

2

VOJENSKÝ
TOPOGRAFICKÝ
OBZOR



1955

VOJENSKÝ TOPOGRAFICKÝ OBZOR

ČASOPIS MINISTERSTVA NÁRODNÍ OBRANY

ROČNÍK DRUHÝ

Číslo 2

1955

Inženýr nadporučík Ing. Ivan Stožický

Studie aerotriangulace na multiplexu

Prudký vývoj fotogrammetrie, zvláště pak letecké, její praktické využití a zavedení při výrobě nových map je odrazem řady předností vyplývajících ze samé podstaty fotogrammetrie. Ve srovnání s klasickým měřením se při použití fotogrammetrie práce v terénu značně omezí a jak známo, čím méně prací je v terénu, tím je mapa levnější a tím rychlejší je její vyhotovení. Přestože se v letecké stereofotogrammetrii situace a vrstevnice kreslí na universálních strojích, zůstává ještě řada prací, které je nutno vykonat v terénu. Je to klasifikace leteckých snímků, při níž se znázorňují do snímku údaje, které sám letecký snímek nemůže dobře poskytnout. Dále je zapotřebí doměřit místa, která při vyhodnocování nemohla být zpracována, a konečně je to pořízení geodetického podkladu, t. j. zaměření vřícovacích bodů. Při snaze omezit polní práce na minimum, hledají se způsoby a prostředky, jak toho dosáhnout. Jedním takovým prostředkem je určení vřícovacích bodů aerotriangulací.

Aby bylo zjištěno, bylo-li by možno aerotriangulací na multiplexu určovat vřícovací body pro mapování v měřítku 1:25 000, byla provedena na VTA AZ diplomní práce, o které bude dále pojednáno. Cíle, které byly v práci sledovány, je možno formulovat v těchto bodech:

1. zjistit na základě daných bodů růst systematických chyb při vytváření modelu;

2. vyzkoušet a ověřit různé způsoby vyrovnání, co do přesnosti a hospodárnosti;

3. zjistit, je-li možno zkrácením délky řady zpřesnit určování prostorových souřadnic bodů;

4. provést porovnání v použití normálních a širokoúhlých projektorů.

K provedení práce byl k dispozici přístroj multiplex, který je dostatečně znám, takže od jeho popisu je možno upustit.

Před provedením vlastních aerotriangulací na multiplexu byl přístroj přezkoušen a seřízen v těchto pracovních etapách:

a) urovnání skleněné desky stolu, aby její odchylky od vodorovné roviny byly menší než 0,1 mm;

b) prověření měřického stolečku, aby kartovací jehla byla centricky umístěna pod měřicí značkou;

c) centrování hlavního bodu na podložném sklíčku projektoru, aby se hlavní bod ztotožnil s optickou osou projektoru;

d) zjištění obrazové vzdálenosti u všech projektorů;

e) přezkoušení kolmosti vodidel složek by a bz;

f) závěrem byl multiplex přezkoušen provedením aerotriangulace s použitím mřížky.

Práce byla vykonána jednak na normálním, jednak na širokoúhlém multiplexu. Pro studii na normálním multiplexu bylo k dispozici 10 normálních snímků v měřítku 1:18 000, kopcovitého terénu, pokrytého z 20 % lesy, s vyznačenými geodeticky určenými body, které při studiu aerotriangulace sloužily k určení růstu systematických chyb a po vyloučení systematických chyb ke stanovení zbytkových a středních chyb. Pro širokoúhlý multiplex bylo dáno 8 snímků v měřítku 1:15 000 z téhož prostoru.

Pro práci na normálním multiplexu bylo vypočteno optimální měřítko vyhodnocování s přihlédnutím k optimální výšce objektivů projektorů nad měřicí destičkou, která činí 35 cm, a k délkám základen, aby nejkratší základna celé snímkové řady neklesla pod 9,5 cm v optimálním měřítku, což je mez přiblížení dvou normálních projektorů na nosníku. Určené optimální měřítko bylo 1:10 000.

Vzájemnou orientaci první snímkové dvojice byl získán model terénu, který po absolutní či geodetické orientaci zaujal správnou polohu v prostoru, vzhledem k podkladu. Model první dvojice byl vytvořen metodou nezávislých snímků. Pořadovým připojováním dalších snímků řady byl rekonstruován model celého terénního pásu. Vzájemná a absolutní orientace metodou nezávislých snímků a metodou pořadového připojování jsou známe úkony letecké fotogrammetrie a nebudou tudíž na tomto místě znovu probírány.

Výšky určených bodů byly odečítány z prvního modelu, ze sousedního modelu a posléze i v trojnásobném překrytu při zvýšeném stereoeffektu. V každém modelu byla na témže bodě provedena 4 čtení na výš-

kové stupnici stolečku. Svitící měřická značka byla ve všech modelech při nastavování vedena zdola. Na konci řady v devátém modelu byly zaznamenány rozdíly mezi výškami modelu a výškami určenými geodeticky. U kontrolního bodu při horním okraji řady byl rozdíl (správná výška minus výška měřená) — 19 m, při dolním — 37 m. Z rozdílů je patrné, že model se zvýšil a nastalo zkroucení modelu. Rozdíly v situaci byly na konci modelu značné. U kontrolního bodu při horním okraji řady: $\Delta y = 40,5$ m, $\Delta x = 57,0$ m, při dolním: $\Delta y = 42,5$ m, $\Delta x = 37,0$ m.

Stejným způsobem jako v prvním případě byla provedena aerotriangulace téže řady, tentokrát však od konce řady k jejímu začátku. V posledním modelu byly zjištěny tyto rozdíly ve výškách: u kontrolního bodu při horním okraji řady — 88 m a při dolním — 111 m. Rozdíly v situaci na konci modelu u kontrolního bodu při horním okraji: $\Delta y = 6,5$ m, $\Delta x = 5,0$ m, při dolním: $\Delta y = 7,3$ m, $\Delta x = 8,0$ m.

Pro studii aerotriangulace na širokoúhlém multiplexu byla provedena aerotriangulace ve snímkové řadě v počtu 8 snímků ve směru tam a ve směru zpět. Optimální měřítko bylo 1:10 000 při optimální výšce objektů projektorů 30 cm a minimální mezi přiblížení dvou projektorů 14,0 cm. Obě aerotriangulace směru tam a směru zpět byly provedeny stejným způsobem jako aerotriangulace na normálním multiplexu. Při směru tam byly zaznamenány rozdíly ve výškách: u horního bodu — 120 m, u dolního — 95 m na konci řady. Při směru zpět byly tyto rozdíly: u horního bodu: — 123 m, u dolního — 117 m. Rozdíly v situaci při aerotriangulaci směru tam u horního bodu: $\Delta y = 42$ m, $\Delta x = 41$ m, u dolního bodu: $\Delta y = 31$ m, $\Delta x = 33$ m, při směru zpět u horního bodu: $\Delta y = 22$ m, $\Delta x = 9$ m u dolního: $\Delta y = 31$ m, $\Delta x = 19$ m.

Jako při jiných měřeních, tak i při aerotriangulaci se mohou vyskytovat chyby systematické a nahodilé. Systematické chyby mají svůj původ v nedokonalosti přístrojů. Projevují se jako chyby podélného sklonu, ať už stejného nebo opačného smyslu, dále jako chyby příčného sklonu a pro svůj systematický ráz mají převážný podíl na značných rozdílech v poloze bodů na konci řady.

Z hlubšího studia chyb aerotriangulace vycházejí způsoby vyrovnání výšek v celém modelu, na základě kontrolních bodů na konci řady, po případě i uprostřed řady. Ještě než budou popsány jednotlivé způsoby vyrovnání, kterých bylo použito, je nezbytné předeslat, že označení „vyrovnání“ není zde správné, spíše by se mělo hovořit o eliminaci systematických chyb, ale v daném případě jde o ustálené již označení, kterého budeme i v rámci tohoto popisu nadále používat.

Vyrovnaní dlouhých řad normálního a širokouhlého multiplexu směru tam a směru zpět bylo uskutečněno

1. podle Grubera [1];
2. analytickým vyrovnaním [2];
3. graficko-analytickým vyrovnaním [2];
4. opticko-mechanickým vyrovnaním [2];

Rovnice oprav podle Grubera zní:

$$\Delta h_i = c_1 s_i^2 + c_2 s_i q_i \quad (1)$$

Obsahuje kvadratický člen $c_1 s_i^2$, který předpokládá kvadratický růst rozdílů ve výškách s délkou řady s a člen $c_2 s_i q_i$, který zachycuje kroucení modelu. Pro kontrolní dva body na konci řady D, E (obr. 1) byly sestaveny rovnice (1), z kterých byly vypočteny konstanty c_1 a c_2 při známém Δh obou bodů. Odměření souřadnic s_i a q_i pro každý určovaný bod a dosazením do rovnice (1) byla vypočtena oprava Δh_i každého určovaného bodu. Úsečky s odměřují se na ose úseček, která je dána jako vyrovnávací přímka poligonového pořadu, vytvořeného projekcemi hlavních bodů snímkových na vřícovací podklad, při čemž počátek úseček leží v patě kolmice spuštěné z těžiště T trojúhelníku ABC na osu úseček.

Při analytickém vyrovnaní se předpokládá, že je model vytvořený snímkovou řadou deformován ve tvaru hyperbolického paraboloidu, takže opravy Δh_i lze vyjádřit rovnicí

$$\Delta h_i = AX_i^2 + BX_i Y_i + CY_i + DX_i + Z_0 \quad (2)$$

Je-li dáno geodeticky 5 bodů $M_1 \dots M_5$, můžeme vypočítat $\Delta h_1 \dots \Delta h_5$, a odměříme-li v místní soustavě souřadnice bodů $M_1 \dots M_5$ $X_1, Y_1 \dots X_5, Y_5$ (obr. 2), můžeme vypočítat z pěti rovnic koeficienty A, B, C, D a neznámou Z_0 a pak do rovnice oprav (2) dosazovat souřadnice X, Y jednotlivých bodů určených aerotriangulací a vypočítat pro ně opravy Δh_i .

Při analytickém vyrovnaní popsaném v Skiridovově učebnici [2], klade se počátek souřadnicové soustavy do bodu M_1 a osa X prochází body M_1 a M_4 (obr. 3). Řeší tedy 4 rovnice pro výpočet koeficientů z bodů M_2, M_3, M_4, M_5 . Posunutí počátku a tedy osy X doprostřed řady (obr. 3) a připojení pátého členu Z_0 bylo provedeno proto, aby se otáčení modelu kolem osy X při vyrovnaní dalo kolem spojnic hlavních bodů, což bylo považováno za správnější. Člen AX^2 opravuje prohnutí modelu; člen BXY opravuje zkroucení modelu kolem osy X, členy CY a DX jsou otáčení kolem os X a Y, člen Z_0 představuje redukci všech výšek k počátku 0.

Graficko-analytické vyrovnání je obdobné analytickému či početnímu vyrovnání. Početní způsob je graficky rozložen na tři grafy oprav (obr. 4), t. j. graf otočení modelu (obr. 4a) kolem osy X a Y, graf zkroucení modelu (obr. 4b), kde spojnice míst stejných oprav jsou hyperboly odpovídající vztahu $\delta h = BXY$ a konečně graf prohnutí modelu (obr. 4c) ze vztahu $\sigma h = AX^2$. Po přiložení těchto grafů sestrojených na průsvitce na podklad s vyznačenými body byly odečteny ze všech grafů opravy Δh_i pro všechny určované body a přičteny k výškám zjištěným při aerotriangulaci.

Střední chyby vypočtené ze zbytkových chyb dlouhých řad na normálním multiplexu se pohybovaly kolem $\pm 2,5$ m po analytickém a graficko-analytickém vyrovnání a kolem ± 4 m po Gruberově vyrovnání. Na širokouhlém multiplexu byly střední chyby poněkud větší ± 3 až ± 5 m po analytickém a graficko-analytickém vyrovnání.

Polohové vyrovnání provádí se lineárním rozdělením situačních rozdílů zjištěných u koncových kontrolních bodů aerotriangulace. K tomu byly rozděleny určované body na tři druhy, a to na body ležící při horním okraji řady, body ležící podél spojnic hlavních bodů a body podél dolního okraje snímkové řady. Horní řada určovaných bodů byla situačně opravena o hodnoty získané z lineárního vyrovnání podle rozdílu u kontrolního bodu při horním okraji řady, dolní řada podle kontrolního bodu při dolním okraji řady a body uprostřed řady podle průměru rozdílu obou kontrolních bodů. Bylo vyzkoušeno i kvadratické vyrovnání jedné řady normálního multiplexu, avšak s horším výsledkem. Střední chyby v poloze bodu po lineárním vyrovnání měly velikost ± 5 až ± 7 m.

Po této zkoušce byl sledován růst střední výškové chyby v závislosti na délce snímkové řady. Zbytkové chyby pro řady různé délky byly po analytickém vyrovnání znázorněny graficky, aby mohl být sledován jejich růst a kolísání. Rozborem grafů nebyla zjištěna zřetelná závislost zbytkové chyby na vzdálenosti určovaných bodů od počátku řady. Na jedné z aerotriangulací bylo provedeno analytické vyrovnání po třech, pěti a sedmi modelech. Zjištěné střední chyby byly $\pm 1,6$ m, $\pm 2,2$ m, $\pm 2,0$ m, střední chyba celé řady $\pm 2,3$ m. Tyto výsledky vyrovnání téže řady, postupně zkrácované, ukázaly, že zkrácením řady nelze dosáhnout v daném případě podstatného snížení střední chyby.

K ověření, že nelze podstatně snížit velikost střední chyby zkrácením délky řady, a aby mohlo být vyzkoušeno a zhodnoceno opticko-mechanické vyrovnání, byly provedeny další zkrácené řady. Dlouhá řada normálních snímků byla rozdělena na tři části a řada snímků širokouhlých na dvě části. Bylo tedy uskutečněno pět samostatných aerotriangulací s eliminací systematických chyb metodou analytickou a opticko-mechanickou.

Opticko-mechanický způsob vyrovnání popsany v učebnici Skiridovově [2], má nahradit pracné výpočty při analytickém způsobu a konstrukce grafů při graficko-analytickém způsobu. Při opticko-mechanickém způsobu vyrovnání postupuje se ve třech pracovních etapách. V první části se změnou polohy nosníku otočí celý model, aby byly odstraněny rozdíly ve výškách na bodech M_1, M_2, M_3 (obr. 2). Ve druhé části se rozdíl u bodu M_4 , který udává zkroucení modelu, odstraní příčným sklonem, který se lineárně rozdělí na všechny projektory kromě prvního. V poslední fázi se odstraní prohnutí modelu, zjištěné z rozdílu ve výšce u bodu ležícího uprostřed řady. Toto prohnutí se opraví změnou základnových složek bz projektorů nalevo a napravo od středu se čtvercem vzdálenosti.

Střední chyby v dalších zkrácených řadách na normálním multiplexu po analytickém vyrovnání byly $\pm 2,6$ m, $\pm 2,4$ m, a $\pm 2,5$ m. Potvrdil se očekávaný předpoklad, že střední chyba se zkrácením řady nezmění. U širokoúhlehého multiplexu střední výškové chyby po analytickém vyrovnání byly větší a měly hodnoty u první zkrácené řady $\pm 2,9$ m, u druhé $\pm 3,0$ m. Zjištěné střední chyby po opticko-mechanickém vyrovnání značně kolísaly a dosáhly hodnoty $\pm 4,5$ m. Bylo-li prohnutí modelu nepatrné, blížila se velikost střední chyby po opticko-mechanickém vyrovnání střední chybě po analytickém vyrovnání hodnotou $\pm 2,5$ m.

Polohové vyrovnání zkrácených řad bylo opětně provedeno lineárním rozdělením situačních rozdílů koncových kontrolních bodů. Střední chyby v poloze bodu měly velikost ± 4 m až ± 6 m.

K ocenění jednotlivých způsobů vyrovnání je možno učinit tyto závěry:

1. Gruberovo vyrovnání, vycházejíc z uvedeného vztahu $c_1s^2 + c_2sq = \Delta h$, předpokládá kvadratický růst rozdílů výšek Δh s délkou řady. Z provedených aerotriangulací bylo zjištěno, že rozdíly ve výškách nerostly vždy se čtvercem délky řady, protože někdy nahodilé chyby převáží chyby systematické. Při aerotriangulaci dlouhé řady směru tam byl růst rozdílů přibližně lineární. Aerotriangulace téže řady směru zpět ukazovala naopak na kvadratický růst rozdílů ve výškách s délkou. To se projevilo i na velikosti střední chyby $m = \pm 4,7$ m při směru tam a $m = \pm 3,5$ m při směru zpět, přestože zvednutí modelu u této řady na konci pásu bylo 100 m proti zvýšení modelu o 30 m při směru tam. Tedy v takových případech, kde rozdíly ve výškách nerostou se čtvercem délky, Gruberovo vyrovnání selhává. Nelze však přehlédnout, že výpočet oprav u jednotlivých bodů je v tomto případě rychlý a snadný.

2. Analytickým vyrovnáním v rámci provedených aerotriangulací bylo dosaženo nejlepších výsledků. Střední chyby po analytickém vyrovnání ležely v mezích, které jsou dány výkonností přístroje. Přednosti tohoto vyrovnání

je, že se opírá o kontrolní bod uprostřed řady, kterým se vyloučí i prohnutí modelu. Na výsledek nemá vliv, rostou-li rozdíly ve výškách lineárně nebo kvadraticky se vzdáleností od počátku řady. Srovnání tohoto analytického vyrovnání s vyrovnáním podle Grubera ukazuje, že analytické vyrovnání je přesnější, co do výpočtu však složitější.

3. Graficko-analytické vyrovnání, jak již bylo uvedeno, je obdobné analytickému vyrovnání. Střední chyby graficko-analytického vyrovnání vyšly nápatrně větší než střední chyby analytického vyrovnání. Sestrojení grafů oprav je časově stejně náročné jako výpočet při analytickém vyrovnání.

4. Při opticko-mechanickém způsobu vyrovnání projevilo se kolísání střední chyby v závislosti na velikosti prohnutí modelu. Při podrobnějším rozboru změn modelu zavedením zvýšení projektorů, t. j. změny složky b_z , byla zjištěna různost výšek odečtených na rozhraní levého a pravého modelu. Zavede-li se podélný sklon, aby různost odečtených výšek byla odstraněna, přestává vyrovnávací křivka sledovat parabolické prohnutí modelu, zvláště při větším počtu projektorů.

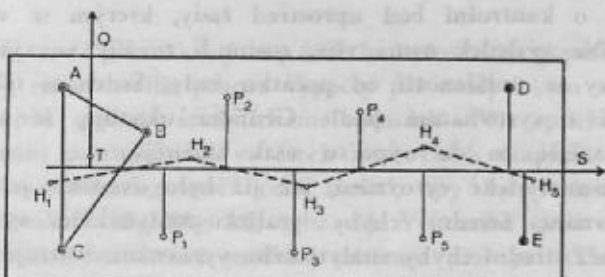
Při srovnání normálního a širokoúhlého multiplexu podle výsledků dosažených u provedených aerotriangulací bylo zjištěno, že střední chyby na širokoúhlém multiplexu byly v daném případě větší proti normálnímu multiplexu. Toto zhoršení bylo způsobeno méně jasnými modely, ze kterých byly vyhodnocovány určované body. Neostrost a nejasnost promítnutých obrazů zavinila špatné pozorování vertikální paralaxy při jejím odstraňování. Všechny tyto okolnosti překonaly theoretické úvahy o příznivějším protínání odpovídajících si paprsků, takže výsledek byl na širokoúhlém multiplexu opačný než očekávaný. Na druhé straně je třeba uvážit, že na překlenutí téhož územního pásu je třeba méně širokoúhlých snímkových dvojic než normálních snímků. V případě provedených aerotriangulací v měřítku 1:10 000 překlenulo 8 modelů normálního multiplexu územní pás v délce 7 km, kdežto 7 modelů širokoúhlého multiplexu 11 km. Je pravděpodobné, že by se dosáhlo lepších výsledků při použití sovětských širokoúhlých multiplexů s dokonalým širokoúhlým objektivem.

Hlavním cílem tohoto článku bylo ukázat, že existují různé způsoby pro eliminaci nevyhnutelných systematických chyb, a poukázat na relativně velmi dobré výsledky dosažené při analytickém vyrovnání. Dá se očekávat, že získané poznatky se uplatní i při aerotriangulacích prováděných na univerzálních strojích.

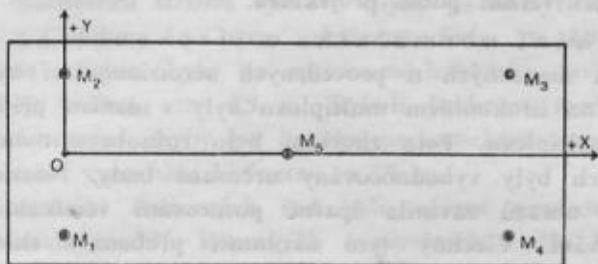
Literatura:

(¹) Gruber: „Beitrag zu Theorie und Praxis von Aeropolygonierung und Aeronivellement“. Bildmessung und Luftbildwesen, 1935.

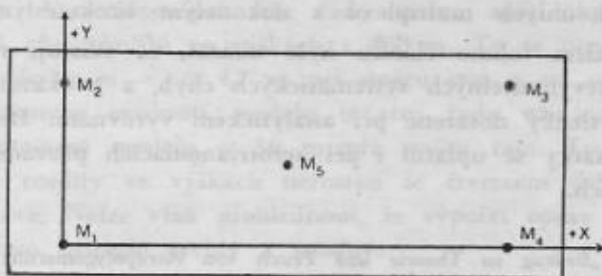
(²) A. S. Skiridov: „Stereofotogrammetrie“, Moskva 1951.



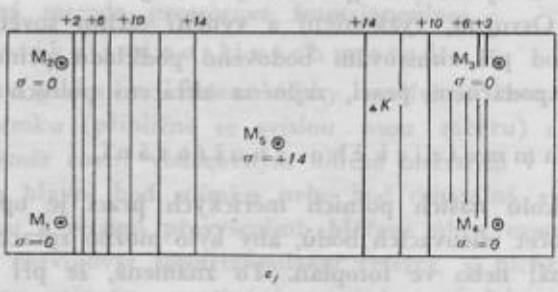
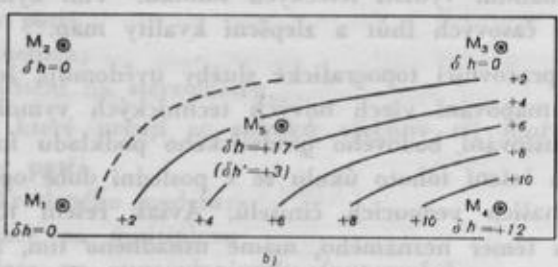
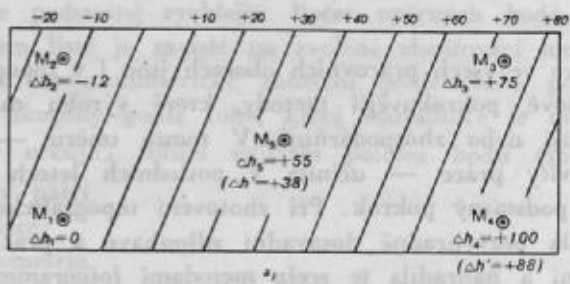
Obr. 1.



Obr. 2.



Obr. 3.



Obr. 4.

Zhušťování geodetického podkladu fotogrammetrickými metodami při mapování v měřítku 1:25 000

Podobně jako ve všech pracovních oborech jsou i v topografickém mapování hledány nové, pokrokovější metody, které výrobu mapy zkvalitňují, zrychlují, ulehčují nebo z hospodárňují. V tomto směru — na cestě zvyšování produktivity práce — učinila v posledních letech vojenská topografická služba podstatný pokrok. Při zhotovení topografické mapy měřítko 1:25 000 opustila bezvýhradně dosavadní zdoluhavé a pracné metody klasického mapování a nahradila je zcela metodami fotogrammetrickými, založenými na maximálním využití leteckých snímků. Tím bylo dosaženo podstatného zkrácení časových lhůt a zlepšení kvality map.

Současně si pracovníci topografické služby uvědomují, že je nutno ještě více využívat v mapování všech nových technických vymožeností, a to se zejména týká zhušťování bodového geodetického podkladu fotogrammetrickými metodami. Na řešení tohoto úkolu se v poslední době oprávněně soustřeďuje pozornost našich vedoucích činitelů. Avšak řešení tohoto problému, donedávna u nás téměř neznámého, máme usnadněno tím, že máme k dispozici zkušenosti a výsledky nejpokročilejší fotogrammetrie světa, fotogrammetrie sovětské. Osvojení, vyzkoušení a využití těchto sovětských fotogrammetrických metod při zhušťování bodového podkladu přinese našemu mapování další z hospodárnění prací, zejména zkrácení polních prací.

Účel fotogrammetrického zhušťování.

Jedním z úkolů našich polních měřických prací je opatřit pro každý snímek takový počet vřícovacích bodů, aby bylo možno zpracovat tyto snímky v měřický originál nebo ve fotoplán. To znamená, že při předpokládaném hotovení mapy některou stereofotogrammetrickou metodou (t. j. diferencovanou nebo universální) je nutno zaměřit na každé stereoskopické dvojici 4 až 6 bodů a při zhotovení mapy metodou kombinovanou — na každém druhém snímku 4 body. Při použití první metody zaměřujeme tedy pro každý list mapy 1:25 000 34 až 52 bodů při měřítku snímků 1:25 000 a 55 až 87 bodů při měřítku snímků 1:18 000. Při kombinované metodě zaměřujeme pro list mapy průměrně 23 vřícovacích bodů pro překreslení snímků.

Je však možný i jiný způsob, jak získat bodový podklad pro jednotlivé snímky: zaměříme v terénu vřícovací body (t. zv. opěrné body) jen na některých snímcích, t. j. podstatně nižší počet bodů, avšak volených na vhodných místech, a ostatní vřícovací body na všech snímcích získáme v potřebném množství fotogrammetrickými metodami. Takto získané vřícovací body nejsou sice vždy tak přesné jako měřené v terénu, avšak pracovní postup je podstatně rychlejší. Počet opěrných bodů a jejich rozložení na mapovém listě je závislé na zvolené zhušťovací metodě.

Metody pro fotogrammetrické zhuštění geodetického podkladu můžeme rozdělit na tři skupiny podle toho, které souřadnice je možno určit:

1) Metody určující toliko situační polohu bodů (souřadnice x , y).

Do této skupiny patří

fototriangulace;

fotopolygonometrie.

2) Metody určující toliko výšky (souřadnice z).

Do této skupiny patří

přímková metoda;

výškové zhuštění na stereometru.

3) Metody které určují ze snímků všechny tři souřadnice (x , y , z).

Do této skupiny patří

metoda neskresleného modelu;

aerotriangulace na multiplexu;

aerotriangulace na stereoplanigrafu (autografu);

diferencovaná metoda prostorové fototriangulace.

Charakteristika jednotlivých metod.

Fototriangulace. Řešení úlohy spočívá v tom, že úhly měřené na plánovém snímku (přibližně se svislou osou záběru) z některých bodů (vrcholů) jsou téměř rovny vodorovným úhlům měřeným v terénu. Za vrchol úhlu bývá volen hlavní bod snímku nebo bod centrální, výjimečně bod nadírový na snímku s většími převýšeními. Měřené úhly, eventuálně zakreslené směry umožňují rozvíňovat fototriangulační řetězce, v nichž zhušťované (pomocné) body jsou určovány protínáním vpřed z předchozích vrcholů fototriangulace a následující vrchol — protínáním zpět z pomocných bodů již určených. Fototriangulace bývá prováděna způsobem početním (s použitím úhlů odměřených na přístroji zvaném radiální triangulátor), grafickým nebo mechanickým (za použití speciálních přístrojů). Nejpresnějších výsledků dosáhneme metodou početní. Jen o něco méně přesné jsou metody grafické, avšak k jejich provedení je třeba jen jednoduchých pomůcek, a proto jich je v praxi velmi často používáno.

Fototriangulace metodou grafickou je prováděna buď na průsvitkách, na nichž se směry zakreslují, nebo na tuhých šablonách, na nichž jsou probíjeny speciálním děrovačem podélné stěrby a kruhové otvory.

Fototriangulace má velmi dobré výsledky v terénu nepřilíš převýšeném a při použití snímků se sklony do 2°.

Přesnost fototriangulace: Připojíme-li fototriangulační řetězec jedné snímkové řady na opěrné (vlíčovací) body na začátku a konci řady, pak největší chybu v poloze bodů bude možno očekávat uprostřed řetězce. Předpokládaná střední chyba m_s pro případ, že každý bod byl určen dvakrát ze sousedních řad, je vyjádřena vzorcem

$$m_s = \pm 0,25 b \cdot m_E \sqrt{n^3 + 11,3 n + 34}$$

v němž m_E je chyba v určení směru;

b je základna fotografování v měřítku snímku;

n je počet základen v síti.

Předpokládané střední chyby v poloze bodů uprostřed řetězce jsou vyčísleny v tabulce I pro tyto podmínky: formát snímků 18×18 cm, podélný překryt $p = 60\%$, $b = 72$ mm, $m_E = \pm 4'$ až $5'$.

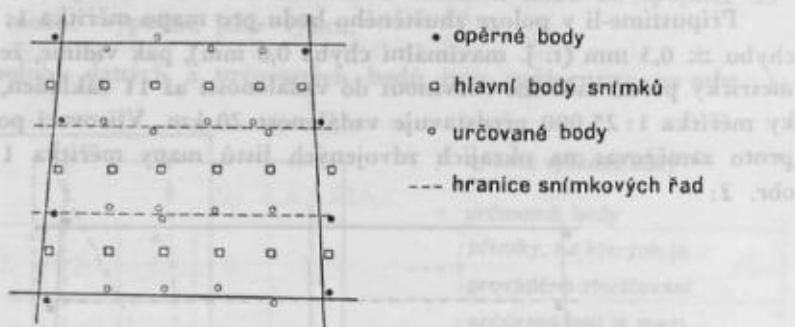
TABULKA I

Počet základn n	Chyby ve směrech	
	$\pm 4'$	$\pm 5'$
	Očekávané střední chyby v mm v měřítku snímků	
4	$\pm 0,25$	$\pm 0,31$
5	0,31	0,39
6	0,37	0,47
8	0,53	0,66
10	0,71	0,88

Z tabulky je patrné, že délka řetězce pro mapu 1:25 000 může být rovna při pečlivé práci až 5 základnám, což při měřítku snímků 1:25 000 odpovídá vzdálenosti 9 km. To znamená, že opěrné situační body mohou být ve snímkové řadě zaměřovány v odlehlosti odpovídající právě šířce mapového listu 1:25 000.

Výhodné rozložení opěrných bodů pro mapu měřítka 1:25 000 je znázorněno na obrázku 1.

Fotopolygonometrie. Podstata metody je tato: Z měřených základů na snímcích, které představují strany polygonometrického pořadu, a z měřených úhlů (azimutu) mezi nimi vypočítáváme souřadnice vrcholů, za něž volíme hlavní nebo centrální body. Body, jež mají být získány zhuštěním (body pomocné), jsou určovány zpravidla graficky protínáním vpřed z vrcholů polygonometrického pořadu. Základny fotografování, měření na snímku, je nutno opravovat o vliv sklonu snímků a o vliv změny výšky letu. Základna se měří na stereokomparátoru nebo na přesném stereometru, azimuty zpravidla na stereometru, sklony snímků jsou vypočítávány na základě měřených příčných paralax.



Obr. 1.

Přesnost fotopolygonometrie je závislá na délce pořadu (t. j. počtu základů n), na přesnosti určení základny m_b a výšky m_H fotografování na přesnosti stereoskopického měření azimutu mezi základnami m_ε a na přesnosti grafického zakreslování směrů na pomocné body m'_ε .

Uvážíme-li dále, že každý pomocný bod můžeme určit dvakrát ze dvou sousedních řad, pak se výsledná střední chyba zmenšuje $\sqrt{2}$ krát.

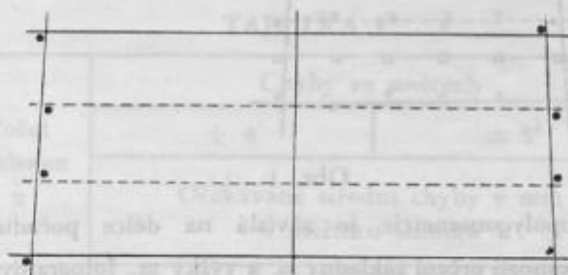
V tabulce II jsou vyčísleny střední velikosti chyb v poloze bodů uprostřed řetězce, který byl připojen na začátku a na konci na opěrné body, pro tyto údaje:

$$m_\varepsilon = \pm 2,2', \quad b = 72 \text{ mm}, \quad m'_\varepsilon = \pm 5', \quad \text{ohnisková vzdálenost komory } f = 21 \text{ cm}, \\ m_H = \pm 5 \text{ m}, \quad H = 5.000 \text{ m}, \quad m_b = \pm 0,1 \text{ m}.$$

TABULKA II

Počet základěn n	4	6	8	10	12	15	20
Střední chyba bodů uprostřed řetězce v mm	0,26	0,29	0,34	0,40	0,47	0,60	0,88
Střední chyba t ve střední poloze bodů po dvojím určení ze sousedních řetězců v mm	0,18	0,20	0,24	0,28	0,33	0,42	0,62

Připustíme-li v poloze zhuštěného bodu pro mapu měřítka 1: 25 000 střední chybu $\pm 0,3$ mm (t. j. maximální chyba 0,6 mm), pak vidíme, že fotopolygonometrický pořad můžeme rozvinout do vzdálenosti až 11 základěn, což pro snímky měřítka 1: 25 000 představuje vzdálenost 20 km. Vlicovací podklad budeme proto zaměřovat na okrajích zdvojených listů mapy měřítka 1: 25 000 podle obr. 2:



Obr. 2.

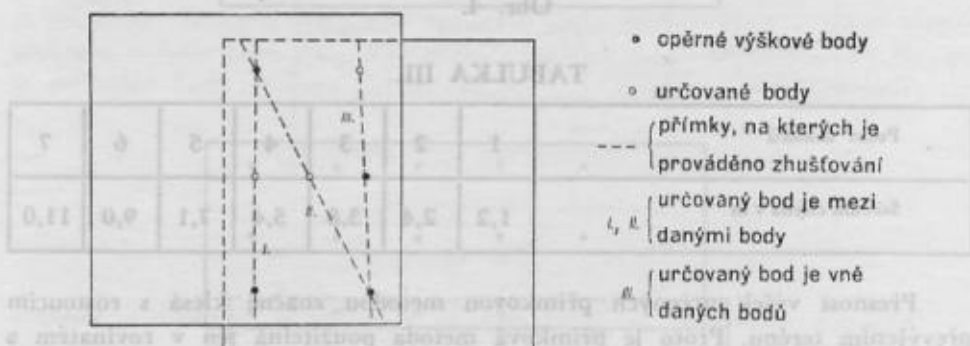
Předností fotopolygonometrie je, že převýšení terénu nemá podstatného vlivu na přesnost určení bodů. Je však nutno určovat poměrně s velkou přesností výšky fotografování a délky základěn, čehož podmínkou jsou údaje výškoměru a statoskopu. Nejsou-li tyto přístroje k dispozici, pak přesnost fotopolygonometrie značně klesá. V tom případě je výhodnější provádět zhušťování fototriangulací, jejíž přesnost je sice poloviční, ale je jednodušší a rychlejší.

Pro účely fotopolygonometrie se doporučuje používat leteckých komor s delší ohniskovou vzdáleností, na př. $f = 21$ cm.

Přímková metoda. Tuto metodu navrhl a propracoval G. V. Romanovskij. Výškové zhuštění tímto způsobem je prováděno v rozsahu jedné i několika stereoskopických dvojic. V prvním případě je možno na základě dvou výškově daných bodů, ležících na přímce přibližně kolmé ke směru základny, určit třetí bod ležící blízko této přímky. Podstata metody je tato:

Na jednom snímku zvolíme určovaný bod na spojnici (nebo v nepatrné vzdálenosti od ní) dvěma danými body. Na druhém snímku nebude hledaný bod ležet zpravidla na příslušné spojnici, nýbrž bude od ní odchýlen, a to tím více, čím je větší převýšení bodu hledaného od prostorové přímky, spojnice to bodů známé výšky. Oddálení určovaného bodu od této spojnice se měří stereoskopicky některým z přístrojů pro měření podélných paralax, t. j. stereometrem, stereokomparátorem, paralaktickými pravítky nebo stereopantometrem. Na základě oddálení bodu od spojnice daných bodů je možno vypočíst jeho výšku.

Obvyklé polohy daných a určovaných bodů jsou znázorněny na obr. 3:



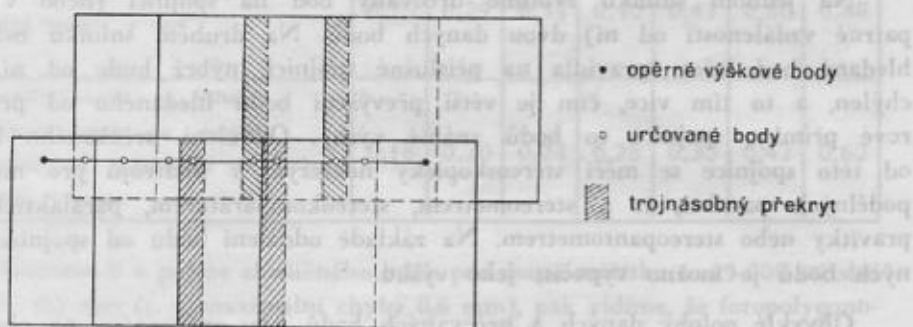
Obr. 3.

Přesnost určení bodu je větší, nalézal-li se určovaný bod mezi danými body. Pak je možno při výšce fotografování $H = 4000$ m a měřítku snímku 1:20 000 dosáhnout přesnosti až $\pm 1,3$ m. Je-li určovaný bod vně daných bodů — přesnosti až $\pm 2,5$ m.

Při zhušťování přímkovou metodou v rozsahu několika stereoskopických dvojic je prokládán t. zv. podélný pořad v prostoru příčného překrytu mezi dvěma řadami, t. j. přibližně na přímce rovnoběžné se směrem letu. Pořad počíná a končí na známém bodě a tím je dána nejen kontrola pořadu, ale i možnost jeho vyrovnání. Známý bod uprostřed pořadu umožňuje do-

konalejší výškové vyrovnání. Rozložení daných a zhušťovaných bodů v příčném překrytu dvou řad je znázorněno na obr. 4:

Chyby zhuštěných výškových bodů v podélném pořadu vzrůstají s délkou pořadu. Při výšce fotografování $H = 4000$ m, při měřítku snímků 1:20 000 a při měření podélné paralaxy s přesností $\pm 0,03$ mm platí pro body uprostřed pořadu chyby uvedené v tabulce III.



Obr. 4.

TABULKA III.

Počet snímků	1	2	3	4	5	6	7
Střední chyba v m	1,2	2,4	3,8	5,4	7,1	9,0	11,0

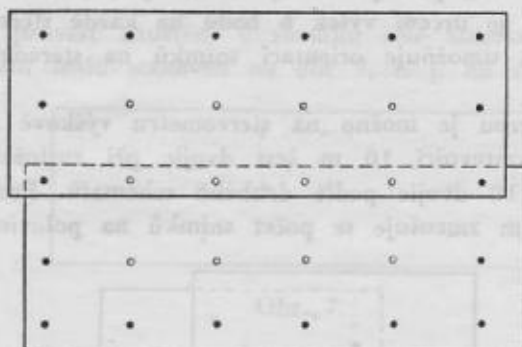
Přesnost výšek určených přímkovou metodou značně klesá s rostoucím převýšením terénu. Proto je přímková metoda použitelná jen v rovinném a málo zvlněném území.

Pro účely mapy 1:25 000 přichází v úvahu výškové zhuštění v rozsahu jen jedné stereoskopické dvojice, a to zejména pro získání výšky středového bodu (viz na obr. 3 případ I).

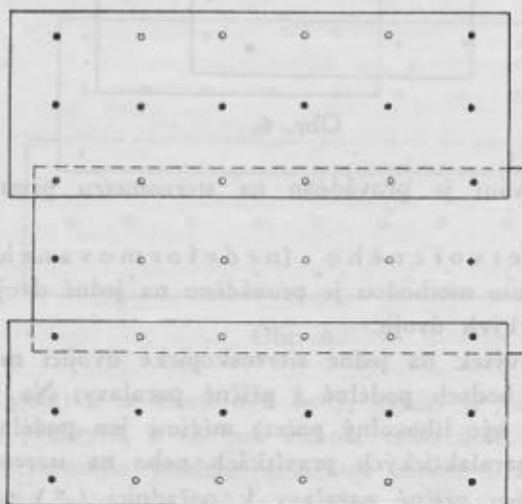
Zhuštění výšek přímkovou metodou je možno provádět na několika snímcích i ve směru kolmém na snímkovou řadu — t. zv. příčným pořadem. Tento je však proveditelný jen na snímcích s příčným překrytem větším než 40 %, t. zn. je požadován speciální snímkový let.

Výškové zhušťování (připojování) na stereometrech. Na stereometru je možno orientovat dostatečně přesně snímkovou dvojici — po předchozím určení rozdílu podélných a příčných sklonů podle

změřených příčných paralax — na čtyřech výškově daných bodech. Po správně provedené orientaci měříme na všech bodech stereoskopické dvojice podélné paralaxy opravené automaticky o vliv prvků vnější orientace. Pro srovnání další sousední dvojice stačí, aby byl k dispozici jen jeden nový bod výškově daný, neboť zbývající tři body převezmeme z předchozí stereoskopické dvojice ze společného podélného překrytu.



a)



b)

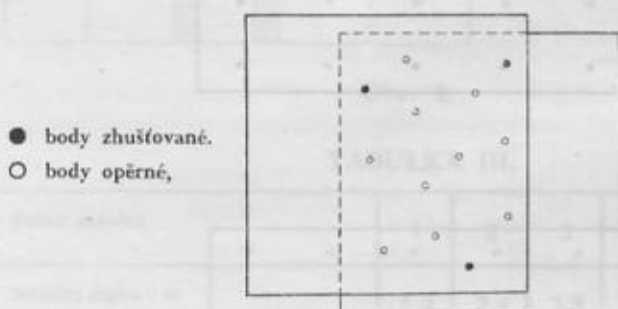
Obr. 5ab

Z důvodu ekonomického využití daných opěrných bodů je výhodné provádět výškové zhuštění v prostoru dvou až tří snímkových řad. Nejčastěji používané rozmístění opěrných bodů je znázorněno na obr. 5 a, b; V prvním případě jsou rozmístěny dané opěrné body na krajních snímcích dvou řad a na horním a spodním příčném překrytu.

V druhém případě jsou opěrné výškové body na levém a pravém okraji řad a poblíže hlavních bodů na snímcích první a třetí řady.

Konečným výsledkem postupného výškového připojování a eventuálního výškového vyrovnání je určení výšek 6 bodů na každé stereoskopické dvojici. Těchto 6 bodů umožňuje orientaci snímků na stereometru s příčnými kontrolami.

Délka řady, kterou je možno na stereometru výškově zhustit, je pro mapu se základní vrstevnicí 10 m šest dvojic při rozložení bodů podle prvního schématu a 10 dvojic podle druhého schématu. Pro mapu se základní vrstevnicí 5 m zmenšuje se počet snímků na polovinu.



Obr. 6.

Výškové zhušťování je prováděno na stereometru přesném i topografickém.

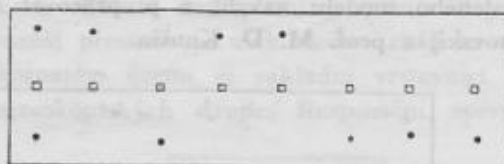
Metoda přetvořeného (nedeformovaného) modelu. Výškové zhuštění touto methodou je prováděno na jedné dvojici i v rozsahu několika stereoskopických dvojic.

Při zhušťování výšek na jedné stereoskopické dvojici měříme na třech známých výškových bodech podélné i příčné paralaxy. Na určovaných bodech (kterých může být libovolný počet) měříme jen podélné paralaxy (na stereokomparátoru, paralaktických pravítkách nebo na stereometru). Grafická interpolace poměru příčné paralaxy k pořadnici ($\frac{y}{y_0}$) na známých bodech umožní určit opravy k podélným paralaxám všech ostatních bodů a vypočítat převýšení, která budou pochybena jen vlivem sklonu modelu. Na základě porovnání takto získaných fotogrammetrických převýšení s převý-

šeními skutečnými (geodetickými) na třech až čtyřech bodech sestrojíme další graf, podle kterého opravujeme fotogrammetrická převýšení všech ostatních určených bodů. Možné rozložení opěrných bodů je znázorněno na obr. 6:

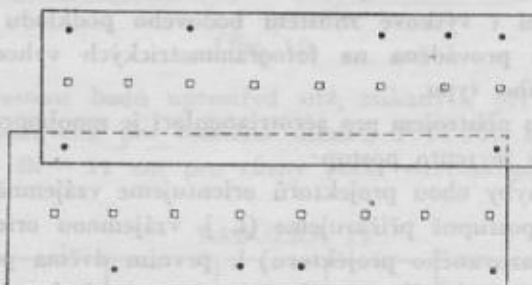
Celkem prostě a jednoduše je řešena tato úloha v případě malého převýšení v rozsahu stereoskopické dvojice. V terénu více převýšeném je nutno zavádět do měřených podélných paralax další opravy. Úloha se pak stává složitější.

Chceme-li provést zhuštění v rozsahu celé snímkové řady, je požadavek na rozložení bodů stanoven na obr 7, t. j. na začátku a konci řady



Obr. 7.

je po dvou opěrných bodech a uprostřed řady je bod vždy v trojnásobném překrytu nahoře nebo dole. Pro případ zhuštění na dvou snímkových řadách je rozložení bodů znázorněno na obr. 8, t. j. každá výchozí stereoskopická



Obr. 8.

dvojice má na počátku a konci dva body, uvnitř je vždy po jednom bodu v trojnásobném překrytu, a to buď nahoře nebo dole.

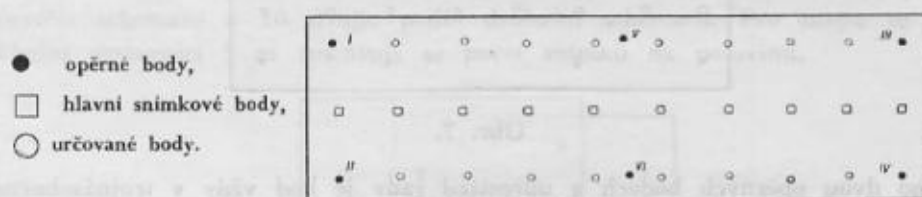
Metoda přetvořeného modelu umožňuje získat i další dvě souřadnice (x , y) pro každý určený bod z poměru podélných paralax na společných bodech v sousedních stereoskopických dvojicích a ze vzájemných sklonů snímků. Tento způsob určování situační polohy bodů však neskýtá žádných výhod vůči na př. fototriangulaci, jejíž provedení je jednodušší.

Velkou výhodou metody přetvořeného modelu je možnost zhustit jednu stereoskopickou dvojici takovým počtem výškových bodů, že je možno konstruovat vrstevnice přímo pod stereoskopem. Při tom požadavek na přístroje je malý — stačí i paralaktická pravítka, proto je metoda použitelná při kresbě vrstevnic na fotoplánu v kombinované metodě i v polních pracovních.

V rozsahu snímkové řady je prováděno zhuštění výškového podkladu v území se základní vrstevnicí 5 m pro účely mapy 1:25 000 až do délky 5 kilometrů.

Přednosti této metody spočívají v celkem nenáročném rozmístění opěrných výškových bodů a v jednoduchosti pracovního postupu.

Metodu neskresleného modelu navrhl a propracoval v letech 1944 až 1948 G. V. Romanovskij a prof. M. D. Konšin.



Obr. 9.

Aerotriangulace (prostorová fototriangulace) je určena pro situační i výškové zhuštění bodového podkladu v rozsahu celé snímkové řady. Je prováděna na fotogrammetrických vyhodnocovacích přístrojích univerzálního typu.

Nejjednodušším přístrojem pro aerotriangulaci je mnohoprojektorový **multiplex**, na němž je tento postup:

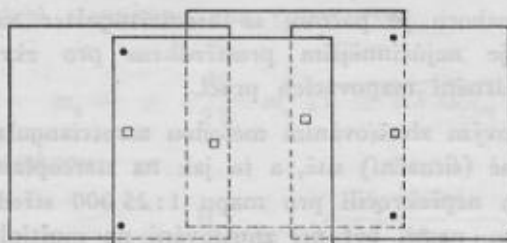
Otáčivými pohyby obou projektorů orientujeme vzájemně relativně první dva snímky. Pak postupně přiřazujeme (t. j. vzájemnou orientaci provádíme pouze pohyby přiřazovaného projektoru) k prvním dvěma projektorům další projektory. Konečným výsledkem vzájemné orientace všech projektorů je vznik souvislého modelu v jednom měřítku v rozsahu celé snímkové řady. Vnější orientaci modelu provedeme pomocí tří až čtyř stoleček, které představují geodetické opěrné body, vhodným nakláněním celého modelu v příčném a podélném směru, až značky stoleček splynou s příslušnými body na modelu. Takto orientovaný model proměříme měřícím stolečkem. Na pátém a šestém kontrolním bodu ležícím uprostřed sítě nebudou změřené fotogrammetrické výšky odpovídat — vlivem nahromadění systematických chyb při vzájemné orientaci — výškám geodetickým. Odchytky na těchto kontrolních bodech umožňují vyrovnání celé sítě výškových bodů.

Při jiném způsobu aerotriangulace na multiplexu není vnější orientace modelu snímkové řady prováděna, nýbrž fotogrammetrické výšky všech bodů sítě jsou měřeny na modelu ihned po jeho vzájemné orientaci. Na základě zjištěných rozdílů ve výškách geodetických a fotogrammetrických na opěrných bodech I až VI jsou transformovány všechny body sítě do správného geodetického systému souřadnic.

Výhodné rozložení opěrných bodů pro aerotriangulaci na multiplexu je znázorněno na obr. 9:

Opěrné body jsou v rozích sítě a za účelem vyrovnání jsou další dva body uprostřed.

Zhuštění výškové sítě na multiplexu je poměrně jednoduché a vysoce produktivní. Pro menší přesnost je však možno získávat tak body pro mapu 1:25 000 jen v hornatém území se základní vrstevnicí 10 m, a to pouze v rozsahu tří stereoskopických dvojic. Rozmístění opěrných bodů znázorňuje obr. 10.



Obr. 10.

Výšková přesnost bodů uprostřed sítě, získaných při aerotriangulaci na multiplexu, je sestavena pro měřítko snímků 1:18 000 a pro letecký fotografický přístroj $f_k = 21$ cm pro různý počet stereoskopických dvojic v tabulce IV:

TABULKA IV

Počet základen n	3	4	6	8	10	20
Střední výšková chyba uprostřed sítě v m	$\pm 3,5$	5,5	6,5	8,0	10,0	21,0

Převýšení terénu nemá vliv na přesnost určovaných výšek.

Poněkud vyšší přesnosti při témže měřítku snímků je dosahováno na širokoúhlých a zejména na superširokoúhlých (zorný úhel 100° a 120°) multi-

plexech určených pro vyhodnocování snímků pořízených komorami o ohniskových vzdálenostech $f = 100$ mm a $f = 70$ mm.

Při aerotriangulaci na přesných vyhodnocovacích strojích (stereoplanigrafu, autografu) přiřazování snímků provádíme střídavě na obou komorách.

Požadované rozložení opěrných bodů je obdobné jako u multiplexu, t. j. čtyři body v rozích sítě, které umožňují vyloučit systematické chyby kroucení a zvedání sítě a pátý bod uprostřed sítě umožňuje přihlídnout ke vlivu systematických chyb při prohnutí sítě. Příznivě ovlivňuje přesnost získaných výšek znalost výšek letu podle údajů statoskopu.

Pro mapy měřítka 1:25 000 se základní vrstvou 5 m s přípustnou chybou ve výšce $\pm 1,25$ m je možno použít aerotriangulace na snímkové řadě až o 8 základnách (při 5 opěrných bodech). Při měřítku snímků 1:20 000 a použité komoře $f = 10$ cm obsáhne prostor dlouhý 11 km.

Z uvedeného rozboru je patrné, že aerotriangulace na přesných univerzálních strojích je nejúčinnějším prostředkem pro zkracování polních prací a pro zhospodárnění mapovacích prací.

Současně s výškovým zhušťováním metodou aerotriangulace je prováděno i zhuštění polohopisné (situační) sítě, a to jak na stereoplanigrafu, tak i na multiplexu. Abychom nepřekročili pro mapu 1:25 000 střední chybu v poloze bodů $\pm 0,3$ mm, nesmí být při zhušťování na multiplexu délka snímkové řady delší než 8 základen a na stereoplanigrafu 10 základen při měřítku snímků 1:20 000 a použité komoře $f = 21$ cm.

Pro účely aerotriangulace většího rozsahu je prováděno někdy druhé fotografování v menším měřítku (a pokud možno leteckou komorou s kratší ohniskovou vzdáleností). Tím se sníží počet stereoskopických dvojic mezi opěrnými body a výsledkem toho je dosažení vyšší přesnosti ve výškách určených bodů uprostřed sítě než při aerotriangulaci se snímky většího měřítka. Samotné vyhodnocení vrstevnic a situace je prováděno opět ze snímků měřítka většího.

Nevýhodou aerotriangulace je nutnost použití celkem složitých univerzálních strojů. Proto sovětští vědci navrhli a vyzkoušeli i jiné způsoby aerotriangulace na jednodušších přístrojích. Nejrozšířenější z nich je diferencovaná metoda prostorové fototriangulace, propracovaná J. P. Žukovem a G. V. Romanovskim (nazývaná též metoda CNIIGA:K prostorové triangulace diferencovanou metodou). Nutná měření jsou prováděna na stereokomparátoru. Pracovní postup je rozdělen na řadu dílčích úkonů řešených částečně početně, částečně graficky v tomto pořadí:

určení prvků vzájemné orientace na základě měření příčných paralax na stereokomparátoru;

měření podélných paralax na stereokomparátoru a zavedení oprav do těchto paralax vlivem sklonu snímků;

výpočet výšek bodů;

grafické zavedení oprav do zjištěných fotogrammetrických převýšení na základě odchylek zjištěných na geodetických opěrných bodech.

Situační polohu bodů, kterou je nutno znát pro provedení této úlohy, získáváme předem metodou fototriangulace nebo fotopolygonometrie.

Nejmenší počet opěrných bodů nutných k použití této metody ve snímkové řadě jsou tři. Je-li k dispozici čtvrtý bod ve zbývajícím rohu a pátý bod uprostřed sítě, je možno provést opravy výšek určených bodů ze zkroucení sítě a vyloučit chyby prohnutí sítě.

Přesnost této metody je theoreticky udána vzorcem pro střední chybu, užívaným v aerotriangulaci. Jsou-li známy výšky fotografování jednotlivých snímků podle údajů statoskopu, má vzorec tvar

$$m_h = \pm \frac{H}{2b} m_q \sqrt{n \pm 1,2 m_{\Delta H}}$$

a bez použití statoskopu:

$$m_h = \pm \frac{H}{7b} m_q \sqrt{n^3 + 19n + 48},$$

v nichž m_q je střední chyba v měření příčné paralaxy (t. j. 0,02 až 0,03 mm);

n — počet základů mezi opěrnými body;

$m_{\Delta H}$ — střední chyba v určení rozdílů výšek fotografování podle údajů statoskopu.

Pro hotovení mapy 1:25 000 je používáno metody prostorové fototriangulace do délky sítě až 3,5 km.

Nedostatkem této metody je poměrně velký počet početních operací a klesající přesnost v hornatém území a při použití snímků s většími sklony.

Volba jednotlivých fotogrammetrických metod v SSSR

Volba výše uvedených fotogrammetrických metod pro zhuštění bodového podkladu je závislá na fyzikálně geografických podmínkách mapovaného území, na požadované přesnosti hotovené mapy, na pracovních podmínkách a zejména na zvolené mapovací metodě.

Použití zhušťovacích fotogrammetrických metod v SSSR, přihlédneme-li především k mapování v měřítku 1:25 000, je zhruba toto:

K získání podkladu pro překreslení snímků pro kombinovanou metodu je užíváno především fototriangulace. Ta je prováděna v SSSR na průsvitkách v libovolném měřítku a výsledná síť bodů je pak převáděna (redukována) do měřítka mapy. Při větší délce sítí je za účelem zpřesnění fototriangulace prováděno vyrovnání polohy bodů grafickou metodou příčných pořadů. Použití fotopolygonometrie se jeví účelné spíše pro mapy větších měřítek (1:10 000 a 1:5 000).

Pro diferencovanou metodu přicházejí v úvahu především ty zhušťovací metody, které nevyžadují složitých přístrojů:

metoda přetvořeného modelu;

prostorová fototriangulace metodou CNIIGAiK;

přímková metoda;

výškové zhuštění na stereometru;

V universální metodě je používáno především těchto metod:

aerotriangulace na stereoplanigrafu (autografu);

aerotriangulace na multiplexu.

Zhušťovacích fotogrammetrických metod je používáno v SSSR ve velkém rozsahu pro jejich nesporné výhody jeví se zejména ve zvýšené produktivitě mapovacích prací, ve zkrácení polních prací a v tom, že umožnily přesná mapování i v území s řídkou trigonometrickou sítí a v nepřístupném terénu. Sovětští vědci vynaložili na opracování těchto metod nesmírné úsilí. Během svého dvacetiletého vývoje doznaly fotogrammetrické metody četné změny vyvolané stálým zlepšováním pracovních postupů, aby se dosáhlo stoupající přesnosti zhušťovaných bodů. Dokladem toho je tato skutečnost: před 10 lety se používalo zhušťovacích metod jen pro hotovení map měřítka 1:50 000 a menšího. Nyní se používá těchto metod pro mapy měřítka 1:25 000 zcela běžně a jejich užívání vítězně proniklo vlivem vzrůstající přesnosti i do mapování měřítek 1:10 000 a 1:5 000.

Při mapování v měřítku 1:25 000 není ovšem ani v SSSR prováděno zhušťování fotogrammetrickými metodami vždy a všude. Tak na př. je doporučováno pro vyhodnocení na stereometrech zaměřovat vřícovací body v terénu pro všechny snímky v území nepatrně zvlněném. V takovém terénu bývají totiž fotogrammetricky určené výšky stanovené pro výškový podklad v rovinném území často na krajní hranici přesnosti (maximální odchylka pětina výšky vrstvy). Částečnou až převládající metodou pro získání vřícovacích bodů se stává fotogrammetrické zhušťování v terénu kopcovitém a takřka výhradní metodou v území nepřístupném, hornatém a velehorském. Účelně volená základní vrstevnice 10 až 20 m v horském terénu umožňuje provádět

skutečně ďalekosáhlá fotogrammetrická zhuštění i při mapování v měřítku 1:25 000.

Předpoklady pro použití zhušťovacích fotogrammetrických metod u nás

Nepřihlížíme-li k odlišným fyzikálním a geografickým podmínkám území SSSR a našeho, sledujeme značný rozdíl v základním geodetickém podkladu. Mapování v SSSR v měřítku 1:25 000 je nuceno totiž se spokojit vybudovanou trigonometrickou sítí I. a II. řádu se stranami 8 až 10 km (1 trigonometrický bod připadá na plochu asi 30 km², v lesnatých územích dokonce na plochu 40 až 50 km²) a poměrně řídkou sítí výškových bodů státní nivelace. Tato geodetická síť se ďále zhušťuje pro účely mapovací (t. zv. polní situační a výšková příprava snímků) některou z měřických metod (analytickou, měřickým stolem, nivelací, výškovými pořady, barometricky) do takové hustoty, aby bylo umožněno buď zpracování jednotlivých snímků nebo zhuštění fotogrammetrickými metodami, jsou-li pro ně podmínky.

To znamená, že v případě příznivých podmínek pro fotogrammetrické zhuštění je nutno zaměřit pro list mapy 1:25 000 podle použité metody 10 až 28 opěrných bodů pro měřítko snímků 1:18 000 a 8 až 20 bodů pro měřítko snímků 1:25 000.

Naproti tomu naše trigonometrická síť je vybudována vesměs až do V. řádu, takže celkový počet trigonometrických bodů na našem mapovém listu 1:25 000 bývá 20 až 30. K tomu je možno připočítat body nivelací sítě a další, často velmi početné geodetické a topografické body. Z toho vidíme, že jen trigonometrická síť převyšuje počtem bodů často několikrát počet opěrných bodů používaných v SSSR pro fotogrammetrické zhušťování.

Naše hustá trigonometrická síť proto velmi usnadňuje zaměřování vlivovacích bodů. V přehledném terénu a při dobré signalisaci trigonometrických bodů je opatřování každého snímku vlivovacími body v terénu metodou velmi rychlou.

Dokud nebudou provedeny zkoušky, zůstává věcí názoru zda by nebylo výhodné provést i v tomto kopcovitém a přehledném terénu výhodným pro polní měření, fotogrammetrické zhušťování (zejména aerotriangulaci na universálních strojích) na základě trigonometrických bodů a jen několika ojedinelých zaměřených vlivovacích bodů na severo-jížních sekčních čarách listu. Potvrdí-li se zkouškami účelnost fotogrammetrického zhušťování, pak bude ovšem nutné identifikovat přesně na snímcích polohu co největšího počtu trigonometrických bodů, nebo bude nutné připojit trigonometrické body výškové i situačně na nejbližší snímkovou situaci polárně nebo krátkými neukončenými busolními pořady maximálně o dvou vrcholech. Toto měřické jed-

noduché připojování, uskutečnitelné na př. i grafickou metodou ve velkém měřítku, bylo by možno provádět při klasifikaci snímků. Nákladná signalizace trigonometrických bodů, jakou vyžaduje zaměřování vlíčovacích bodů, by při takovém využití trigonometrických bodů odpadla.

Bezesporné ekonomické výhody budou prokazovat fotogrammetrické metody v terénu nepřehledném, zalesněném a hornatém, kde měření vlíčovacích bodů je nákladné a zdlouhavé. Fotogrammetrické zhuštění bude pak prováděno na ploše celého listu nebo tam, kde se vyskytují jednotlivé, nenasnadno zaměřitelné body.

Naše hustá trigonometrická síť umožní nám buď volit kratší odlehlosti mezi opěrnými body, než je účelné v podmínkách SSSR, nebo použít těchto trigonometrických bodů ve zhušťované síti jako kontrolních bodů a provádět na ně doplňující výšková vyrovnání.

Ze zhušťovacích fotogrammetrických metod byla u nás již dříve pracována fototriangulace a navržena v roce 1949 k využití pro účely fotoplánu. K praktickému použití v mapování však nedošlo, protože se nejevila zcela účelnou, když bylo nutno (do r. 1953) bodovou síť na fotoplánech před vlastním výškovým mapováním zhušťovat v terénu. Při současném způsobu kombinovaného mapování je fototriangulace naproti tomu velmi výhodná.

V našich mapovacích metodách převládá metoda universální na stereoplanigrafu a autografu. V každé stereoskopické dvojici je opatřováno měřením v terénu šest vlíčovacích bodů (do r. 1955 čtyři vlíčovací body). Je sice pravda, že zaměřování všech vlíčovacích bodů je způsobem nejpřesnější, nevyužívá se tím však všech možností fotogrammetrie. Tato naše dosavadní metoda nemůže však uspokojit, zejména počítáme-li s případným topografickým zajišťováním bojujících jednotek, které budou na topografické službě často požadovat překlenutí nepřístupného území a jeho vyplnění bodovým podkladem. Proto je nutno fotogrammetrickým zhušťovacím metodám věnovat zvláštní pozornost především ve vojenské topografické službě.

Podmínky úspěšného fotogrammetrického zhušťování u nás

Hlavním kritériem, které rozhoduje o použitelnosti určité metody fotogrammetrického zhušťování a o velikosti prostoru, který můžeme vyplnit sítí nových bodů, je dosažitelná přesnost výšková, zatím co přesnost situačního určení bývá zpravidla zcela vyhovující. Rozborem jednotlivých metod docházíme k řadě podmínek, které výškové vyhodnocení buď usnadňují nebo ovlivňují na přesnosti. Poukáží na některé z nich, týkající se požadované

přesnosti bodového podkladu, výšky fotografování, volby letecké komory a znalosti prvků vnější orientace.

Požadovaná přesnost bodového podkladu včetně vličovacích bodů je udána pro mapu měřítka 1:25 000 především v závislosti na výšce základní vrstvy, v druhé řadě na sklonu terénu, a to takto: přípustná chyba v rovinném území je dána hodnotou pětiny základní vrstvy, třetinou vrstvy v hornatém území. Při základní vrstvě 5 m jsou přípustny tyto maximální chyby: ± 1 m a $\pm 1,7$ m. Jen v nepřístupném území zvětšují se tyto chyby o 50 %. To znamená, že použití fotogrammetrických zhušťovacích metod je v rovinném území z velké části vyloučeno. Použití v kopcovitém území je sice možné, ale prostorově ohraničené. Zavedení výšky základní vrstevnice 10 m v hornatých územích a z toho vyplývající snížené požadavky na přesnost vličovacích bodů (± 2 m až $\pm 3,3$ m) bylo by pro rozvinutí fotogrammetrických metod velmi příznivé.

Výška letu. Přesnost fotogrammetrických metod pro určování výšek je především závislá na výšce fotografování. Čím je menší výška fotografování, tím jsou přesněji určovány výšky terénních bodů. Tak na př. snímky měřítka 1:20 000 je možno pořídit komorou $f = 21$ cm z výšky letu 4 200 m, ale téhož měřítka snímku dosáhneme širokouhlou komorou ($f = 10$ cm) z výšky pouze 2000 m. Širokozorná komora má tedy výhodu úspornější, t. j. poloviční výšky letu. Přesnost výškového měření však neroste přesně úměrně se zmenšující se výškou fotografování, protože objektivy širokouhlých komor mají horší optické vlastnosti (distorse činí až 0,04 mm a její rozlišovací schopnost je poněkud snížena). A. S. Skiridov udává střední chybu výškového měření m_h v závislosti na výšce fotografování H pro různé komory takto:

$f = 20$ cm	$m_h = \pm 0,038 \% H,$
$f = 10$ cm	$m_h = \pm 0,055 \% H,$
$f = 7$ cm	$m_h = \pm 0,060 \% H.$

To znamená, že z měřítka snímků 1:20 000, pořízených těmito třemi druhy komor s výšek 4000, 2000 a 1400 m docílíme přesnosti ve výškách bodů $\pm 1,4$ m, $\pm 1,1$ m a $\pm 0,85$ m.

Chceme-li tedy dosáhnout vyšší přesnosti výškového vyhodnocování a zhušťování fotogrammetrickými metodami, je nutno, aby naše fotografická výzbroj byla doplněna komorami širokouhlými a aby další vybavování stereofotogrammetrickými přístroji bylo orientováno tímto směrem.

Použití komor s různou ohniskovou vzdáleností bude pro stereofotogrammetrické vyhodnocování zhruba toto: čím je mapovaný terén plošší, tím spíše

bude nutno volit komoru s kratší ohniskovou vzdáleností, aby plastičnost reliefu byla na prostorovém modelu co nejvíce zveličena a tím usnadněna a upřesněna kresba vrstevnic. Jen v terénu hornatém s převýšením na jednom snímku přes 500 m bude nutno fotografovat komorou s větší ohniskovou vzdáleností ($f = 21$ cm), neboť značné rozdíly podélných paralax na širokoúhlých snímcích ruší stereoskopické pozorování. Též pro účely fotoplánů je nutno užívat z důvodů vyšší přesnosti komor o větší ohniskové vzdálenosti.

Znalost prvků vnější orientace usnadňuje, zrychluje a zpřesňuje nejen zhušťování fotogrammetrickými metodami, ale i jakékoliv jiné vyhodnocování leteckých snímků (překreslování snímků, vyhodnocování na stereoplanigrafech a stereometrech a j.). Žádoucí je znát zejména tyto prvky: sklon snímků, výšku fotografování a změny výšky letu ve snímkové řadě. Přístroje, které tyto prvky s dostatečnou přesností registrují, jsou: horizontové pomocné komory, radiové výškoměry a statoskopy.

Jiný způsob řešení sklonů dávají přístroje pro automatickou stabilizaci letounu či komory, které zmenšují na minimum kymácení letounu nebo udržují leteckou komoru stále v horizontální poloze. Snímky pak nemají větších sklonů než $1,5^\circ$.

Vybavení fotogrammetrických letounů těmito přístroji přinese rozhodný pokrok do našeho mapování fotogrammetrickými metodami.

Literatura:

A. D. Konšin: Aerofototopografia 1952;

A. S. Skiridov: Stereofotogrammetrija, 1951;

V. I. Korabljev: Multiplex, 1950;

Trudy CNIIGAIK vypusk 100, 1954;

Aerofototopografija, vyd. VTS, 1946.

Rozbor přesnosti fotogrammetrického měření

Úvod

Mapování v měřítku 1:25 000 provádí se u nás převážně universální fotogrammetrickou metodou na přístrojích fy Zeiss (stereoplanigraf), fy Wild (autograf). Jen menší část prostorů, a to prostorů rovinatých, mapuje se metodou kombinovanou.

Zatím se zjišťování přesnosti provádělo namátkovými zkouškami. Teprve v předešlém roce byl proveden první soustavnější rozbor přesnosti našeho nového mapového díla. Protože, jak již bylo řečeno, nová mapa je zhotovována převážně universální metodou, byla zkoumána pouze přesnost universální fotogrammetrické metody.

První rozbor přesnosti, o němž bude podána dále zpráva, byl proveden v rámci diplomových prací na Vojenské technické akademii Antonína Zápotockého.

A

THEORETICKÉ ZÁKLADY PŘESNOSTI FOTOGAMMETRICKÉHO MĚŘENÍ

I. Vlivy na přesnost fotogrammetrického měření

Podstatou universální metody je prostorové vyhodnocení leteckých snímků. Stereoskopickou dvojicí snímků v universálním vyhodnocovacím stroji vzájemně a absolutně orientujeme, t. j. uvedeme snímky do takové polohy, jakou zaujímaly při fotografování. K provedení vzájemné a absolutní orientace musíme znát prostorovou polohu minimálně tří bodů vyskytujících se v obou snímcích. Tyto body nazýváme body vřícovacími.

Na přesnost fotogrammetrického měření má vliv kvalita fotografického přístroje, vlastnosti citlivého fotografického materiálu, jakost vyhodnocovacích přístrojů, pečlivost provedení vzájemné a absolutní orientace, přesnost určení vřícovacích bodů a v neposlední řadě schopnost lidského oka. Na přesnost má dále vliv výška letu a základnový poměr. Jak uvidíme dále, vliv těchto veličin je tak důležitý, že vzorce pro přesnost jsou odvozeny právě v závislosti na výšce letu. Základnový poměr je užíván vždy týž (3:1) a dosazujeme jej do vzorců pro přesnost jako konstantu.

Všechna zkoumání provedeme za předpokladu, že jde o snímky svislé.

Z řady uvedených vlivů možno vyloučit chyby určení vřícovacích bodů, protože je možno zvolit takové metody geodetického zaměření vřícovacích bodů, že jejich souřadnice a výšky jsou vzhledem k fotogrammetrické metodě absolutně správné. Jiná situace by ovšem nastala, kdyby se vřícovací bodu určovaly fotogrammetrickými metodami. U nás však se dosud vřícovací body měří geodeticky. Prozkoumáme tedy zatím v této stati tyto vlivy:

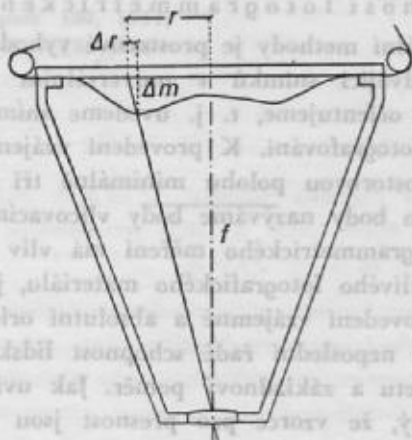
- 1) vliv foografického přístroje,
- 2) vlastnosti citlivého materiálu,
- 3) schopnost lidského oka,
- 4) vyhodnocovací přístroje.

Vliv vzájemné a absolutní orientace bude zkoumán v samostatné následující stati.

1) Fotografické komory.

U fotografické komory je nejdůležitější jakost objektivu a urovnání citlivého materiálu do ohniskové roviny. Poslední problém odpadá při použití fotografické komory na skleněné desky. Dnes se však stále ještě používá převážně fotografických komor na film.

Moderní fotografické objektivy mají až 10krát větší rozlišovací schopnost než citlivý fotografický materiál. Zůstává tedy hlavním problémem urovnání citlivého filmu do roviny. U dnešních komor je film urovnáván přtlakem



Obr. 1

nebo podtlakem vzduchu a odchylky od roviny nejsou větší než 0,02 až 0,03 mm. Nakreslíme-li si průřez fotografickou komorou (obr. 1), můžeme snadno odvodit, že posun bodu vlivem zborcení filmu je

$$\Delta r = \frac{r \cdot \Delta m}{f}, \quad (1)$$

kde r je vzdálenost bodu od středu snímku, m odchylka filmu od ohniskové roviny a f ohnisková vzdálenost komory. Potom si můžeme vypočítat, že při ohniskové vzdálenosti $f = 210$ mm a formátu snímku 180×180 mm je maximální posun v rohu snímku, a to

$$\Delta r_{\max} = 0,015 \text{ mm}$$

2) Vlastnosti citlivého materiálu.

Největší význam mají: a) rozlišovací schopnost, b) srážka emulze a emulsního podkladu.

a) Rozlišovací schopnost citlivé fotografické emulze je udávána v literatuře 0,03 mm (viz Gál, Fotogrammetria, str. 98).

b) Srážka emulze vlivem mokrého procesu fotografického je udávána v literatuře 0,003 až 0,006 mm. Srážka emulsního podkladu nepřipadá v úvahu u skleněných desek, pouze u filmů. Srážka filmů, zaviněná mokrým procesem fotografickým, je udávána v literatuře 0,20 %. Na základě vlastního měření byla zjištěna u filmu průměrná srážka 0,25 %. Tato srážka je pravidelná a dá se odstranit změnou obrazové vzdálenosti f vyhodnocovacích přístrojů. Universální vyhodnocovací stroje jsou skutečně zařízení na změnu ohniskové vzdálenosti.

Větší závadou je srážka nepravidelná, která je udávána 0,02 mm, což bylo rovněž ověřeno vlastním pozorováním. Protože však je tato srážka místní, čistě nahodilého charakteru, ovlivní nám fotogrammetrické měření pouze v ojedinělých případech a není tedy třeba ani tuto chybu přeceňovat.

3) Schopnost lidského oka.

Rozhodující pro to, aby vůbec bylo možno prostorově vyhodnocovat fotografické snímky, je stereoskopická rozlišovací schopnost lidských očí. Zajímá nás, jakou nejmenší změnu vzdálenosti ΔL může lidský zrak rozeznat. To je závislé na fyziologické paralaxe $\sigma = 0,003$ mm, která však při binokulárním pozorování $\sqrt{2}$ krát menší ($\sigma_{\min.} = 0,002$ mm).

Představíme-li však očím místo předmětu jeho dva perspektivní obrazy (každému oku jeden), vznikne stejný stereoskopický vjem. Fysiologické paralaxe σ odpovídá na snímcích horizontální paralaxa dp a mezi nimi platí vztah

$$dp = \frac{f_k}{f_o} \cdot \sigma, \quad (2)$$

kde f_k je ohnisková vzdálenost fotografické komory a f_o ohnisková vzdálenost lidského oka. Bylo již řečeno, že nejmenší fysiologická paralaxa je $\sigma = 0,002$ mm, dále víme, že ohnisková vzdálenost lidského oka $f_o = 17,1$ mm. Vezmeme-li konstantu komory $f_k = 210$ mm, můžeme z uvedeného již vzorce $dp = \frac{f_k}{f_o} \cdot \sigma$ vypočítat nejmenší vnímatelnou horizontální paralaxu $dp_{\min} = 0,025$ mm. Avšak fotografické snímky můžeme pozorovat optickým systémem, jehož zvětšení je ν . Potom v uvedené rovnici přistoupí další člen:

$$dp = \frac{f_k}{f_o} \cdot \sigma \cdot \frac{1}{\nu}. \quad (3)$$

Z toho je vidět, že $dp = 0,025$ mm není hranicí přesnosti fotogrammetrického měření, neboť oko vyzbrojené zvětšovacím optickým systémem rozliší horizontální paralaxu ν krát menší.

4) Vyhodnocovací přístroje.

Na vyhodnocovacím stroji předně rekonstruuje originální fotografické trsy paprsků a orientujeme je, čímž vznikne optický model fotografovaného území a za druhé tento model proměříme a tak vytváříme orthogonální průmět fotografovaného území.

Je-li vyhodnocovací stroj správně justován, vznikají při rekonstrukci paprskových trsů minimální chyby a největší vliv uplatňují mrtvé chody kartýrovacího zařízení, které mají hodnotu asi 0,015 mm.

II. Orientace modelu

Jak již bylo řečeno, abychom mohli fotografické snímky vyhodnotit, musíme je uvést do té polohy, jakou zaujímaly při fotografování. Musíme k tomu znát souřadnice I. stanoviště x_I, y_I, z_I , podélný sklon φ_I a příčný sklon ω_I osy fotografivání a pootočení snímku κ_I . Totéž musíme znát i u II. stanoviště: $x_{II}, y_{II}, z_{II}, \varphi_{II}, \omega_{II}, \kappa_{II}$. Je to celkem 12 hodnot.

Protože při letecké fotogrametrii je přímé určení jak souřadnic stanoviště, tak úhlů obtížné, volíme jiný postup. Uvedení snímků do správné polohy rozdělíme na dva pracovní postupy: na vzájemnou a absolutní orientaci.

1) Vzájemná orientace.

Při vzájemné orientaci vytvoříme optický model terénu bez ohledu na jeho velikost a polohu v prostoru. Z deskriptivní geometrie je známo, že projektivní vztah mezi dvěma prostory je určen pěti body. Protínají-li se tedy odpovídající si paprsky u pěti bodů, protínají se i všechny ostatní a optický model je vytvořen. Určili jsme tak pět neznámých, a to: úhly pootočení κ_I, κ_{II} , úhly podélného sklonu φ_I, φ_{II} a rozdíl příčných sklonů $\Delta \omega$.

2) Absolutní orientace.

Při absolutní orientaci je nutno určit zbývajících 7 neznámých. Předně je nutno uvést model do správného měřítka změnou základny b . Dále urovnáme model do správné prostorové polohy, tedy posuneme jej ve směrech os x, y, z a otočíme kolem těchto os o úhly φ, ω, κ . Je zřejmé, že k tomu musíme znát 7 hodnot. Jsou to souřadnice x, y, z dvou vlíčovacích bodů a u třetího bodu výška z . Zpravidla se však určuje více vlíčovacích bodů, čtyři až šest, aby bylo možno kontrolovat jakost provedení vzájemné a absolutní orientace.

3) Nejistota v orientaci snímků.

Vzájemná orientace je provedena, je-li u pěti bodů odstraněna vertikální paralaxa. Existuje však taková plocha, kdy lze odstranit vertikální paralaxu a přece není vzájemná orientace provedena správně. Tato plocha se nazývá nebezpečnou plochou a je to obecně jednodílný hyperboloid, který obsahuje základnu a jehož osa má libovolnou polohu v prostoru. Ve zvláštním případě může mít nebezpečná plocha tvar válce nebo kužele. Tento případ může nastat tehdy, když směr letu při fotografování je rovnoběžný se směrem údolí.

4) Deformace modelu.

Vzájemná orientace není provedena nikdy naprosto dokonale. Optický model se nesprávně provedenou vzájemnou orientací deformuje, což se projevuje chybami ve výškách bodů. Pro chyby ve výšce bodu platí vzorec

$$dh = Ax^2 + Bxy + Cx + Dy + E, \quad (4)$$

což je rovnice hyperbolického paraboloidu. Známe-li geodeticky i fotogrammetricky určené výšky pěti bodů a snímkové souřadnice těchto bodů, můžeme sestavit pět rovnic:

$$dh_1 = Ax_1^2 + Bx_1y_1 + Cx_1 + Dy_1 + E, \quad (5)$$

a z nich vypočítat pět koeficientů A, B, C, D, E. Potom můžeme podle rovnice (1) vypočítat výškovou opravu dh libovolného bodu.

Je ovšem třeba uvážit, že deformace modelu může být zaviněna také jinými příčinami, o nichž byla také zmínka. Jsou to:

změna obrazové vzdálenosti, jež vzhledem k srážce filmu byla špatně určena,

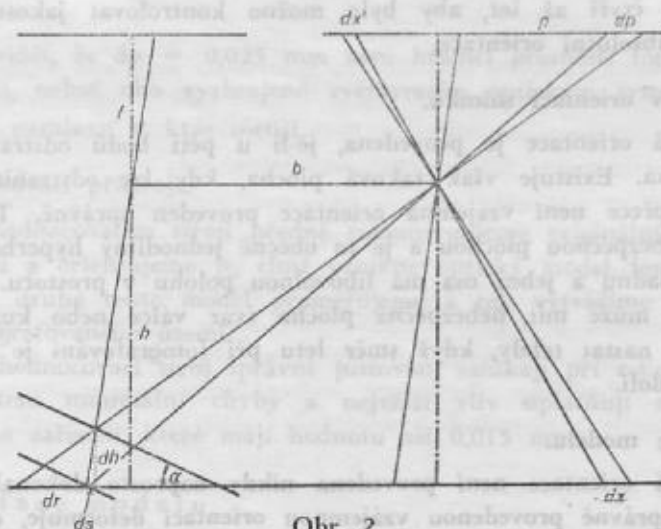
nepravidelná srážka filmu,

rozdíllost optických vlastností objektivů a obrazových vzdáleností fotografické komory a komory vyhodnocovacího přístroje.

Tyto příčiny způsobí deformaci paprskových trsů a tedy i optického modelu terénu. Tato deformace se však podle rovnice (1) početně odstranit nedá. Aby k deformaci nedošlo, musíme dbát, aby neexistovaly vyjmenované příčiny.

III. Možnosti fotogrammetrického měření

Z obrázku 2 odvodíme základní vztahy pro přesnost fotogrammetrického měření při svislých snímcích.



Obr. 2.

1) Chyba v poloze bodu.

Z obr. 2 je zřejmé, že platí $dx : dx' = h : f$, z čehož dostaneme ihned vzorec pro chybu v souřadnici x a analogicky též pro chybu v souřadnici y a pro chybu v situaci bodu:

$$dx = \frac{h}{f} \cdot dx' \quad (6)$$

$$dy = \frac{h}{f} \cdot dy' \quad (7)$$

$$ds = \frac{h}{f} \cdot ds' \quad (8)$$

2) Chyba ve výšce bodu podle obr. 2, že $dr : dp = h : f$ a také $dh : dr = f : (p + dp)$, z čehož

$$dh = \frac{h}{p + dp} \cdot dp. \quad (9)$$

Z obrázku vyplývá, že

$$p = \frac{b \cdot f}{h}, \quad (10)$$

což dosadíme do předcházející rovnice a po úpravě dostaneme

$$dh = \frac{h^2}{b \cdot f} \cdot \left(1 - \frac{h}{b \cdot f} \cdot dp\right) \cdot dp. \quad (11)$$

To je přesný vzorec pro chyby ve výšce bodu. Člen druhého řádu je však malý a můžeme jej zanedbat. Dostáváme tedy pro chybu ve výšce bodu vzorec

$$dh = \frac{h^2}{b \cdot f} \cdot dp. \quad (12)$$

3) Chyba ve výšce a poloze vrstevnice.

Z obrázku 2 odvodíme také vztahy pro přesnost vyjádření reliéfu vrstevnicemi. Je zřejmé, že chyba ve výšce vrstevnice je

$$dv = dh + ds \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (13)$$

Musíme ovšem ještě uvážit, že další chybu zavinuje grafické vyjádření vrstevnic, tedy grafická chyba $g = 0,2$ mm. Grafická chyba se však neprojeví v rovině, nýbrž pouze v terénu skloněném a její vliv roste s $\operatorname{tg} \alpha$. Uvážíme-li tedy všechny vlivy, napíšeme pro chybu ve výšce vrstevnice rovnici

$$dv = dh + \left(ds + \frac{g}{M}\right) \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (14)$$

kde M je měřítko kartování. Grafická chyba g má — jak je vidět — různý vliv podle různosti měřítka. Rovnice (14) odpovídá rovnici, kterou pro přesnost vyjádření reliéfu vrstevnicemi na základě zkušenosti odvodil Koppe. Raab (17), aby vyloučil nejistotu ve znaménku, přešel na střední chyby a stanovil rovnici

$$m_v = \pm \sqrt{m_h^2 + \left[m_s^2 + \left(\frac{g}{M} \right)^2 \right] \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha} \quad (15)$$

To není odůvodněné, protože při odvozování chyby ve výšce vrstevnice v závislosti na sklonu terénu bereme všechny chyby bez ohledu na znaménko, při čemž uvažujeme, že pravděpodobnost výskytu \pm chyb je stejná. Rovněž, jak uvidíme dále, při vyrovnání skutečných chyb ve výšce vrstevnice vede k nejmenšímu součtu čtverců chyb $(\varepsilon \varepsilon) = \min.$ rovnice (14) a nikoli rovnice (15).

Dále podle obr. 2 určíme rovnici pro chybu v poloze vrstevnice. Přihlédneme-li hned ke grafické chybě, můžeme napsat

$$dv_p = ds + dh \cdot \operatorname{cotg} \alpha + \frac{g}{M} \quad (16)$$

4) Závěr o možné přesnosti.

Z rovnic (7) a (8) je vidět, že chyby v situaci závisí na tom, jakou nejmenší úsečku dokážeme na snímku rozeznat. Z rovnice (12) vidíme, že přesnost výškového zaměření je závislá na tom, jakou nejmenší horizontální paralaxu dp dokážeme rozlišit.

V předcházejících statích jsme zjistili:

Posun bodu vlivem špatného urovnání filmu při expozici dosahuje, a to pouze v ojedinělých místech, maximální hodnoty

$$\Delta r_{\max} = 0,015 \text{ mm}$$

Rozlišovací schopnost citlivé vrstvy je

$$0,03 \text{ mm.}$$

Nepравidelná srážka filmu v ojedinělých případech dosahuje hodnoty

$$0,02 \text{ mm.}$$

Rozlišovací schopnost lidského oka je

$$dp_{\min} = 0,025 \text{ mm} \cdot \frac{1}{\nu},$$

kde ν je zvětšení optického systému, kterým snímky pozorujeme.

Mrtvé chody vyhodnocovacích přístrojů jsou asi

0,015 mm.

Z přehledu je zřejmé, že největší hodnoty dosahuje rozlišovací schopnost citlivé vrstvy fotografické a ta je právně hranicí přesnosti fotogrammetrického měření. Při stereoskopickém pozorování se rozlišovací schopnost

zlepší, a to s $\frac{1}{\sqrt{2}}$. Můžeme tedy potom psát, že nejmenší pozorovatelná paralaxa je

$$dp_{\min} = 0,02 \text{ mm}$$

Do vzorců (7) a (8) dosadíme $dx' = dy' = ds' = 0,03 \text{ mm}$ (rozlišovací schopnost emulze) a do vzorce (12) dosadíme $dp_{\min} = 0,02 \text{ mm}$. Potom vezmeme konstantu komory $f = 210 \text{ mm}$, základnový poměr $h : b = 3 : 1$ a vypočítáme očekávanou přesnost fotogrammetrického měření:

Chyba v situaci a souřadnicích bodu

$$ds = dx = dy = 0,15\%_00 h. \quad (17)$$

Chyba ve výšce bodu

$$dh = 0,3\%_00 h.$$

Dosadíme-li potom tyto hodnoty do vzorců (14) a (16), dostaneme rovnice pro očekávanou přesnost vyjádření reliéfu vrstevnicemi.

B

PROVEDENÁ ZKOUMÁNÍ PŘESNOSTI

I. Mapový materiál a terén zvolený pro rozbor

Pro zkoumání byly nahodile vybrány dva listy nové mapy 1:25 000, jeden z prostoru jihozápadně od Zbraslavě u Prahy, druhý severně od Jihlavy.

První list, M-33-77-B-c, z prostoru Zbraslav, byl vyhodnocen na stereoplanigrafu Zeiss v roce 1954 podle leteckých snímků v měřítku 1:26 000, zhotovených v roce 1953. V tomto listu bylo vybráno území asi 15 km², a to terénu nepokrytého, mírně zvlněného.

Druhý list, M-33-92-C-a, z prostoru Jihlava, byl vyhodnocen rovněž na stereoplanigrafu Zeiss v roce 1954 podle leteckých snímků v měřítku 1:18 000, zhotovených v roce 1953; V tomto listu bylo vybráno území rovněž asi 15 km² veliké, a to terénu kopcovitého, zalesněného.

II. Způsob zkoumání přesnosti

Pro zkoumání přesnosti byla zvolena tato metoda: Pro určení chyb v situaci a ve výšce jednotlivých bodů zaměříme v terénu geodeticky kontrolní body, a to tak, aby přesnost geodetického určení bodu byla asi čtyřikrát větší než očekávaná přesnost fotogrammetrického měření. Pro určení chyb ve výšce a poloze vrstevnic zaměříme podrobně v terénu přímé profily dlouhé asi 1 km, vedené pokud možno ve směru spádnic. Rovněž tady je požadavek, aby podrobné body profilu byly geodeticky určeny asi čtyřikrát přesněji, než je očekávaná přesnost fotogrammetrického měření.

Způsob plošného vyměřování číselnou methodou byl zavržen jako pomalý a tedy málo vhodný, protože by bylo možno pro zkoumání nashromáždit mnohem méně materiálu a málo různorodého.

III. Geodetické práce

1) Území mírně zvlněné, nepokryté

V listu M-33-77-B-c bylo zaměřeno 19 bodů zpětným protínáním a jeden bod rajonem z blízkého trigonometrického bodu. Dále bylo zaměřeno 10 profilů v úhrnné délce 12 193 m trigonometrickou nivelací vpřed.

Úhly byly měřeny theodolitem Wild T2 se setinným dělením kvadrantu ve dvou skupinách. Souřadnice bodů byly vypočteny ze dvou nezávislých kombinací. Střední chyba v určení souřadnic je $m = \pm 0,16$ m. Výšky bodů byly změřeny geometrickou nivelací ze středu, a to s přesností lepší než centimetrovou. Profily byly měřeny Zeissovým tachymetrem „Redta“ a byly vedeny vždy dvěma známými body. Změřené délky i výšky byly vyrovnány. Po vyrovnání zůstane největší chyba uprostřed profilu a může dosáhnout nejvýše poloviny rozdílu zjištěného na konci profilu. Střední chyba uprostřed jednoho profilu zjištěná podle chyb koncových, byla $m = \pm 0,29$ m.

Srovnáme-li tyto výsledky s očekávanou přesností fotogrammetrického měření, vidíme, že geodeticky určené souřadnice a výšky jednotlivých bodů, jakož i profily můžeme považovat vzhledem k fotogrammetrickým za bezvadné.

2) Území kopcovité, zalesněné

Podle zkušeností získaných při měření v nepokrytém terénu bylo zjištěno, že je možno přesnost geodetických měření snížit a tak práci urychlit.

Protože šlo o terén zalesněný, byly souřadnice i výšky 18 kontrolních bodů určeny polygonovými pořady. Vrcholové úhly polygonů byly měřeny theodolitem Wild T2 se setinným dělením kvadrantu v obou polohách dalekohledu. Délky polygonových stran byly měřeny převážně pomocí dvoumetrové vodorovné latě, a to jen ve směru vpřed. Výškové úhly byly měřeny v obou polohách dalekohledu. Střední chyba v souřadnicích je $m = \pm 0,64$ m, střední chyba ve výšce je $m = \pm 0,12$ m. Dále bylo v území zalesněném změřeno 12 profilů v úhrnné délce 7 587 m trigonometrickou nivelací ze středu Fričovým tachymetrem. Oba konce profilů byly výškově připojeny k bodům, jejichž výška je přesně známa (nivelační body, trigonometrické body). Výpočet chyb je proveden stejně jako v předcházejícím případě a byla vypočítána střední chyba $m = \pm 0,16$ m.

Srovnáme-li tyto výsledky s očekávanou přesností fotogrammetrického měření, vidíme, že geodeticky určené souřadnice a výšky jednotlivých bodů, jakož i profily jsou vzhledem k fotogrammetrickým určeny s vyhovující přesností.

Ze všeho, co bylo řečeno v této stati, vyplývá, že provedená geodetická měření tvoří dostatečný základ pro rozbor přesnosti fotogrammetrického měření.

IV. Zpracování a rozbor výsledků

Modré kopie fotogrammetrických originálů na zajištěném papíře byly potom vloženy do koordinátografu a odečteny souřadnice x , y kontrolních bodů. Výšky byly vyhledány na průsvitce výškových bodů (byly voleny jen takové body, u nichž byly známy fotogrammetricky určené výšky). Dále byly koordinátografem proměřeny na modrých kopiích kontrolní profily. Tím byl získán všechn materiál potřebný pro rozbor přesnosti fotogrammetrického měření.

1) Střední chyby v souřadnicích M_x , M_y

Odchytky fotogrammetrických souřadnic od geodetických, které označíme e_x , e_y , mohou být zatíženy systematickými chybami, jež musíme z rozboru vyloučit. Uvážíme tedy, jaké systematické chyby se mohou vyskytnout.

Předně se může vyskytnout systematická chyba c , kterou je nutno bezpodmínečně vyloučit, protože zatěžuje všechny body, zaviněné špatným nastavením modré kopie listu na koordinátograf. Dále se mohou vyskytovat systematické chyby γ_i v jednotlivých snímkových dvojicích, ze kterých byla

mapa vyhodnocena. Tyto chyby mohou být zaviněny špatným nastavením mapového listu na kartovací stůl stereoplanigrafu nebo též nesprávným určením měřítka modelu. Označíme-li tedy nahodilou chybu ϵ , dostáváme, že celková chyba je

$$e = \epsilon + c + \gamma_r \quad (18)$$

Dá se snadno odvodit, že systematická chyba

$$c = \frac{(e)}{n} \quad (19)$$

Označíme-li $e - c = E$, platí potom také, že

$$E = \epsilon + \gamma_r \quad (20)$$

Odvodíme opět lehce, že systematické chyby

$$\gamma_i = \frac{(E)}{o_i}, \quad (21)$$

kde o_i je počet měření ve skupině i .

Podle těchto vzorců bylo také skutečně počítáno.

Protože počet měření v jednotlivých skupinách je malý, nedají se správně určit chyby γ_i , neboť seskupení záporných či kladných chyb v jedné skupině může být nahodilé. Byly považovány tedy za chyby fotogrammetrického měření chyby E , z nichž jsou také vypočteny střední chyby v souřadnicích M_x , M_y , při čemž byly vzaty do výpočtů všechny body, i ty, u nichž je chyba větší než $2M$ (což je maximální chyba ve skupině 20 měření), neboť tyto chyby jsou zaviněny nezřetelností bodů v terénu i na snímku (široké rozcestí a p.) a takové body se mohou vyskytnout často. Chyby e u těchto bodů byly ovšem také opraveny o systematický posun c .

2) Střední chyba v situaci jednotlivých bodů M_i

Z chyb E_x , E_y byly vypočteny chyby v situaci jednotlivých bodů

$$E_s = \pm \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$

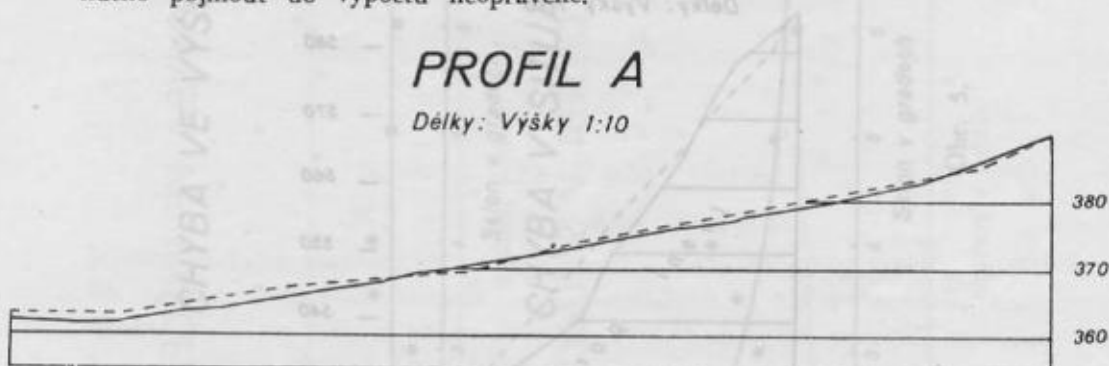
a z nich střední chyby v poloze bodů M_i .

3) Střední chyba ve výšce jednotlivých bodů M_n

Úvahy o systematických chybách, provedené pro chyby v souřadnicích x, y , nelze přenést na chyby ve výškách. Jak bylo ukázáno dříve, systematické chyby ve výškách jsou zaviněny deformací modelu a lze je odstranit podle rovnice (4):

$$dh = A_z^2 + B_{xy} + C_x + D_y + E.$$

V záznamech o vyhodnocování (vyhodnocovacích formulářích) byly vyhledány zbytkové chyby ve výškách vřícovacích bodů a z 5 rovnic tvaru (4) byly vypočítány koeficienty A, B, C, D, E a posléze výškové opravy dh . Když byly srovnány vypočtené výškové opravy dh u přebytečných bodů se zbytkovými chybami zapsanými ve vyhodnocovacích formulářích, bylo vidět, že údaje nejsou vedeny dost soustavně, a proto jich nelze použít pro eliminaci systematických chyb, takže hodnoty, získané fotogrammetricky, bylo nutno pojmout do výpočtu neopravené.



Obr. 3.

4) Chyba ve výšce vrstevnice M_v a v poloze vrstevnice M_{vp}

Geodeticky a fotogrammetricky určené profily byly kresleny a odchylky odměřeny vynášecími trojúhelníky (viz obr. 3, 4). Potom byly tyto odchylky sestaveny doskupin podle sklonu terénu. Některé největší chyby byly z dalších výpočtů škrtnuty, protože jde o místa, kde hustota lesa nedovoluje relief fotogrammetricky vyhodnotit a vrstevnice byly pravděpodobně získány interpolací.

Průměrné chyby vypočtené v jednotlivých skupinách byly vyneseny do grafu (sklon terénu v gradech vpravo, chyba v metrech nahoru) a hledáno, zda chyba ve vrstevnici je funkcí sklonu terénu. Podle grafu se dá usoudit,

že ano a že chyby ve výšce vrstevnice jsou seskupeny kolem přímky nebo křivky tvaru $\varepsilon_v = a + b \cdot \operatorname{tg}\alpha$; chyby v poloze vrstevnic ukazují zřetelně na křivku vyjádřenou funkcí $\varepsilon_{vp} = \bar{a} + \bar{b} \cdot \cotg\alpha$ (viz obr. 5, 6).

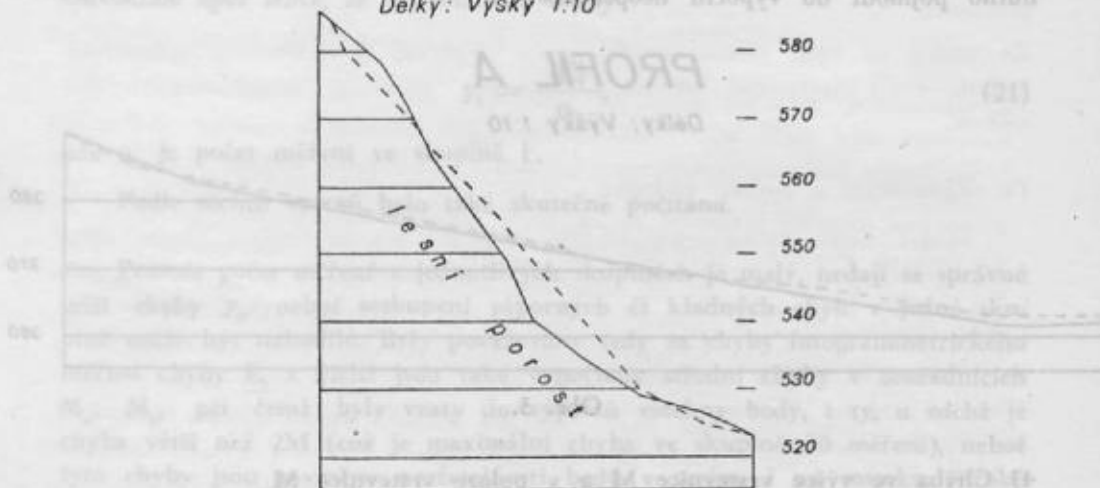
Vyrováním podle metody nejmenších čtverců bylo určeno, která funkce nejlépe odpovídá podmínce

$$[vv] = \min.$$

Bylo to zkoušeno pro rovnici přímky, paraboly, pro rovnici Koppeho ($\varepsilon_v = a + b \cdot \operatorname{tg}\alpha$) a pro rovnici Raabovu ($m_v = \pm \sqrt{a^2 + b^2} \cdot \operatorname{tg}^2\alpha$). Pro chybu v poloze vrstevnice bylo vyrování provedeno pro rovnici přímky a rovnici $\varepsilon_{vp} = \bar{a} + \bar{b} \cdot \cotg\alpha$.

PROFIL 0

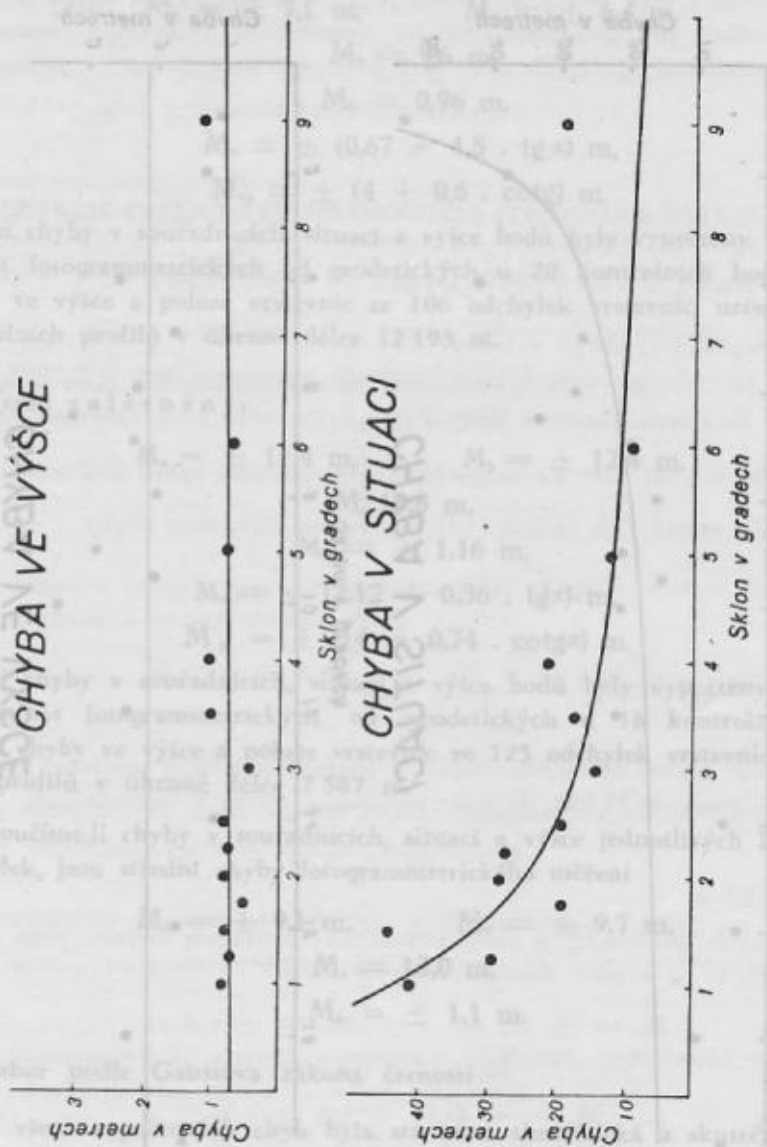
Délky: Výšky 1:10



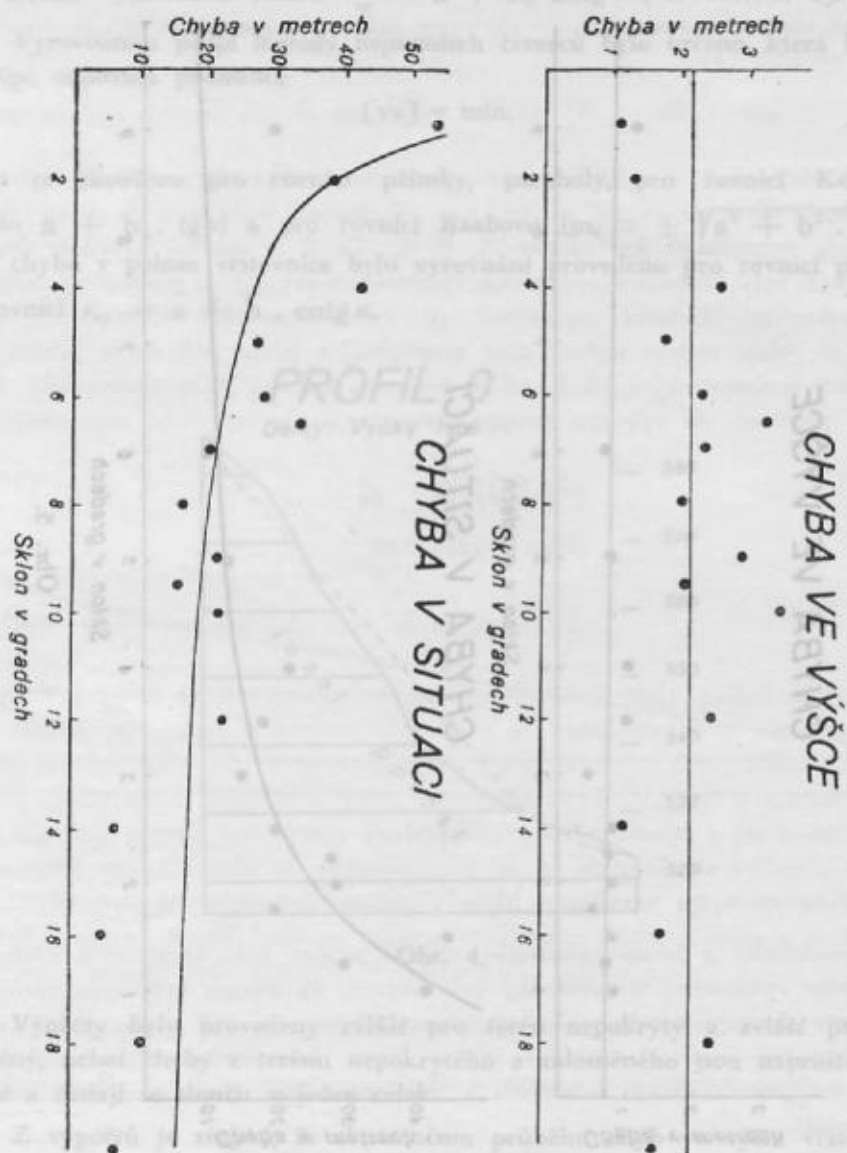
Obr. 4.

Výpočty byly provedeny zvlášť pro terén nepokrytý a zvlášť pro zalesněný, neboť chyby z terénu nepokrytého a zalesněného jsou naprosto rozdílné a nedají se sloučit v jeden celek.

Z výpočtů je zřejmé, že skutečnému průběhu chyb ve výšce vrstevnice nejlépe odpovídá rovnice Koppeho, což je také v soulase s funkcí (14), která byla theoreticky odvozena. V terénu zalesněném pak je zřejmé, že vliv sklonu terénu je nepatrný a že hlavní chybu zaviňuje porost.



Obr. 5.



Obr. 6.

Terén nepokrytý:

5) Přehled vypočtených chyb.

$$M_x = \pm 7,1 \text{ m}, \quad M_y = \pm 6,4 \text{ m},$$

$$M_s = 9,6 \text{ m},$$

$$M_h = 0,96 \text{ m},$$

$$M_r = \pm (0,67 + 1,8 \cdot \operatorname{tg} \alpha) \text{ m},$$

$$M_p = \pm (4 + 0,6 \cdot \operatorname{cotg} \alpha) \text{ m}.$$

Střední chyby v souřadnicích, situaci a výšce bodů byly vypočteny z odchylek hodnot fotogrammetrických od geodetických u 20 kontrolních bodů, střední chyby ve výšce a poloze vrstevnic ze 106 odchylek vrstevnic, určených z 10 kontrolních profilů v úhrnné délce 12 193 m.

Terén zalesněný:

$$M_x = \pm 11,4 \text{ m}, \quad M_y = \pm 12,4 \text{ m},$$

$$M_s = 16,8 \text{ m},$$

$$M_h = \pm 1,16 \text{ m},$$

$$M_r = \pm (2,12 + 0,36 \cdot \operatorname{tg} \alpha) \text{ m},$$

$$M_p = \pm (14 + 0,74 \cdot \operatorname{cotg} \alpha) \text{ m}.$$

Střední chyby v souřadnicích, situaci a výšce bodů byly vypočteny z odchylek hodnot fotogrammetrických od geodetických u 18 kontrolních bodů, střední chyby ve výšce a poloze vrstevnic ze 125 odchylek vrstevnic určených z 12 profilů v úhrnné délce 7 587 m.

Sloučíme-li chyby v souřadnicích, situaci a výšce jednotlivých bodů v jeden celek, jsou střední chyby fotogrammetrického měření

$$M_x = \pm 9,1 \text{ m}, \quad M_y = \pm 9,7 \text{ m},$$

$$M_s = 13,0 \text{ m},$$

$$M_h = \pm 1,1 \text{ m}.$$

6) Rozbor podle Gaussova zákona četnosti

U všech vypočtených chyb byla srovnána theoretická a skutečná četnost a rovněž byl nakreslen průběh chyb podle Gaussovy křivky a křivky sumární. Chyby v situaci bodů nemají znaménko, a proto se neseskupují podle Gaussovy křivky, nýbrž podle křivky tvaru pískové duny.

Ze všech provedených srovnání, rovněž tak ze všech grafů bylo vidět, že chyby přes malý počet měření odpovídají Gaussovu zákonu četnosti. Bylo také vidět, že značně převažují chyby malé. Avšak do výpočtů byly zahrnuty všechny chyby, i větší než $2M$, neboť nejde o hrubé chyby, nýbrž o chyby, které se mohou při fotogrammetrickém vyměřování vyskytnout, neboť jsou zaviněny neurčitostí některých situačních předmětů na snímku i v terénu.

POSOUZENÍ PŘESNOSTI FOTOGRAMMETRICKÉHO MĚŘENÍ

I. Porovnání s theoretickými předpoklady

1) Terén nepokrytý, mírně zvlněný:

Mapa M-33-77-B-c byla vyhodnocena na stereoplanigrafu Zeiss ze snímků pořízených Zeissovou komorou RMK-P21 s konstantou $f = 211,09$ mm. Měřítka snímků je $M = 1 : 26\,000$. Ze vzorce $M = \frac{f}{h}$ vypočteme výšku letu $h = 5\,500$ m, potom podle vzorců (7), (12) a (14) vypočteme očekávané chyby

$$dv = (1,65 + 5,82 \cdot \operatorname{tg} \alpha) \text{ m.}$$

$$dx = dy = 0,82 \text{ m,}$$

$$dh = 1,65 \text{ m,}$$

Ještě však je nutno uvážit, že chyby v souřadnicích jsou zatíženy grafickou nepřesností mapy 1:25 000. Je tedy očekávaná chyba v souřadnicích

$$dx = dy = 5 \text{ m}$$

a nikoli 0,82 m.

Srovnáním geodeticky a fotogrammetricky určených hodnot jsme dostali skutečné chyby a z nich střední chyby

$$M_x = \pm 7,1 \text{ m} \quad M_y = \pm 6,4 \text{ m}$$

$$M_h = \pm 1,0 \text{ m}$$

$$M_r = \pm (0,67 + 1,8 \operatorname{tg} \alpha) \text{ m.}$$

Je vidět, že střední chyby vypočtené ze skutečných chyb jsou, kromě chyb v souřadnicích, menší než chyby theoreticky očekávané. Je tedy pravděpodobné, že jakost citlivého fotografického materiálu, na kterém byly snímky

pořizeny, dovoluje rozlišit mezi horizontální paralaxu dp než $dp = 0,02$ mm, které bylo vzato do výpočtů. Dále je ze zkušenosti známo, že přesnost fotogrammetrického měření se dá pečlivou prací a výborným zrakem zvýšit až o 50 % proti theoreticky předpokládaným hodnotám. U chyb v souřadnicích se projevuje nejistota identifikace situačních bodů v terénu (široké rozježděné křižovatky polních cest a p.), a proto jsou střední chyby M_x , M_y větší než vyplývá z theoretických předpokladů.

2) Terén zalesněný, kopcovitý:

Mapa M33-92-C-a byla vyhodnocena na stereoplanigrafu Zeiss ze snímků pořizených Wildovou komorou RC-5 s konstantou $f = 213,86$ mm. Měřitko snímků je $M = 1:18\,000$. Ze vzorce $M = \frac{f}{h}$ vypočteme výšku letu $h = 3\,800$ m a opět vypočteme theoreticky předpokládané chyby.

$$dx = dy = 5 \text{ m,}$$

$$dh = 1,2 \text{ m,}$$

$$dv = (1,2 + 5,6 \cdot \operatorname{tg} \alpha) \text{ m.}$$

Srovnáním geodeticky a fotogrammetricky určených hodnot jsme dostali skutečné chyby a z nich střední chyby

$$M_x = \pm 11,4 \text{ m,} \quad M_y = \pm 12,4 \text{ m,}$$

$$M_h = \pm 1,16 \text{ m.}$$

$$M_v = \pm (2,12 + 0,36 \cdot \operatorname{tg} \alpha) \text{ m.}$$

Je vidět, že les velmi snižuje kvalitu fotogrammetrického měření, hlavně zvyšuje chybu ve vyjádření reliéfu vrstevnicemi.

II. Porovnání s výsledky dosaženými v jiných zemích

Výsledky fotogrammetrických měření (obr. 7).

SSSR:

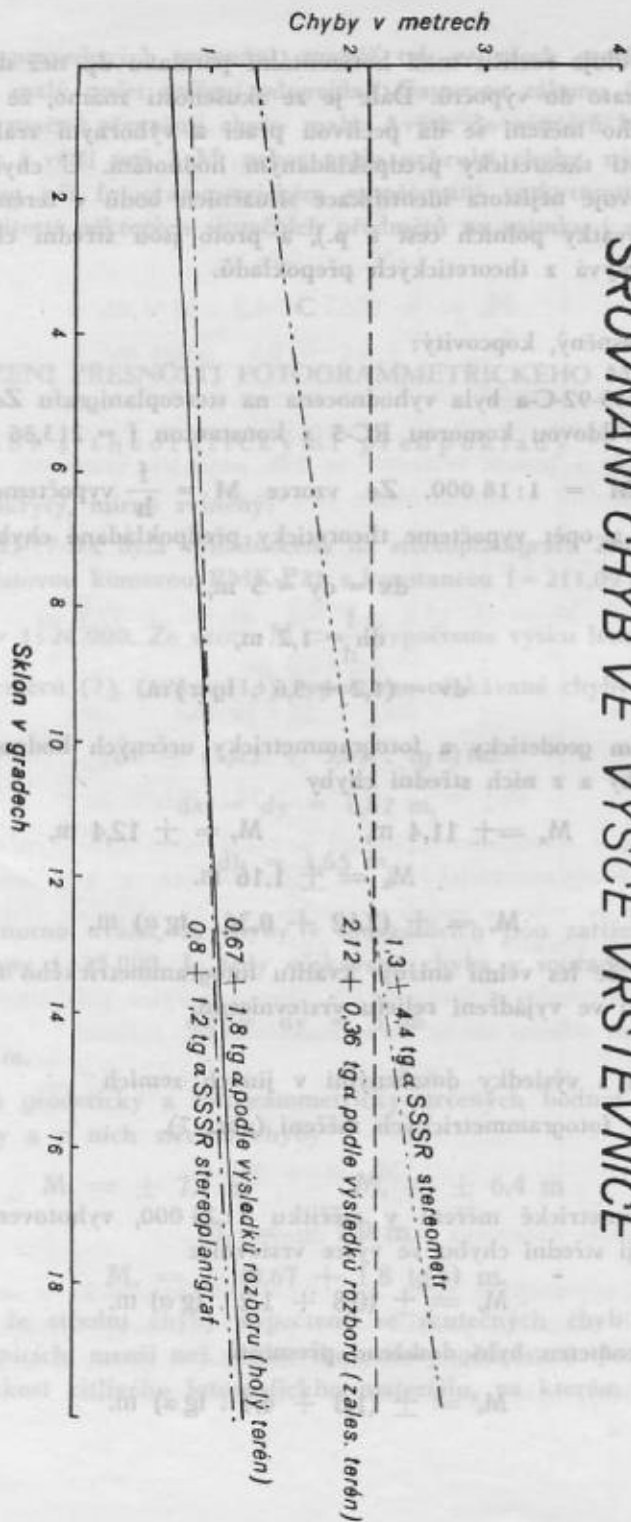
Fotogrammetrické měření v měřítku 1:25 000, vyhotovená stereoplanigrafem, dávají střední chybu ve výšce vrstevnice

$$M_v = \pm (0,8 + 1,2 \cdot \operatorname{tg} \alpha) \text{ m.}$$

Na stereometru bylo dosaženo přesnosti

$$M_v = \pm (1,3 + 4,4 \cdot \operatorname{tg} \alpha) \text{ m.}$$

SROVNANÍ CHYB VE VÝŠCE VRSTEVNICE



Obr. 7.

Německo:

1:25 000, chyba ve výšce bodů

$$M_b = \pm 1,2 \text{ m.}$$

Chyba ve výšce vrstevnice

$$M_v = \pm(1,5 + 6,3 \cdot \text{tg } \alpha) \text{ m.}$$

Výsledky našich rozborů byly získány z malého počtu kontrolních měření, ale přesto naznačují, že nová mapa 1:25 000 velmi dobře snese srovnání s výsledky dosaženými v jiných zemích a že odpovídá i výsledkům fotogrammetrického mapování na stereoplanigrafu, dosaženým v Sovětském svazu.

Seznam použité literatury:

- (1) Böhm: Počet vyrovnací s úvodem do počtu pravděpodobnosti (Brno 1948).
- (2) Gál: Fotogrametrie (Bratislava 1954).
- (3) Klobouček: Fotogrammetrický snímek.
- (4) Brandenberger: Fehlertheorie der äußern Orientierung.
- (5) Förstner: Verteilung von Lagefehlern (Bildmessung und Luftbildwesen 1942).
- (6) Koppe: Über die zweckentsprechende Genauigkeit der Höhendarstellung in topografischen Plänen und Karten für allgemeine technischen Vorarbeiten (Zeitschrift für Vermessungswesen 1905).
- (7) Manek: Die Fehlerformeln für stereofotogrammetrisch gewonnene Höhenlinien (Allgemeine Vermessungsnachrichten 1937).
- (8) Raab: Kritik der Fehlergrenzen für Oberflächendarstellung in topografischen Karten (A. V. N. 1935).
- (9) Seidel: Über die Prüfung der Genauigkeit der aus Luftbildern hergestellten topografischen Grundkarte von Amrum und ihre Wirtschaftlichkeit.
- (10) Skiridov: Stereofotogrammetrija (Moskva 1951).

K sovětskému Atlasu světa

V minulém roce byl vydán „Atlas mira”, jedno z největších děl sovětské kartografie, odměněné Stalinovou cenou.

Je vhodné upozornit na některé zajímavé, pro nás velmi cenné poznatky, z nichž můžeme mnoho čerpat při plnění svých současných úkolů. Není úmyslem toto veliké dílo hodnotit po stránce geografické, chtěl bych se zaměřit pouze na estetické zpracování a grafické provedení atlasu a současně uvést technologický postup při reprodukci a tisku tohoto díla, který uvádí V. V. Puskov ve své knize „Technologija izdanija kart”.

„Atlas mira” lze bezesporu hodnotit jako nejdokonařejší a nejkrásnější kartografické dílo současné doby.

Mapy jsou rozděleny do čtyř souborů, a to:

- mapy světa fyzické a politické (stav v r. 1914, 1932 a stav v r. 1950);
- mapy Svazu sovětských socialistických republik;
- mapy zahraničních území a
- mapy polárních zemí.

Abychom mohli s grafického hlediska prostudovat celé dílo, je třeba u jednotlivých typů map věnovat pozornost

- a) technickému zpracování kresebných prvků map;
- b) vyjádření plasticity terénu;
- c) provedení kartolitografických prací;
- d) volbě barev a provedení tisku a
- e) knihařskému zpracování atlasu.

a) Kresebné prvky map, t. j. kresba sídlišť, spojovacích cest, hranic, hydrografie, terénu, různých objektů a písmo byly provedeny na kartografických originálech v zvětšeném měřítku, čímž bylo dosaženo jemné kresby, která nesporně předčí výsledky nesmírně namáhavých prací ryteckých.

— Zcela odlišně od map jiných atlasů jsou zpracovány mapy větších měřítek, znázorňující velká sídliště (na př. Londýn), kde je pro kresbu kontur bloků domů, jednotlivých domů a komunikací použito neutrálky s rastrovou výplní šedofialové barvy. Tyto mapy jsou jistě jemnější než mapy jiných atlasů, kde je použito čárových rastrů v černé barvě a není proto možno dosáhnout klidných tónů.

— Kresba železnic je provedena tak, že pěkně vyniká svojí velmi kvalitní barvou a neruší ani na listech s hustou železniční sítí (na př. komunikační sítí Západní Evropy a Severní Ameriky). Rovněž značky jiných komunikací jsou řešeny tak, aby dobře znázorňovaly tyto spoje a přitom nerušily ostatní jemně zpracované prvky map.

— Prohlížíme-li jednotlivé listy vidíme, že hydrografie je na mapách vyjádřena obvyklou modrou barvou, avšak v různých odstínech. Od pruské modře (Karelo-finská SSR) až po ultramarin (Australie). Odstíny jsou voleny podle hustoty názvosloví a celkové barevné náplně mapy (na př. severozápadní část SSSR a Bulharsko). Ve zvláštních modrých barvách jsou velmi zdařile provedeny i jiné hydrografické prvky: bažiny, solné pouště, ledová pole, ledovce (viz Špicberky).

— Vrstevnice jsou provedeny na všech mapách velmi jemně, jsou dostatečně výrazné a přitom neruší, na rozdíl od některých cizích i našich map, kde je tato věc problémem. Z kresebných prvků terénu jsou rovněž zdařile provedeny pouště a lávová pole (Jihozápadní Asie).

— Podobně jako kresba hydrografie je řešeno písmo na mapách. Tam, kde by velké množství písma rozbijelo klidný obraz mapy, je černá barva písma lomená. Nejmenší typ písma, který je pro reprodukci a tisk velmi obtížný, byl velmi šťastně vyřešen. Byl volen typ kursivy, ale bez vlasových a stínových čar, jistě proto, že vlasové čáry jsou při tisku potrhane a naopak stínové čáry jsou tlusté. Zde vidíme malé písmo, „zdravé“ a čitelné. Ale nejen malé písmo, i všechny ostatní typy písem jsou velmi vhodně voleny.

— Z kresebných prvků nelze přehlédnout vyjádření lesních komplexů a řídkých lesů na politicko-administrativních mapách SSSR i jiných mapách, které je voleno tak, aby kresba byla dobře viditelná a přitom nerušila ostatní obsah mapy.

b) Plasticita terénu je na mapách vyjádřena hypsometricky, stínováním nebo kombinací obou způsobů. Terén takto znázorněný, doplněný početnými výškovými údaji, nejen že nahradí úmorné šrafování, ale vyjadřuje plasticitu terénu lépe, než množství šrafovaných detailů, které nic neříkají (na př. mapy Panamský průplav a Neapol při porovnání s mapami v italském nebo švédském atlasu).

— Stínování terénu na mapách „Atlasu mira“ je dvojitě: jednak je použito stínování (lavírováním) při šikmém osvětlení (severozápadní směr), na př. Kirgizská a Azerbajdžanská SSR, které je vhodné pro mapy malých měřítek, a způsobu kombinovaného, t. j. kombinace šikmého a kolmého osvětlení s použitím barevné hypsometrie, na př. Honolulu, Neapol, které

je velmi vhodné pro mapy středních měřítek. Tyto způsoby stínování jsou částečně odlišné od způsobu užívaného u nás při stínování map malých měřítek. Myslím, že tyto sovětské způsoby jsou rozhodně lepší než způsob běžně užívaný na našich nástěnných školních mapách, jenž vytváří stereotypně zaoblené tvary s množstvím detailů, které zbytečně ruší (viz nástěnnou mapu Asie).

— Velmi dobře jsou voleny ocelově šedé tóny stínování, při nichž je použito otevřená síť, která se nezanáší při tisku barvou a pěkně vyniká.

e) Kartolitografické práce byly provedeny v měřítku vydání. Obsahují zpracování barev hypsometrických tónů a barev vodstva u map fyzikálních a barevnou náplň map politických. Při těchto pracích bylo bohatě využito čárových i bodových rastrů v kombinaci plných barevných ploch. Rastry jsou voleny ve velmi vhodných intenzitách tónů a jsou pokládány tak, že tvoří harmonicky sladěné a dobře rozlišené zbarvení jednotlivých zemí, což je někdy obtížné, jako na př. u států Střední Ameriky nebo Evropy. U map hypsometrických bylo třeba velké pečlivosti při zpracování tak členěné kresby vrstevnic, jako na př. u fyzikálních map Asie.

d) Barevná náplň je pro grafika opravdu zrakovým požítkem. Čistota hypsometrických tónů (na př. Severní Itálie nebo Rumunsko) je získána hlavně rozložením tiskové plochy čárovými a bodovými rastry což umožňuje tiskaři použít intenzivnějších odstínů barev, takže nemusí barvu tolik zeslabovat směšovací bělobou a tím ji vlastně špinit. Volba hnědých tónů je velmi zdařilá a tak vidíme snad po prvé správné hypsometrické znázornění velehorské oblasti Tibetu nebo Pamiru, zatím co na mapách jiných atlasů nebo nástěnných mapách jsou tato území krvavě červená s nečitelným popisem. Ozdobou barevné škály jsou barvy moří s tyrkysovými odstíny, na př. fyzikální mapy Austrálie a Oceánie nebo Indonesie. Kombinací různých rastrů v kartolitografii bylo také dosaženo velmi pěkných pastelových odstínů na všech mapách politického rozdělení.

Při určování barevné náplně Atlasu světa jistě spolupracovali umělcimalíři a při sledování barevnosti v tisku bylo použito přístrojů k měření intenzity barevných tónů (densitometry), protože okulární kontrola by byla obtížná a nezaručovala by tyto výsledky.

e) Nelze přehlédnout i knihařskou práci, t. j. složení map, vevázání do celoplátěné vazby vyztužené účelně překlízkou, opatřenou plastikou výsostného znaku SSSR a vlisovaným názvem z ryzí zlaté folie.

Byla to jistě nesmírná práce, provedená za necelých pět let, a proto jména těch, kteří se svojí prací zúčastnili na tomto díle, jsou uvedena na

stranách atlasu. A nejsou tam pouze jména redaktorů-vědců, ale i jména grafiků-ofsetových tiskařů i knihařů.

Je zajímavé, jak bylo postupováno při reprodukci a tisku tohoto velkého díla.

Při zpracování technologického plánu vydání atlasu byly nejdříve stanoveny tyto základní údaje: název díla, výše nákladu, počet kusů vázaných a počet souborů, které měly být vydány jako volné listy vložené do pouzdra. Dále bylo zjištěno, že mapy budou tištěny průměrně ve 20 barvách při umístění dvou mapových listů na archu papíru velikosti $67,5 \times 104,5$ cm. Potom byla stanovena technická data pro vlastnosti papíru, t. j. váha 150 g/m^2 a přesný rozměr papíru se zřetelem na šířku záchytného okraje při tisku.

Atlas byl tištěn ofsetem z tiskových desek hliníkových i zinkových, při čemž kresebné prvky byly tištěny z pozitivních kopií a tónová náplň (kolorit) z tiskových podkladů zhotovených přetiskováním nebo kopírováním čárových nebo bodových rastrů. Bloky domů u map menších měřítek byly provedeny rastrem v černé barvě. Tento způsob provedení je u nás méně známý. Jde o rozložení barevné plochy čárovým rastrem přímo ve fotoreprodukčním přístroji. Provádí se tak, že se vyplní černou tuší na modré kopii nebo modrotisku příslušné partie pro určitou barvu a originál se ofotografuje na suchou desku. Deska se ponechá ve fotografickém přístroji, originál se sejme se stojanu (rámu) a od diapositivního zařízení se vloží v určitém směru položený čárový rastr na filmu, načež se provede druhá expozice. Délka expoziční doby se předem vyzkouší, aby negativ měl potřebné krytí. Aby se práce zrychlila, fotografuje se většinou více originálů. Tím se získá negativ původně černé plochy, rozložené potřebným rastrem. Z negativu se pak podle potřeby zhotoví mokrým kolloidním procesem pozitiv na tak zv. „kůžičkové kolloidium“, které se sejme se skla a vmontuje (přilepí) na příslušné místo positivu.

Pro reprodukci přehledných map byly zpracovány tyto originály:

— kartografické originály kresby kontur, vrstevnic, písma, vodstva, isobath, bažin, ledovců, železnic, korálových útesů, směrů proudů a pohybu ledů a indexu, při čemž bylo vždy několik prvků nakresleno na jednom originálu.

— kartolitografické originály jednotlivých barev byly zpracovány podle předloh pro kresbu souše, moří, vnitrozemského vodstva a hranic;

— originály výplně bloků byly zpracovány na modrých kopiích.

Z reprodukováných originálů kresebných prvků byla vždy provedena kontrolní zkouška soutisku.

Podobně tomu bylo u dvoulistových map, kde byly reprodukovány originály stínovaného terénu a zpracovány kartolitografické originály barevně náplně politických map.

Na každý mapový list, zvláště pro dvoulistové a jednostránkové mapy, sestavila technická redakce technologický postup a grafikon koloritu mapy, který schvaloval hlavní redaktor atlasu.

Postup při reprodukci kartografických originálů a na kartolitografických pracích:

- Podle zpracované předlohy byla provedena na originálu kontur montáž originálu vrstevnic. Na originálu kontur se vyznačilo číslo mapového listu, hlava (pro záchytný okraj při tisku), nakládací úhel a seznam všech podkladů podle stanovené terminologie. Při zpracování negativů určité barvy zůstal na něm pouze příslušný název listu, ostatní bylo vykryto; jen na manipulačním (pomocném) podkladu byl ponechán vždy celý seznam;
- negativy byly zhotoveny přes prisma zmenšením z pracovního měřítka do měřítka vydání. Počet negativů se řídil počtem barev, které byly retušersky rozčleněny;
- vyretušované negativy byly vykopírovány na manipulační tiskové desky, zcitlivěné chromobílkovou emulzí;
- z tiskových desek byly pak pořízeny soutisky kresebných prvků jako zkouška správného licování jednotlivých barev;
- po zjištění, že negativy jsou správné, byly z nich zhotoveny pozitivy, a to kontaktním kopírováním na bromoželatinové skleněné desky. Tak se pořídily postupně ze všech rozčleněných negativů pozitivy na skleněné desky.
- Pak byla provedena technická kontrola a opravení pozitivů. Rastr pro vyznačení bloků domů, zhotovený způsobem „záměny“, byl vmontován do pozitivu příslušné barvy;
- z připravených pozitivů se opět pořídily manipulační tiskové desky a kvalitní soutisky pro kontrolu a schválení tiskových desek pro ná-tisk;
- z manipulačních tiskových desek byl pak zhotoven podle grafikonu potřebný počet obtahů pro kartolitografické originály;
- originály tónových barev byly provedeny na tiskové desky způsobem obkřívání, výplní a přetištěním nebo vkopírováním příslušných rastrů podle kartolitografických předloh a grafikonu koloritu map:

- ze zpracovaných tiskových desek tónových barev byly pak rovněž provedeny soutisky a po revizi soutisků byly kresby na deskách opraveny, aby jich mohlo být použito pro nátisk.

Na jednotlivých mapách obsahujících kresbu lesů byly tiskové desky zhotoveny z originálů provedených rovněž v měřítku vydání. Tyto originály byly zpracovány montáží podle astralonové šablony. Z astralonového originálu byl pořízen negativ na suchou desku a z negativu pozitiv na bromoželatinovou desku.

Tiskové desky kresby stínovaného terénu byly provedeny takto:

- z originálního stínovaného terénu se pořídil polotónový negativ na film (s prismaticem);
- z negativu byly pak zhotoveny v diapositivním zařízení dva síťové diapositivы mokrým kolloidním procesem. Jeden pozitiv byl měkký, málo kontrastní (pokladový tón) a druhý tvrdý kontrastní (zesilující tón);
- z pozitivů se pak pořídily tiskové desky a z těchto pak zkušební soutisk pro schválení k nátisku.

Na některých mapách bylo použito ještě třetího zesilujícího tónu.

Po předběžných zkouškách soutisků jak kresebných, tak tónových prvků mapy byl proveden nátisk. Nátisk měl odpovídat budoucímu výtisku z nákladu, a proto bylo použito téhož papíru a barev jako pro tisk nákladu. Barvy byly voleny podle schválených vzorů. Z každého listu bylo pořízeno 40 nátisků (exemplářů), z nichž 3 výtisky obsahovaly pouze kresebné prvky. Čtyři nátisky provedeny tak, jak mají být mapy vydány, uchovaly se jako unikáty ve Vědecko-vydavatelské kartografické části a jeden nátisk byl odeslán do kartografického závodu současně se všemi elaboráty pro orientaci při přípravě listů k ofsetovému tisku. Při provádění nátisků byly zhotoveny tisky jednotlivých barev a z nich sestavena postupná škála s kompletním nátiskem, upravená do alba, která sloužila jako vzor při tisku nákladu.

Po schválení nátisků příslušnými orgány stanovila technická redakce postup pro odstranění nedostatků na nátiscích a přípravu k tisku ve stroji. Podle rozsahu a složitosti byly opravy a doplňky provedeny buď na tiskových deskách nebo negativech. Zásadně však byly veškeré nedostatky zjištěné na nátiscích, opraveny na originálech, negativech, a bylo-li to možné, i na positívech.

Co z tohoto reprodukčního postupu a celého díla můžeme pro naši práci převzít? Rozhodně se nelze spokojit tím, abychom toto dílo pouze obdivovali. Je nutno, abychom ho studovali, abychom ho používali přímo

jako vzoru ať při zpracování grafikonů barevné náplně různých map (mapy geografických popisů nebo jiné mapy malých měřítek), či při volbě druhů písma, a aby ho bylo využíváno přímo v nátisku při volbě barevných odstínů. Nelze již spoléhat na osobní rutinu, na řešení jednotlivce, nýbrž klást hlavní důraz na kolektivní práci. A právě „Atlas mira“ je vzorem velmi pečlivé práce širokého kolektivu, výsledkem mnoha zkoušek a hlubokého studia různých mapových děl.

Technologické postupy svědčí o vzorné organizaci všech prací, ukazují, jak nutná je soustavná kontrola jednotlivých úkonů, ať je to kontrola náplně map, kvality kresby, dokonalosti fotoreprodukčních prací, předepsaných odstínů barev, přesnosti soutisku a čistoty výtisků. I když náš materiál pro výrobu map nám dosud nedovolí přesně dodržet jasnost a čistotu barev, jaké jsou na mapách „Atlasu mira“, můžeme se barvám použitým při tisku atlasu při zvýšeném úsilí značně přiblížit. V každém případě musíme mít stále na paměti, že mapa není jen bojovým prostředkem, ale také esteticky upraveným dílem, při jehož zpracování má každý pracovník po své speciálnosti přispět hodnotným provedením prací, jak je nejvíce schopen.

Porovnáme-li původní „Boľšoj sovětskij atlas mira“ s nynějším vydáním, vidíme veliký růst sovětské kartografie. Tím nelze říci, že by byl původní atlas méně hodnotný. Obsahem různých map, ať hospodářských, historických, geologických či jiných byl ještě bohatší. Nové dílo bylo podstatně zdokonaleno jak po stránce obsahové, tak po stránce grafické a reprodukční. Vysoká hodnota „Atlasu mira“ tkví v jeho vědeckém, kartografickém i uměleckém zpracování a atlas je skutečnou chloubou sovětské kartografie.

Posuzujeme-li obě tato sovětská kartografická díla, tu teprve nám zvlášť jasně vystoupí stav tvorby a vydávání atlasů i map malých měřítek u nás. Československá kartografie zůstala v oboru tvorby atlasů naší společnosti budující socialismus mnoho dlužna. Naše kartografie atlasů a školních map nedosáhla dosud stupně kolektivní cílevědomé a uvědomělé tvorby, ale zůstala na úrovni údržby a názvoslovných oprav starých školních atlasů.

Československá veřejnost nemá v současné době žádný atlas, který by se přibližoval formátu sovětského Atlasu světa.

Opravený a doplněný „Ottův atlas zeměpisný“ má všechny nedostatky atlasů, které byly vydány v době po 1. světové válce.

„Atlas republiky Československé“, který byl proveden v bývalém Vojenském zeměpisném ústavu, má slušnou úroveň a zachycuje podrobně hospodářské dění Československa před druhou světovou válkou. Je však omezen pouze na prostor tehdejšího Československa a jeho idea je kapitalistická.

„Malý politický atlas světa“ má značné nedostatky nejen v tom, že obsahuje mapy velmi malých měřítek, ale i jeho grafické zpracování je provedeno s menší pečlivostí. Přestože bylo použito moderních reprodukčních způsobů, grafická hodnota tohoto atlasu nedosahuje kvality atlasových map, vytištěných kamenotiskem. Konečně také text, který atlas hojně obsahuje, dává mu ve značné míře charakter zeměpisné příručky.

„Politicko-hospodářský atlas světa“ vydávaný nakladatelstvím ORBIS jako sbírka map zobrazujících současnou politickou a hospodářskou světovou situaci, vychází v sešitech od r. 1951 a jeho vydání není dosud ukončeno. Nutno říci, že grafická úroveň tohoto atlasu je slabá. Hlavním nedostatkem je použití nevhodného písma a neesteticky voleného koloritu map. Značný podíl na slabé kvalitě map má i reprodukce a ofsetový tisk, protože mapy byly prováděny jako běžné merkantilní výrobky. Uvedené nedostatky však mohly být snadno odstraněny, aniž tím byly prodlouženy výrobní lhůty i finanční náklady, neboť původní náklad byl 60 000 výtisků.

Je třeba, aby i kartografie atlasů a školních map jako jeden z nejslabších článků naší kartografické tvorby přikročil podle vzoru sovětské kartografie ke kolektivní práci na vybudování nové vědecké kartografie a skutečně pomáhala při našem budování ekonomické základny socialismu.

Měřické signály z ocelových trubek

1. Hledání nových pracovních metod a nutnost hospodárnějšího využití stavebního materiálu, zvláště dřeva, vedlo stavební odborníky k použití železných (ocelových) trubek, a to nejen ke stavbě jednoduchých pomocných stavebních lešení, později ke stavbě nejsložitějších skruží a mohutných lešení velkých průmyslových staveb a pozemních i vodních děl.

Základními důvody pro velký rozmach v používání tohoto materiálu byly jednak nevhodné využití dřeva, jimž musíme velmi šetrně hospodařit, jednak snadná a rychlá montáž konstrukcí z trubkového materiálu a tím i úspora odborných pracovních sil.

Další velkou výhodou trubkového materiálu proti používání dřeva je možnost dalšího použití po demontáži konstrukce na jiném staveništi bez znehodnocení části materiálu, čehož nelze dosáhnout při rozebírání dřevěných lešení a konstrukcí.

Z těchto důvodů se i vojenská topografická služba již delší dobu zabývá možností nahradit drahé dřevěné signály železnými trubkovými konstrukcemi, a to zvláště v těch prostorách státu, kde je nedostatek dřeva a nemuselo být dováženo ze vzdálených míst.

2. Používání trubkového materiálu pro stavební lešení bylo v ČSR zavedeno vyhláškou ministerstva techniky čis. 3534 z 30. XII. 1949. Od té doby dosáhlo používání tohoto materiálu v našem stavebnictví veliké obliby, a to jak u technických odborníků, tak i u stavebních dělníků a lešenářů.

Velkou výhodou trubkového materiálu je jeho jednoduchost. Kromě ocelových trubek různé délky jsou ještě nutné dva druhy spojek — upínací a nastavovací a náústky, které tvoří podklad stavebních lešení.

Z různých druhů spojek, které se u nás vyráběly, osvědčily se v praxi spojky „Trusta“ a dále náústky „Trusta“ jako nutný doplněk pro aplikaci trubkového materiálu ve stavebnictví. Tyto spojky vyhověly požadavkům citované vyhlášky ministerstva techniky a jsou dnes v ČSR jediné zavedeny.

Protože v ČSR vyráběné upínací spojky umožňují jen p r a v o ú h l é spojování trubek, je možno budovat železné měřické signály jen se svislými

stěnami. Sbíhavost dřevěných signálů, která zajišťovala jejich stabilitu, je třeba u železných signálů nahradit schodovitým rozšířením spodní části konstrukce nebo zvláštními bočnými vzpěrami.

Střechu signálu, která by odpovídala dosavadní používané konstrukci u dřevěných signálů, je možno řešit jen s použitím dalších speciálních konstrukčních prvků, jak bude uvedeno dále.

3. Popis materiálu a jeho použití

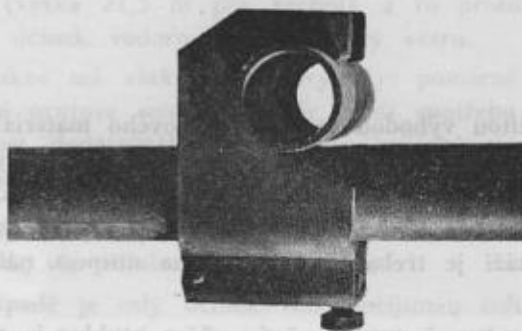
- a) Ocelové trubky mají vnější průměr $D = 48,25$ mm a tloušťku stěn $t = 3,5$ mm; váha 1 bm je 3,86 kg. Až dosud jsou dodávány na stavbu v délkách 2, 4 a 6 m, ale při objednávce je možno žádat i jiné délky.

Pro zvláštní doplňky možno z výroby dostat též trubky o větším průměru $D = 57$ mm a vnitřním průměru $D' = 50$ mm. Váha 1 bm těchto trubek je asi 4,50 kg.

- b) Upínací spojka „Trusta“ (obr. 1).

Spojka je tak konstruována, že při zatížení 1300 kg nesmí sklouznout a pokles zatížené trubky, vyvolaný pootočením spojky, nesmí přesáhnout 10 mm. Bez podstatného poškození snese spojka zatížení 3000 kg.

Váha jednoho kusu je 1,20 kg.



Obr. 1.

- c) Osová nastavovací spojka „Trusta“ (obr. 2).

Spojka zaručuje dostředné nastavení trubek a v tahu musí přenést zatížení 900 kg. Nastavení trubek v konstrukci musí být vystředáno, a to jak ve směru svislém, tak i vodorovném.

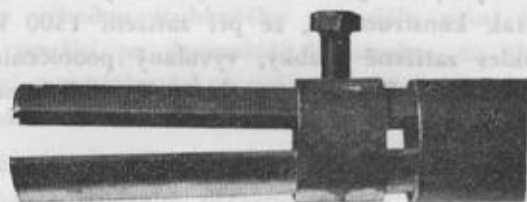
Váha jednoho kusu je 0,95 kg, délka 250 mm.

d) **Nánožka „Trusta“** (obr. 3, viz přílohu).

Nánožka slouží jako podklad pro lešení. Má dva otvory pro přišroubování k podkladu a uprostřed je trn k nasazení trubky sloupku. Váha jednoho kusu je asi 2 kg.

Po zkušenostech musela být tato nánožka u měřických signálů nahrazena větším prvkem, jak bude dále uvedeno.

Ocelové trubky spojované popsánymi spojkami poskytují velmi vhodný materiál hlavně pro lehké improvizované konstrukce, jež se dříve prováděly ze dřeva. Trubkový materiál se vyznačuje naprostou konstruktivní pružností a má celou řadu výhod, z níž nejpodstatnější je dána možností značných úspor dřeva. Při tom je možno trubkové konstrukce beze škod velmi často rozebírat a znovu montovat, aniž při tom došlo k podstatnému znehodnocení trubkového materiálu. Opotřebování materiálu závisí pouze na péči, s jakou se provádí montáž i demontáž, doprava a údržba tohoto materiálu.



Obr. 2.

Neméně důležitou výhodou použití trubkového materiálu pro konstrukci měřických signálů je též ta okolnost, že montáž nemusí být prováděna školenými tesaři. Zásady pro provádění montovaných trubkových konstrukcí jsou velmi jednoduché, takže postačí poměrně jednoduché zacvičení lešenářů. Při instruktáži je třeba upozornit i na nutnost náležitého udržování materiálu.

Vzhledem k tomu, že mezikružný průřez trubky je velmi vhodný pro namáhání osovou silou na tlak, ale naopak vykazuje malou příčnou tuhost, je třeba upravit konstrukci tak, aby docházelo pokud možno k centrickému namáhání hlavně tlačných prvků konstrukce, t. j. sloupků signálů. Proto je nutná těsná úprava uzlů konstrukce, aby se vyloučilo podružné namáhání ohybovými momenty.

Jak již bylo dříve řečeno, vlastní montáž konstrukce se provádí s použitím dvou druhů spojek: upínacích, které umožňují spojení dvou

vzájemně kolmých trubek, a nastavovacích, které umožňují osové nastavení trubek.

Z těchto vlastností trubek a spojovacího materiálu vyplývá konstruktivní nutnost vytvořit konstrukci signálu jako soustavu tří vzájemně kolmých systémů trubek. Tak je dosaženo jednoduché, účelné, hospodárné a pro montáž přehledné konstrukce. Jinak by bylo třeba používat pomocných, zvláštních prvků, které by umožnily připojení trubek, jež svírají jiný úhel než 90° . Na př. při konstrukci střechy signálu, jejíž krokve by se sbíhaly do vrcholu, bylo by nutno použít dvou zvláštních prvků — vrcholového a středního k upevnění krokvi a záměrné tyče a k zajištění její svislosti.

Nejdůležitější podmínkou při navrhování a stavbě měřických signálů je jejich stabilita. Podle způsobu zajištění této stability byly brány v úvahu tři typy konstrukce měřických signálů:

a) Měřické signály zajištěné ocelovými lany (obr. 4a, viz přílohu).

Spotřeba trubkového materiálu by pro tuto konstrukci byla minimální. Přesto nebylo tohoto způsobu použito, a to z toho důvodu, že vzhledem k velkým délkám kotevních lan a jejich průvěsu vykazuje vrchol signálu značné výkyvy, které by znehodnocovaly výsledky měřických prací.

b) Měřické signály zajištěné bočnými vzpěrami (obr. 4b, viz přílohu).

Tohoto způsobu bylo použito při prvním návrhu konstrukce signálu a jeho montáži (výška 21,5 m pro vrchol), a to proto, že byl tak bezpečněji zachycen účinek vodorovné složky síly větru.

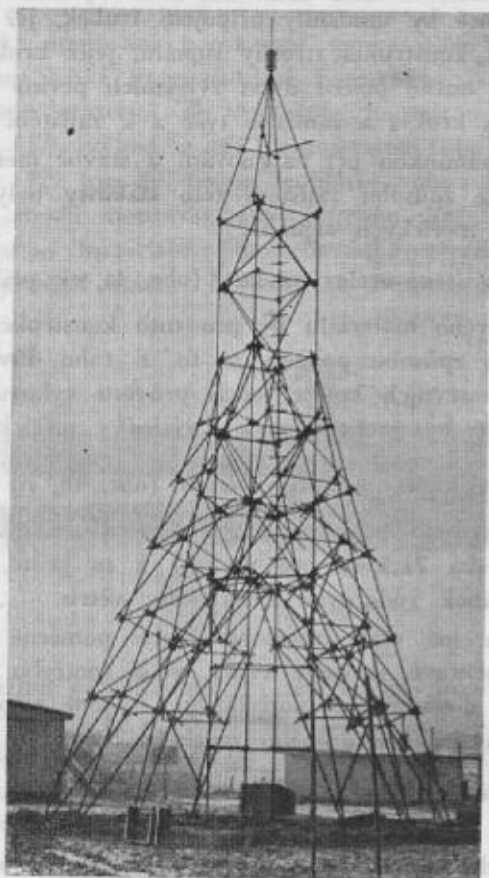
Tato konstrukce má však četné nevýhody: poměrně komplikované sestavení prostorové prutové soustavy vzpěr, větší spotřebu trubkového materiálu a nemožnost dodatečného potřebného zvýšení signálu vzhledem ke vzpěrám, které nelze již bez úplného rozebrání zvýšit.

c) Měřické signály s křížovým rozšířením základu a celé spodní části konstrukce (obr. 4c, viz přílohu).

V tomto případě je celý účinek větru přijímán tuhou konstrukcí signálu a je přenášen do základové spáry. Celá konstrukce působí pak jako krakorec a stabilita signálu závisí pak již jen na kotevní konstrukci v zemi.

Kotvení je třeba provést velmi pečlivě, aby působení kotev bylo účinné a spolehlivé. To záleží hlavně na zabezpečení kotevních prahů v zemi tak, aby se tlaky vznikající při vytahování těchto kotev roznášely bezpečně do okolní rostlé půdy. Toho se dosáhne omezením šířky rýhy v rostlé půdě pro kotevní prahy, zajištěním kotevních prahů proti stěnám rostlé zeminy a řádným udusáním nasypané zeminy nad kotevními prahy.

4. První zkušební měřický signál s bočnými vzpěrami, vysoký 21,5 m po vrchol, z trubkového materiálu, byl postaven v prosinci 1952 u VTOPÚ (obr. 5, 6, 7). Stavbu řídil montér stavebního závodu, který dodal trubkový materiál, a v montáži zacvičil 2 stavbyvedoucí a 6 lešenářů. Na vlastní stavbě pracovali střídavě vždy celkem 3 muži.

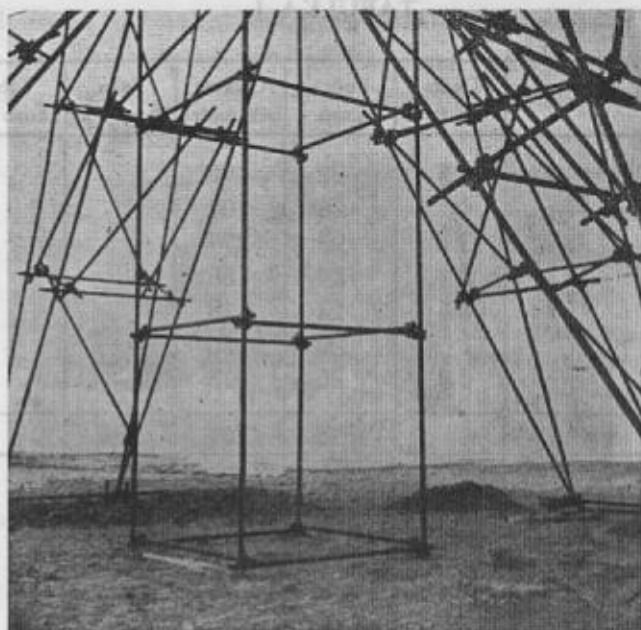


Obr. 5.

Bylo použito běžného materiálu, t. j. ocelových trubek průměru 48,25 mm, nastavovacích a upínacích spojek (pro střední část konstrukce) a zvlášť pro tento účel vyrobených kotevních nánožek (pro kotvení bočných vzpěr), dvou speciálních kusů pro vrchol střechy a upevnění záměrné hlavy a bubnu (průměr 40 cm, výška 60 cm) jako záměrného kominku.

Kotevní náložky pro kotvení bočných stěn byly zhotoveny z ocelových talířů průměru 50 cm, k nimž byly navařeny ocelové trubky průměru 48,25 mm a dlouhé 1 m. Toto kotvení bylo uloženo ve vykopaných rýhách, zaházeno dobře udusanou zeminou a na vyčnívající konce trubek připojena upínacími spojkami celá konstrukce signálu (obr. 7).

Množství použitého materiálu je uvedeno v tabulce na následující straně.



Obr. 6.

Stavba tohoto prvního signálu z trubkového materiálu byla sice provedena za velmi nepříznivých povětrnostních podmínek (ledové námrazy na trubkách), ale i tak byla poměrně snadná a i nezkušení stavbyvedoucí a lešenaři se rychle zapracovali. Vlastní stavba, bez výkopu potřebných jam (rýh) pro základy, trvala 24 hodiny. Již tehdy bylo předpokládáno, že na polních měřických pracích bude stavba podobného signálu trvat nejvýše 16 pracovních hodin, t. j. 2 dny.

Protože provedení střechy se šikmými krokvy, jak je prováděno u dřevěných signálů, vyžaduje při použití trubkového materiálu speciálních dílů (kříž a hrot) a montáž takové střechy je pracnější, bylo při pozdější výstavbě signálů použito zakončení, jak je vyznačeno na obr. 8 (viz přílohu). Aby bylo

dosaženo původní výšky signálu (cca 21,5 m), byl signál zvýšen o 2 patra (2×2 m) a do středu konstrukce připojena záměrná tyč s bubnem, upínacími spojkami na vodorovné trubky uložené na věncích a procházející středem konstrukce. Tento způsob ukončení vrcholu signálu umožňuje též snadnější centrování záměrné tyče nad stabilizačním kamenem.

TABULKA I.

Druh materiálu	Délka v m	Počet kusů	Celkem běž. metrů	Váha 16. m. v kg	Váha 1 kusu v kg	Celková váha v kg
Ocelové trubky	4,5	22	99			
	4	26	104			
	3	93	279			
	2	84	168			
	1,5	12	18			
	1	20	20			
	0,5	26	13			
		283	701	3,86		2705,9
Spojka upínací		450		1,20		540,0
Spojka nastavovací		50		0,95		47,5
Nánožka 20 × 20		4		2		8,0
Nánožka Ø 50 cm		16		10		160,0
Trubkový kříž		1		20		20,0
Trubkový hrot		1		4		4,0
Záměnný buben		1		2		2,0
						3487,4

Vzhledem k maximální délce trubek 4,5 m je možno všechn materiál potřebný pro výstavbu signálu převést snadno na dvou nákladních autech RN, případně i obyčejnými vojenskými vozy, na staveniště nebo do jeho těsné blízkosti.

Přemístění a přenášení trubek nečiní obtíží (trubka dlouhá 4,5 m váží cca 17,5 kg) a je daleko lehčí a rychlejší než přenášení dřeva při stavbě dřevěných signálů. Vytahování trubek do vyšších pater děje se ručně bez

použití kladky podáváním z patra do patra (výška patra je 2 m), a to proto, aby se materiál nárazy o konstrukci zbytečně neprohýbal a neničil.

Pracovní podlahy se kryjí kratšími prkny $\frac{3}{4}$ ", což plně vyhovuje.

Zkušenosti z polních měřických prací ukázaly, že nejehospodárnější složení stavební skupiny jsou 2 lešenáři a 1 podavač. Při tomto složení může být na vyšších stavbách použito nejvýše 2 trojic, aby si nepřekážely a nezvyšovalo se nebezpečí úrazu.

Zácvik lešenářů byl velmi snadný a rychlý a trval 3—4 dny.

Stavební družstvo o 6 mužích postavilo na polních měřických pracích signál 27,5 m po vrchol za 16 hodin. Demontáž signálu trvala 4 hodiny.



Obr. 7.

Podle zkušeností z polních měřických prací stavby z trubkového materiálu dobře vyhovují jak pevností, tak i viditelností.

Centrační prvky od výstavby po několik měsíců vykazovaly změny do ± 3 mm.

Signál je dobře viditelný do vzdálenosti cca 12 km jak proti obloze, tak proti terénu. Naprostá pravidelnost a souměrnost signál odlišuje od okolí (stromů) a zvláště při větších vzdálenostech zpřesňuje výsledky měření.

5. V r. 1945 byla dána do výzkumu montovaná trubková konstrukce měřických signálů velkých výšek (27 až 37 m po vrchol) za předpokladu splnění těchto podmínek:

Měřické signály budou montovány z normálního trubkového materiálu používaného pro trubková lešení, který bude podle potřeby doplněn některými dalšími nutnými prvky, t. j., bude použito:

ocelových trubek vnějšího průměru 48,25 mm s minimální tloušťkou stěny 3,5 mm a napínacích a nastavovacích spojek Trusta;

konstrukce měřických signálů bude jednoduchá s hlediska montáže, dostatečně tuhá a odolná proti účinku větru a přenosná až na minimální množství kotevního materiálu, který by zůstal v zemi po demontáži signálu a jeho přemístění.

Bylo uvažováno o všech třech způsobech zajištění stability signálu, jak jsou popsány v předcházejících odstavcích. Po posouzení výhod i nevýhod byl pak po příslušných statických výpočtech vypracován návrh na konstrukci vysokých signálů s křížovým rozšířením základu i celé spodní části konstrukce (obr. 4c).

Křížový příčný průřez má řadu výhod:

- umožňuje jednoduchou a přehlednou konstrukci a tím i snadnou a rychlou montáž;
- možnost postupného zesilování průřezu, jak to vyžaduje zvyšování signálu, což není možné u zajištění stability bočními vzpěrami;
- pro signály kterékoli výšky od 27 od 37 m je možný jednoduchý průřez v základech, čímž je dána základní podmínka pro jednoduché zvýšení signálu v případě potřeby, ovšem při patřičném zesílení kotvení;
- zavětrováním ve vodorovných rovinách je zajištěná tuhost konstrukce proti kroucení a vybočení;
- konstrukce má jasné statické působení a dává možnost dokonalého vyztužení ve všech směrech.

Bylo provedeno statické řešení měřických signálů výšek 27, 29, 31, 33, 35 a 37 m po vrchol a vypracovány plány pro uvedené výšky signálů, způsob kotvení a rozpis potřebného materiálu, jak je podrobně popsáno ve studii Ing. Dr. Valenty.

Záleží na výkonné složce vojenské topografické služby a jejích příslušnicích, jak bude konstrukce signálů z trubek dále používáno v praxi, zvláště při signalisaci bodového podkladu při zaměřování vřícovacích bodů pro zpracování mapy měřítka 1:25 000, později i mapy měřítka 1:10 000.

Literatura:

- Jaroslav Koubek, Trubkové rozebíratelné konstrukce (Technické příručky Práce, sv. 55).
- Oldřich Valenta, Montované trubkové konstrukce (Technicko-vědecké vydavatelství 1951).
- Vědecká studie a rešerše Ing. Dr. Valenty na montovanou trubkovou konstrukci měřicích signálů velkých výšek.

Měření podzemních prostorů

Naše republika je bohatá na prostory, které budou skýtat dobrou ochranu před vysoce účinnými bojovými prostředky. Jistě je správné, abychom tyto podzemní prostory již nyní dobře znali a ohodnotili je po stránce jejich použitelnosti jako ochranných prostorů. Jde tedy v prvé řadě o průzkum, dále pak o jejich zaměření a zobrazení. Současně se zobrazením podzemního prostoru musí být zobrazen i terén nad tímto prostorem, t. j. musí být zjištěna odolnost a mohutnost nadloží, což by se dalo nejlépe provést na prostorovém modelu zkonstruovaném na základě měření a na základě geologických a speleologických výzkumů. Dále pak půjde o zjištění potřebných adaptací, úprav a zařízení, které by tyto prostory buď zpřístupnily nebo vůbec učinily použitelnými, a konečně o zaměření projekčních podkladů pro tyto úpravy.

Až do nedávné doby se provádělo měření jeskyní a jiných podzemních prostorů skoro výhradně pro potřeby speleologických výzkumů, kde byl vedle průběhu podzemních prostorů důležitý hlavně výskyt ozdob a zvláštností a jejich zákres a zkoumala se možnost úpravy těchto prostorů jen proto, aby bylo možno zpřístupnit jejich krásy co možná největšímu počtu obdivovatelů. Vidíme tedy, že atomové zbraně hromadného účinku vyžadují, aby podzemní prostory byly prozkoumány a zaměřeny s podstatně jiného hlediska. Je jisté, že při měření podzemních prostorů jeskyní je možno převzít mnoho zkušeností z důlního měření. Jsou zde však určité zvláštnosti, na které nutno brát zřetel. Při měření v dolech je možnost odstranit určité překážky, které ztěžují zaměření, nevyskytují se tam tak náhlé a příkré výškové i směrové rozdíly v chodbách a tak časté lomy a nepravidelnosti v průběhu prostorů. Také profily chodeb se tam nemění tak značně a často jako v jeskyních. Není zvláštností, že v jeskyni se změní v průběhu dvou běžných metrů chodby příčný profil z $0,25 \text{ m}^2$ na 900 m^2 plochy, nebo že chodba změní v délce 6 m směr třeba třikrát o 90° . Velmi zřídka se vyskytují u jeskyní svislé komíny, které by spojovaly prostory nad sebou položené, velkou většinou jsou tyto komíny strmé a tak klikaté, že přenesení bodů s horizontu vyššího do nižšího nebo naopak je velmi obtížné a zdlouhavé. Právě tato veliká členitost a rozeklanost dna, boků i stropů jeskyní silně zatěžuje zaměření a ohled na přírodní ozdoby jeskyní nebo labilitnost jejich stropů znemožňuje úpravy, které by zaměření ulehčily. Je-li možno některé úpravy provést, jsou to převážnou většinou jen úpravy, kterými dosáhneme zpřístupnění těžko schůdných chodeb a průlezů.

Bylo provedeno pokusné měření, které mělo za účel především získat zkušenosti v tomto oboru měřické práce. Byly dány hlavní úkoly:

1. Zaměřit terén nad podzemní prostorou a provést vrstevnicový plán povrchu.
2. Zaměřit průběh podzemních prostor a provést vrstevnicový plán dna i stropu jeskyně.
3. Zaměřit a vynést podélný profil všech chodeb a prostorů a zobrazit přehledný řez terénem a podzemní prostorou v ose chodeb.
4. Zaměřit a vynést příčné profily všech chodeb a prostorů, v nepravidelných po 1 bm, v pravidelnějších prostorách po 5 bm a v určitých místech příčné profily přehledné, které zobrazí souvislost terénu s podzemím.
5. Zakreslit situaci okolí jeskyně, délkové komunikace, příjezdné komunikace, elektrické vedení, vodní poměry, osídlení atd.
6. Provést geologické zhodnocení podzemních prostorů.
7. Vypracovat posudek o podzemním prostoru, pokud se týče jeho použitelnosti jako krytu a ochrany před vysoce účinnými zbraněmi hromadného ničení.

Při tomto pokusném měření měla být také vyzkoušena vhodnost jednotlivých přístrojů a stanoveno nutné vyzbrojení měřické skupiny pro tento úkol. Také měl být přezkoušen nejvhodnější počet členů skupiny a výběr jejich odbornosti, aby jich bylo co nejlépe využito a byli platnými pomocníky.

Pro pokusné měření byla vybrána jeskyně na Slovensku, která byla právě ve stadiu stavebních úprav k zpřístupnění pro návštěvníky a obdivovatele jejích krás. Jeskyně je v nadmořské výšce 822 m, s vchodem ústícím na severozápad. Horniny kraje patří do subtatranského příkrovu, jsou zastoupeny dolomitem středního a vrchního triasu a guttensteinským vápencem jako vrchním oboustranným příkrovem a dolomitem středního a vrchního triasu a slinitým vápencem neokomu jako spodním subtatranským příkrovem, diskordantně uloženými na hrubozrnném pískovci permu, který leží na krystalickém podkladu prvohorním. Jeskyně je typem jeskyně trhlinové, stěny sestávají většinou z vápencových skal, jen v malé části z dolomitových, místy jsou proloženy pískovcovými proplástkami. Skály jsou většinou velmi tvrdé, těžko se opracovávají vrtákem a dlátem. V přední části jeskyně jsou pokryty vápencovým povlakem, někde tvrdým, jinde měkkým a mazlavým. V zadní části jeskyně jsou stěny převážně holé. S tím také souvisí výzdoba jeskyně, která je v přední části bohatší než v zadní. Stropy jsou většinou velmi členité, na některých místech velmi labilní, obrovské

desky jsou odchlípnuté od klenby a hrozí zřícením. Na všechny strany a do výšky se člení na úzké a dlouhé komíny. Podlaha je přibližně rovná jen v úzkých chodbách, jinak je všude silně svazitá, v předních částech pokrytá vápencem, v zadních částech z velkých volných balvanů. Všude je možno pozorovat, že jsou to vlastně zřícené stropy. V jeskyni se stále střídají úzké klikaté chodby s velkými nepravidelnými dómy, při čemž dno stále stoupá a klesá. Převýšení mezi nejvyšším a nejnižším místem v jeskyni je 60 m. Výšky prostorů se pohybují od 0,5 m do 30 m. Největší prostor je v jižní nově objevené části, podlouhlý dóm asi 25 m široký a 100 m dlouhý. Celková délka chodeb v té době známých byla větší než 1 km. Z hlavního směru chodeb odbočuje množství chodeb a komínů nahoru, do stran i dolů a velká část jich je dosud neprozkoumána, protože jsou zavaleny balvany nebo zaneseny šterkovými náplavami. Je odůvodněna domněnka, že prostory dosud neznámé jsou mnohonásobně větší než prostory známé, každý rok se pokročí v objevech o značný kus dále.

Na přehledném podélném profilu je zajímavé pozorovat, jak všechny chodby probíhají rovnoběžně s povrchovým terénem. Teplota v jeskyni je stálá, jen málo se pohybuje mezi 6 a 7 stupni C. Vlhkost je značná, v přední části neustále kape voda se stropu a teče po stěnách, tvoří kaluže a malá jezírka, která však prosakují do nižších vrstev. Vzduch je čistý, většinou klidný, jen na třech místech je možno pozorovat silné proudění vzduchu. Při změně počasí se vytvoří ve všech prostorách hustá mlha. Při dešti prší v jeskyni se stejnou intenzitou se zpožděním asi jedné hodiny. Nadloží jeskyně je značné, v jižní části dosahuje asi 80 m. Na povrchu je skalnatá, šterkovitá půda, řídkce porostlá lesem, který z velké části vyhořel. Před vchodem do jeskyně byla z násypu materiálu vybudována plošina, na které byla postavena dřevěná bouda, ve které byly uloženy přístroje a materiál. K jeskyni se došlo po 40minutové chůzi prudce stoupající pěšinou vedoucí z údolí od silnice. Na vodorovnou vzdálenost 500 m se překoná 255 m výškových.

Organisace práce

Před odjezdem na polní práce byly provedeny přípravy. Bylo nutno vyhledat prameny pojednávající o měření jeskyně, které jsou roztroušeny v různých speleologických časopisech.

Dále bylo třeba vypůjčit a obstarat různé přístroje a potřeby, jako hornický kompas a sklonoměr z Vysokého učení technického, hornické přilby a karbidek z dolů, gumové obleky atd.

Mechanická dílna prováděla v té době různé malé adaptace na přístrojích a vyráběla stabilizační svorníky.

Po rozplánování úkolu a po provedení soupisu všeho potřebného materiálu a vypsání souřadnic trigonometrických bodů v okolí jeskyně a zákresu jejich polohy do mapy bylo provedeno přesunutí do polní stanice.

Práce v úkolu byly rozvrženy na:

A. práce v terénu

a) Na povrchu:

1. Rekognoskace a volba základních bodů.
2. Měřické navázání na okolní trigonometrické body směrově i výškově, signalisace těchto bodů. (Jiný případ nastane, není-li síť trigonometrických bodů v okolí jeskyně provedena, nebo jsou-li body terémem zakryty tak, že by si navázání vyžádalo rozsáhlého a nákladného připojovacího měření. V tom případě by se zvolila vlastní souřadnicová soustava.)
3. Polygonové měření:
 - aa) hlavního polygonu, který by zhruba rámoval podzemní prostory;
 - bb) vedlejších polygonů, které umožní podrobné tachymetrické měření, nebo doplní síť hlavního polygonu, jestliže se ukáže, že skutečný průběh podzemních prostor je odlišný od předpokládaného.
4. Zaměření vrstevnicového plánu povrchu tachymetricky nebo topografickým stolcem.

b) V podzemí:

1. Rekognoskace, volba hlavních a vedlejších polygonů a jejich jednotlivých vrcholů.
2. Zpřístupňovací práce.
3. Stabilisace vrcholových polygonů.
4. Polygonové měření:
 - aa) hlavního polygonu theodolitem,
 - bb) vedlejších polygonů theodolitem,
 - cc) vedlejších polygonů hornickým kompasem a sklonoměrem.
5. Podrobné měření:
 - aa) situace dna a stropů tachymetrickým měřením nebo topografickým stolcem,

- bb) snímání podélných profilů podél polygonových stran,
- cc) snímání příčných profilů kolmo na polygonové strany.

Všechny tyto práce bylo nutno provádět střídavě, jak to dovolil stav zpřístupňovacích prací, nebo jak to vyžadoval postup práce. Vždy se dala práce organisovat tak, aby byli všichni členové skupiny plně zaměstnáni.

B. Kancelářské práce:

a) Výpočetní práce:

1. Výpočet navázání na danou síť, výpočet souřadnic zvolených hlavních bodů.
2. Výpočet souřadnic polygonových vrcholů.
3. Výpočet tachymetrických bodů.

b) Kresličské práce:

1. Vynesení hlavních bodů a polygonových vrcholů v souřadnicích.
2. Vynesení tachymetrických bodů polárním vynášecím přístrojem, vykreslení situace na povrchu, situace dna a stropu jeskyně.
3. Interpolace pro kresbu vrstevnic, vykreslení vrstevnic povrchu, dna a stropu jeskyně.
4. Vynesení podélných profilů.
5. Vynesení příčných profilů.

Popis prací

Rekognoskace trigonometrických bodů byla provedena podle zákresu na mapě. Na trigonometrických bodech byla obnovena signalisace jednoduchými tyčovými signály centricky, u stromových signálů byla zaměřena jejich excentricita. V bližším okolí jeskyně byly zvoleny 4 hlavní body, které byly zajištěny mezníky nebo svorníky, zapuštěnými do skály a byly určeny protínáním zpět a částečně vpřed z okolních trigonometrických bodů. Hlavní body byly spojeny hlavními polygony, které zhruba rámovaly do té doby objevené podzemní prostory. Terén byl pro měření nepříznivý, velmi strmý se sesuvnými štěrky, velkými balvany, vývraty mohutných stromů a hustým ostružinovým porostem. Bylo použito trojpodstavcové soustavy s dvoumetrovou vodorovnou dálkoměrnou latí, úhly byly měřeny strojem Th 40, který byl dobře zrektifikován a v dobrém stavu. Velkou obtíž působila strmost záměr. Dalekohled na latě, kterým se lať urovnávala do kolmé polohy, měl malý náklon a bylo ho třeba upravit pro tyto strmé záměry. Strany byly voleny od 40 do 100 m, záleželo proto hlavně na správné centraci latě a stroje. Hori-

zontální úhly byly měřeny na nitě olovnice, osvědčily se těžké stativy s vysouvacími nohama. Vertikální úhly byly měřeny na špičce mosazného kuželíku přivařeného na vrchní plošku signální tyčinky ze soupravy dálkoměrné latě, což se osvědčilo zvláště při strmých záměrech. Výšky stroje a záměrných bodů byly měřeny pomocným stojanem, který měl posuvné rameno, po straně přišroubovaný ocelový dvoumetr a dole patku. Měření těchto rozměrů bylo přesné a k obsluze stačil jeden figurant. Pro kontrolu byly měřeny vertikální úhly ještě na výšku stroje, která byla nastavována posuvným ramenem stojanu. Polygonové vrcholy byly zajištěny koly, jejichž vrchní část byla po zatlučení uříznuta a přesný bod označen malým hřebíčkem. Později, po seznání skutečného průběhu podzemních prostor, byly na povrchu zaměřeny ještě vedlejší polygony tak, aby z jejich vrcholů bylo možno provést tachymetrické zaměření celého povrchu. Topografického stolku nebylo možno pro strmost úbočí použít. Během tohoto měření byla provedena rekoognoskace podzemní a zvoleny body hlavního podzemního polygonu nejprve v přední přístupné části jeskyně, kde se právě budoval betonový chodník a několik schodišť. Další části jeskyně nám ještě nebyly známy, byly v té době skoro úplně nepřístupné, byly proto měřeny později zcela samostatně. Hlavní podzemní polygon byl směrově i výškově navázán na hlavní body, jejichž souřadnice byly zatím vypočteny. Vedl úzkými točitými, prudce stoupajícími nebo klesajícími chodbami nebo většími prostorami, povšechně sledoval průběh betonového chodníku, který byl již ve značné části jeskyně vybudován. Sejit s chodníkem nebylo možné, protože všude mimo chodník byly ozdoby nebo zvláštní útvary, které se nesměly poškodit. Protože chodby tak často měnily směr, bylo nutno volit strany polygonu nejčastěji 7 až 8 m dlouhé, nejkratší byla 2,90 m, nejdelší 18 m. Všude stačilo 20metrové ocelové pásmo, což bylo výhodné.

Ježto polygon nebylo možno navázat na konci, byl přes prostorovou smyčku veden zpět k prvnímu vrcholu. Vrcholy tohoto polygonu byly trvale zajištěny, protože se počítalo s tím, že budou sloužit v budoucnu pro další polygonové měření v nově objevených částech a pro později prováděné podrobné měření. Stabilisace byla provedena v betonovém chodníku až na několik bodů, které byly osazeny ve stropě. Po chodníku zaměstnanci správy jeskyně nosili stavební materiál a byl proto pokryt vysokou vrstvou bláta a hlíny. Muselo být voleno takové zajištění bodů, které by nevadilo při chůzi po chodníku. V chodníku a ve stropě ve zvolených místech byly vysekány prohlubně, do kterých byly zabetonovány speciální svorníky. Do podlahy byly osazeny svorníky 15 cm dlouhé, zhotovené ze šroubů $\frac{3}{4}$ ". Na horní ploše svorníku byl vyvrtán otvor hluboký 15 mm, profilu 5 mm, do něhož se při osazení zarazil dřevěný kolík těsně otvor vyplňující, který

ho chránil před znečištěním. Druhý konec byl rozříznut a obě části byly ohnuty od sebe, aby svorník dobře držel v betonu. Horní plocha svorníku byla v úrovni chodníku, aby svorník nepřekážel při chůzi. Při měření se zasunul do otvoru svorníku ocelový roubík 35 mm dlouhý, který těsně vyplnil otvor a vyčníval 20 mm nad chodník. Oba konce roubíku končily kuželíky, na hrot kuželíku se centrovala olovnice. Bylo třeba dbát, aby byl roubík zasunut vždy úplně do otvoru, při šikmo zasazeném svorníku by vrchol kuželíku měl jinou polohu, vyčníval-li by více nebo méně než 20 mm nad svorník. Toto zařízení se velmi osvědčilo, protože svorníky nepřekážely v chůzi, daly se velmi dobře zhotovit a bod byl přesně označen. Stínem kolíku a olovnice vrženým ve dvou kolmých směrech se velmi snadno překontrolovala správnost centrace. Po ukončení přestavy se otvor zase ucpal dřevěným kolíkem. Poloha bodu se označila na stěně číslicí vápnem; v nánosu bláta by se svorník bez tohoto označení těžko hledal. Body ve stropě byly zajištěny čtyřhrannými železnými roubíky dvojího druhu. Jeden konec byl na čelní plošce opatřen jemným otvorem pro závěs olovnice. Pak byl otvor nebo zářez, kterým se závěs olovnice protáhl ven. Druhý konec byl opatřen zářezem proti vytažení z betonu. Při prvním způsobu bylo navlékání závěsu obtížnější, upevnění však bylo jednodušší; do otvoru se zasunul dřevěný kolíček, který utěsnil závěs olovnice, aby se neposunovala. Při druhém způsobu se dala šňůrka závěsu lépe navlékat, těžší bylo upevnit závěs, aby se olovnice neposunovala. Oba druhy jdou snadno vyrobit. Dostatečně hluboký a úzký otvor se vyseká ve stropě šikmo pod sklonem asi 60° , nejlépe ve směru vrstev. Svorník se pak zabetonuje šikmo do stropu. Je to proto, aby závěs olovnice zaujal vždy stejnou polohu v otvoru v čele svorníku, v jeho nejnižším místě. Otvor pro závěs olovnice musí být větší, než je síla závěsné šňůrky, a ve svislé poloze svorníku by olovnice nezaujala vždy stejnou polohu.

Po zabetonování svorníků bylo nutno delší čas počkat, až beton dobře utvrdl. Zvláště u stropních bodů tvrdnutí trvalo velmi dlouho, protože nebyl k dispozici beton tvrdnoucí ve vodě a v obyčejném byl stále máčen vodou, tekoucí po stěnách. Teprve po týdnu byly svorníky dostatečně pevné. Zatím byl měřen povrchový polygon, takže zdržení nenastalo, je však s tím třeba počítat a body osadit nejdříve, aby tato věc nezdržovala postup prací.

Nákladnější úpravy stavebních svorníků se neukázaly nutné. Má-li zajištění vydržet dlouhou dobu, je nutno zhotovit svorníky z mosazi nebo z duralu. Po náležitém zatvrdnutí betonu kolem svorníků bylo přikročeno k měření. Použito bylo trojpodstavcové soustavy se speciálními olovníci těžkými 0,75 kg a 1,50 kg. Měřeno bylo strojem Th 40 se setinným dělením s elek-

trickým osvětlením obou kruhů i nitkového kříže. Horizontálně bylo měřeno na závěsy olovnice. Závěsy byly tenké šňůrky, které musely být často natírány smolou, jinak se působením velké váhy olovnice roztáčely a trhaly, později používáno tenkého drátu. Olovnice ve váze 0,75 kg měly tvar podlouhlého válce s kuzelem protáhlým a osvědčily se lépe než olovnice těžké 1,50 kg, které měly větší průměr a byly kratší. Průvan, který v některých místech jeskyně byl, působil více na širší olovnice. Při krátkých záměrech, které se vesměs v podzemí vyskytují, je třeba dbát na přesnou centraci stroje. Konstruktivně je u stroje Th 40 proveden závěs olovnice hluboko pod strojem a tím při nevodorovné horní ploše stativu nesouhlasí svislá osa stroje s osou olovnice a rozdíl je tím větší, čím větší je sklon horní plochy stativu, může činit až 3 mm. Na 3 m vidíme délku 1 mm pod úhlem $1^{\circ} 80'$, 3 mm pod úhlem $5^{\circ} 40'$, což je velmi značná hodnota. Bylo tedy nutno dát hlavní pozor na přesné centrování stroje a urovnání horní plochy stativu do vodorovné polohy pomocí vodováhy, aby šrouby stroje byly vytočeny přibližně na stejný počet závitů. V tak obtížných terénních podmínkách, mezi balvany, na skalách, na šikmých kluzkých plochách bylo třeba neobyčejné trpělivosti, aby tento požadavek byl splněn. Tato obtíž úplně odpadla u bodů stabilisovaných ve stropě, protože se stroj centroval podle značky na středu dalekohledu. Bylo třeba jen stroj urovnat a dalekohled nastavit tak, aby čtení vertikálního kruhu bylo 0° a indexová libela byla také urovnána. Nebylo třeba, aby byla horní plocha stativu vodorovná. O správném centrování bylo třeba přesvědčit se otočením stroje o 400 gradů.

Z výše uvedeného je zřejmo, že hlavní váhu bylo nutno klást na centraci a na měření délek. Pro měření délek bylo používáno cejchovaného ocelového pásma 20 m dlouhého.

Prováděny byly opravy z protažení, teploty, z průvěsu, vlastní nesprávné délky, z nadmořské výšky a z projekce do roviny.

Horizontální úhly byly měřeny na desítky vteřin ve třech skupinách a maximální rozdíly ve skupinách do 30 setinných vteřin byly ponechány.

Vertikální úhly byly měřeny na desítky setinných vteřin v jedné skupině vpřed a vzad. Záměrnými body byly u bodů stabilisovaných v zemi hroty dřevěných tyčinek, zasunuté centricky nad bodem do speciálního talíře připraveného na stativ, u bodů stabilisovaných ve stropě špendlíky zabodnutými vodorovně do závěsů olovnice.

Osvětlení značek, závěsu olovnice, dřevěných hrotů a špendlíků bylo prováděno tak, že mezi cíl a karbidku byl vkládán dřevěný rámeček 30×40 cm, který byl potažen průsvitným plátnem (oleátou). Cíl byl pak ostře viditelný v rozptýleném světle a snadno se dalekohledem vyhledal. Osvětlení nitkového

kříže nebylo používáno (u Th 40 se osvětlí nitkový kříž otočením vroubkovaného šroubu na horní ploše dalekohledu). Při osvětlení nitkového kříže vytvoří se bílá clona a je třeba velké zrakové námahy, aby se rozeznal cíl. Osvětlováním pomocí rámečku je při tak krátkých záměrech dobře viditelný cíl i nitkový kříž.

Výšky stroje a značek byly měřeny pomocí stojanu s přesností 2 mm, kde malá výška stropu nedovolila použít stojanu, t. j. u bodů stropních, měřila se výška ocelovým dvoumetrem.

Délky byly měřeny většinou rovnoběžně s vertikální záměrou, t. j. od výšky stroje a od záměrného cíle (vrcholu dřevěné tyčinky, špendlíku) byla odečtena stejná vzdálenost a místo označeno na závěsné šňůrce olovnice vodorovně zapíchnutým špendlíkem. Je-li znám úhel sklonu, je výpočet vodorovné délky jednodušší (při neznámém převýšení) než při měření délky pod jiným úhlem. Měření délek bylo provázáno mnoha obtížemi. Při stavění stativů bylo nutno pamatovat na to, aby nohy stativu nepřekážely pásmu, také výška stativu se musela volit s ohledem na měření délek, protože bylo sice dobře vidět dalekohledem na cíl, ale v prostoru pod záměrou byla neodstranitelná překážka (balvan, skalní stěna, lešení), která nedovolila napnout pásmo. Měření délek spolu se stavěním stativu do vodorovné polohy bylo největším zdržením v celé práci. Často bylo nutno až 20krát přestavovat stativ, než bylo možno spolehlivě změřit délku, a to i když se měřila délka nerovnoběžně se záměrou. Tato obtíž se stupňovala s členitostí povrchu a se sklonem záměry. Značné ulehčení bylo, měřily-li se délky mezi body, z nichž jeden byl stabilisován ve stropě a jeden v zemi, a zcela jednoduché to bylo u bodů, které byly oba ve stropě.

Od špendlíků zabodnutých do závěsných šňůrek se několikrát měřily délky s měněním počátků od 0 do 10 cm, tak dlouho, až se získalo 5 čtení, mezi nimiž by nebyl rozdíl větší než 2 mm. Někdy bylo při obtížném postavení figurantů napínajících pásmo a při nepříznivém postavení stativu nutno zaměřit délku 30krát až 40krát s rozdíly centimetrovými, než se dostalo 5 měření, která se od sebe nelišila více než 2 mm. V některých případech bylo nutno po vyloučení hrubých chyb vzít průměr z více čtení.

Při měření délek přistoupily kromě obtíží výše uvedených (strmost záměr, překážky, překážení noh stativu) obtíže další, jako těžký přístup ke čtení pásma, malý prostor pro figuranta, který napínal pásmo, špatná čitelnost dělení pásma při slabém světle karbidek, výkyv olovnice prúvanem v chodbě atd. Pásmo je nutno napnout vždy přes závěs a odčítatel musí stát kolmo na pásmo, jinak vzniká velká chyba z paralaxy. Odčítatel na-

stavoval pásmo na celé centimetry, odčítatel na začátku odčítal milimetry. Délky se měřily vpřed i vzad a po redukci na vodorovnou byly ponechány rozdíly do 4mm a vzat průměr, při větším rozdílu byly délky znovu přeměřeny.

Tímto způsobem byl zaměřen hlavní polygon od počátku ke konci a zpět, vyrovnán směrově i výškově. Prostorová smyčka na konci byla vyrovnána samostatně.

Po vyrovnání tohoto hlavního polygonu bylo zaměřeno několik odbočujících větví polygonu, které byly navázány na souřadnice hlavního polygonu.

Po skončení měření polygonů v přední části, veřejnosti přístupné, byli jsme seznámeni s prostorami nově objevenými, které byly však těžko přístupné. Výzkumná cesta, kterou jsme podnikli, trvala 6 hodin. Tato doba byla potřebná ne snad pro délku nových prostor, ale proto, že bylo nutno překonávat veliké překážky, jako plazení v blátivém nánosu ve štěrbině profilu 30×50 cm v délce asi 50 m, zlézání několika strmých skalních stěn asi 15 m vysokých bez výstupků, přelézání balvanitých závalů atd., což vše značně zdržovalo postup. Zpět jsme se vraceli jinou cestou, ještě obtížnější, starým řečištěm. Než bylo možno přikročit k zaměření této části, bylo nutno ji dříve zpřístupnit. Jedna část skupiny prováděla detailní měření ve staré části, druhá část prováděla úpravu. Prokopali náplav, rozšířili tuto část chodby tak, že se dala shrbeně projít, v místech pro stroj ji rozšířili více, zřídili u čtyř skalních stěn žebříky, urovnali mezi balvany pěšinku a upravili lešení nad balvany v místech stanovišť stroje, aby bylo možno stroj obcházet. Tato práce byla zdlouhavá a namáhavá, protože bylo nutno každý kus dřeva donést zvenku po těžko schůdném terénu. Na několika místech bylo nutno prostřílet větší průlezy nebo jiné dlátem odsekát tam, kde nebylo možno střílet pro malou stabilitu stropů. Také bylo nutno odstřelit několik balvanů, které hrozily zřícením. Po skončení zpřístupňovacích prací byly body znovu zrekognoskovány a zastabilisovány podobně jako v přední části, do pevné půdy, do balvanů i stropů. Pak byl zaměřen další polygon. Měření bylo zde ještě obtížnější, hlavně pokud se týče stavění stativů, kolem stroje bylo nutno chodit velmi opatrně, jelikož nakupené balvany povolovaly a viklaly se, na lešení bylo nutno balacovat nad propastmi několik desítek metrů hlubokými, potíže při měření dálek se zvětšily velkými převýšeními. Přes tyto obtíže vyšel polygonový tah poměrně dobře, měřeno bylo tam i zpět jako jeden polygonový tah. Při délce 462 m a 52 přestavbách bylo $dx - 3,1$ cm, $dy - 1,3$ cm, ve výšce $dz - 2,4$ cm. Zde bylo nutno několikrát opravovat měření, protože byly větší difference ve stranách.

Oba polygony, v přední i zadní části jeskyně, tvoří nyní pevnou podélnou kostrou trvale stabilisovanou, na kterou se dají případně další polygony při nových objevech navázat.

Z tohoto popisu měření podzemního polygonu je zřejmo, že tato část práce byla neúměrně zdlouhavá a primitivní, hlavně měření délek a centrování stroje. Při tom na přesném zaměření délek a přesném centrování záleží přesnost celé práce.

Některé soupravy zahraničních strojů odstraňují tyto závady, nemáme však možnost si je opatřit. Byla proto navržena poměrně malá úprava, kterou může provést mechanická dílna s použitím vyřazených strojů Th 40 a soupravy ze skladů přístrojů.

V podstatě je použito zase trojpodstavcové soustavy, na stativěch by byla trvale připojena spodní část strojů Th 40, která se u některých strojů dá odpojit, takže by se vyměňoval jen vrch stroje. Centrování se provede opticky pomocí nástavce, který je v soupravě záměrných desek. Tento nástavec má dvě křížové libely a jde urovnat stavěcími šrouby spodku stroje do vodorovné. Záměrným cílem je deska, která má ve stejné výši jako osa dalekohledu stroje kulatý otvor opatřený matným sklem s vyrytým jemným křížem. S druhé strany je objímka pro elektrickou baterii. Na tento kříž se zaměřují úhly horizontální i vertikální. Tato signální deska má stejný čep jako stroj a vsune se do otvoru spodní části připevněné na stativu a utáhne šroubem, takže zaujme stejnou polohu jako měl stroj před tím a potom. Adaptace této součástky je poměrně malá a jednoduchá, je jich dostatek u odd. měřických přístrojů.

Třetí část se zhotoví v dílně. Je to váleček s konickým zakončením, který je na spodní části opatřen stejným čepem jako stroj a signální deska, takže po utáhnutí šroubu zaujímá stejnou polohu jako měl stroj před tím a potom a signální deska. Výška stejná, jako má stroj od spodní plochy čepu po optickou osu a jako má signální deska od spodní plochy čepu po vodorovnou nit. Tyto hroty jsou 3 a snadno se vyrobí odříznutím čepů od vyřazených strojů a navařením hrotů.

Postup měření: Stativy se postaví zhruba urovnané nad 3 polygonové body. Na stativěch jsou připevněny spodky stroje Th 40, elektrické osvětlení je v každém spodku zasunuto. Do otvorů pro čep se nasune zařízení pro optickou centraci a dolní část stroje Th 40 se přesně urovná křížovými libelami a zcentruje. Přesnost urovnání se u všech tří stativů překontroluje postupně vkládaným strojem Th 40. Pak se stroj upne na střední stativ (vloží se do spodní části a utáhne šroubem) na první a třetí stativ se zasune signální deska a utáhne šroubem. Zaměří se horizontální i vertikální

úhly na nitkový kříž prosvícený v otvoru signální desky. Stroj i obě signální desky se vyjmou a zasunou do všech 3 stativů hroty a stejně se utáhnou. Mezi hroty se změří vzdálenost cejchovaným pásmem s napínáky a příložným měřítkem děleným na mm a změří se výšky hrotů nad bodem.

Tím bylo dosaženo, že není třeba urovnávat stativ přesně do vodorovné polohy, není třeba dbát na postavení noh stativu, měření pásmem nemůže vadit žádná překážka, protože pásmo zaujme polohu záměrné, pásmem se dá měřit velmi pohodlně z pevného hrotu na pevný hrot a vždy bude dosti místa pro odčítání a napínání, protože tam měl před tím dosti místa již observátor při měření. Strmost visur zde nevádí; co je vidět dalekohledem, dá se dobře změřit pásmem.

Je třeba se jen častěji přesvědčit pomocí optického zařízení, že centricita je v pořádku a vše musí být tak opracováno, aby bylo zaručeno, že jak nitkový kříž na signální desce, tak hrot pro měření délek zaujmou vždy stejnou polohu po výměně, jako měl průsečík svislé osy stroje s osou dalekohledu.

Touto poměrně snadnou a proveditelnou úpravou celé soupravy je možno dosáhnout velkých časových úspor, měření se stane pro měřiče i figuranty daleko méně namáhavé, odstraní se možnost hrubé chyby a přesnost se značně zvýší.

V chodbách, kde byly nerovnosti půdy tak velké, že tam nebylo možno postavit stroj, nebo kde byly časté průřezy jen 40×50 cm velké, bylo provedeno měření polygonu hornickým kompasem. Způsob měření hornickým kompasem se osvědčil jako velmi rychlý, lze jím zaměřit chodby, které by se jiným způsobem nedaly zaměřit, je však méně přesný, hodí se pro zaměření vedlejších polygonů.

Svorník pro kompasové měření byl zhotoven z duralu, 13 cm dlouhý, na jedné straně s oběma koncovými částmi ohnutými od sebe, aby držel dobře ve skále v betonu, na druhé je rozšířená hlavice s otvorem po straně vyvrtným. Do dutiny hlavice se zastrkuje klička šňůry, na níž se zavěšuje kompas a sklonoměr, klička se zajistí závlačkou, zasunutou do postranního malého otvoru. Tím se dosáhne dobrého upevnění šňůry mezi dvěma body, šňůra jde dobře nahnout a odepnout. Svorníků zabetonovaných do stěn bylo použito jen v místech, kde byla chodba příliš široká a vysoká nebo na lomu. V úzkých chodbách a kde to poměry dovolily, byly od stěny ke stěně nebo od podlahy ke stropu nebo převisu osazeny dřevěné rozporky, do nichž se zašroubovaly podobné šrouby mosazné nebo duraluminiové se závitěm do dřeva. Rozporky byly utěsněny dřevěnými klíny tak, aby se nemohly otáčet ani vysunout. Tento způsob je značně rychlejší než zabeto-

nování svorníků do zdi, ušetří se svorníky, protože mezilehlé se po zaměření vyšroubují, rozporky se odstraní a ponechá se jeden svorník v rozporce jen na konci chodby pro případné pozdější pokračování měření, byla-li by chodba dále prorážena. Je třeba, aby se figuranti zapracovali k tomu, aby zašroubovali svorníky pod správným úhlem. Je třeba rekognoskovat tah pomocí šňůry nebo plátěného pásma, stanovit místa rozporek, budou-li vodorovné, šikmé nebo svislé, figurant vyvrtá vrtákem otvor do rozporky a zavrtá pak svorník v takovém směru, aby půlil úhel sevřený dvěma sousedními stranami. Šňůru je třeba vést od stěny ke stěně, aby se dosáhlo ostrých úhlů uvnitř, jinak by se šňůra lomila přes okraj svorníku a nepřesně by se měřily délky. Ještě větší pečlivost musela být věnována zabetonování svorníků do stěny, tam oprava není tak snadná jako u rozporek.

Horizontální úhly byly měřeny závěsným hornickým kompasem, který měl dělení na 24 hodin po 15 stupních. Stupeň byl dělen na 20 minut, na střelce kompasu byl nonius pro odčítání minut. Kompas se zavěsil na šňůry vždy poblíž prvního svorníku nejprve jihem dopředu, odečetl se, pak se otočil severem dopředu, odečetl, převěsil se k druhému bodu jihem dopředu a nakonec proložil severem dopředu, takže se obdržela 4 čtení, z kterých byl vzat průměr. Před odečtením bylo třeba se nejprve přesvědčit, že je kardanový závěs dobře doklapnut a že je kompas v poloze vodorovné, že se volně otáčí podél osy kolmé na rovinu proloženou šňůrou a že magnetka nezachytává noniem o stupnici kompasu. Po uklidnění střelky bylo ještě třeba mírně poklepat na sklo kompasu a když se ustálila střelka znovu ve stejné poloze, bylo čteno. Větší rozdíly ve čtení byly způsobeny zachytáváním nonia o stupnici. Při odčítání bylo svíceno mosaznou karbidkou, odečítač byl zbaven všech předmětů, které by porušily magnetické pole (klíčů, železných knoflíků, odznaků na čepici atd.) a které, i když měly nepatrné rozměry, v blízkosti magnetky (10 až 20 cm) měly nepříznivý vliv na odčítání. Sklon byl měřen sklonoměrem zavěšovaným na šňůru v horní třetině strany. Dělení bylo na 10 minut, odčítáno na 5 minut. Po odečtení byl sklonoměr proložen o 180° na stejném místě. Přesnost stačila pro tak krátké vzdálenosti, které se u polygonu vyskytovaly.

Oba přístroje bylo nutno při větším sklonu zajišťovat proti posunu po šňůře svorkami buď mosaznými nebo dřevěnými a dřevěnými kolíky zasunutými do závěsných háků.

Důlky byly měřeny podél šňůry od středů svorníků ocelovým pásmem s napínáky. Zde se ukázala ještě jedna výhoda rozporek: ke svorníkům byl daleko lepší přístup a měření délek bylo rychlejší.

Později bylo používáno skoro výhradně svorníků zašroubovaných do rozporek, jen v místech lomu, kde rozporku nebylo možno umístit, byl vsazen do zdi. Nevýhoda rozporek byla v tom, že doprava často několik metrů dlouhých rozporek, které musely být masivní, a proto těžké, byla do nesnadno přístupných míst obtížná.

Před kompasovým měřením byla zvolena orientační přímka v lese v blízkosti vchodu do jeskyně na 2 bodech povrchového polygonu. Ve vzdálenosti asi 2 m před prvním bodem byl zaražen silný kůl tak, aby vyčníval 1 m nad zem a byl zajištěn na všechny strany vzpěrami (bez hřebíků). Stejně za druhým bodem asi 2 m byl zaražen podobný kůl. Theodolitem postaveným na první bod byla přenesena značka druhého bodu na horní plochu kůlu za druhým bodem, narýsována přímka a proveden asi 1 cm hluboký zářez. Stejně provedeno i u prvního bodu promítnutím z druhého bodu. Zářezy byly překontrolovány strojem. Přes zářez byla napnuta šňůra, která tak měla přesný směr základny. Směrník této strany byl vypočten a zjištěn rozdíl mezi směrníkem a magnetickým azimutem orientační přímky, naměřený kompasem. Magnetický azimut kolísal během dne v rozmezí 3', větší výkyvy nebyly shledány. Před každým kompasovým měřením a po něm byl vždy kompas přezkoušen na orientační přímce výpočet byla vzata hodnota průměru ze všech čtení na orientační přímce a připočtena k naměřenému magnetickému azimutu každé polygonové strany. Podle denních změn deklinace byly provedeny opravy. Výšky byly vypočteny stejně jako u theodolitového pořadu. První polygonový kompasový pořad byl veden pobočnou chodbou a na začátku a na konci navázán na hlavní polygon. Přes velmi obtížné poměry v této pobočné chodbě vyšel kompasový pořad celkem dobře. Tím byla přezkoušena jednak správnost polygonu hlavního, jednak se prokázala vhodnost kompasového měření pro obtížně průchodné chodby.

Bylo proto použito kompasového měření v odbočujících chodbách a svorníky byly šroubovány převážně do rozporek.

Zatím co byly upravovány chodby pro měření v nové části jeskyně, bylo provedeno podrobné měření ve staré části.

Podrobné měření se skládalo ze zaměření podélného profilu ve svislé rovině polygonového tahu a ze zaměření příčných profilů kolmo na polygonové strany (v úzkých chodbách). Z těchto profilů byla potom zkonstruována vrstevnicová situace spodku i stropu. V širších prostorách bylo provedeno situační a výškové měření početní tachymetrií a z vykreslené situace a z vrstevnic byly zkonstruovány příčné profily. Příčné profily byly měřeny i v několika širších prostorách, bylo však shledáno, že tím způsobem se

toto měření nedá provádět. Je příliš zdlouhavé, převýšení jsou v příčném profilu až 30 metrů, není vidět přes převisy a skály dopředu, mnohdy nejde profil provést vůbec. Proto je bylo nutno zkonstruovat z vrstevnicového plánu. V přední upravené části jeskyně byly profily snímány ve vzdálenostech po 1 m, někde i hustěji, byl-li náhlý přechod mezi profily. Konstruované profily v širších prostorách byly provedeny po 5 m.

Podélný profil byl měřen tím způsobem, že na dva sousední polygonové body byly postaveny stativy a mezi nimi bylo napjato plátěné pásmo. Na stativu bylo toto pásmo přidržováno speciálním talířem, který se přičtyl šroubem stativu.

Toto pásmo tvořilo osu, od které byly měřeny všechny míry jak v profilu podélném (nahoru a dolů), tak v příčných profilech (vodorovně a nahoru nebo dolů). Na milimetrovém papíru vynesena v podélném profilu tato osa podle polygonových bodů vynesných z výškových kót a vodorovných vzdáleností. V příčných profilech byl vynesěn průsečík pásma s rovinou příčného profilu, od něhož vyneseny míry naměřené vodorovně a pak nahoru a dolů.

Míry byly snímány tachymetrickou skládací latí 3 m dlouhou, dále provažovací latí 4 m dlouhou s vyznačenými decimetry a ocelovým dvoumetrem, po př. plátěným pásmem. Větší výšky, kam nebylo možno dosáhnout latí, byly měřeny pomocí meteorologických balónků přivázaných na tenké rezné niti. Na hliníkových plíškách rozměru $1 \times 0,5$ cm byly vyznačeny číslice označující celé metry, ty byly přivázány vždy po 1 metru na reznou nit. Od plíšky se doměřovalo ocelovým dvoumetrem. Od vrcholu balónku, kde byla nula, odměřil se 1 m a šňůrka se přivázala tak, aby do toho místa přišel první hliníkový plíšek. Občas se tato místa kontrolovala. Šňůrka byla navinuta na naviják, který byl vložen do rámečku. Balónek se vypouštěl na každém tachymetrickém bodě v podlaze i pod každým význačným bodem ve stropě. Přesnost takto zaměřených výšek byla asi 20 cm. Při tak velké rozeklanosti stropu, při tak náhlých výškových změnách není třeba větší přesnosti, protože je nutno strop generalisovat již při měření. Jiné způsoby měření výšek, hlavně theodolitem ze základů, se neosvědčily hlavně pro nemožnost volit vhodnou základnu, z jejichž koncových bodů by bylo vidět stejný bod na stropě, a hlavně proto, že obraz stropu v okuláru dalekohledu zploštl tak, že význačný výstupek se stal neznatelný. Pokusy vrhat na strop tenký paprsek světla, který by ostře určil bod na stropě nepodařily se pro nedostatečné technické zařízení. Bylo by třeba silného světelného zdroje, odrazového zrcadla a jemné šterbiny, upevněných na stativu. Balónky se osvědčily jako poměrně velmi rychlý a dostatečně

přesný způsob měření výšek v prostorách, kde není průvan. Kde je průvan, je nutno přivázat několik balónků dohromady a kromě měřické šňůry, která je svislá, je nutno připevnit ještě 3 lehké šňůrky, kterými je tato svislost udržována. Olovníci se kontroluje ze dvou kolmých směrů svislost měřické šňůry, odhad pouhým okem velmi klame.

Pro měření výšek balónky je jedinou závadou velká spotřeba balónků a tím i vodíku. Po navlhnutí se stanou propustné pro vodík, korodují a praskají. S tím souvisí častá doprava vodíkové bomby k jeskyni, plnění se musí dít na čerstvém vzduchu atd., časové ztráty jsou při tom značné.

Pro tachymetrické měření se osvědčila skládací nivelační lať. Bylo ji třeba opatřit ještě milimetrovým dělením, protože vzdálenosti, ze kterých se měří, jsou vesměs krátké, od 2,40 m do 40 m. V nízkých prostorách bylo nutno používat jen nástavce k tachymetrické lati nebo 30 cm dlouhého pravítka. Svislost latě bylo třeba zajistit olovníci po straně připevněnou k lati. Libely se nedá použít, protože by si vyžádala osvětlovače a vadila by při skládání latě.

Početní tachymetrie bylo použito proto, že situace byla kreslena v měřítku 1:100, bylo by třeba centrovat měřický stolek, deska stolku by trpěla vlhkostí a vodou kapající se stropu, oči kresliče by byly velmi namáhány ve špatném světle karbidek, orientace stolku na malých stranách polygonu by byla nepřesná.

Práce na detailním měření situace byla ztížena tím, že v upravené části jeskyně nebylo možno na mnohých místech šlápnout mimo betonový chodník, protože povrch útvarů byl měkký a mazlavý a zničila by se kresba a cenné ozdoby. Jindy museli být figuranti přivázáni na laněch, protože by při sklouznutí spadli do propastí i 30 m hlubokých. Také osvětlování latě působilo obtíže. Při měření profilů v místě, kde nebylo možno stoupnout, bylo použito latě 6 m dlouhé s posuvnou částí a podstavcem, čímž byl umožněn aspoň odhad vzdáleností a výšek.

V části neupravené bylo možno zachytit jen povšechný ráz terénu, protože balvanová ssut' vytvořila souvislý povrch. Měřit každý balvan detailně, i když byly tyto balvany velkých rozměrů, bylo nemožné. Bylo nutno proto hodně generalisovat a vrstevnice spojit v plynulé čáry, což ovšem vyjadřuje jen povšechný průběh balvanité ssutě.

Detaily výzdoby byly také vynechány.

V jednotlivých prostorách, které jsou dosti zřetelně odděleny, byly číslovány tachymetrické body vždy od jedničky, celkem měřeno asi 2000 bodů.

Nad každým bodem na dně byla změřena výška příslušného bodu na stropě, bylo tedy pro vrstevnicový plán stropu použito také 2000 bodů.

Body se volily podle situace dna i podle situace stropu (výstupky, lomy, počátky komínů atd.).

Příčných profilů přímo zaměřených bylo 150, z vrstevnicového plánu odvozeno 80 profilů. Mimo to bylo zachyceno skizzou asi 400 příčných profilů, které sloužily pro konstrukci vrstevnic.

B. Kresličské a výpočetní práce

Povrchové polygony byly vypočteny a vyneseny podle souřadnic do situace v měřítku 1:500 a na jednotlivé listy situace 1:100. Z jednotlivých polygonálních vrcholů byly zaměřeny body tachymetrické, vypočtena jejich vodorovná vzdálenost a nadmořská výška a body vyneseny transportérem podle vodorovných úhlů. Stejně to bylo provedeno v půdorysu i u obrazu stropu jeskyně, který z nedostatky jiného termínu nazván „stroporys“.

Jednotlivé polygonové body byly vyneseny na milimetrový papír podle výšek a vodorovných délek v měřítku 1:200 do podélného profilu.

Byly vykresleny příčné profily změřené v měřítku 1:200 a generalisovány. V situaci 1:100 vykresleny vrstevnice interpolací podle skizz situacních a profilových a podle měřených příčných profilů. Vrstevnice po 0,5 metrech, pětimetrové vytaženy silněji, 2,5metrové vytaženy čárkovaně. Z hotového vrstevnicového plánu bylo vyneseno 80 profilů ve velkých prostorách. Pak proveden přehledný profil podélný v měřítku 1:500, kde bylo vyneseno také nadloží nad jednotlivými chodbami. Zajímavé je, jak přesně sledují podzemní chodby povrch, i malé odbočky probíhají rovnoběžně s povrchem.

Bylo vykresleno také 8 příčných profilů přehledných v měřítku 1:500 a 2 řezy celým kopcem s vyznačenou trasou eventuální štoly, která by umožnila průchod přímo do nově objevených prostorů jeskyně. Dále byl proveden vrstevnicový plán povrchu nad jeskyní v měřítku 1:500 odděleně od situace jeskyně, aby povrchové vrstevnice nerušily vrstevnice podzemní. Proveden byl na astralonu a pomocí souřadnicových čar je uveden ve shodu s podzemní situací, která vznikla zmenšením jednotlivých listů pantografem z měřítka 1:100. Zde byly vrstevnice kresleny po 1 m, pětimetrové silněji. Kde nebylo možno sledovat průběh vrstevnic, byly sklony terénu vyznačeny šipkami.

Měřické podklady (polygony, očíslování bodů, způsob stabilisace bodů polygonálních, theodolitových, kompasových, hlavních, vedlejších atd.) a klad listů v měřítku 1:100 byly vyznačeny na plátěné oleátě v měřítku 1:500.

Geologické poměry v okolí jeskyně byly vyznačeny v měřítku 1:500.

Příchod k jeskyni, chodník, nejbližší komunikace, elektrické vedení, budovy a výškové poměry zakresleny v měřítku 1:2000. Přehled poměrů komunikačních v širokém okolí jeskyně proveden v měřítku 1:25 000 na topografickém plánu.

Umístění jeskyně v širším okolí provedeno na mapě 1:75 000. Poloha jeskyně původně výtiskem na plánu i ve speciální mapě opravena na správnou.

Pořízeno bylo 12 fotografií, kde byla vyznačena místa záběru.

Proveden seznam souřadnic.

Zbývalo by ještě zhotovit prostorový model na základě tohoto měření. Na desku z hobry se vynesou vrcholy všech polygonů, podzemních i povrchových, v souřadnicích v určitém měřítku, povrch desky se zvolí v úrovni nejnižšího bodu. Do desky se v místech vrcholů zabodnou svislé silné dráty dělené barevnými proužky (v měřítku) po metrech. Délka drátů je rovna převýšení nejvyššího místa povrchu terénu nad nejnižším místem v jeskyni. Na čtyři sloupky stejně dlouhé se v rozích upevní podobná deska z hobry, na níž se vynesou polygonové vrcholy v zrcadlovém obraze a horní konce drátů se do nich upevní. V příslušných výškách podle podélného profilu se na svislé drátky upevní slabší drátky, které představují osu, od níž byly snímány příčné profily. Dále se jinými drátky spojí průsečíky dna, stropu jeskyně a povrchu terénu. V místě osy se připevní kratší dráty (v délce podle příčného profilu) vodorovně, kolmo na osu. Na tyto základní kostry se připojí příčné profily vymodelované z měkkého drátu a spojí mezi sebou po obvodu několika drátky, aby se nestáčely.

Spojení celé kostry se provede pájkou. Příčné profily se obtočí průhlednou páskou, stejně i terén se vymodeluje z průsvitné pásky pomocí výškových bodů odečtených z vrstevnicového plánu povrchu, zobrazeného na průsvitce.

Tím vznikne velmi názorný prostorový model, při určité zručnosti modeláře by nebylo těžko jej zhotovit.

Pro velkou členitost prostoru je obtížné provést výpočet kubického prostoru jeskyně a odolnost proti tlakům. K tomu by bylo možno model vhodně upravit. Gáza se pokryje plátnem a povrch plátna se naimpregnuje proti prosáknutí vody. Nebo je možno kostru z pásky, zpevněnou cementovým mlékem, obalit modelovací masou. Takto izolovaný prostor jeskyně se naplní vodou, jejíž množství se dá dobře měřit a tím i kubický prostor jeskyně v určitém měřítku.

Pevným obedněním modelu do hranolu a vyplněním prostoru mimo jeskyni hmotou, která by po zatvrdnutí odpovídala (v měřítku) pevnosti nad-

loží jeskyně, vytvoří se model, na něm. by bylo možno vyzkoušet odolnost podzemního prostoru proti vysokým tlakům .

Zbývá ještě ohodnotit počet a odbornost pracovníků, vhodnost a použitelnost výstroje.

Pokusně byla sestavena skupina z velitele, zástupce, zapisovatele, počtáře, kresliče, tesaře, zedníka, střelmistra-horníka a truhláře. Toto sestavení se ukázalo velmi vhodným jak co do počtu, tak co do odbornosti. Všech bylo úplně využito a také svoje odborné znalosti mohli dobře uplatnit.

Používáno bylo, jak už uvedeno, dobře zrektifikovaného stroje Zeiss Th 40. Pro toto měření je vhodný každý stroj, který má elektrické osvětlení, dělení aspoň na 10", možnost zaostření na 2 m, nástavky pro strmé záběry, po př. příložnou busolu. Pro rychlé zaměření situace, zvláště na povrchu, je velmi vhodný Wild TO a malý nivelační stroj Zeiss. Stativy musí být robustní s výsuvnými nohami. Dále je potřebný závěsný důlní kompas a sklonoměr, skládací nivelační latě a tachymetrické latě pro tachymetrické měření, skládací výtyčky pro signalisaci bodů. Pro snímání profilů profilovací latě, aneroidy pro předběžné stanovení výšek chodeb, malý slunečník pro ochranu stroje před odkapávající vodou se stropů, ochranné pásy a lana pro zajištění figurantů a měřiče. Pro vazové žebříky jsou nejlepší 10 m dlouhé s bambusovými příčkami. Vodíková bomba k plnění balónek nejlépe dvojnásobné velikosti, jedna malá, příruční, do které se redukčním ventilem přepouští vodík z velké bomby, těžko přenosné. Balónky na měření výšek jsou vhodné velké, meteorologické, stačí však docela obyčejné, poutové, mohou se svázat 2 nebo 3 dohromady. Důlní lampy karbidové musí být dobře ošetřovány, pro kompasové měření je nutná mosazná lampa. Vhodné by byly elektrické akumulátorové soupravy, s dostatečně dlouhou dobou svítivosti, nesmí však být příliš těžké. Při všech pracích nutno pamatovat na to, že figurant má jen jednu ruku volnou, ve druhé drží lampu. Zavěšovat lampu na opasek nebo skálu je možno jen výjimečně. Vždy před vstupem do podzemí je nutno překontrolovat, aby figurant měl s sebou lampu, zápalky a elektrickou lampičku s dobrou baterií. Nutné jsou gumové boty, gumové nebo kožené kombinézy a teplé svetry a prádlo. V jeskyni, hlavně jde-li o práci, při které není pohyb (měřič, pisař, držiči latí atd.), bez teplého ustrojení prochladne každý tak, že není schopen práce.

Nedostatek místa nedovoluje, aby byl proveden výčet všeho náradí, pomůcek, stabilizačního materiálu, osobního výstroje, tiskopisů atd., které by byly ve výstroji skupiny, a jejich podrobné ohodnocení, což by snad pomohlo těm, kteří budou v budoucnu pověřeni podobným úkolem. Celkem byl zvolen tento výstroj správně a dobře se osvědčil. Během měření se uká-

zalo, že některých přístrojů nebo pomůcek není zapotřebí, je to podmíněno místními poměry, v jiných jeskyních by se dobře uplatnily. Speciální výstroje by bylo třeba v podzemních prostorách, kde jsou rozsáhlá jezera a ponorné toky.

Tím byly zhruba probrány poznatky z prvního našeho měření v podzemí. Je jisté, že se při velké rozmanitosti podzemních prostor vyskytnou jinde těžší problémy, než se kterými jsme se setkali my. Vyrovnat se s nimi je jen otázka zapracování do nového oboru práce. Jisté je také, že za 5 let, které od tohoto pokusného měření uplynuly, byl učiněn i v tomto oboru měřické práce značný krok vpřed.

Použitá literatura:

Akademik Ryšavý: Měření podzemních prostor.

Clánek prof. Lenčo v čas. Krásy Slovenska, ročník XXVII, č. 5—8.

Ed. Paloncy: Demänovské jeskyně - Sborník přírodověd. spol. v Mor. Ostravě, 1930—31.

Různé články ve speleologických časopisech.

Zjišťování dřevní zásoby lesních porostů pomocí leteckých snímků

Při kalkulaci různých staveb hraje velikou úlohu dřevo jako stavební materiál. Vzhledem k tomu, že je dřevo čerpáno převážně z místních zdrojů, je nutno před akcí vyhledat vhodné porosty, které jsou schopny plně krýt plánovanou potřebu. Údaje o lesích je možno získat různým způsobem.

Vojenské mapy podávají jen některé informace o druhu a stavu lesa. Na mapách západních států nacházíme pouze zelenou barvou označený les. Výjimku tvoří mapy německé a holandské, kde po celé ploše lesní parcely jsou značky pro druh listnatého nebo jehličnatého lesa. Na rakouských mapách nalezneme pouze jednu značku: buď pro les listnatý, nebo jehličnatý. Jinak z těchto map vyčteme pouze rozlohu, hranice lesa, lesní cesty a průseky. Pro zjištění dřevní zásoby lesních porostů se však topografické mapy nehodí, neboť neobsahují potřebné údaje.

V týlu vlastních jednotek je tento úkol celkem jednoduchý. Potřebná data získáme buď osobním průzkumem, nebo pomocí porostních map. Kartografické provedení lesních plánů bývá různé, ale většinou poskytují dokonalý obraz o rozdělení lesa na oddělení a druhy porostů.

Hlavní problém při zjišťování rozměrů a druhu dřeva nastává ovšem teprve tenkrát, je-li potřeba plánovat materiál pro práce předpokládané na území obsazeném nepřítelem.

V tomto případě zůstává jediným prostředkem k získání potřebných údajů letecký snímek. Můžeme využít leteckých snímků, které byly pořízeny pro potřeby topografické služby. Pro tyto práce se nejlépe hodí stereoskopické dvojice snímků s překrytím aspoň 55%. Ideální by bylo měřítko snímků přibližně 1:5 000, na nichž můžeme s větší přesností změřit potřebné údaje. Na nich se dobře pozná druh dřeviny, zvláště jehličnaté stromy se snadno odliší od stromů listnatých. Dále se lehce rozliší borovice od smrku a i modřín má charakteristickou korunu. Není možno odlišit na snímku jedli od smrku. Dub se dá odlišit od buku, ale ostatní listnáče se určí velmi těžko.

Zjištění hmoty porostů

Nejjednodušší, ale také nejméně přesná metoda pro zjištění hmoty porostů je použití upraveného vzorce Gerdinga-Borggreveho, podle něhož můžeme vypočítat hmotu dřeva na hektar v plnometrech. (Plnometr — plm se

používá v lesnické praxi k označení hmoty dřevních sortimentů — je prakticky krychlový metr dřevní hmoty. Vyjadřuje se pouze hmota hroubí, to je veškeré dřevo s nejmenším průměrem 7 cm na slabém konci kmene.)

Upravený vzorec Gerdinga-Borggreveho (můžeme ho použít pouze pro starší porosty):

$$\text{hmota v plm na ha } M = a \cdot V \cdot \rho,$$

kde $a = 1/2$ korunové plochy,

V = střední porostní výška

ρ = zakmenění.

Korunová plocha bývá pro smrk a jedli 34 až 45 m².

Udáváme proto pro smrk a jedli jako konstantu $a \doteq 18$,

pro borovici, buk a dub 30 až 35 m².

$a \doteq 16$.

pro borovici, buk, dub konstantu

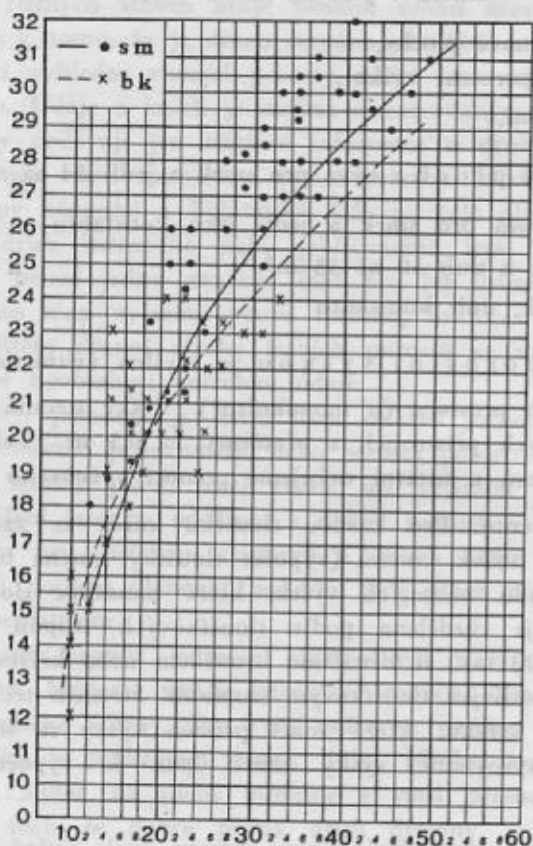
Střední porostní výškou je myšlen aritmetický průměr výšek stromů v určitém prostoru (u monokultur). Výšky stromů získáme měřením na stereoskopických přístrojích s přesností $\pm 0,5$ m. Takto naměříme několik výšek stromů a ostatní určíme pomocí výškového grafikonu.

Postup je tento: Pro každou tloušťku každé ze zastoupených dřevin změříme několik výšek kmenů (výpočet tloušťky kmene bude uveden dále). Tím získáme řadu měřených výšek, které nanášíme do grafikonu, jehož vodorovná osa je rozdělena podle tloušťkových stupňů, svislá osa podle výšek (viz obr. 1) tak, že označíme kroužkem nebo křížkem změřené výšky odpovídající jednotlivým tloušťkovým stupňům. Středem těchto kroužků vedeme odpovídající křivku, která značí průběh výšky se stoupající tloušťkou kmene. Takto vyrovnané výšky slouží pak k výpočtu dřevních hmot (obr. 1).

Pro přibližnou kalkulaci dřevní hmoty však úplně stačí použít pravidla pro získání středního kmene: Najde se nejvyšší výška a odečteme ro smrk a jedli 2 m, pro buk 1,5 m a pro ostatní dřeviny 1 m. Že je toto pravidlo dostatečně přesné, dokazuje srovnání s grafikonem uvedeným nahoře.

Zakmenění ρ nemůžeme z leteckého snímku zjistit. Protože je však možno pro méně přesné výpočty udávat, že zakmenění je totožné se zápojem (semknutost koru stromů), určíme na snímku tento zápoj. Zápoj

můžeme určit ze snímku 1:5 000 s přesností $1/10$ plochy, průměr korun stromů s přesností 0,5 až 0,25 m. Plný zápoj, který značíme číslem 1, znamená, že na celé měřené ploše jsou koruny těsně u sebe. Je-li zápoj menší znamená to, že mezi korunami jsou mezery, což označujeme deseti-
ným číslem: třeba 0,6, 0,9 a pod.



Obr. 1.

Pomocí tohoto vzorce je možno určit hmotu porostů na ha jenom přibližně. Příklad: Smrkový porost výšky asi 20 m, zápoj asi 0,8; dosadíme do vzorce $M = a \cdot V$. a dostaneme: $18 \cdot 20 \cdot 0,8 = 288$ plm/ha.

Pro přesnější odhad hmoty porostů tento vzorec nevyhovuje. V tomto případě můžeme použít vztahu $d_{1,3}$ (v cm) = $f(K)$, kde $d_{1,3}$ = průměr stro-

mu ve výšce 1,3, f = funkce, K = korunový průměr v m. Je to korelační vztah mezi výčetním a korunovým průměrem a je číselně vyjádřen takto:

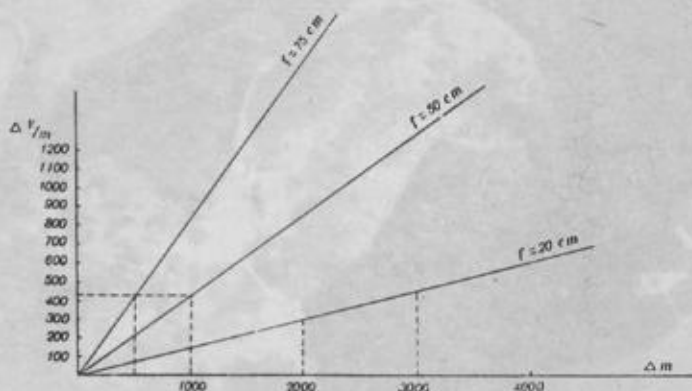
$$\text{Smrk} \quad d_{1,3} = - 33,6 + 26,6 K - 2,5 K^2$$

$$\text{Buk} \quad d_{1,3} = - 6,4 + 8,7 K - 0,4 K^2$$

$$\text{Jedle} \quad d_{1,3} = - 5,2 + 6,8 K$$

$$\text{Borovice} \quad d_{1,3} = - 3,5 + 8,1 K - 0,31 K^2$$

Vzorec nám plně vyhovuje, protože vylučuje všechny údaje, které bychom museli získávat pozemním průzkumem (bonitu půdy nebo stáří stromů). Stáří stromů určujeme jedině navrtáním kmene dutým nebozezem a odpočítáním let. Jiný způsob zatím neznáme.



Obr. 2. Funkce výškových rozdílů krajín

V tomto případě vycházíme z údajů, které se mohou měřit přímo na snímku. Jsou to druh dřevoviny, zápoj, střední porostní výška, počet stromů a korunový průměr.

Pro všechny tyto údaje je nutná dobrá jakost fotografického materiálu.

Příklad:

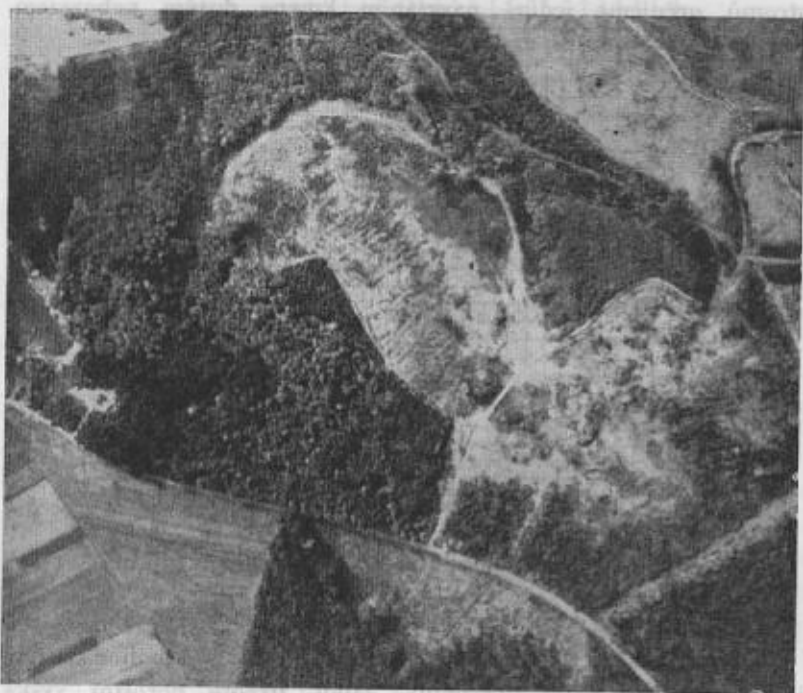
Na leteckém snímku, jehož měřítko známe, byl změřen a vypočítán korunový průměr smrku $K = 7$ m; do rovnice pro smrk dosadíme zjištěnou hodnotu:

$$d_{1,3} = - 33,6 + 26,6 \cdot 7 - 2,5 \cdot 49$$

$$d_{1,3} = 30 \text{ cm.}$$

Pomocí těchto rovnic můžeme korunový průměr K , který byl na snímku změřen, nahradit průměrem $d_{1,3}$ a potom pomocí hmotových tabulek snadno zjistíme podle $d_{1,3}$ a výšky stromu jeho hmotu. Pro zjištění hmoty kmene jsou nejrozšířenější (viz tabulku).

Aby bylo zachováno stejné měřítko na celé ploše snímku, je nutno řádně naplánovat výšku letu. Jak veliký vliv na měřítko má různost výšky letu, ukazuje graf na obr. 2.



Při praktickém vyhodnocování vyhovuje nejlépe tento postup:

1) Na průsvitce přiložené na snímek zakreslit velké rozdíly porostů a rozlišit mlází, střední a starý porost.

2) Na stereoplanigrafu vyhodnotit porosty se stejnou výškou, změřit ji a vyrovnat (graficky nebo početně).

3) U porostů vyhovujících svojí výškou vyhodnotíme po vyjmutí z přístroje druh dřevin, počet stromů a zápoj. Dále změříme měřickou lupou charakteristické korunové průměry. Zároveň provedeme topografické vyhodnocení a zjištění velikosti ploch.

Potom můžeme přistoupit k výpočtu výčetního průměru v jednotlivých zájmových prostorech.

Z celého popisu prací vysvitá, že nejlépe by mohl provádět takové kalkulace lesník s fotogrammetrickým vzděláním.

Pro plánování materiálu ženižních prací předpokládaných v prostorech obsazených nepřítelem tyto metody úplně vyhovují.

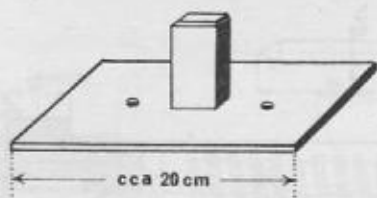
Použitá literatura:

B. Škoda: Zařízení lesů.
Dr. Wodera: Zjišťování hmoty pomocí leteckých snímků.
Geographisches Taschenbuch.
Der Einsatz des Flugzeugs bei künftiger forstlicher Forschung und Planung.
Ing. Zbyněk Měsíček: Kvalita příměstí fotografometrického měření ... 97
Technik major Josef Vlastník: K australskému Atlasu světa ... 118
Inženýr plukovník Ing. Jiří Hadravský: Měřičské signály a učebních úloh ... 126
Inženýr plukovník Ing. Jiří Šeďa: Měření podzemních prostorů ... 136
Inženýr major Ing. Evžen Orlický: Zjišťování ženižních prací lesních prostorů pomocí leteckých snímků ... 150

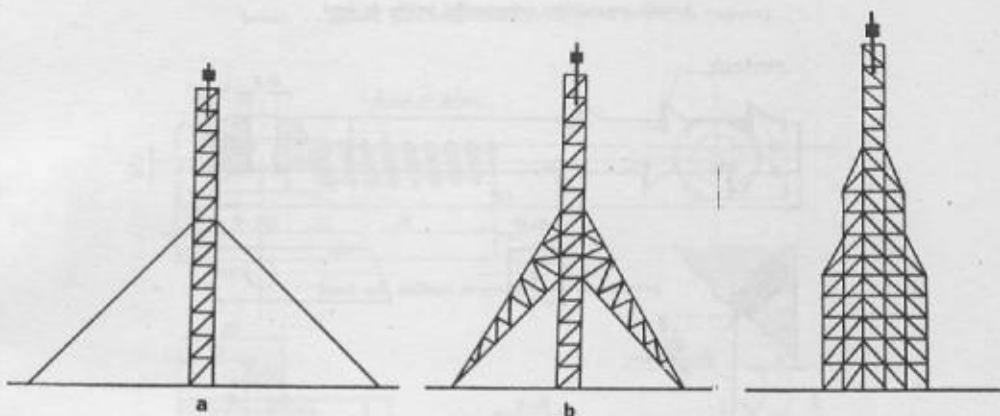
Vojenský topografický obzor. Vychází čtyřikrát do roka. Vydává MNO. Redakční rada: Ing. Dr. Jan Klíma (předseda), doc. Ing. Dr. Adolf Fiker, doc. Ing. Dr. Bedřich Chrastil, Vladimír Kop, Dr. Jiří Kousal, Pavel Pavlovský, Vladimír Slach, Ing. Tomáš Šesták, Ing. Dr. Bohuslav Šimák, Josef Vlastník, prof. Ing. Dr. Josef Vykutíl (členové). Redaktor Ing. Otakar Skoupý. Předplatné 4 Kčs ročně. Časopis si mohou předplácet jen vojenské osoby z povolání a žáci vojenských učilišť. Tiskne I.VKÚ Praha. VC - 103509

Obsah

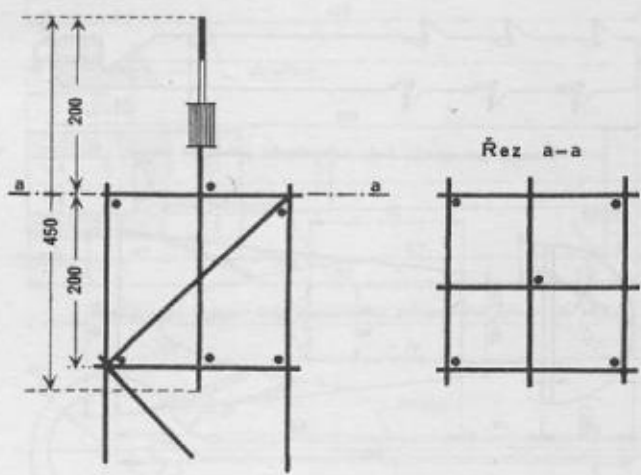
Inženýr nadporučík Ing. Ivan Stožický: Studie aerotriangulace na multiplexu	69
Inženýr major Ing. Boleslav Červinka: Zhušťování geodetického podkladu fotogrammetrickými metodami při mapování v měřítku 1:25 000	78
Ing. Zbyněk Maršík: Rozbor přesnosti fotogrammetrického měření . . .	97
Technik major Josef Vlastník: K sovětskému Atlasu světa	118
Inženýr plukovník Ing. Jiří Hustoles: Měřické signály z ocelových trubek	126
Inženýr plukovník Ing. Jiří Štál: Měření podzemních prostorů	136
Inženýr major Ing. Evžen Orlich: Zjišťování dřevní zásoby lesních porostů pomocí leteckých snímků	156



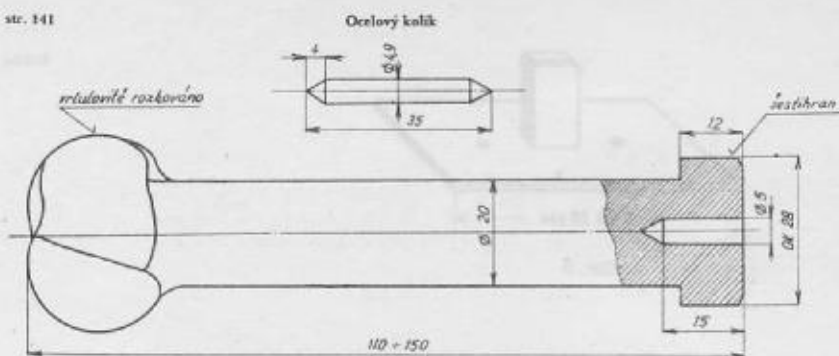
Obr. 3



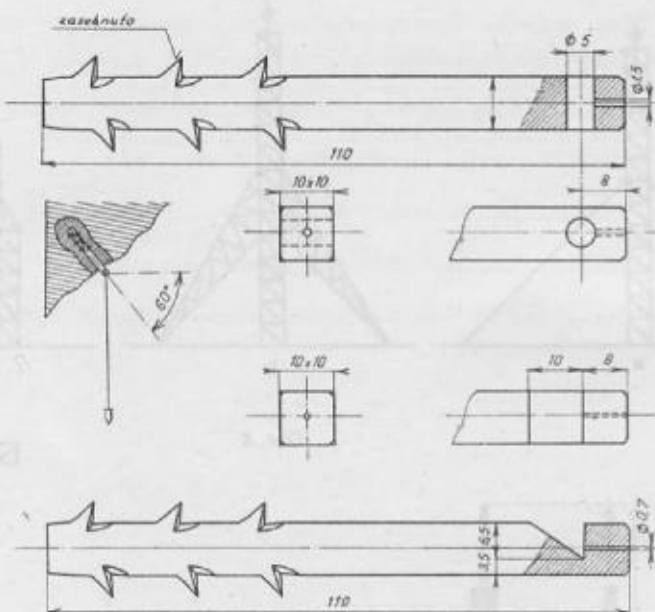
Obr. 4



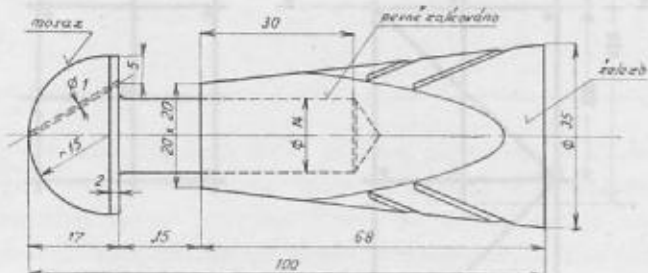
Obr. 6



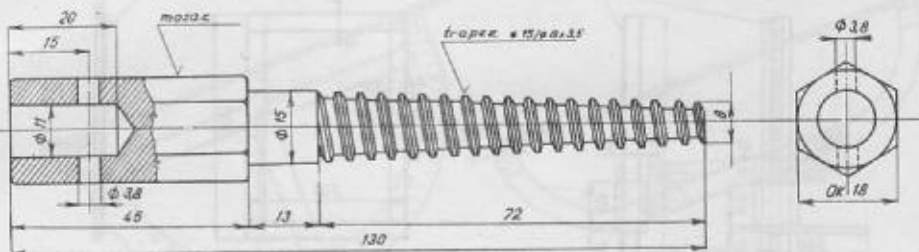
Svorník pro zajištění polygonového pořadu do země



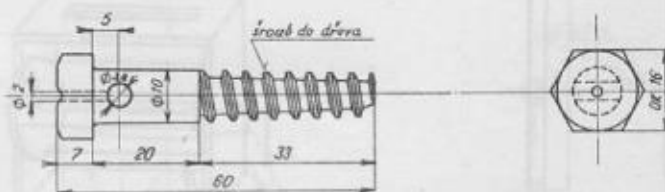
Svorníky pro zajištění bodu polygonového pořadu do stropu



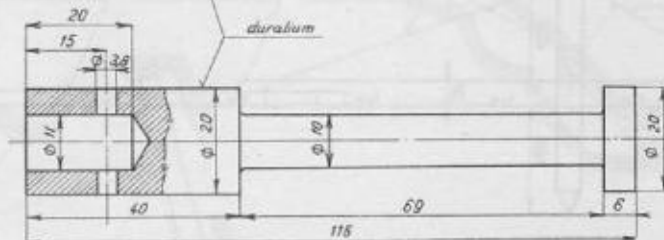
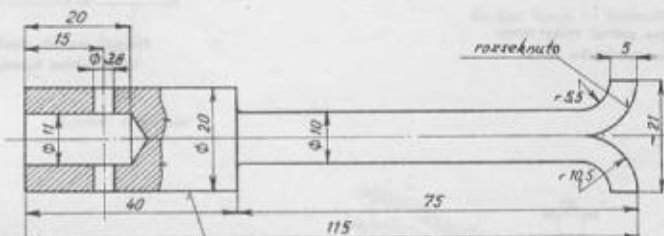
Svorníky pro zajištění bodu polygonového pořadu do stropu
(nákladná úprava, používaná v dolech)



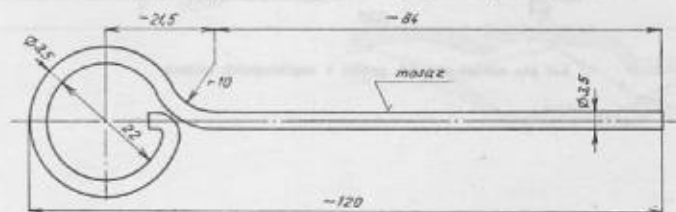
Svorník pro zajištění bodu kompasového polygonového pořadu.(do rozperek)



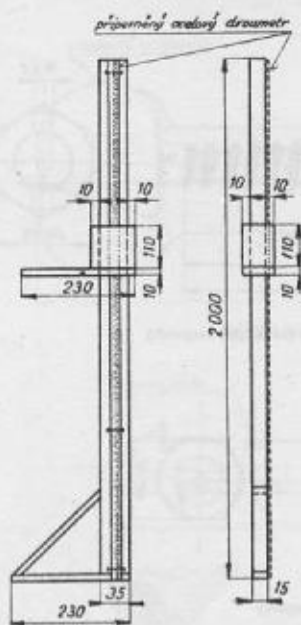
Šroub pro zajištění stropního bodu do rozpěrky



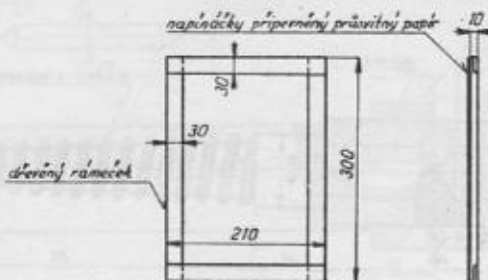
Svorníky pro zajištění bodu kompasového polygonového pořadu (do xdi)



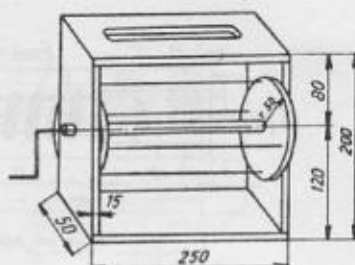
Závlačka pro upevnění kompasové šňůry ve svorníku



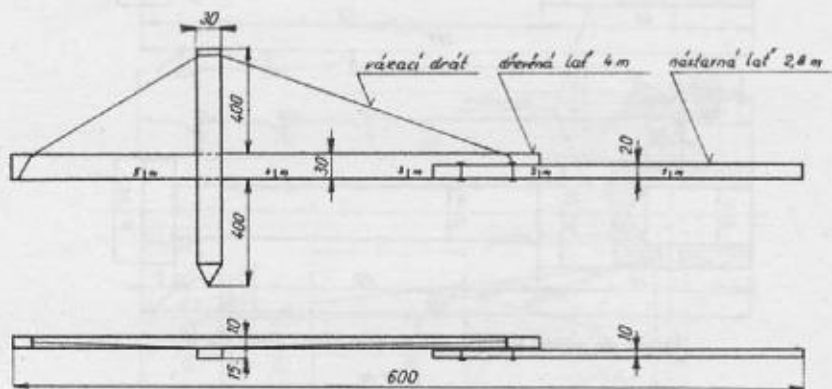
Stojan pro měření výšky stroje
nebo záměrného bodu



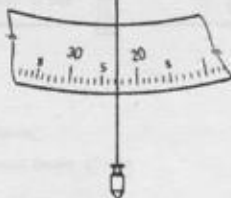
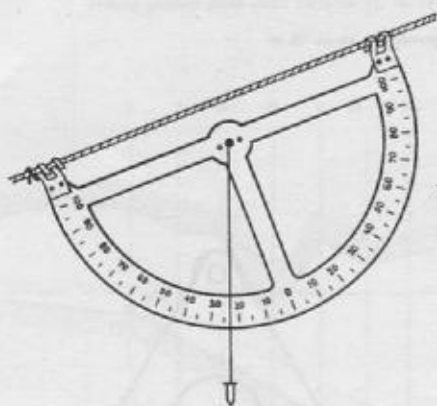
Rámeček pro osvětlování
tíle a nitkového křížle



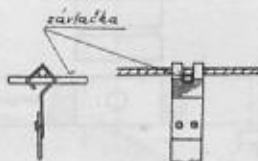
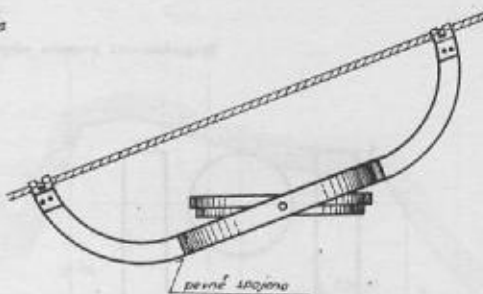
Navíjak pro nit, sloužící
k vypouštění balonků



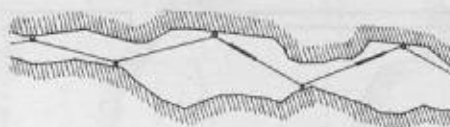
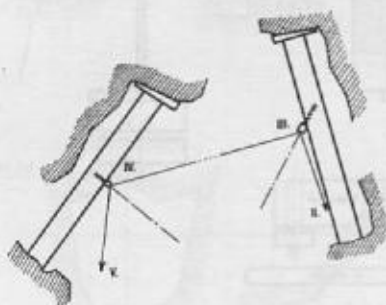
Lať pro měření příčných profilů v nepřístupných místech



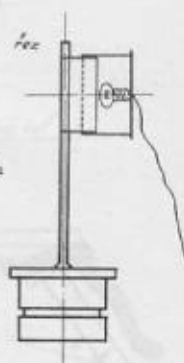
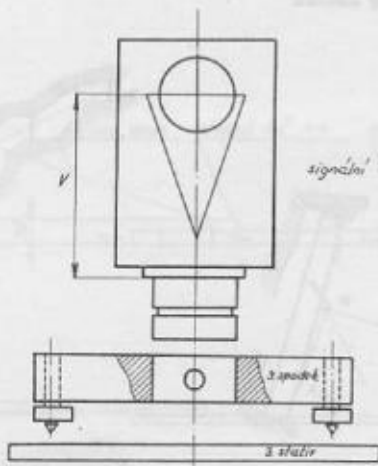
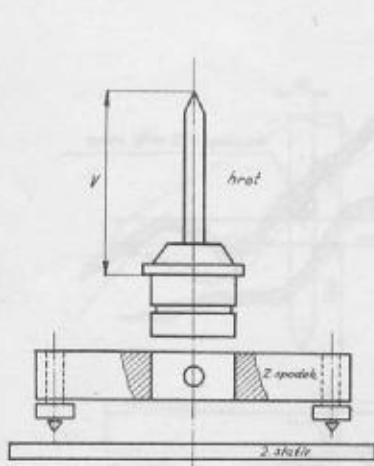
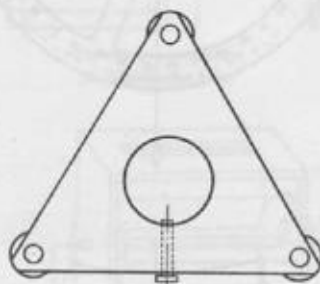
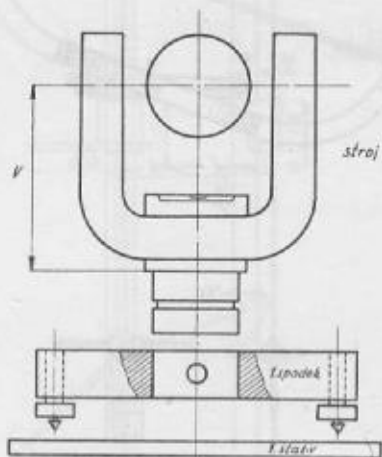
Závěsný sklonoměr



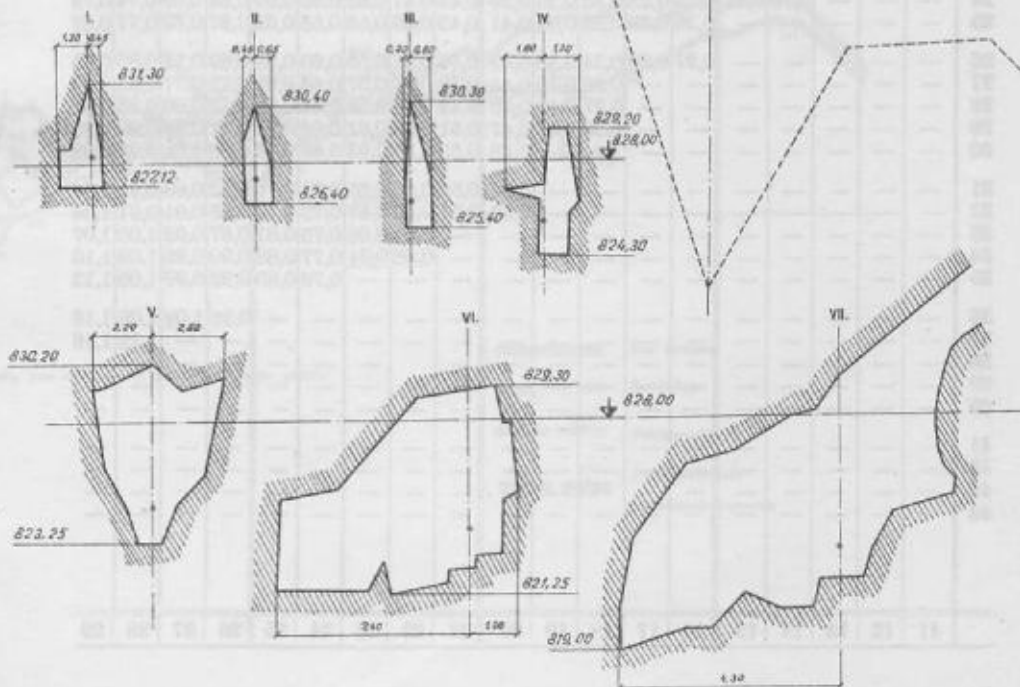
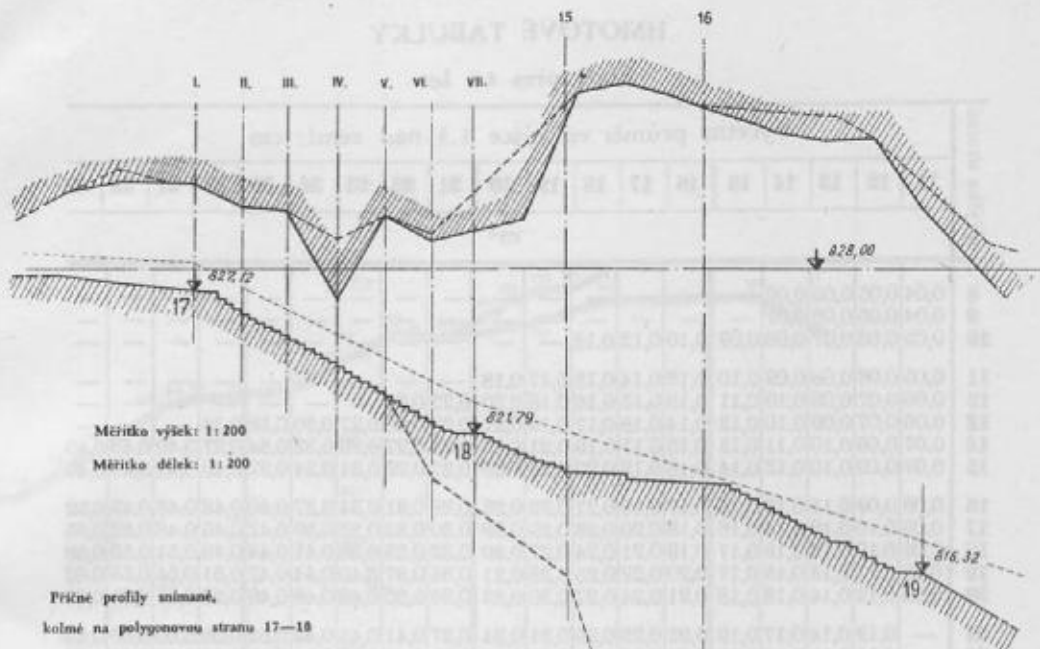
Závěsná lunola — freiberská úprava



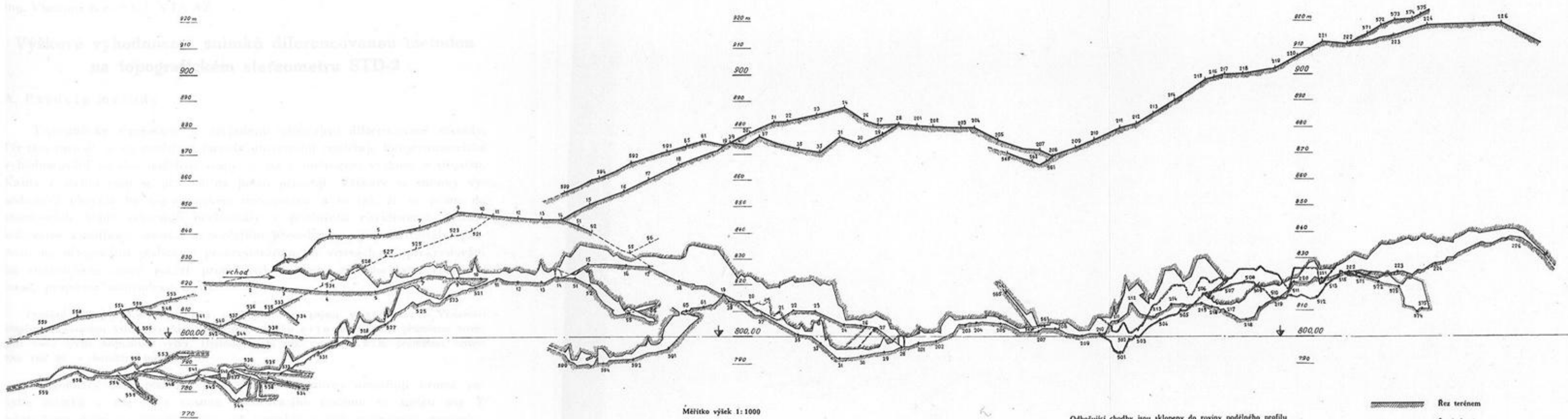
Trojpodstavcová souprava adaptovaná ze strojů Th 40



Měřený podélný profil podél polygonů 17, 18, 19



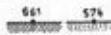



Přehledný podélný profil jeskyně, vedený nejvyššími místy



Měřítko vjček 1:1000
Měřítko délek 1:1000

Odbočující chodby jsou sklopeny do roviny podélného profilu

-  Rez terénem
-  Rez jeskyně
-  Polygonové body
-  Polygonové body
promítnuté na povrch