

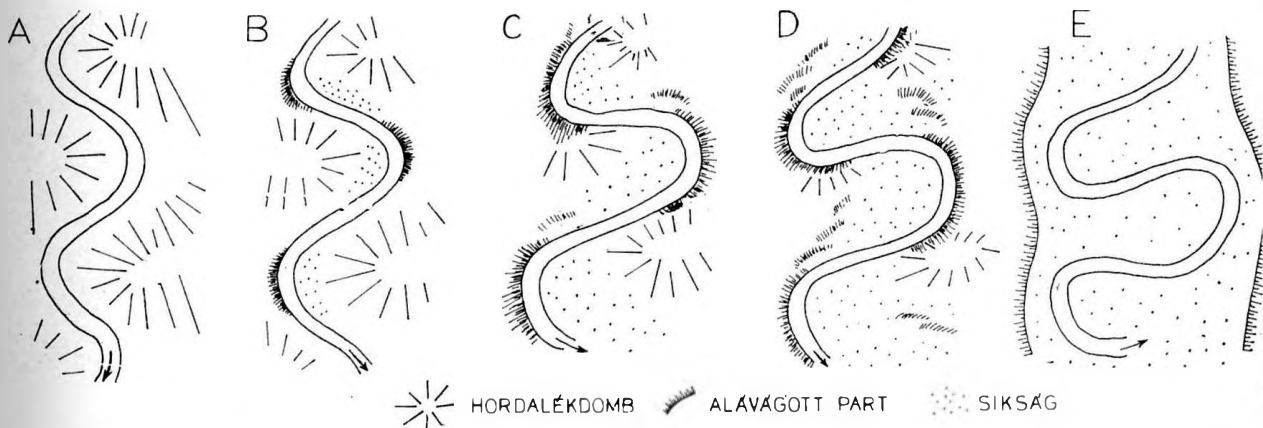
A BARLANGI MEANDER KÉPZŐDÉSE

A karsztbarlangokban végzett mérések azt bizonyítják, hogy az üregek irányait, a föld alatti vízfolyások „medreit” elsősorban a kőzet fő törésvonalai határozzák meg. Különösen érvényes ez a megállapítás a budai tektonikus-hévízes barlangokra, de Aggtelek vidékének típusos patakos barlangjainál is alapvetően a szerkezeti viszonyok alakítják ki a felszín alatti vízhálózat fő irányait.

Ellentétben ezekkel a megállapításokkal, az Aggtelek vidéki barlangokban számos olyan szakaszt ismerünk, ahol a járatok alaprajzi alakjában semmiféle tektonikus irányítottságot nem lehet felfedezni. A barlangfolyosó ívelt kanyarokat, csaknem önmagába visszatérő hurkokat alkot, amelyeknek szerkezeti okait hasztalan keressük a járat falaiban. Ezek a barlangszakaszok nagyon hasonlítanak a felszíni középszakasz jellegű folyók kanyargásaihoz, amit meanderezésnek nevezünk. A barlangi meanderek képződése és fejlődése azonban a felszíni formáknál jóval összetettebb.

A felszíni folyómeanderek képződése

A nagy lejtésű felszínekről mérsékelt lejtésű térszínre érkező folyó energiája, munkavégző képessége megváltozik. Az előző szakaszban a folyó eróziós bevágódó tevékenysége érvényesül, a gyorsan mozgó víz sok hordalékot szállít. A lankás térszínre érve a folyóvíz helyzeti energiája lecsökken, a felső szakaszból származó szilárd hordalékot nem képes továbbszállítani. Az így keletkező zátonyok, hordalékdombok a folyó útjába kerülnek és eltérítik, kanyargóssá teszik a futását. Ezzel megindul a meanderek képződése, amit az 1. ábrán mutatunk be.



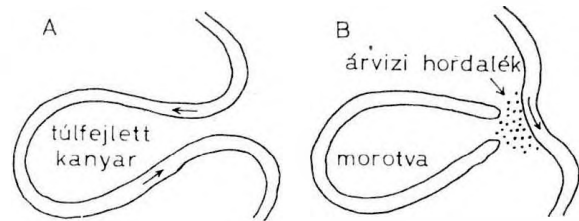
1. ábra. A felszíni meanderek képződése. A = Elméleti kiindulás: a terep kiemelkedései a folyóvíz útját megszabják. B = A sodrás útjába eső partok jobban pusztulnak, megindul a meanderek képződése. C = A folyókanyarok (meanderek) áthelyeződnek, elvándorolnak; a kiemelkedések rovására egyengetett síkságok keletkeznek. D = A meanderek lesiklása a hordalékhalmok maradványait is elpusztítja. E = A folyó egyre szélesedő völgyi síkságon kanyarog

A folyóvíz sodrásába ütköző partfal gyorsan pusztul, míg az ellentétes oldal fokozatosan feltöltődik. A folyóhurkok, a meanderek lassan áthelyeződnek, a víz folyásirányában elvándorolnak, tovább siklanak. A folyókanyarok helyenként annyira túlfelődnek, hogy árvizek esetén a közel eső partfalak átszakadhatnak. Így keletkeznek a levágott holtágak vagy morotvák. (2. ábra.)

A felszíni meanderek kialakításában a folyóvíz alávágó, oldalozó pusztító munkájának, a laterális erózióknak van elsőrangú szerepe, egyéb tényezők, például a szerkezeti elemek ezt csak kis mértékben befolyásolják.

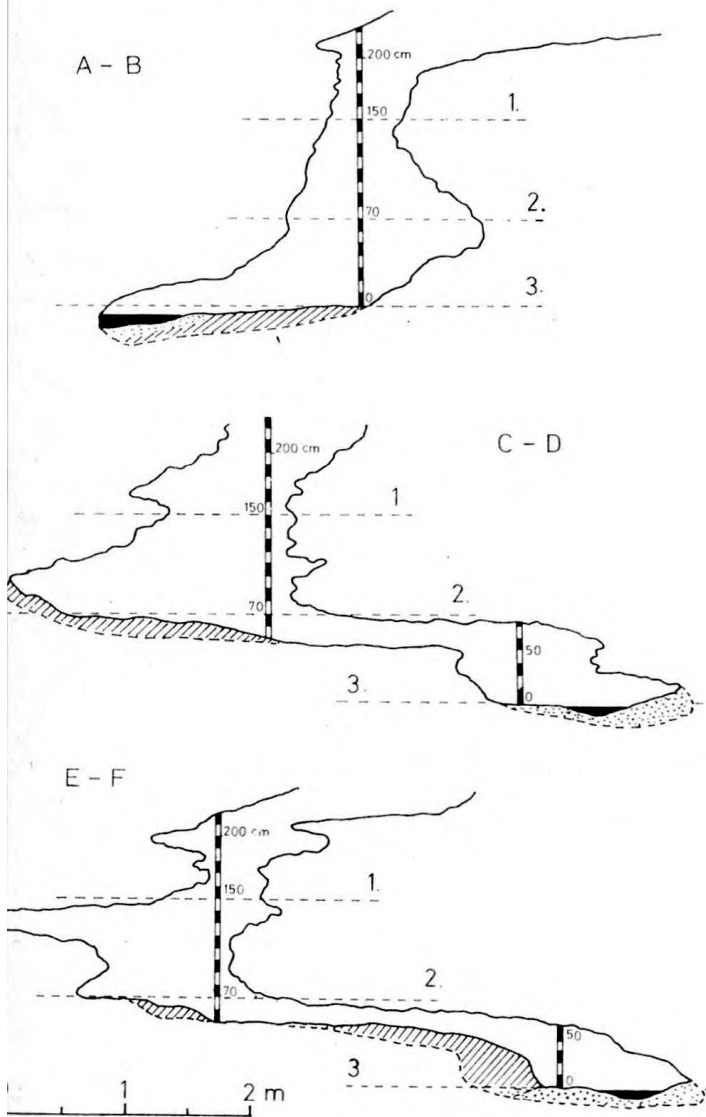
Laterális erózió a karszt belsejében

Az energiájukat veszített föld alatti karszt-patakok — megfelelő hidrogeológiai adottságok esetén — a felszíni folyók oldalozó eróziójához hasonló munkát végezhetnek.



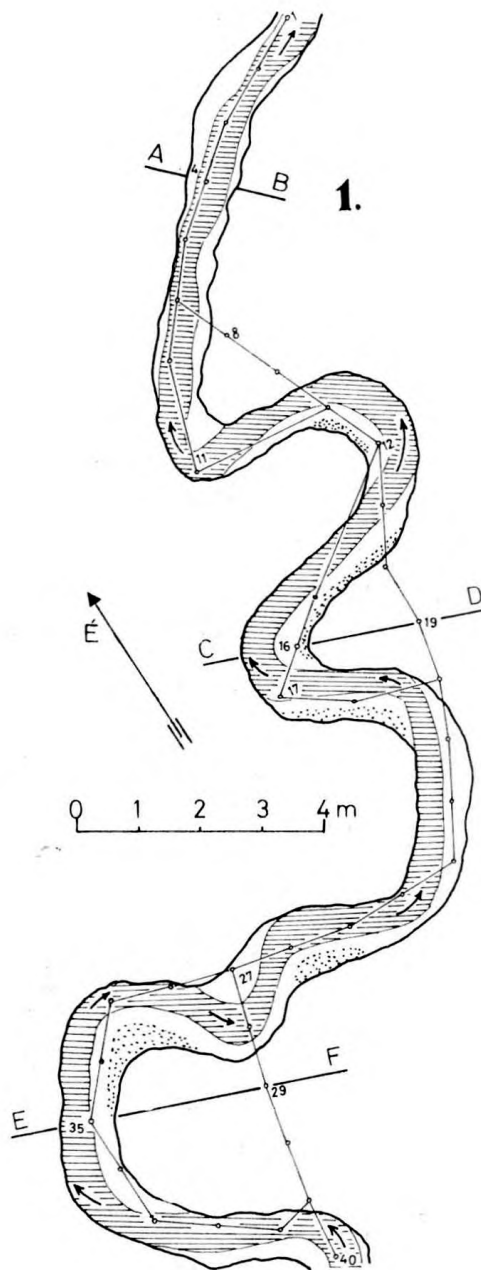
2. ábra. A túlfelzett kanyar levágódása és a morotva kialakulása

KERESZTSZELVÉNYEK



4. ábra. Függőleges keresztmetszelvek a tanulmányozott barlangszakaszból. (Elhelyezkedésüket lásd a következő ábrán)

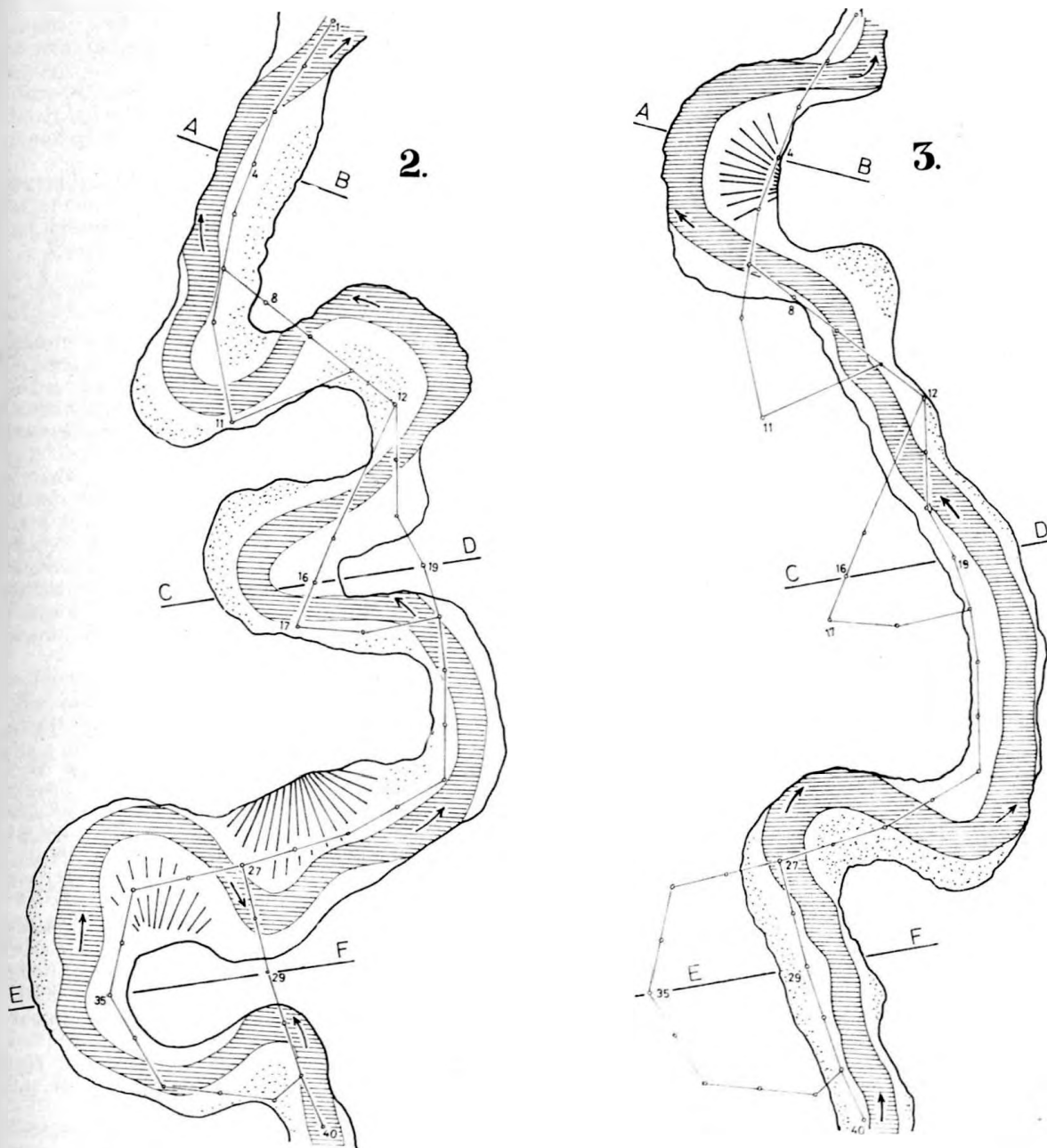
Bevezetőül bemutatunk egy példát, amely még átmenet a felszíni és a mélybe áttevődött meanderképződés között. Az ausztráliai New South Wales államban található Boree-patakról van szó, amely Boremore közelében az útjába került kemény szilur mészkőbe véste egyik nagy kanyarulatát. A laterális erózió nemcsak egy szinten érvényesült, hanem a terület lassú emelkedése kapcsán oldalozva egyre mélyebb csatornát vágott a mészkőbe. Így alakult ki az



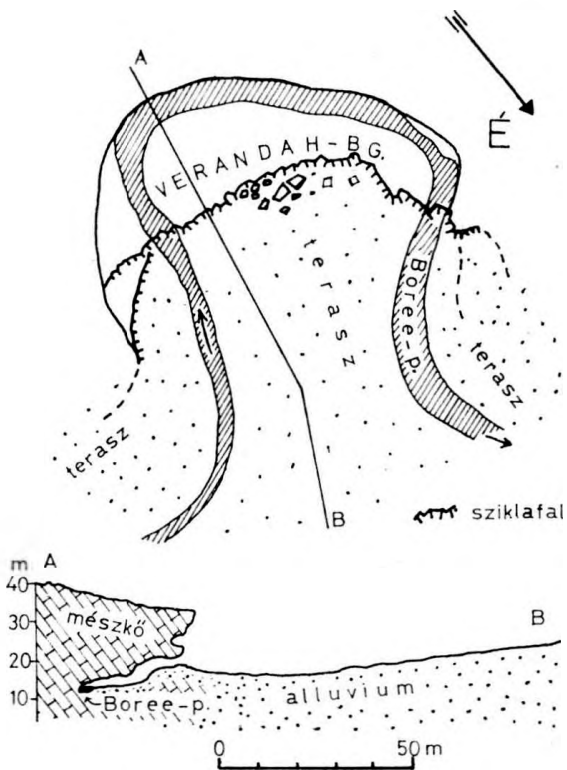
eresz formájú, tekintélyes méretű Verendah Cave. (3. ábra, lásd a 78. oldalon.)

Az Aggteleki-karsztvidék felszín alatti hidrográfiai rendszerében számos helyen találunk meanderező föld alatti patakokat. Cikkünk példáját az égerszögi Szabadság-barlangból vettük.

A Dász-töbör időszakos patakjának föld alatti medre — hasonlóan a többi buvófolyókéhoz — három szakaszból áll. A víznyelő közelében egy vi-



5. ábra. Meanderformákat mutató járatrész az égerszögi Szabadság-barlangból. 1 = A barlangszakasz falainak kontúrjai 150 cm magasságban a jelenlegi patakszint felett. A vízszintesen bevonalozott terület a hajdani patak feltételezett medre. 2 = Ugyanennek a barlangrésznek 70 cm magasságban mért körvonalai. 3 = A jelenlegi, időszakosan aktív barlangszint



3. ábra. A Verendah Cave nevű „meanderbarlang” Ausztráliában. (Leegyszerűsített vázlat J. N. Jennings térképe alapján.)

szonylag rövid, de nagy esésű szakasszal kezdődik, amit mérsékelt esésű, de hosszabb folyosók követnek. A harmadik rész a forrás közelében kialakult többágú deltaszakasz, amely a Szabadság-barlangban ember számára hozzáférhetetlen.

A Szabadság-barlang patakjának meanderei főleg a második szakasz elején, tehát a lezálló ágat követő energia-szegény zónában alakultak ki. A barlangi meanderek elhelyezkedése így analógiát mutat a felszíni folyókéval, amelyek szintén az eróziós felső szakaszt elhagyva az alluviális síkság peremei között fejlődtek ki. A víznyelön keresztül tekintélyes mennyiségű felszíni hordalék, főleg kvarckavics jutott be a barlang csekély esésű folyosóiba. A barlangi patak jelenleg is kavicsos hordalékágyban mozog, a homok-kavicsos lerakódások zátonyokat alkotnak és különböző szinteken kavicsos teraszmaradványok láthatók. (Megjegyzendő, hogy a barlangnak ebben az ágában nincs állandó vízfolyás, a Dász-töböri patak évenként 30–60 napon át [főleg hóolvadáskor] szállít vizet a barlangba.)

A barlang sajátosan meanderező szakaszának egy részét, — a Bártfai Pál és munkacsoportja által készített 1:100léptékű térképen „II., III. és IV. Kanyar” elnevezésű darabot — aprólékosan újra felmértük. A poligon mérőpontjait egymástól egy méter távol-

ságban helyeztük el a patak medrében, és az odahelyezett mérőlécs segítségével tíz centiméterenként mértük a folyosó szélességét mindkét irányban a patak folyására merőlegesen. Ezzel a felméréssel 220 centiméteres magasságig lehetővé vált a barlangi patak mederváltozásainak (partfaleltolódásainak) nyomon kísérése.

Az itt szereplő ábrákon csupán a jelenlegi patak-szintet, valamint a 70 centiméteres és a másfél méteres magasságban húzódót mutatjuk be, valamint három jellegzetes keresztmetszelynyt (4. és 5. ábra.)

A barlangi meanderképződés sajátosságai

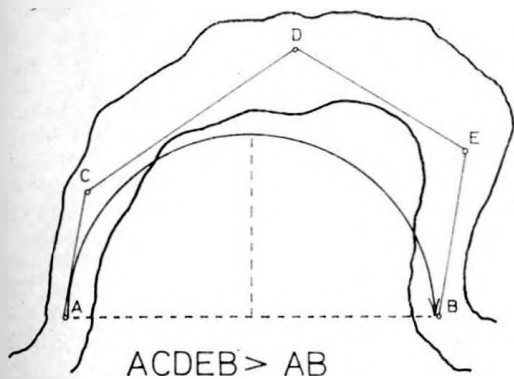
A barlangi meanderképződés különös sajátossága, hogy *zárt köztömeg belsejében lezajló denudációs folyamatról van szó*. A felszín alatti laterális erózió lehetőségeit, intenzitását és a kialakuló formákat az anyakőzet litológiai és szerkezeti adottságai szabják meg.

1. A felszíni vízfolyások meanderei általában a fluviatilis hordalék laza felhalmozódásában alakulnak ki, ami azzal jár, hogy a kevésbé ellenálló partfalak pusztulása következtében a folyómeder — közel vízszintes irányban — viszonylag gyorsan vándorol. A barlangi meander képződése ezzel szemben igen lassú folyamat, időszakonként a vertikális irányú mederbővítés meghaladhatja a laterális erózió horizontális kőzetpusztító hatását.

2. A barlangi meander képződése nem egyszerűen mechanikai eróziós folyamat, hanem több-kevesebb szercepe van benne a vegyi krózióknak, a korrózióknak is. Különösen áll ez a példánk esetében, ahol a víznyelön át még agresszív (oldóképes) víz érkezik a meanderező barlangszakaszba. A korrózió jelentőségét mutatják a falakon látható oldásos bemélyedések (ún. *current marking*). Az áramló víz hatására ezek aszimmetrikus képződmények: a folyással szembeni oldalak megnyúltak, a sodorárnyékos (lee) oldalon pedig meredekebb szögűek.

3. Nem hanyagolhatók el a barlangi meanderek általános irányítottsága szempontjából a kőzet szerkezeti viszonyai sem. Nyilvánvaló, hogy a tipikus króziós meanderek csak teljesen homogén, törésekkel kevésbé háborgatott köztömegekben alakulhatnak ki. A repedezett, hasadékokkal átjárt kőzetben a víz útja inkább ezeket a nyílásokat követi, az egymást harántoló törésvonalak mentén csak ún. álmeanderek képződnek.

A tipikus eróziós meanderek elhelyezkedését, főbb irányait azonban már nem a laterális erózió, hanem az uralkodó fő szerkezeti irányok jelölik ki. Például az égerszögi Szabadság-barlangban a vizsgált három kanyar DNY—ÉK-i vonal mentén helyezkedik el, ami egybe vág nemcsak a Szabadság-barlang, hanem a szomszédos Béke-barlang főágának általános irányával. A bemutatott barlangszintek felett hat-nyolc méter magasságban már kifejezetten a barlang tektonikus hasadék-jellege dominál. A felső járatok kialakulása idején az erózióbázis süllyedése, ill. a köztömb kiemelkedése gyorsabb folyamat volt, mint később a meandereket kialakító „stagnálási” időszakban.



6. ábra. Barlangi meandernek nevezzük a föld alatti járat olyan kanyarulatát, amelynek a tényleges hossza nagyobb, mint a kanyarulatába elméletileg elhelyezhető félkörív hossza

Természetesen a felsoroltakon kívül még sok más hidrológiai, klimatikus stb. tényező közrejátszik a barlangi meandernek képződésénél, itt csupán a legfontosabbakat emeltük ki.

A barlangi meander formaképzése

A mélyben ható laterális erózió sajátos formaképzést alakít ki, amelynek legfőbb megnyilvánulásai maguk a meanderjáratok és a falakon kialakuló pozitív – negatív formák.

1. *Meanderjárat.* A hidrológiában meandernek nevezik az olyan folyókanyart, amelynek a hossza nagyobb, mint a kanyarulatába berajzolható félkörív hossza. Ezt a meghatározást a karsztbarlangok meanderei esetében is elfogadhatjuk. (6. ábra.) Ennek megfelelően a 5. ábra második rajzán öt, a harmadikon pedig csak két meandert számolhatunk össze.

A meandernek fejlettségét (F) a következő ismert képlettel fejezhetjük ki:

$$F = \frac{100 \cdot L_s}{L_k}$$

Az L_s = a patak sodorvonala mentén kiszámított járáthosszúság (nem azonos a mérési sokszögvonallal), az

L_k = a vizsgált barlangszakasz két végpontja közötti távolság a területsáv középvonalán mérve. (7. ábra.) Rövid szakaszokon az k érték a két végpont között a térképre rajzolt egyenes vonallal is meghatározható.

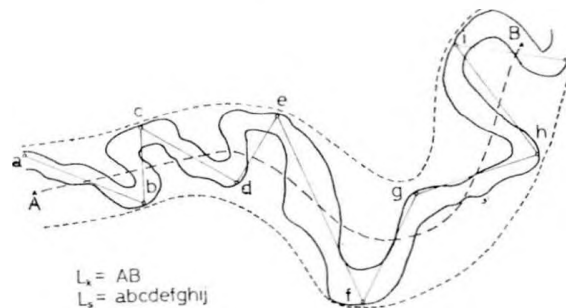
A tanulmányozott barlangszakaszban a meanderei: fejlettségi értéke a következő:

150. cm szinten	70/40 m	1,75
70. cm szinten	95/40 m	2,38
0. cm szinten (jelenlegi patakszint)	58/40 m	1,45

A meandernek fejlettségi foka sok tényező függvénye. Minél kisebb számértéket kapunk, annál kisebb a barlangi patak meanderessége, ami az erózióbázis süllyedésére, illetve a köztömb megújuló emelkedési ciklusára utal. A meandernek lefejeződése az utóbbi időszakban arra utal, hogy a barlang fejlődése egy megújuló eróziós szakaszba ért.

Ezzel kapcsolatban érdekes adat lehet a barlangi patak esése. Bártfai Pál számításai szerint a barlang főágának szintcsökkenése a Mágnes-teremtől az Óriás-teremig terjedő 1250 méteres szakaszon 10,90 m, amiből az első száz méteres szakaszra 130 centiméteres lejtés jut. A vizsgált negyven méternyi barlangszakasz ebbe a részbe tartozik, tehát a jelenlegi szinten a barlangban meandereket leíró patak esése kb. 13‰, ami nagyjából megfelel a hasonló méretű, felszínen meanderző patak esésének. A nagyobb vízhozamú, középszakasz jellegű meanderző folyók esése ennél persze jóval kisebb (0,2–0,5‰). A barlangban meanderző patak általában nem tekinthető a földrajzi értelemben vett középszakasz jellegű folyónak, hanem valójában a folyó felső szakaszának egy részlete.

A barlangi meandernek által elfoglalt területsáv a sajátos feltételek következtében viszonylag kicsi. A felszínen meanderző folyóknál az a sáv 18-20-szorosa a középvízi mederszélességnek, föld alatti példánk esetében ez csak 10-15-szörös. (7. ábra.)



7. ábra. A barlangi meandernek fejlettségének meghatározása és a meanderzés területsávja

A felszíni vízfolyások levágott folyókanyarulatait holtágnak vagy morotvának nevezzük. Barlangi viszonylatban az idősebb inaktív szakaszban a *holtjárat* nevet adhatjuk, az aktív patakos ág pedig a *főjárat*. Míg a felszínen a levágott holtágot rendszerint morotvatölti ki, a barlangokban ilyen holtjáratok ritkán képződnek.

Az 5. ábrán bemutatott példákban mindhárom meander lefejezése úgy történt, hogy a közvetlen kapcsolat a főjáratall megmaradt, a holtjárat csupán elvált. A Szabadság-barlangban is előfordul olyan eset, hogy a felső holtjárat és az alsó főjárat között „meandersziget” keletkezett. Ez a szifonképződésnek egyik tipikus esete, amelyet béke-barlangi példákkal illusztrálva Jakucs L. írt le igen szemléletesen. (4.) A Jakucs-féle tökéletes szifon-

modellben a „szifonkerülő felső-ág” megfelel a levágott meander holtjáratának, a „szifon” maga pedig a jelenlegi patakos főjáratnak.

2. *Meanderszínlok és párkányok.* A meanderező földalatti patak által létrehozott leggyakoribb képződmények a meanderszínlok és meanderpárkányok. A felszínen ilyen formák csak akkor keletkezhetnek, ha a folyó sodrába keményebb partfal ütközik, az alluviális síkságon kanyargó vízfolyás esetében ez azonban elég ritka.

Meanderszínlok alatt értjük azt a nyelv formájú alacsony bemélyedést, melyet az oldalozó erózió vésett a kőzetbe. A bemutatott barlangszakaszban ezek mindössze 1–2 méter széles és 20–50 centiméter magas negatív formák. A nagyobb vízfolyású barlangban az alávágódás mélysége 10–20 métert is meghaladhatja. A magasabb, elvizeitelenedett helyzetbe került színlok szálkőből álló aljzatán a korábbi patakmeder hordaléka cementálódhat össze, illetve a későbbi árhullámok agyagos üledéke telepedhet meg.

A meanderpárkány a barlang járatába horizontálisan benyúló forma, rendszerint a színlok aljzatának alávágódásával képződött. Mivel a vízáramlás útjába esett, felületén jól láthatók az oldási nyomok.

* * *

A barlangi meanderek és a velük összefüggő színlok (barlangi teraszok) hordalékainak vizsgálata a speleomorfológia egyik elhanyagolt területe. Kívánatos lenne az e téren már korábban megindult kutatásokat kitereljesíteni, mert nem csak az adott barlang múltjára, hanem az egész karszterület fejlődésére vonatkozólag is hasznos adatokat nyerhetünk.

I R O D A L O M

1. *BALÁZS D. (1962.):* A Szabadság-barlang. Karszt- és Barlangkutató, 1961. I. félév. p. 1–16.
2. *BULLA B. (1964.):* Általános természeti földrajz. — Budapest.
3. *FINOCCHIARO C. (1956.):* Morfologia de Meandri nella Grotta di La Val. Atti dell' VIII. Congresso Naz. di Spel., Como.
4. *JAKUCS L. (1953.):* A Békebarlang felfedezése. Budapest.
5. *JENNINGS, J.N. (1970.):* Ingrown Meander and Meander Cave. — (In.: Australian Landform Example No. 18.) The Austr. Geogr. XI. 3. p. 401–402.
6. *MUGNIER C. (1960.):* Distinction entre deux types de galeries en méandre. Actes du III. Congrès Nat. de Spél., Marseille.
7. *NÉMETHI E. (1954.):* Hidrológia és hidrometria. — p. 161–179. Budapest.
8. *SZABÓ L. (1968.):* Általános természeti földrajz. Budapest.
9. *VIANELLO, M. (1965.):* Noe su vari tipi morfologici di galerie con percorso a meandri. — Proceedings of the 4th Int. Congress of Spel. Tom. III. p. 631–635. Ljubljana, 1968.

DIE BILDUNG DER HÖHLENMÄANDER

Die drittgrößte Höhle des Aggteleker Karstgebietes ist die 1954 erschlossene, annähernd drei km lange Szabadság- (Freiheits-)Höhle in der Nähe von Égerszög. Der Höhlengrundriss zeigt nach

einer steilen Ponorstrecke windende, schlingenartige Formen an, diese sind die Folgen der Mäandrierung des Höhlenbachs. An mehreren Stellen lässt sich die schrittweise vor sich gehende Verlegung, Wanderung des Mäanders, ja sogar die Abschnürung, Enthauptung der stellenweise überentwickelten Schlinge beobachten. Die Bildung von Höhlenmäandern ist aber kein so einfacher Erosionsprozess, wie der eines Flusses mit Mittellaufgepräge in einer mit lockeren Sedimenten aufgeschütteten Talebene. Der Verfasser untersucht in seinem Artikel durch die detaillierte kartierten Höhlenstrecken, welche unterschiedliche Wirkungen bei der Gestaltung der Höhlenmäander (tektonische und lithologische Faktoren) zur Geltung kommen.

ФОРМИРОВАНИЕ МЕАНДРОВ В ПЕЩЕРАХ

Третья из длиннейших пещер Аггтелекского карста, это — пещера Сабадшаг, открытая в 1954 г. около с. Эгерсег и имеющая длину приблизительно трех километров. В плане пещера — после крутого шахтообразного участка — обнаруживает меандрирующие, извилистые формы, что обусловлено меандрированием реки в пещере. В ряде мест наблюдается постепенная миграция меандра и даже отрез чрезмерно развитой петли меандра. Однако, формирование пещерных меандров не является таким простым эрозионным процессом, как процесс работы любой реки на среднем ее течении на долиненной равнине, заполненной рыхлыми наносами. Благодаря наличию пещерных участков, подверженных детальному геологическому работам, автор статьи рассматривает различные эффекты, проявляющиеся в формировании пещерных меандров (тектонические и литологические факторы).

LA ELFORMIĜO DE LA MEANDROJ EN GROTOJ

La en 1954 malkovrita ĉ. 3 km longa groto Szabadság, proksime al Égerszög, estas la tria plej longa groto de la Aggteleka karstregiono. La plano de la groto montras post kruta akvosucilo-parto serpentumajn formojn, kiuj estas konsekvencoj de la meanderigo de la grota rivereto. Multloke estas bone observebla la grada translacio de la meandroj, eĉ kelkloke la tratranĉo de trocvulintaj kurboj. Sed la elformigo de grotaj meandroj estas ne tiu simpla erozia proceso, kiun la mezetaĵo de riveroj elformas sur kun malkompakta sedimento kovrita ebenaĵo. La aŭtoro sur bazo de detale mapigitaj grotaj partoj esploris en jena publikaĵo, ĉu kiaj malsamaj efikoj influas la elformigon de la grotaj meandroj (tektonikaj kaj litologiaj faktoroj).