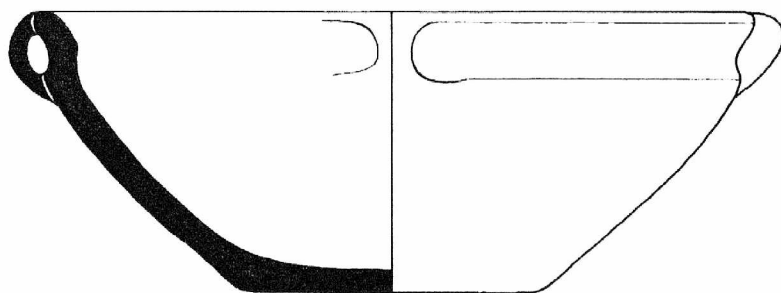


ARCHEOLOGICKÝ ÚSTAV AKADEMIE VĚD ČESKÉ REPUBLIKY V BRNĚ

# PŘEHLED VÝZKUMŮ 1992



BRNO 1996

# VYUŽITÍ JEDNOSNÍMKOVÉ FOTOGRAMMETRIE NA ZÁKLADĚ NEMĚŘICKÝCH SNÍMKŮ PRO DOKUMENTACI ARCHEOLOGICKÝCH NÁLEZŮ

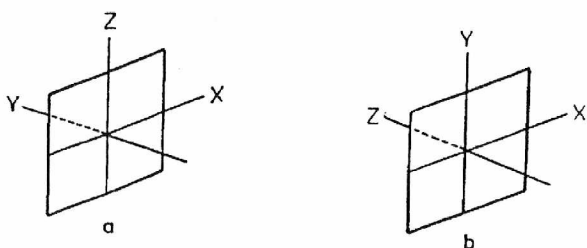
IVAN CULEK, lesnická fakulta MZLU BRNO

(Tab. 32)

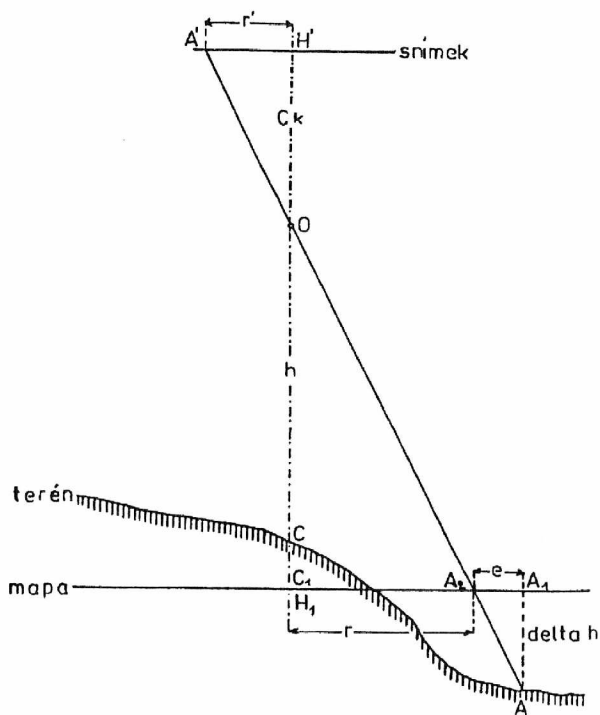
## Aplikace při dokumentaci profilu Předmostí u Přerova 1992.

V archeologické praxi se většinou dokumentují nálezy za použití jednoduchých pomůcek a čtvercové sítě. Při členitějších útvarech proto dochází k určitým nepřesnostem. Tato metoda je zdoluhavá a vyžaduje od dokumentátora určitou praxi a kresličskou zručnost. Využití jednosnímkové fotogrammetrie nám tuto činnost v terénu velice zrychlí a následně vyhotovený plán zpřesní. Výhodou uvedené metody je, že můžeme s odstupem času vyhodnotit snímek i z jiného hlediska. V tomto článku bych se chtěl krátce zmínit o výhodách výše jmenované metody oproti běžně používaným způsobům.

Co se týče orientace os záběru použitého fotoaparátu, můžeme při dokumentaci v terénu snímkovat svislé předměty s vodorovnou osou a vodorovné předměty se svislou osou záběru. Tyto dvě metody jsou schematicky znázorněny na obr. 7a a 7b. Před samotným snímáním musíme osadit snímkaný objekt vličovacími body a to tak, aby se na jednom snímku zobrazily minimálně 4 body. V případě, že není možné nasnímkovat objekt na jeden snímek, je zapotřebí, aby se nám z předchozích snímků vždy zobrazily minimálně dva vličovací body na následujícím snímku. Při samotném snímání se snažíme dodržet podmínku, aby osa záběru byla pokud možno kolmá na snímkaný objekt. Jestliže tuto podmínku nedodržíme, může se nám následně překreslení snímků poněkud zkomplikovat. Dále musíme brát v úvahu, zda je objekt převýšen ve směru osy záběru, neboť při středovém promítání dochází k tak zvanému radiálnímu posunu polohopisné situace zobrazené na snímku. Tento radiální posun si odvodíme na obr. 8. Jak víme, mapa je ortogonální průmět objektu do roviny; to znamená, že bod  $A$  se promítne do mapy jako bod  $A_1$ , kdežto při středovém promítání se promítne do bodu  $A_2$ . Vzdálenost bodů  $A_1, A_2$  je právě polohová odchylka zobrazeného bodu  $e$ . Z obrázku je patrné, že polohová odchylka je závislá na konstantě fotoaparátu  $Ck$ , na vzdálenosti  $h$  fotoaparátu od snímkaného objektu, na převýšení bodů snímkaného terénu  $\delta h$  a na radiální vzdálenosti bodů na snímku  $r'$ . Pokud se bude vyhodnocovaný objekt nacházet ve středu snímku, je polohové zkreslení nulové, viz bod  $C$ .



Obr. 7. Předmostí u Přerova. Souřadný systém snímku s vodorovnou osou záběru obr. a, se svislou osou záběru obr. b.



Obr. 8. Předmostí u Přerova. Odvození radiálního posunu.

Nyní si odvodíme maximální převýšení bodů v terénu pro takový případ, kdy na snímku radiální posun bodu by v terénu činil polohovou chybu  $\max e = \pm 2\text{cm}$ .

$r = 27\text{mm}$  pro snímek  $6 \times 6\text{ cm}$

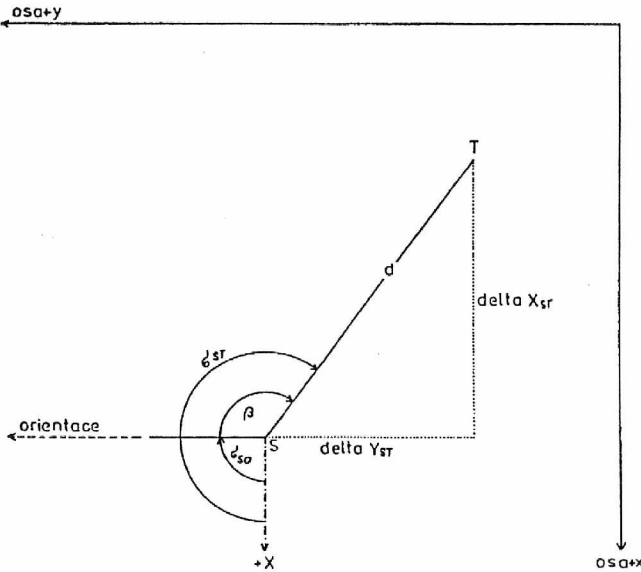
$C_k = 80\text{mm}$  (základní objektiv fotoaparátu Pentagon SIX)

Z podobnosti trojúhelníků  $A', H', O$  a  $A_2, A_1, A$  vyplývá:

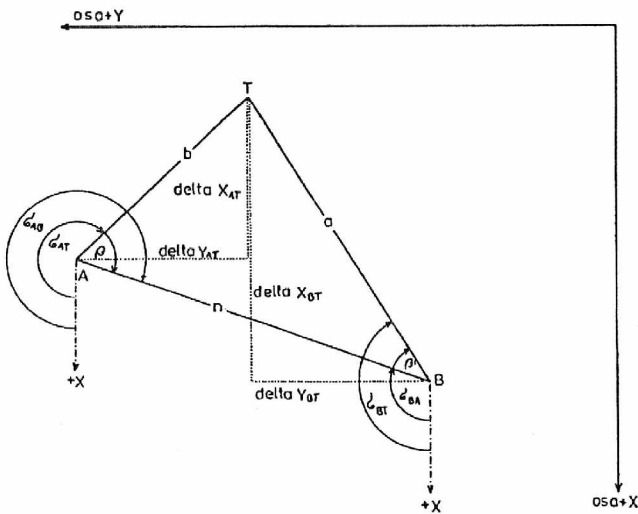
$$\Delta h = \frac{e \cdot C_k}{r'}$$

Po dosažení konkrétních hodnot se bude rovnat  $\Delta h \pm 5.9\text{ cm}$ .

Jak je z uvedeného vzorce patrné, je okrajová část snímku více zatížena radiálním posunem než část snímku nacházející se v blízkosti středu snímku  $H'$ . Proto je vhodné již při samotném snímkování uvažovat umístění snímkovacího objektu v hledáčku fotoaparátu. Pokud má snímkaný objekt větší převýšení než jsme si vypočítali, bude nutné snímky překreslovat po vrstvách, to znamená, že vličovací terče se umístí do několika výškových úrovní. Zkreslení snímku vlivem nedokonalé justáže objektivu ve výrobě, dále pak vlivem průhybu negativu ve fotoaparátu během snímkování a plošné nestability svitkového negativu zanedbáme, neboť tyto hodnoty se při velkých měřicích snímků, které se při tomto snímkování vyskytují, projeví většinou minimálně. Pro překreslení snímku do roviny a zvoleného měřítka potřebujeme znát souřadnice vličovacích bodů  $X, Y, Z$ . Tyto souřadnice získáme změřením polárních prvků, to jest vodorovné vzdálenosti  $d$ , horizontálního úhlu  $\beta$  a výškového úhlu  $\alpha$ . K tomu potřebujeme úhломěrné zařízení - teodolit. Dále se musíme rozhodnout, v jakém souřadném systému se souřadnice vličovacích bodů budou vyjadřovat. Postačí-li nám místní systém, zvolíme mimo snímkaný objekt stanovisko přístroje  $S$ , a stabilizujeme je dřevěným kolíkem. Dále určíme orientaci na nějaký význačný bod a od něj měříme vodorovné směry  $\beta$  postupně na všechny vličovací body, dále pak měříme pásmem vodorovné délky  $d$  od stanoviska přístroje k vličovacím bodům a výškové úhly  $\alpha$  (obr. 9). Z vodorovných délek  $d$  a výškových úhlů  $\alpha$  vypočítáme převýšení  $\Delta h$  podle vzorce  $\Delta h = \text{tg} \alpha \cdot d$ .



Obr. 9. Předmostí u Přerova. Souřadnice vličovacích bodů zaměřené polární metodou.



Obr. 10. Předmostí u Přerova. Souřadnice vličovacích bodů získané protínáním vpřed z měřených horizontálních úhlů.

Polohu vřícovacích bodů můžeme vynést pomocí úhloměru, ale výhodnější je vypočítat body v souřadnicích, neboť vynesení bodů ze souřadnic je daleko přesnější než pomocí polárních prvků. Souřadnice bodu vypočítáme následovně. Jako počátek souřadného systému si zvolíme stanovisko přístroje **S** a přisoudíme mu určité souřadnice, např.  $Y=100, X=100, Z=100$ . Nevolíme  $Y, X, Z$  nulové, a to proto, abychom výsledné souřadnice počítaných bodů neměli v záporných hodnotách. Do orientační strany **SO** vložíme směrník  $\sigma$   $90^\circ$  (100g). Připočítáme-li k výchozímu směrníku postupně vypočítané vodorovné úhly  $\beta$ , získáme směrníky  $\sigma$  na všechny počítané vřícovací body **T**. Násobíme-li vodorovnou délku sinem úhlu vypočítaného směrníku  $\sigma$ , získáme souřadnicový přírůstek **delta Y**, tutéž délku násobíme cosinem směrníku  $\sigma$  a dostaneme souřadnicový přírůstek **delta X**. Tímto postupem vypočítáme všechny hodnoty delta  $Y$  a  $X$  na všechny vřícovací body **T** a přičteme-li je k souřadnicím počátku souřadného systému **S**, získáme souřadnice  $Y$  a  $X$  vřícovacích bodů **T**. Ještě spočítáme souřadnice  $Z$  připočítáním hodnot vypočtených **delta h** k souřadnici  $Z$  počátku souřadného systému. V případě, že nemůžeme měřit vodorovné délky vlivem velkého převýšení, postačí měřit délky šikmé  $d_s$ , které přepočítáme na délky vodorovné  $d$  pomocí naměřených výškových úhlů  $\alpha$ :  $d = \cos \alpha \cdot d_s$ . Pro výpočet souřadnic vřícovacích bodů můžeme zvolit též metodu protínání vpřed z měřených vodorovných úhlů  $\beta, \beta'$  (obr. 10). Pro tuto metodu zvolíme vhodně základnu  $n$ , jejíž konce stabilizujeme kolíky, poté zaměříme na vrcholu **A** všechny vod. úhly  $\beta$ , a všechny výškové úhly  $\alpha$ . Poté se přesuneme na stanoviště **B** a zopakujeme měření vodorovných a výškových úhlů  $\beta', \alpha'$  na tomto bodě. V terénu ještě změříme vodorovnou vzdálenost základny  $n$  a převýšení konců základny. Jednotlivé vodorovné vzdálenosti z konců základny **A** a **B** pro výpočet delta  $Y$  a  $X$  vypočítáme podle sinové věty pro obecný trojúhelník:

$$\text{vod. vzdálenost } b = \frac{n \cdot \sin \beta'}{\sin (\beta + \beta')}$$

$$\text{vod. vzdálenost } a = \frac{n \cdot \sin \beta}{\sin (\beta + \beta')}$$

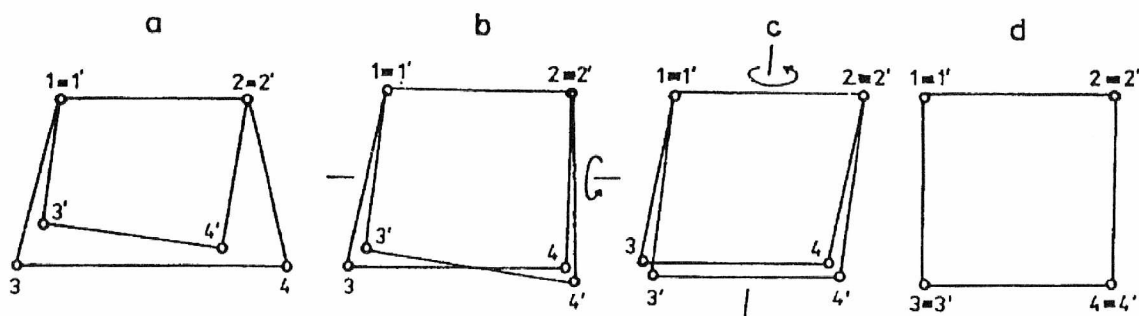
Směrníky stran **b** vypočítáme tak, že odečítáme od směrníku strany  $\sigma_{AB}$  postupně vod. úhly  $\beta$ , kdežto směrníky stran **a** vypočítáme,

přičteme - li k směrníku strany  $\sigma_{BA}$  vod. úhly  $\beta'$ . Výpočet delta  $Y, X, Z$  je již shodný jako v předešlém příkladě. Výhoda této metody je v tom, že máme kontrolu vypočtených souřadnic bodů **T**, neboť souřadnice vypočítané z bodu **A** se musí shodovat se souřadnicemi vypočtenými z bodu **B**.

V tomto okamžiku končí terénní práce a veškeré další zpracování se děje v kanceláři a fotokomoře. Vypočítané souřadnice vyneseme pomocí vynášecích trojúhelníčků nebo na milimetrový papír v takovém měřítku, v jakém bude výsledný fotoplán. Po vnesení vřícovacích bodů zjistíme rozdíl souřadnic v ose záběru a rozhodneme podle námi požadované přesnosti, po kolika vrstvách budeme překreslovat již vyvolané negativy. Pro překreslení každé vrstvy snímků je třeba minimálně 4 vřícovacích bodů, další body jsou kontrolní. Postup pro překreslení snímků je znám z jednosnímkové fotogrammetrie:

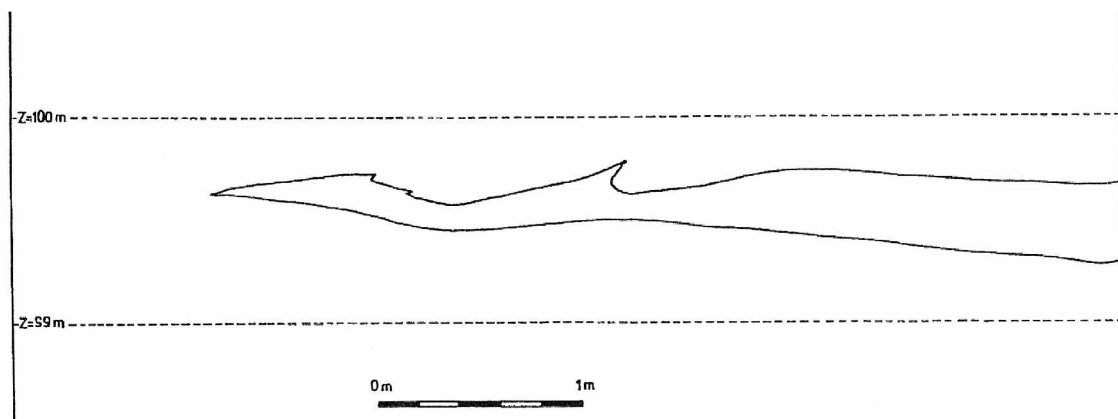
Negativ se vloží emulzí směrem dolů do zvětšovacího přístroje, na projekční desku vložíme papír s vnesenými body a zapneme světelný zdroj. Zvětšováním nebo zmenšováním měřítko projekce ztotožníme dva vřícovací body negativu  $1' - 2'$  s body  $1 - 2$  podkladu tak, aby dva zbývající body negativu ležely mezi totožnými body podkladu (obr. 11a). Otáčením projekční desky nebo negativu podle výchozí strany  $1 - 2$  prodloužíme protější stranu  $3' - 4'$  tak, aby se rovnala délce  $3 - 4$  (obr. 11b). Nakloněním projekční desky nebo negativu ve směru kolmém na výchozí stranu  $1 - 2$  docílíme rovnoběžnosti stran  $3' - 4'$  a  $3 - 4$  (obr. 11c). Posunutím snímku ve směru  $X$  a  $Y$  se dosáhne sjednocení bodů  $1', 2', 3', 4'$  snímku s body  $1, 2, 3, 4$  podkladu (obr. 11d). Při samotném překreslování se teprve pozná, jak byla dodržena podmínka kolmosti osy záběru na snímkový

objekt. Bude-li odchylka osy záběru od kolmé osy velká, může se stát, že nebudeme moci provést tak velký náklon buď hlavy zvětšovacího přístroje a nebo projekční desky a tudíž snímek je na obyčejném zvětšovacím přístroji nepřekreslitelný.



Obr. 11. Předmostí u Přerova. Schéma náklonu zvětšovacího přístroje při překreslování snímků.

Je zřejmé, že ztotožnění bodů 1, 2, 3, 4 a 1', 2', 3', 4' se nám nepovede na první pokus a proto celý postup několikrát opakujeme. Po dokonalém sjednocení vlícovacích bodů začleníme objektiv zvětšovacího přístroje, aby se nám zvětšila hloubka ostrosti, to znamená, že celý exponovaný a vyvolaný snímek bude v zájmové oblasti ostrý. Po překreslení všech zbývajících částí negativů přiložíme překreslené fotografie pod průsvitku, na které máme vyneseny všechny vlícovací body a sjednotíme posouváním fotografií vlícovací body snímků s průsvitkou. Po slepení snímků získáme fotoplán, který je zbaven zkreslení zapříčiněného středovým promítáním. Na průsvitku již můžeme obkreslit všechny nálezy, které nás zajímají a máme záruku, že vzájemná poloha zobrazených nálezů odpovídá skutečnosti.



Obr. 12. Předmostí u Přerova. Profil z bodů zaměřených pomocí teodolitu.

Tato metoda je vhodná pro hodně členité nálezy, jako například hroby, profily atd. Jako ukázkou přikládám vyhodnocený profil, který byl odkryt při archeologickém výzkumu v Předmostí u Přerova v roce 1992. Na obr. 12 je část profilu v měřítku 1:20, který byl zaměřen pomocí elektrooptického dálkoměru WILD, na tabulce 32 je tentýž profil vyhodnocen fotogrammetrickou metodou. Pověšiměte si patrného rozdílu profilu na obrázku 6 a tabulce 32.

## Literatura

BŘEZÁK, J.

- 1983: K použití pozemní fotogrammetrie v archeologii. Pam. Arch. LXXIV, 2.

ŠIMANA, M.

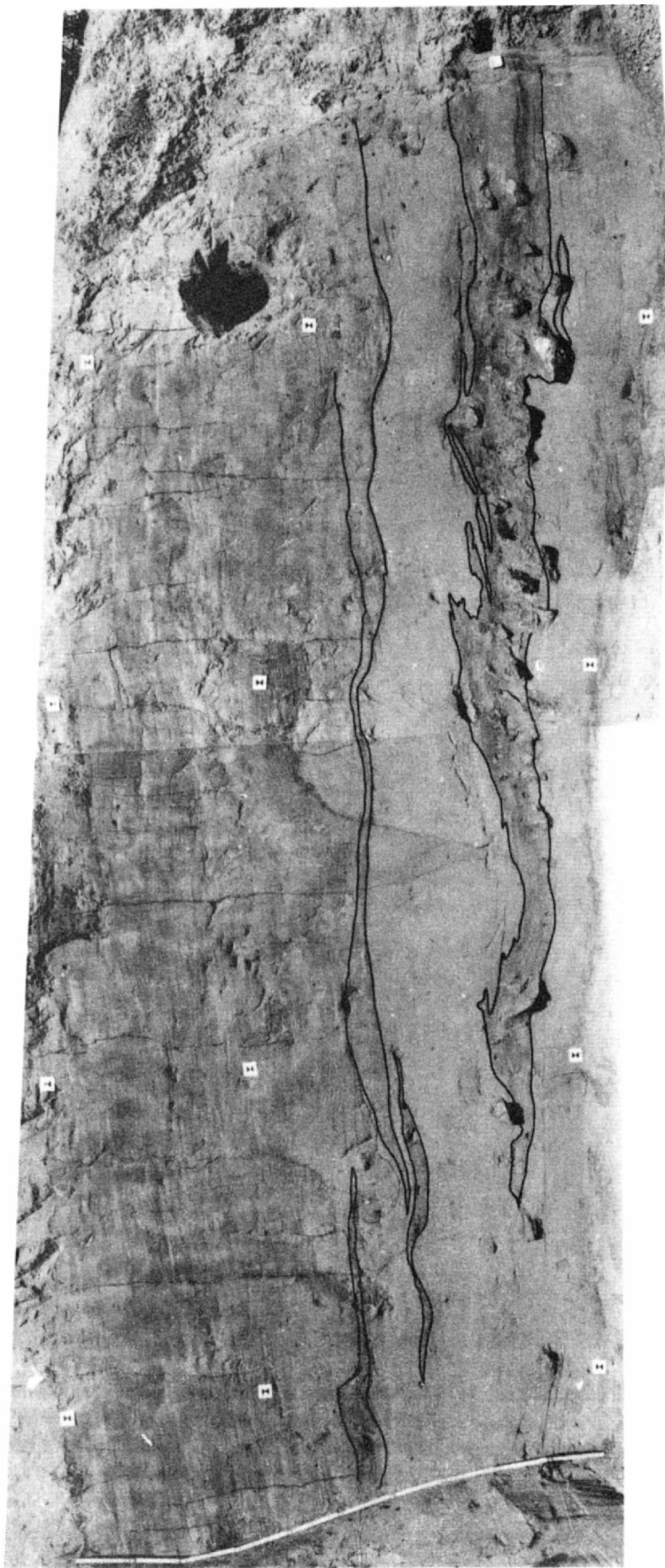
- 1971: Geodézie v archeologické praxi. Zprávy Československé Společnosti Arch., supplément 9, Praha.

GÁL, P.

- 1954: Fotogrammetria. Bratislava.

Im Jahre 1992 wurde in der bekannten archäologischen Lokalität Předmostí u Přerova ein Versuch unternommen, der zum Ziel hatte, die üblichen Messungsfeldarbeiten in komplizierten Verhältnissen durch eine einfache Methode der Einbildphotogrammetrie zu ersetzen. An der Fundstelle wurden um die aufzunehmenden Objekte einige Passpunkte errichtet und ihre Lage und Höhe geodätisch ermittelt; dann wurde die ganze Situation mit einem gewöhnlichen Photoapparat Pentagon SIX,  $f = Ck = 80\text{mm}$  photographiert. Die Photoaufnahmen wurden dann mittels eines Vergrößerungsapparates entzerrt, d.h. die auf dem Film abgebildeten Passpunkte wurden so projiziert, daß sie mit den auf der Unterlage in gewissem Maßstab aufgetragenen Passpunkten zusammenfielen. Nach Entfernung der Unterlage und deren Ersetzen durch das Photopapier wurde dieses belichtet und entwickelt. Es entstand so eine maßstabstreue Aufnahme mit allen Einzelheiten der abgebildeten Fundstelle. Bei größerem Ausmaß muß die photographierte Lokalität auf mehreren Aufnahmen abgebildet werden, die dann mittels der Passpunkte zu einem Photoplan zusammenmontiert werden.

Diese Methode ist besonders geeignet, falls es sich um ein flächenhaftes Objekt handelt. Sind die Einzelheiten räumhaft angeordnet, muß die Entzerrung nach Schichten erfolgen, da sich der Maßstab der verschieden entfernten Elemente danach ändert. Als Grenzfehler wird hier der Lagefehler in der Natur  $\pm 2\text{ cm}$  in Bedacht genommen. In den Abb. 6 und 7 wird ein direkt geodätisch gemessenes Profil mit einem von dem Photoplan abgeleiteten Profil verglichen.



Tab. 32. Předmostí u Přerova. Profil vrstev z fotopolánu.

Culek, Využití jednosnímkové fotogrametrie...str. 112-116

## PŘEHLED VÝZKUMŮ 1992

Vydává:	Archeologický ústav AV ČR Brno Královopolská 147, 612 00 Brno
Odpovědný redaktor:	Dr. Jaroslav Tejral
Redakce:	Dr. Lumír Poláček, Marie Cimflová
Překlady:	Dr. Hochmanová-Vávrová
Jazykové úpravy:	Dr. Wolfgang Ender
Kresby:	autoři příspěvků
Na titulním listě:	keramická mísa z Otnic
Tisk:	Tiskárna Gloria, Rosice u Brna
Evidenční číslo:	ÚVTEI-73332
Vydáno jako rukopis:	450 kusů