

## A ZSOMBOLYOK FOTOGRAMMETRIKUS SZERELVÉNYEZÉSÉRŐL

### Bevezetés

A természettudományok fejlődésének egyik jellemző vonása, hogy az azokkal összefüggő mérések egyre pontosabbakká válnak. Ez az irányzat a tudományos speleológiában is érvényesül. A pontossági igény növekedése különösen jól megfigyelhető a vertikális jellegű barlangok hazai térképezésében.

*Strömpl G.* 1911. évi alsó-hegyi kutatásainak jelentésében a legmélyebb zsombolyokról még csupán befüggesztett zsinórral mért mélységi adatot közöl. *Kessler H.* az 1927-es expedícióról szóló beszámolójában már hosszmetseteket ad meg, de a mért adat ezeken is csak a mélység, melyet a keresztirányú méretekkel csak emlékezet alapján egészítettek ki (1).

*Bertalan K.* a Szilice környéki zsombolyfelméréseinél az üreg körvonalait már a felvett sokszög-vonal köré rajzolja (2). *Danca J.* a Nagy-tölgyesi-viznyelő felvételénél viszont már kiterjedten alkalmaz keresztaszelvényeket is (3).

*Kósa A.* zsombolyfelvételeinek megrajzolásánál törekedett az ábrázoló-geometriai szabályok betartására. Általában két, egymásra merőleges, függőleges metszetet ad meg, ezeket vízszintes keresztaszelvényekkel egészíti ki. Elsőnek hívja fel a figyelmet a dolinákkal való szoros összefüggésre és tőle származik az ezzel kapcsolatos első kísérleti feldolgozás is (4).

Ma már tisztán látjuk, hogy a különböző keletkezési elméletek által felvetett kérdések megválaszolásához szükségünk van a zsombolyok olyan pontosságú térképeire, amelyeket a korábbi felmérési módszerekkel nem lehet elkészíteni. A zsombolyokban való nehéz mozgási lehetőség meggátolja a közvetlen részletmérési módszerek alkalmazását, ezért itt más megoldást kell keresnünk. Erre a célra a fotogrammetriai módszer látszik a legalkalmasabbnak.

A fotogrammetrikus barlangmérés első alapvető hazai megoldása *Maucha L.*-től származik. Módszere és az ahhoz kidolgozott eszközök azonban csak horizontális barlangokban alkalmazhatók. Ennek az eljárásnak a sikere adta az ötletet a fényképezés alkalmazására a zsombolyok keresztaszelvényeinek felvételéhez.

Ha a felvételek térképezés céljára készülnek, biztosítani kell, hogy

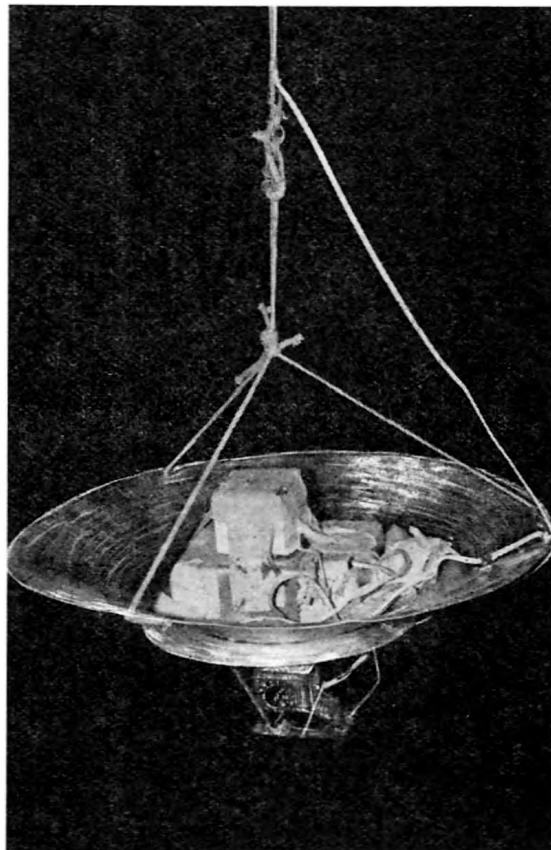
- a) az egyes képek lehetőleg a teljes vízszintes szelvényt mérethelyesen és tájolóhatóan ábrázolják;
- b) az egyes szelvények egymáshoz viszonyított vízszintes és magassági helyzete megállapítható legyen.

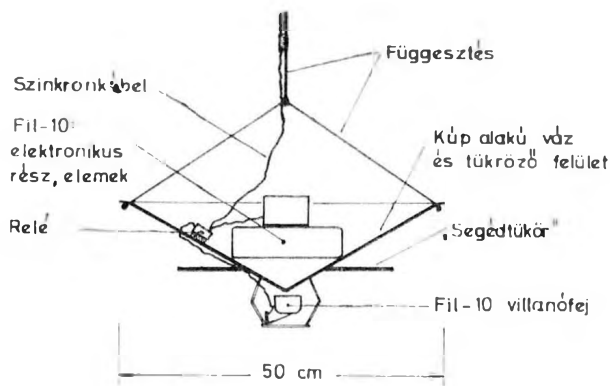
Ezeket a követelményeket a hazánkban *Szenthe* által meghonosított egyköteles ereszkedési rendszerhez kellett alkalmazni. Nem vitás ugyanis, hogy a zsombolymérések terén előttünk álló feladatot csak ezzel a korszerű technikával lehet gazdaságosan megoldani.

Fenti követelményeknek és megszorításoknak megfelelően a szelvényfelvételhez a következő elvi megoldást választottuk:

A szelvénybe fényforrást eresztünk le, amely megfelelő optikai rendszer segítségével vízszintes helyzetű fénysávot vetít ki. Ez a fénysáv vízszintes

1. ábra. A kísérleti mérésnél használt szelvényvilágító egység





2. ábra. A szelvényvilágító metszete

metszetet rajzol ki az üreg falán. Az ilymódon megvilágított szelvényt ugyancsak vízszintes helyzetű filmre képezzük le. Mivel a leképezés párhuzamos síkok között történik, a fényképen torzulásmentes szelvényrajzot kapunk.

A fotogrammetrikus zombolyszelvényezés csak ötlet volt egészen 1970. május elejéig. Kipróbálására a Vörös Meteor Hegymászó Szakosztályának akciója adott lehetőséget, melynek keretében a Vecsembüki-zsomboly újabb részeit is felfedezték.

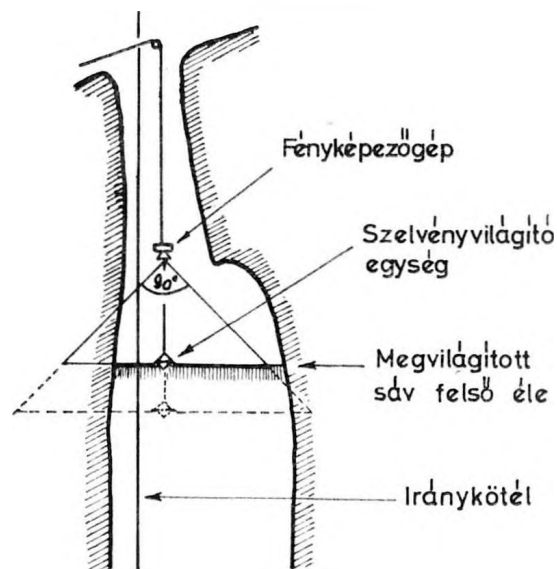
A szelvényvilágító egység összeállítása mindössze 5 órai munkát vett igénybe. Elkészítése, valamint a szinkronkábel csatlakozásának megoldása Kerti János műszerész érdeme. A berendezés vázát 50 cm alapkör-átmérőjű, 15 cm mélységű, alumíniumlemezből hajlított kúp képezi (1. ábra). Ennek alsó része szolgál (a ráerősített körgyűrű alakú lemezzel együtt) fényvisszaverő felületként. A megvilágítást Fil-10 típusú szárazelemes örökvakku (kulcsszám: 20 Din-es filmre kb. 12) szolgáltatja, ennek villanófeje a kúpot alulról világítja meg, másik egysége a kúp belsejében van, a kiegészítő szárazelemekkel együtt.

Az 50 cm átmérőjű váz kifejezetten a nagyméretű zombolyok méréséhez készült. A szelvényben levő, felülről fényképezett világító berendezés mérete adja ugyanis a szelvény léptékét, és ennek arányban kell állnia a zombolyszelvény nagyságával. (A Vecsembüki-zsomboly legfelső aknájának alaprajzi hossza 20 méter körüli érték az eddigi felmérések alapján). A köralaprajzú váz clipszissé torzulása a felvételen azt jelzi, hogy a fényképezőgép vagy a megvilágítás nem volt vízszintes helyzetben és egyben módot ad a szelvény transzformálással történő korrigálására.

A teljes keresztzelvény egyszerre való felvételéhez meg kell határoznunk a fényképezőgép és a megvilágítóegység távolságát. Ez a várható maximális szelvény méret és a használt objektív látószögének függvénye. Esetünkben (20 méteres legnagyobb szelvényhossz és Flektogon 4/20 objektív 92°-os

látószöggel) ezt a távolságot 10 méterre választottuk. Mint a 3. ábrán is látható, ez a szintkülönbség csak akkor biztosította volna a teljes rálátást, ha a leereszkedés a szelvény középpontjában történik. A Vecsembüki-zsombolynál azonban ezt nem lehet megoldani. Ez volt az egyik oka, hogy a kísérleti mérésnél a szelvényekből csak részletet sikerült felvenni. (A másik ok a használt villanófény-berendezés kis fénytéljesítménye volt.)

3. ábra. A mérés elve. A megvilágítási távolság és a látószög összefüggése



Igen lényeges a megvilágítás és a fényképezőgép szinkronjának megoldása. A csörlős leeresztési rendszernél a felvételek élességét (a drótkötél forgása miatt) csak pillanatszerű megvilágítással, célszerűen örkvakuval lehet biztosítani. Ha a gépet előre kinyitjuk és csak ezután villantunk, a felülről érkező szűrt fényű megvilágítás zavarhatja a felvétel kiértékelését. Nem is kényelmes a gépen kívül külön elsütőgombot kezelni.

A 10 méter hosszúságú szinkronkábel, annak túl nagy kapacitása miatt nem lehet közvetlenül a fényképezőgép „X” csatlakozójához kapcsolni. Ezért a szinkronkábel és a vaku közé relét iktattunk be. Kísérleti felvételek után kiderült, hogy ilyen szerelésnél az *Exa I.* a gép „B” zárállása villantja a vakut kellő időben.

A szelvény tájolhatóságához kézenfekvő lenne a fényképezőgépre merev vázzal felfüggesztett, külön fényforrással megvilágított iránytűt alkalmazni. Ennek képe így minden szelvényfotóra rákerülne és egyértelműen mutatná azok helyzetét. Előfordulhat azonban, hogy a drótkötél okozta forgást az iránytű csak késéssel egyenlíti ki. Ebben az esetben hibás lesz a szelvény tájolása. A géptől távol elhelyezett iránytű a szelvényfotón csak rövid irányvonalat ad, közeli helyzetben viszont az iránytű-ház képe eltakarhatja a megvilágított szelvény jelentős részét.

Mindezen hátrányok miatt elvetettük az iránytűs megoldást. Helyette a szelvénybe szabadon függesztett zsinórt alkalmaztunk („iránykötél”). Elképzelésünk az volt, hogy az ugyancsak szabad függésben leeresztett világítóegységnek és az iránykötélnek előre összemérhető relatív helyzete biztosítja majd a szelvény tájolhatóságát.

Ezzel az elrendezéssel egyben megoldódik az egyes szelvények egymáshoz viszonyított vízszintes helyzetének rögzítése is.

Biztosítani kell még a szelvények egymáshoz viszonyított magassági helyzetének (szintkülönbségének) szabályosságát is. A kísérleti mérésnél ezt úgy oldottuk meg, hogy a zomboly bejáratától a dolina mélypontjára vezető „felhúzópálya” mentén előre kimértük az 5 méteres távolságokat, és a leeresztést mindig megszakították, valahányszor a drótkötélre rögzített jel egy 5 méteres szakasz végére ért.

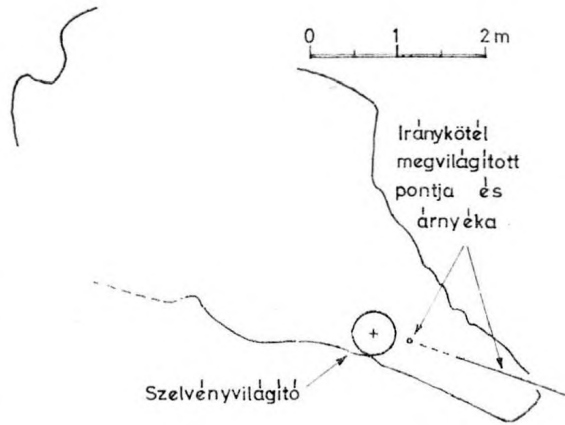
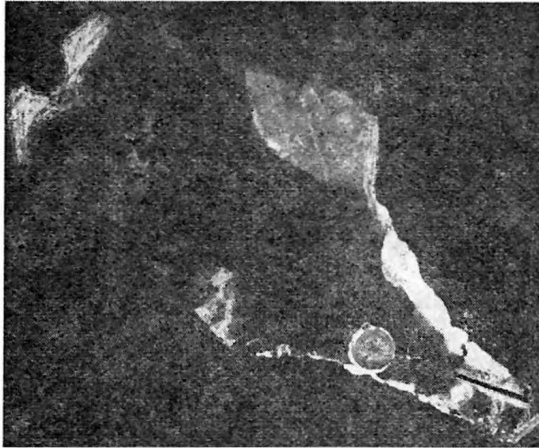
Magukat a szelvényfelvételeket a cikk írója készítette, a fényképezőgépet kézben tartva. A világító-rész/ karabíner erősítette a leeresztő heveder-üléshez. Az egyes megállások után a felvétel átlag mintegy 5 másodperc alatt elkészült, úgyhogy a leereszkedés alig vett igénybe hosszabb időt, mint a „sima” leszállások.

A megfeszített erővel folyó feltárási munkák kapcsán a zomboly felső aknájában csaknem folyamatos „közlekedés” zajlott. A kísérleti mérést ennek a forgalomnak alkalmi szünetében végeztük. Ilyen körülmények között természetesen nem jöhetett szóba a leereszkedési pont szabad megválasztása, hanem alkalmazkodni kellett a meglévő indítási helyhez, ahol az akna felső részén a kötél közvetlenül a fal mellett haladt.

Ebből következett, hogy a szelvényvilágító egység nem szabad függésben, hanem a falon sűrűlő, kényszerpályán haladt. Emiatt elveszett a szelvények tájolhatósága. Viszont az egymást 5 méteres közökkel követő szelvények alakja annyira hasonló volt, hogy az iránykötél dőléspontján egymásra illesztett szelvényeket egymáshoz képest nagy biztonsággal lehetett beállítani.

4. ábra. Leszállás előtt a Vecsembütki-zomboly szájánál



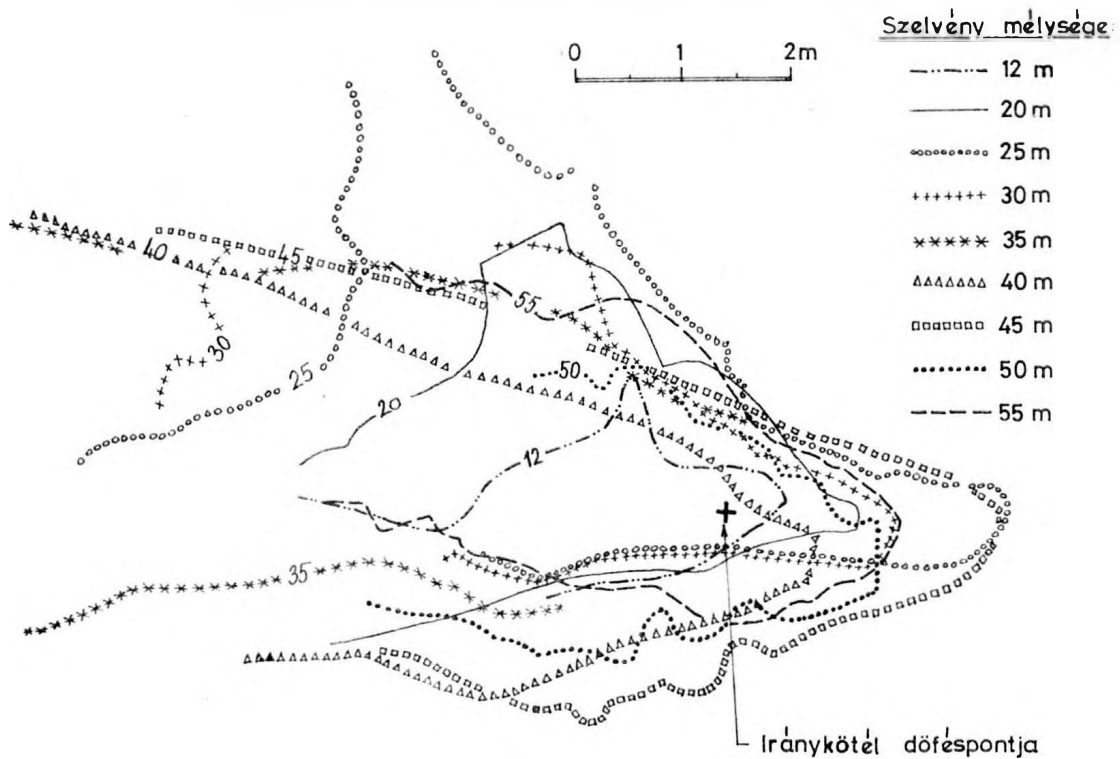


5. ábra. Szelvényfotó és szelvényrajz a Vecsembükki-zsomboly --35 m-es szintjéről

Az elkészült felvételek közül példaképpen bemutatjuk a Vecsembükki-zsomboly bejáratától számított --30 m-es szintjének fényképét, valamint az annak alapján készült szelvényrajzot (5. ábra). Az 5 m-ként készített szelvények egymáshoz viszonyított

alaprাজzi helyzetét a 6. ábra mutatja. E szelvény-sorozat alapján a leereszkedés környezetében a zsomboly legfelső aknájáról tetszőleges számú és irányú függőleges metszet készíthető.

6. ábra. Szelvényrészletek a leereszkedési pont környezetében



Mint látható, az alkalmazott technika kísérleti jellege dacára használható eredményt adott. A mérés hibáit a következőkben összegezzük, utalva arra, hogy a meglevő technikával miként lehet azokat kiküszöbölni:

1. *A világítóegység leeresztése kényszerpályán történt, a szelvények nem tájolóhatók abszolút értelemben.*

Megoldás: Két — egymástól független — iránykötelet kell alkalmazni. Így a világítóegységnek nincs szerepe a tájolásban. (Célszerű 7—8 milliméter vastag, világos színű iránykötelet használni).

2. *Nem sikerült teljes szelvényfotókat készíteni.*

Megoldás: A leereszkedés lehetőleg a szelvény közepetáján történjen. Nagyteljesítményű villanófejet kell használni, és a világítóegységet a fényképezőgéptől nagyobb távolságra kell leeresztetni, mint a méretek alapján kiszámítható minimális szintkülönbség.

3. *A szelvényeken — a zomboly lefelé való tágu-lása miatt — helyenként takarás látható.*

Megoldás: A felvételsorozatot a zomboly alján állványra állított, felfelé irányított fényképezőgéppel is rögzíteni kell.

Az alkalmazott technikát sokoldalúan lehet továbbfejleszteni. Ezzel kapcsolatban itt csak néhány ötletet vetünk fel, annak reményében, hogy ezek további, még tökéletesebb megoldásokat fognak eredményezni.

A fényerő növelése két úton lehetséges:

- A. Tökéletesebb fényvetítő felülettel
- B. Nagyobb teljesítményű villanócsövekkel.

ad A. Lényegesen jobb a fénykihasználás, ha parabola-tükröt használunk. (A kísérleti berendezésnél használt felület is a fél-parabola egyszerűsített alakja volt, amely ott a kellően stabil váz szerepét is betöltötte.)

Viszonylag kevés munkával elkészíthető világítóegység vázlatát adjuk a 7. ábrán. A felületet előre elkészített sablon körbeforgatásával pl. epokittből alakíthatjuk ki, és ezüstözéssel tehetjük tükröződővé.

(Az ezüstözés leírását bármely amatőrtávcső-építő barkácskönyvben megtalálhatjuk.) A peremen levő áttetsző műanyag-sáv a lökésálló és világítógyűrű szerepét tölti be.

ad B. A bemutatott szelvényfotón látható, hogy a megvilágítás a használt 27 DIN-es filmre 5 méter távolságban még kielégítő volt. A maximális szelvényméretből adódó megvilágítási távolság várhatóan csak kissé haladja meg a 10 métert, ami azt jelenti, hogy a jelenleg használnál kb. négyszer erősebb fényforrásra van csak szükség. A kereskedelemben kapható riportervakuk kulcsszáma 60 körüli (20 DIN-es filmre), ilyet építeni nem túl nehéz és ugyanakkor lényegesen olcsóbb is.

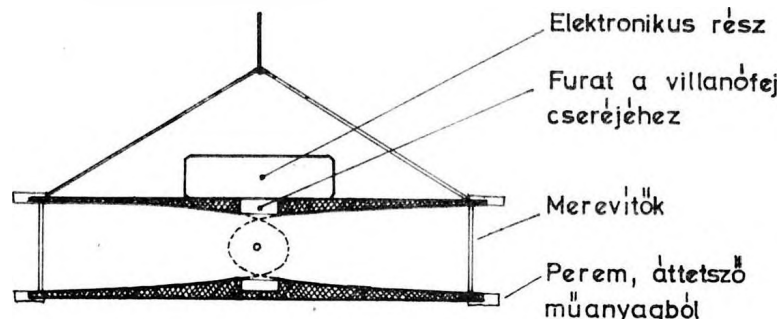
A szükséges négyszeres fényerő biztosan elérhető, ha ezüstözött parabolafelületet használunk két, Fil-10-hez hasonló erősségű villanócső keresztezett szerelésével (7. ábra). A kísérleti szelvényvilágító alumíniumfelülete ugyanis a fény jelentős részét diffúz módon verte vissza, és ezzel nagy fényvesztést okozott.

Ferde tengelyű (nem függőleges) aknák felvételére is felhasználható a kettős irányköteles módszer. Ilyenkor a két iránykötelet hágsófoghoz hasonló távolságtartóval egymáshoz rögzítjük és ferde helyzetben kifeszítjük. A kötelek azonos dőlésiránya és dőlésszöge kellő pontossággal bemérhető, tehát a szelvények relatív helyzete is megállapítható. A szelvényvilágító-egység ennél a megoldásnál a fal mellett is leereszthető.

Félautomata megoldást kínál a motoros fényképezőgépek alkalmazása (Leningrád, Robot; Bizományi Boltból!) Ezekkel kikapcsolható az ember személyes leereszkedése a szelvényfelvétel folyamán, így nagyobb figyelmet lehet fordítani a szelvények függőleges távolságának pontos betartására stb. Ferdetengelyű zombolyaknában mind a világítóegységet, mind a fotógépet a kifeszített irányköteleken, karabinerek segítségével, kényszerpályán csúsztathatjuk le. Ezzel jó centrális világítást érhetünk el és kellő beállítás esetén a kisfilmkocka alakját is maximálisan kihasználjuk.

7. ábra. A világítóegység forgási-parabola tükörrel  
A villanófej a közös fókuszba kerül

Keresztezett  
villanócső-pár



## IRODALOM

1. *KESSLER H.*: Barlangok mélyén.
2. *BERTALAN K.*: Barlangkutatás Szilice környékén. *Turisták Lapja* 1943. 26. oldal.
3. *DANCA J.*: A Nagy-Tolgyes orom víznyelő zombolya *Barlangkutatás* 1943. 293 old.
4. *KÓSA A.*: A zombolyakepződés kérdéseiről. *MKB Tájékoztató* 1964. 5–6 szám.
5. *MAUCHA L.—TÓTH J.*: Fotogrammetrikus módszer a barlangok keresztszelvényezésére. *Karszt- és Barlangkutatás* 1961. III. évf. 88. old.

## FOTOGRAMMETRISCHE PROFILVERFERTIGUNG IN SENKRECHTEN HÖHLEN

Der Verfasser löste die genaue Vermessung der senkrechten Höhlen mit Benützung der Fotogrammetrie. Das Prinzip der Methode zeigt die 3. Abbildung: den Umriss des waagrechten Profils der Höhle beleuchtet der ins Profil eingehängte Reflektor mit Blitzlicht und die Form des Lichtstreifen wird von oben aufgenommen. Die Einnordierung der Profile kann man mit Hilfe der beleuchteten Punkte der frei hängenden, oder schief gespannten und vorher eingemessenen „Richtungsseile“ machen.

Das bei der Versuchsmessung benützte Beleuchtungsmittel kann man auf den 1. und 2. Abbildungen sehen. Als Spiegelungsfläche diente die untere Seite des von einer Aluminiumplatte gebogenen Kegels. Die 5. Abbildung zeigt die mit dieser Methode gemachte Profilaufnahme, beziehungsweise deren zeichnerische Auswertung. Von den untereinander gezeichneten Profilen (6. Abb.) kann man senkrechte Profile in beliebiger Zahl machen. Die 7. Abbildung gibt die Skizze einer vollkommener Beleuchtungseinheit.

## Съемка вертикальных пещер с помощью фотограмметрических разрезов

Автор выполнил точную съемку вертикальных пещер (макт) с применением — фотограмметрических разрезов. Принцип метода показан на фиг. 3: контур горизонтального разреза освещается вспышкой с помощью спущенного до данного разреза рефлектора, и освещенный контур фотографируется сверху. Ориентировка производится по освещенным точкам свободно висящей или вытянутой под наклоном и заранее измеренной „ориентировочной веревки“.

Примененный осветитель показан на фиг. 1 и 2. Отражателем служила нижняя поверхность алюминиевого конуса. На фиг. 5. показано фото разреза, снятого таким методом, и интерпретация его в виде чертежа. Из разрезов зарисованных друг под другом, можно начертить любое количество вертикальных разрезов. На фиг. 7 показана схема более совершенного варианта осветителя.

## PROFILMEZURADO PER FOTOGRAMETRIO EN VERTIKALAJ GROTOJ

La aŭtoro solvis la precizan mezuradon de la vertikalaj grotoj per fotogrametria metodo. La principon montras la fig. 3. La konturon de la horizontala tranĉo de la ĝufro lumigas eklumanta lampo helpe de reflektoro pendita en la profilon, kaj la formo de la lumanta konturostrio estas fotografata de supre. La profilbildoj estas geografie orientebla helpe de lumigita punktoj de pli frue mezuritaj orientilaj ŝunregoj libere pendaj aŭ oblikve haŭlitaj.

La lumigilon uzitan ĉe la eksperimenta mezurado montras la fig. 1. kaj 2. Kiel spegulo funkciis la supra flanko de konuso kurbigita el alumina lameno. La fig. 5. montras la bildon fotografitan per tiu metodo kaj la desegnaĵon faritan surbaze de la fotografio. La profiloj desegnitaj unu sub la alian donas eblecon laŭplaĉe da vertikalaj profiloj desegni.

La fig. 7. montras skizon de lumigilo pliperfekta.

*A Vecsembükki-zomboly alján  
(Kunkovács László felv.)*

