nál kisebb) megegyező. Mindkét folyó vízgyűjtőterülete kb. 50%-ban mészkövön fekszik. A Kissimmee-é 50%-nál valamivel nagyobb, a Tananaé valamivel kisebb. A méréseket minden nap végrehajtották, a Kissimmee-n 1930 októberétől, a Tananan 1949-től kezdve. Elég bő megfigyelésanyagot gyűjtöttek össze, a Tananan 1000-et, a Kissimmee-n 7000-et.

A Tananan a megfigyeléseket az alaszakai út mentén Big Deltánál hajtották végre, egy belső síkságon, ahol a csapadék évi mennyisége 450 mm, annak 60–70%-a hó alakjában hull le. A tél nagyon hideg, a hótakaró hosszú ideig kitart. Ezen a vidéken a csenevész erdő fokozatosan tundrába megy át. A folyó vízének hőmérséklete 5 hónapon át 0 °C és jégpáncél alatt folyik.

A Kissimmee mellett a megfigyelőállomást a folyónak az Okeechobee-tóból való kiszakadása mellett állították fel. A környezet, a szivacszerűen átnedvesedett terület trópusi Afrikához hasonlít. A sűrű fűvel benőtt felszínt nyílt víztükrök és kusza folyóágak hálózák be. A folyó vízének hőmérséklete (minden nap mérték) nagyon magas, napi középhőmérséklete ritkán süllyed 20 °C alá, három hónapon át pedig megközelíti a 30 °C-ot. Az évi csapadék középértéke meghaladja az 1200 mm-t. A Tanana vízének szénsavtartalma a felszínen 87–143 mg/l között ingadozik, a Kissimmee-é 17–26 mg/l között.

A vízszállításban is nagy volt a különbség a két folyó között. A Kissimmee az évi 1200 mm-es csapadék ellenére csak 175 mm-t szállított, a Tanana 450 mm csapadék mellett 450 mm-t. *Corbel* szerint a mérleget a következőképpen lehet felállítani:

*Kissimmee (Florida):*

|                         |                                                           |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------|
| oldás a mélységben..... | 2,0 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                  |
| oldás a felszínen ..... | 3,0 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                  |
| összesen .....          | 5,0 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> , ill. mm/ezrelék. |



*Tanana, Big Deltánál (Alaszka):*

|                         |                                                            |
|-------------------------|------------------------------------------------------------|
| oldás a mélységben..... | 3,1 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                   |
| oldás a felszínen ..... | 36,8 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> ,                  |
| összesen .....          | 39,9 m <sup>3</sup> /év/km <sup>2</sup> , ill. mm/ezrelék. |

A két, hideg (5 mm/ezrelék) és meleg (kerekén 40 mm/ezrelék) medence közötti karsztos lepusztuláskülönbőség nagyon tekintélyes. Ha a csapadék évi mennyisége a két megfigyeléshelyen kb. egyenlő nagyságú lenne (mint ahogyan nem az), a hideg területen a mészkő oldása tízszeresen nagyobb értéket érhetne el.

Ez a helyzet magas hegységekben — amint azt az alábbiakban feltüntetett adatok igazolják — valóban be is következnek:

*Az erózió mértékének összehasonlítása*  
(m<sup>3</sup>/év/km<sup>2</sup>-ben, vagy mm/ezrelékben)

*2000—4000 mm csapadékban részesülő hegységeken:*

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| hideg övezet (Észak-Norvégia, Brit-Columbia) középérték ..... | 450 |
| meleg övezet (Rio Usumacinta).....                            | 45  |

*Alacsony dombvidékeken (csapadék 1000—1600 mm):*

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| hideg övezet (Québec, Nyugat-Skócia) ..... | 160 |
| meleg övezet (Rio Champoton) .....         | 16  |

*Síkságokon (csapadék 300—500 mm):*

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| hideg övezet (Belső-Lappföld) ..... | 40 |
| meleg övezet (Chélif) .....         | 4  |

*Síkságokon (a csapadék 200 mm-nél kevesebb):*

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| hideg övezet (Alsó-Mackenzie) .....           | 14  |
| meleg övezet (Rio Grande s. Acacia-nál) ..... | 1,4 |

A közölt tények mindekit meggyőzhetnek arról, hogy általánosságban a karsztosodás hideg övezetben sokkal gyorsabban megy végbe, mint melegben. Ezt a megállapítást hazai barlangjaink kialakulásának magyarázatakor is figyelembe kell venni.

## Lengyelország gazdaságföldrajzának néhány vonása\*

ASZTALOS ISTVÁN

A II. világháború előtti Lengyelország gyengén fejlett iparral, elmaradott mezőgazdasággal rendelkező ország volt. Az ipar egyenetlenül oszlott meg, főleg az ország D-i részére koncentráldott; az ipari munkásoknak kb. felét itt foglalkoztatták. Az ipari termelés hasznának tekintélyes része a külföldi tőkések kasszájába vándorolt. A részvénytársaságok tőkéjének több mint 40%-a külföldi befektetés volt. A mezőgazdaságra a feudális csökevények nyomták rá bélyegüket. A földnek kb. felét a földesurak birtokolták, ezzel szemben a parasztság nagyrésze csak apró parcellákon gazdálkodott, vagy egyáltalán nem rendelkezett földdel.

A gazdaságilag mélyponton levő ország a háború alatt, a német megszállás idején óriási károkat szenvedett. A nemzeti vagyonnak közel 40%-a pusztult el. A felszabadulás után új élet indult meg. Mintegy 900 000 parasztcsalád között kb. 8 millió ha földet osztottak szét. A 3, majd a 6 éves terv sikeres megvalósítása után Lengyelország fejlett ipari agrárország lett. Előnyösen módosult az ipar szerkezeti összetétele és emelkedett a mezőgazdasági termelés is. E fejlődésnek számos összetevője van. Hozzájárult a földreform, az ország iparosítása (a mezőgazdasági gépgyártás, műtrágyagyártás stb.), a korszerű agrotechnikai elvek alkalmazása, az állam anyagi segítsége, a falun is a kul-

\* A tanulmányt az 1958. évi lengyelországi utam tapasztalatai alapján készítettem.