

A szodomai sókarszt

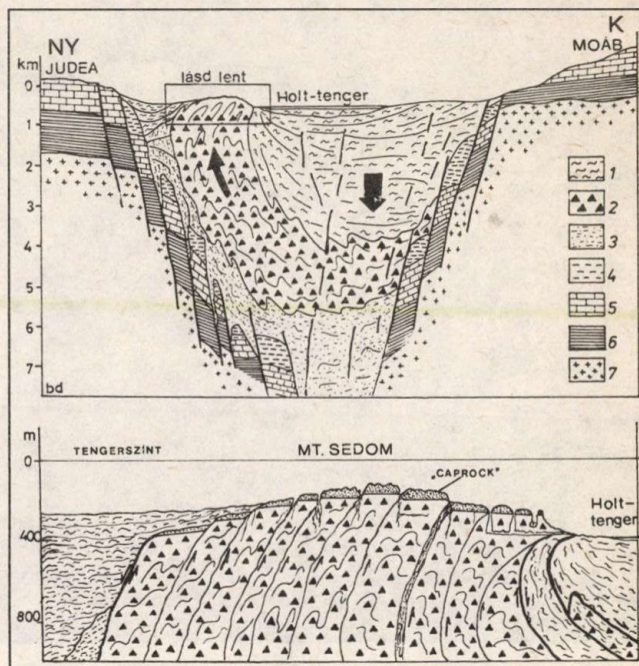
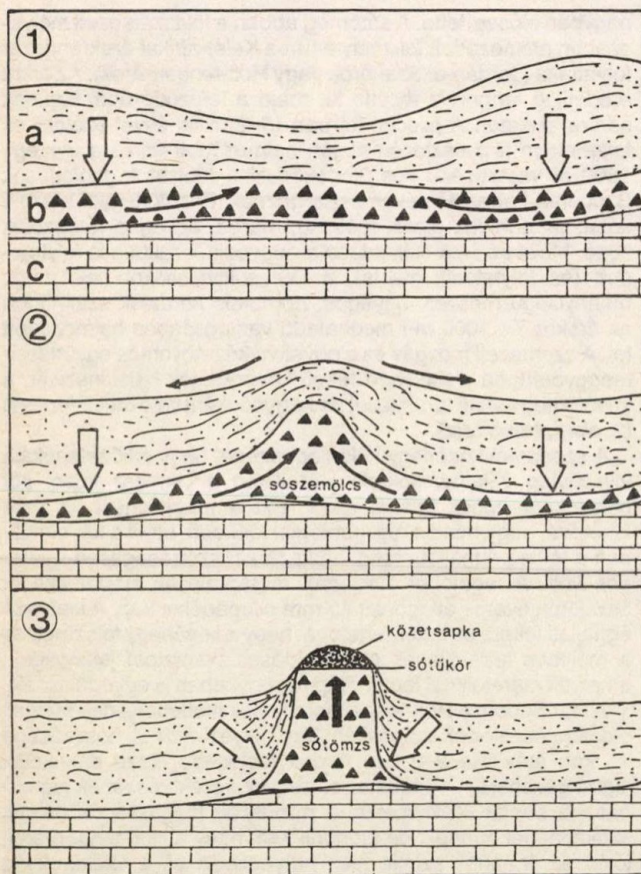
Ki ne ismerné a mondást: sóbálvánnyá változott, mint Lót felesége. A történet az Ótestamentumból, Mózes első könyvéből származik. Az Úr két angyalt küldött a Földre. Vándorlásaik során eljutottak Szodoma és Gomorra városába, ahol a nép gyűlölködve, ellenségesen fogadta őket. Az angyaloknak a szodomai Lót család adott menedéket, házukba fogadták őket. Az Úr elhatározta, hogy megbünteti a népet. Előbb azonban az angyalok kora hajnalban kivezették a városból Lótot, feleségét és két leányát, és meghagyták nekik: menjenek fel a hegyre, meg ne álljanak, hátra ne tekintsenek, ha kedves az életük. Az Úr ezután „kénköves tüzes esőt” zúdított a városokra. Lót feleségét gyötörte a kíváncsiság, hogy mi történt a hátuk mögött, és Mózes szavai szerint „hátra tekint és sóbálvánnyá lőn”.

Izraelben, a Holt-tenger partján, a Szodoma (Sedom)-hegy peremén hatalmas kősótorony magasodik, melyet ma is Lót feleségének neveznek. Ez a képződmény nemcsak a körje fonódó legenda miatt érdekes, hanem földtörténeti szempontból is páratlan természeti alkotás.

Sóhegyek születése

A kősó (nátriumklorid, NaCl) üledékes kőzet, mely a régmúlt időkben tengervízből vált ki és halmozódott fel. Képződéséhez

1. ábra. A sőtömsz kialakulásának egyik lehetséges módja. a = fiatal üledékek, lerakódások, b = kősó, c = szilárd alapkőzet



2. ábra. A Holt-tenger árkanak Ny-K-i irányú földtani metszete (fent) és a Sedom-hegy sőtömszének vázlatos felépítése (lent). 1 = negyedidőszaki tavi és folyóvízi lerakódások, 2 = pliocén Sedom Formáció (kősó, gipsz, anhidrit), 3 = pliocén üledékek, 4 = pliocén előtti harmadidőszaki üledékek, 5 = középidői mészkő, 6 = óidei kőzetek, 7 = prekambriumi talpzat. (I. Zak után, átdolgozva)

sajátos környezeti és éghajlati adottságok szükségesek. Kiválására csak többé-kevésbé zárt, sekély lagúnákban, meleg égövi sivatagos környezetben nyílik lehetőség.

A lagúnák sós üledékei eredendően tehát vízszintes fekvésű rétegekben halmozódnak fel. A természetben azonban a kősó sok száz méter, sőt több kilométer átmérőjű, gyakran függőleges helyzetű, vasok tömegben, ún. sőtömszökben bukkan elő. A Kárpát-medencében ilyeneket fedeztek fel Marosújváron, Aknaszlatinán, Désaknán, s különösen nevezetes, turisták által is jól ismert a 90 m magas Parajdi-sóhegy. A sőtömszök kialakulását – megfelelő körülmények között – a kősó sajátos fizikai tulajdonságai teszik lehetővé. Az egyik ilyen adottság, hogy a kősó fajsúlya viszonylag alacsony: 2,2, míg a környezetében előforduló egyéb anyagoké (anyag, homok) 2,5–2,7. Ahogy a vízbe öntött olaj a kisebb fajsúlya miatt a felszínen helyezkedik el, ugyanígy a nagyobb fajsúlyú kőzetrétegek közé préselődő kősó is a ránehezedő nyomás hatására felfelé vándorol. Ezt a mozgást elősegíti a kősó másik tulajdonsága: a képlékenység. Ha kezünkbe veszünk egy kősódarabot, ez a tulajdonság szemmel nem figyelhető meg, de az anyag nagy tömegben, nyomás alatt könnyen deformálódik, gyűrődik, rugalmasan alkalmazkodik a környezetében levő keményebb kőzetek határvonalaihoz.

1. ábránk három képben szemlélteti a sőtömsz kialakulásának egyik legegyszerűbb lehetséges módját. A folyamatot az indítja meg, hogy a fiatalabb lerakódásokkal befedett kősóré-



A Holt-tenger délnyugati partvidéke

tegre egyenlőtlen vastagságú fedőközet nyomása nehezedik. Ennek különböző oka lehet, a rajzunkról az valószínűsíthető, hogy a középen látható mélyületet (anyaglehordást) folyóvízi erózió vagy szélkifúvás idézte elő. A vastagabb fedőrétegek nyomására a kósó a gyengébb ellenállású középső térség felé kezd „áramlani”, s ott egyre vastosabb tömegben préselődik össze és felnyomja a fölötté elhelyezkedő közetrétegeket is. Így alakul ki a „sós szemölcs” vagy „sókcéma”. A sós szemölcs felszíni domborulatáról a csapadékvíz eróziója anyagot szállít a mélyedések felé, így ott tovább növekszik az elvékonyodó sós rétegre ható nyomás és gyorsítja annak vastos tömeggé alakulását. Az oldalról is érkező nyomás hatására a sós tömzs tovább emelkedik és a fedőrétegeket áttörve a felszínre juthat. Az ilyen sós tömzsöt szaknyelven *diapir*nak, magát a felboltozódási folyamatot pedig *halokinézis*nek nevezik.

Bár a harmadidőszakban Földünkön sokfelé keletkeztek a lefűződött tengerrészekben sófelhalmozódások, ma csak kivételes helyeken találunk a felszínen kósóhegyet. Ennek az a magyarázata, hogy a kósó gyorsan oldódik, és a lassan felnyomuló diapir felső részét a talajon át leszivárgó víz feloldja, a nátriumkloridot oldott állapotban elszállítja (sós források). Csak az oldhatatlan anyag – a kósó szennyeződései: agyag, homok, mészkő, ill. anhidrit – marad meg a sós tömzs tetején, mintegy kalapot, sapkát alkotva. Ez a kőzetsapka 100–200 m vastagságú is lehet és teljesen elrejtje az alatta elhelyezkedő kósót, gyakran csak sós források árulkodnak a mélyben megbúvó sós tömzsről.

Sóhegy az árokban

A Szodoma-hegy (ivrit nevén: Har Sedom vagy Sdom) kialakulása lényegesen eltér az 1. ábrán bemutatott egyszerű változattól. Míg példánkban a kéreg szerkezeti mozgásai nem játszottak szerepet, addig a szodomai sós tömzs kifejlődését a tektonika is

nagyban elősegítette. A sós tömeg abban a földszerkezeti mélyedésben halmozódott fel, mely a híres Kelet-afrikai-árokrendszer folytatása (Jordán-akabai-árok vagy Holt-tengeri-árok). Az árkot eredetileg tengervíz töltötte ki, majd a lefűződő öböl lagúná sorára szakadt. A pliocén korban (5–2 millió évvel ezelőtt) és feltehetően a pleisztocén elején halmozódott fel az a mintegy 1800 m vastagságú sós üledékösszet, melyet a geológusok Szodoma Formáció néven összegeznek. Ennek nagyobb része kósó, de anhidrit, gipsz, mészkő, márga, agyag is rétegződik közé. Mivel az árok süllyedése a negyedidőszakban is folytatódott (és folytatódik ma is), a tavi sókiválásokon felül nagy mennyiségű meszes, agyagos, homokos hordalék szállítódott az árokba és 1000 m-t meghaladó vastagságban halmozódott fel. A szerkezeti mozgás és a növekvő kőzetnyomás együttesen meggyorsította a mélyben fekvő kósórétegek halokinézisét, a kósó tömeg felfelé türemlését és hegységként való megjelenését (2. ábra, felső rajz).

A szodomai kósóhegy különlegessége, hogy a kőzetsapkája viszonylag vékony, sokfelé előbukkan a csupasz kósó, sőt helyenként egész falakat alkot. Ezt a megjelenést az tette lehetővé, hogy mind a régi geológiai időkben, mind a közelmúltban a térség éghajlata rendkívül száraz, szélsőségesen sivatagos volt. A legutóbbi évtizedek meteorológiai adatai szerint Szodoma évente átlagosan 48 mm csapadékot kap. A kedvező éghajlati feltételek tették lehetővé, hogy a kósóhegy felszínén és a mélyben létrejöjjenek olyan oldásos (karsztos) jelenségek, amelyek méreteiknél fogva világviszonylatban is egyedülállóak.

A Har Sedom a Holt-tenger sekély déli medencéjének nyugati oldalán, észak-déli csapásirányban helyezkedik el; hosszúsága 11 km, átmérője 2–3 km. A déli testesebb része emelkedik legmagasabbra, –164 méterre, míg az északi részének legmagasabb pontja –234 méter. A mínusz magasságok nálunk szokatlannak tűnnek, de tudnunk kell, hogy a Holt-tengeri-árok jóval az óceánok szintje alatt helyezkedik el, a földkerekség



A Szodoma-hegy északi része

legalacsonyabb fekvésű tája. Mivel a Holt-tenger évről évre kevesebb vízutánpótlást kap, szinte rohamosan süllyed, az atlaszainkban közölt adatoktól eltérően már –405 méternél tart. Ehhez képest tehát a Szodoma-hegy viszonylagos magassága 170–240 méter közötti. Felszínét merőlegesen kiálló kemény kőzetbordák (mészkö, márga, anhidrit), valamint a peremek közelében mély szakadékos vízmosások, berogyások teszik nehezen járhatóvá. A hegy csaknem teljesen növénymentes kőssivatag, valóságos holdbéli táj.

Sóaknak és Lótné veszte

A kőssó – oldhatósága miatt – a karsztosodó kőzetek csoportjába tartozik, mint a mészkö, dolomit és gipsz. A kőssó azonban az említett kőzeteknél sokkal gyorsabban oldódik, ezért nem találunk sehol nyílt sókarsztplatókat. Legfeljebb fedett sókarsztok fordulnak elő, azok is csak a rendkívül száraz éghajlatú, meleg égövi területeken, ahol csapadékszegénység teszi lehetővé a felszínre kerülő sőtömsz fennmaradását. Ilyen kivétel a szodoma-sókarszt.

A kőssókőzet oldódási folyamata lényegesen eltér a karbonátos kőzetektől. A kőssót a csapadékvíz oldóanyag nélkül, közvetlenül oldja. A telítetté váló nehéz sóoldat a sőtömsz felületének alacsonyabb részeiben helyezkedik el, míg fölötté az oldóképes, könnyebb oldatok áramlanak és oldják fel, simítják el az útjukba kerülő oldható anyagokat. Így kialakul egy majdnem teljesen vízszintes helyzetű oldódási felület, amelyet a magyar szakirodalomban találóan sőtükkörnek neveznek (az angolban: salt level). Az aktív sőtükkör – más szavakkal – sókarsztvízszintet jelöl, a kialakulásához vezető folyamatot pedig szubrózióval jelöljük.

Nedves éghajlatú területeken a sőtükkör ritkán megfigyelhető jelenség, mivel eltakarja a rajta vastagon felhalmozódó málla-

déktömeg. Nem így a sivatagban, különösen ha a sőtömsz emelkedő mozgása is erőteljes, mint a Szodoma-hegy esetében. A feltárult sófalakban nagyszerűen látható a hajdani sőtükkör: olyan egyenes markáns választóvonal, mintha vonalzóval húzták volna meg. Fölötté helyezkedik el az oldhatatlan kőzet-sapka, amely a Szodoma-hegyen törmelékeny szerkezetű laza anhidrit, 5–20 m vastagságban. A sőtükkör vonala alatt tömör kőssókőzet fekszik.

Miként a nagyobb mészköves karszterületen nem alakulhat ki egységes karsztvízszint, így a viszonylag nagy kiterjedésű szodoma-sókarsztban is különböző szintű sőtükkörmaradványok figyelhetők meg. Ez nyilvánvalóan annak a következménye, hogy a sótest egyes darabjai eltérő sebességgel emelkedtek ki. A legmagasabb fosszilis sőtükkör-szintek a belsőbb részeken vannak, a peremek felé lépcsőzetesen alacsonyabb szinteken helyezkednek el (**2. ábra, alsó rajz**).

Az anhidrites kőzetsapka vastagsága is egyenetlen, ami a felszíni eróziós lepusztulással magyarázható. A felszínt néhány méter mélységű, V keresztmetszetű száraz árkok szabdalják fel, amelyek a hegy pereme felé szakadékokká mélyülnek, sok helyen belevésődnek a kőssóba. Ezek a völgyelések évente egyszer-kétszer hevesebb zápor alkalmával néhány órán át az áradásvizet vezetik le. A felszíni formák között találunk kisebb zárt mélyedéseket is (dolinákat, töbröket), amelyek az anhidrit alatti kőssó kioldódása, beszakadása útján keletkeztek. A hegy-perem közelében számos ilyen mélyület időszakos víznyelőként működik és kellő nagyságú vízgyűjtő terület esetén aknabarlangot old ki. A kisebb felszíni oldásos formák közül említést érdemelnek azok az éles, csipkés, csúcsos képződmények, amelyek levált nagyobb sőtümbökök felszínén, sófalakon alakultak ki.

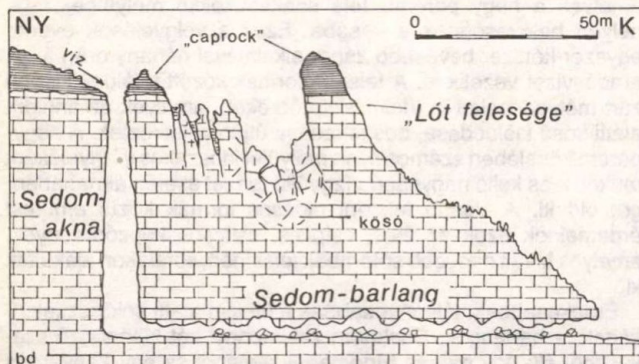
Érdekesebbek, látványosabbak a felszín alatti sókarsztjelenségek: a barlangok. Csaknem valamennyi két különböző szakaszról áll: egy magas függőleges aknából és egy kanyargós



„Lót felesége”

alsó vízszintes folyósóból. Legtöbb barlang a hegy peremén alakult ki, ahol az anhidrites kőzetsapka megfogyatkozott, és az oldó csapadékvíz a kősohoz férközhetett. Mind az akna helyét, mind a vízszintes járatok irányát szerkezeti vonalak, könnyen pusztuló rétegek jelölték ki. Különösen megkapóak a kupolaszerű sóaknák (sózsombolyok); magasságuk 50–70 m, átmérőjük 10 m körüli. Alkalmanként a víz a kupola összeszűkülő csúcsnyílásából záporoz le, míg a falakon lecsurgó víz érdekes bordázatot alakít ki. A legtöbb barlang száraz, mivel a karsztvízszint a Holt-tenger szintjének csökkenése következtében mélyebbre szállt. A vízszintes barlangokban helyenként nagyméretű termek alakultak ki a mennyezet felharapódzása révén, a leomlott sötömbök a közlekedést nagyon nehezítik és veszélyeztetik.

3. ábra a Szodoma-hegy Holt-tengerre néző peremének metszete a Sedom-barlang bejáratánál



A Sedom-barlang nagy aknája (a szerző felvételei)

Az eddigi vizsgálatok és kísérletek arra a megállapításra vezettek, hogy a szodomai sóbarlangok tekintélyes méreteik ellenére viszonylag fiatal képződmények; koruk 14 000–24 000 év közé esik. Nálunk az ugyanilyen méretű, mészkőben keletkezett barlangok korát több százézer, esetleg millió évre becsülik. A nagy különbség a kőso gyors oldódásával magyarázható.

Az izraeli barlangkutatók a Szodoma-hegy belsejében eddig mintegy 100 barlangot kutattak át. Túlnyomó többségük akna-barlang (zsomboly), a feldolgozott vízszintes barlangok száma 7. Leghosszabb a Malham-barlang (5591 m), mely feltehetően világviszonylatban is a legnagyobb, s függőleges szintkülönbségével szintén ez tartja a rekordot (135 m). A hegy nevét viselő Szodoma-barlang 1799 m hosszú és 85 m mély. Ennek egyik aknája közelében magasodik a Lót feleségéről elnevezett kőso-torony (3. ábra). Valószínűleg úgy keletkezett, hogy a Szodoma-barlang egyik magasabb szintű nagy barlangterme beszakadt, és egy 6–8 m széles és 25–30 m magas falrész szilárdan a helyén maradt.

Ezzel vissza is kanyarodtunk oda, ahonnan elindultunk, Lótné asszony bibliai tragédiájához. Minden mondanak van tényszerű alapja, így ennek is lehet. Szodoma és Gomorra városok maradványait ugyan még nem találták meg, de mivel ez a vidék erősen szeizmikus terület, valószínűleg egy heves földrengés és a vele járó tűzvész tette a földdel egyenlővé őket. A földrengés előtt hajnalban útra kelt Lót család a hegyről láthatta városuk pusztulását. A hátra-hátratekingető asszony nem figyelt maga elé, és talán így történhetett, hogy belezuhant valamelyik mély barlangba. Lehet, hogy ugyanezen földmozgás idején omlott be a Szodoma-barlang nagy terme és alakult ki a kőso-torony. A többi pedig már a fantázia szüleménye...

BALÁZS DÉNES