

## 6. VYHOTOVENIE SNÍMOK V POZEMNEJ FOTOGRAMETRII

Fotografické snímky rozdeľujeme na fotografické a fotogrametrické. Podľa spôsobu vyhotovenia snímok (obrazov, záznamov) rozdeľujeme ich na analógové (pôsobením žiarivej energie na fotografickú dosku) a na digitálne. Fotogrametrické snímky označujeme tiež aj názvom meračské snímky. Taktiež fotogrametrické komory majú názov meračské komory. Charakteristické sú tým, že u nich poznáme prvky vnútornej orientácie a u pozemných fotogrametrických snímok aj prvky vonkajšej orientácie.

**Digitálne komory** môžeme použiť na meračské účely vtedy ak spĺňajú podmienku zanedbateľného skreslenia objektívu. Ich digitálne snímky využívame v technológii analytického vyhodnotenia, v procese ktorého je zahrnuté určenie prvkov vnútornej a vonkajšej orientácie aspoň v transformačných koeficientoch kolineárnej transformácie.

**Analógové meračské komory** používané v pozemnej fotogrametrii rozdeľujeme na komory s pevnou horizontálnou osou záberu a skloniteľnou osou záberu. Z viacerých typov meračských komôr s pevnou horizontálnou osou záberu uvádzame komoru výrobného označenia Photo 19/1318 Zeiss (obr. 6.9). Meračské komory so skloniteľnou osou záberu vyhotovujú sa ako prístroje

a) umožňujúce samostatne určovať prvky vonkajšej orientácie, napr. univerzálna meračská komora UMK 10/1318 Zeiss (obr. 6.18), P 31 Wild (obr. 6.1), alebo

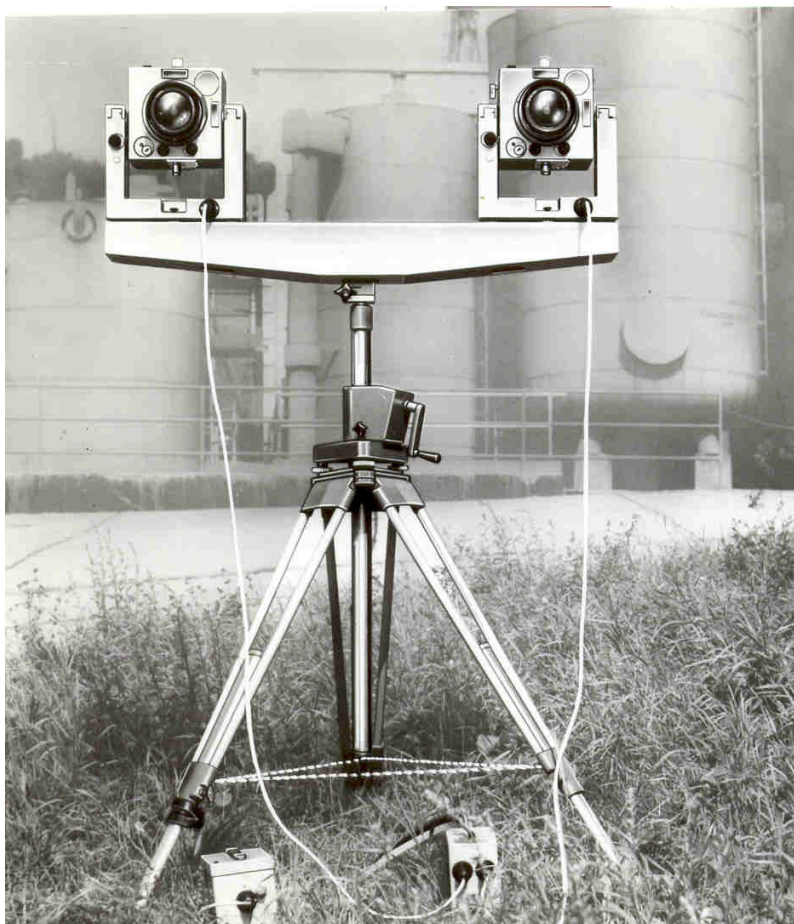
b) v spojení s teodolitom, na ktorý sa komora upevňuje vo forme nástavca, napr. komora P 32 Wild v spojení s teodolitom Wild T 16 (obr. 6.2).



Obr. 6.1. Univerzálna meračská  
Komora P 31 Wild



Obr. 6.2. Komora P 32 v spojení  
s teodolitom Wild T 16



Obr. 6.3 Dvojitá meračská komora UMK 10/1318 Zeiss

Podľa zorného uhla rozdelíme meračské komory na normálne so zorným uhlom okolo  $60^\circ$  a na širokouhlé so zorným uhlom okolo  $95^\circ$ . Analógovú meračskú komoru s pripojeným orientačným nadstavcom alebo teodolitom nazývame **fototeodolit**.

Na vyhotovenie snímok v aplikáciách blízkej fotogrametrie sa používajú dvojité meračské komory, ktoré sa skladajú z dvoch synchronizovaných komôr na koncoch krátkej základnice. Zostavujú a buď stavebnicovým spôsobom z meračských komôr, napr. dvojitá meračská komora UMK 10/1318 Zeiss (obr. 6.3), alebo sú kompaktnej konštrukcie, napr. stereometrická (meračská) komora SMK 5,5/0808/120 Zeiss (obr. 8.13).

Z uvedených analógových meračských komôr si bližšie popíšeme fototeodolit Photo 19/1318 Zeiss, ktorý máme v našom prístrojovom vybavení a univerzálnu meračskú komoru UMK 10/1318 Zeiss. Dvojitú meračskú komoru SMK 5,5/0808/120 Zeiss uvedieme v kapitole venovanej blízkej fotogrametrii (kap. 8.23).

Vyššie uvedené komory označujeme ako klasické analógové komory pre pozemnú topografickú fotogrametriu ( $y > 12$  m) a blízku fotogrametriu ( $y < 12$  m). Ďalšou skupinou analógových komôr sú **semimetrické komory**. Sú to komory menších rozmerov s výmennou výbavou príslušenstva, ktoré umožňujú prispôbenia sa špecifickým podmienkam pri fotografovaní. Súčasťou komôr je planparalelná doska s meracou mriežkou v obrazovej rovine komory. Takto vybavené komory majú označenie réseau komory podľa výbavy – mriežky (francúzsky réseau – sieť, mriežka).

## 6.1 Digitálne meračské komory pre pozemnú fotogrametriu

Digitálne pozemné fotogrametrické komory využívajú skenujúci lineárny senzor CCD alebo skenujúci maticový senzor CCD. Digitálna komora UMK – Highscan vznikla adaptáciou analógovej fotogrametrickej komory UMK (obr. 6.21) pre pozemnú fotogrametriu. V obrazovej rovine sa

namiesto fotografickej dosky nachádzajú štyri presné matice CCD a zariadenie na ich presný posun vedenia až na 1  $\mu\text{m}$ . Matica CCD má 748 x 512 prvkov (pixelov) o veľkosti 11  $\mu\text{m}$ . Urovnávanie snímaného riadku je s toleranciou 2  $\mu\text{m}$ . Obraz o veľkosti formátu 130 x 180 mm sa sníma asi 6 minút. Obsahuje asi 200 Mb dát. Pomerná presnosť určenia priestorovej súradnice  $\frac{dy}{y} = \frac{1}{20000}$ .

Firmy Olympus (obr. 6.4), Canon (obr. 6.5), Nikon (obr. 6.6), Rollei (obr. 6.7) a iné vyrábajú digitálne komory vhodné na fotogrametrické využitie v inžinierskej geodézii, pozemnom stavitelstve, architektúre, archeológii, doprave a v iných odboroch. K prístrojom výrobcovia dodávajú technológie na fotogrametrické vyhodnocovanie (napr. RolleiMetric CDW, ktorý umožňuje vyhodnocovať aj analógové snímky).



Obr. 6.4. Olympus C – 5060 WZ (5,1 megapixelov)



Obr. 6.5. Canon EOS 1Ds (11,1 megapixelov)



Obr. 6.6. Nikon D2X (12,4 megapixelov)



Obr. 6.7. Rollei d30 metric (5,0 megapixelov)

## 6.2 Semimetrické komory

Semimetrická komora Rolleiflex 6008 metric (obr. 6.8) je vybavená s pevne zabudovanou planparalelnou doskou s pravouhlou sieťou 121 krížikov (11 x 11) v rozmiestnení po 5 mm alebo so sieťou 3 x 3 krížikov. Poloha krížikov je určená s presnosťou 0,1  $\mu\text{m}$ . Súradnice jednotlivých krížikov sú uvedené v kalibračnom protokole vo vzťahu k použitému objektívu. Súradnice krížikov sa zavádzajú do výpočtov ako prvky vnútornej orientácie snímky. Planparalelná doska predstavuje obrazovú rovinu ku ktorej sa pritláča film v čase expozície. Sieť krížikov slúži k definícii súradnicového systému pri meraní snímkových súradníc a nahrádza funkciu rámových značiek. Premeraním siete je možné eliminovať nerovinnosť filmu v čase expozície, skreslenie obrazu pri zväčšovaní, zrážku filmového materiálu pri fotolaboratórnom spracovaní a skenovaní.



Rolleiflex 6008 metric využíva 70 mm perforovaný film. Vo svojej konštrukcii je zrkadlovka s automatickým prevíjaním filmu, manuálnym alebo elektronickým ovládaním fotografovacieho procesu pomocou riadiaceho počítača s automatickou clonou a bleskovou automatikou.

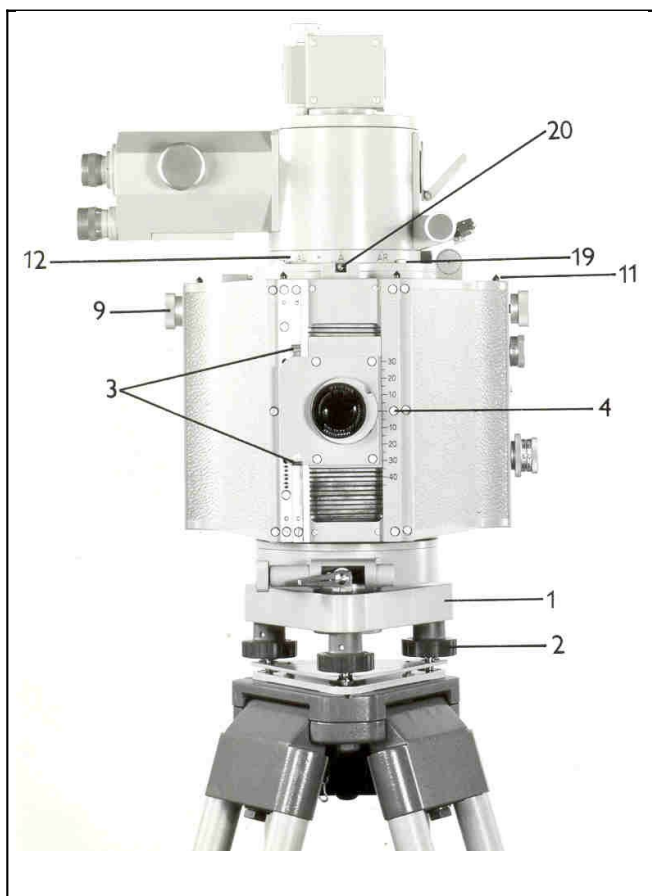
K ďalším typom semimetrických kamier firmy Rollei patrí Rolleiflex 3003 na 35 mm film.



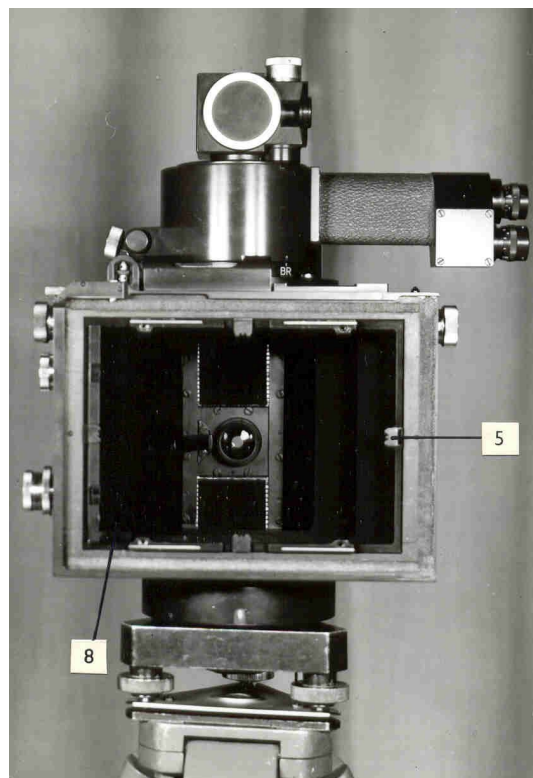
Obr. 6.8. Rolleiflex 6008 metric

### 6.3 Fototeodolit PHOTHEO 19/1318 Zeiss

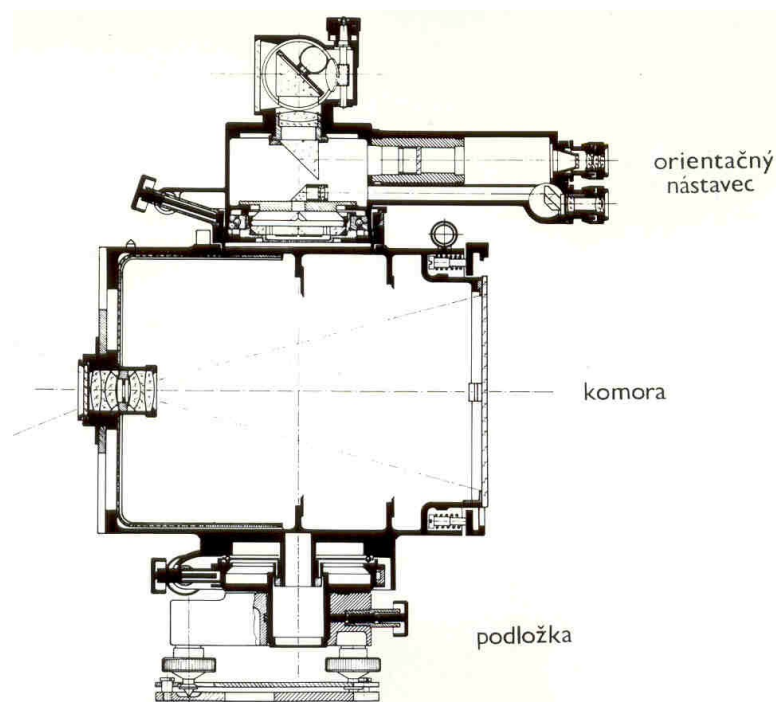
Je analógový fotogrametrický prístroj. Skladá sa z podložky, komory a orientačného nástavca, ktorý vykonáva funkciu teodolitu (obr. 6.9, obr. 6.10, obr. 6.11).



Obr. 6.9. Fototeodolit Photheo 19/1318 Zeiss



Obr. 6.11 Fototeodolit Photheo 19/1318 Zeiss  
(pohľad zozadu)



Obr. 6.10. Schéma konštrukcie fototeodolitu Photheo 19/1318 Zeiss

### Teleso komory

Teleso komory je vyrobené z ľahkého kovu. Na zadnej stene vo vzdialenosti konštanty komory je obrazová rovina, vytvorená snímkovým rámom o rozmeroch 130 x 180 mm. Obrazovú rovinu definujú dve dvojice rovinných líšt po stranách hornej a dolnej rámovej značky.

Fototeodolit sa upevňuje do podložky, takže je možné využiť výhody závislej centrácie a nahradiť ho teodolitom alebo cieľovou značkou. Na hornej časti fototeodolitu je orientačný nástavec.

### Objektív

Objektív s výrobným označením Orthoprotar má ohniskovú vzdialenosť  $f \approx 200$  mm. Má stálu clonu 1:25, takže má hĺbku ostrosti asi od 12 do  $\infty$ .

Zorný uhol komory v horizontálnej rovine je  $52^\circ$ , vo vertikálnej rovine  $38^\circ$ . Vo vertikálnom smere je možné zorný uhol meniť posunom objektívu vo vertikálnych sánkach. Stlačením pák (3) môžeme objektív posunúť smerom nahor o 30 mm a dolu o 45 mm, čo zodpovedá uhlom  $+28^\circ$  a  $-32^\circ$ . V rámci tohto rozsahu je možné posúvať objektív po 5 mm – ových odstupoch. Posun objektívu sa číta na stupnici pomocou indexu (4). Na obrube objektívu je kolimátor, ktorého značka vyznačí na snímke snímkový horizont. Pomocou tejto značky sa môže kontrolovať pri vyhodnocovaní záznam polohy objektívu.

Kovová žalúzia pripevnená k posuvným saniam zabráňuje nežiadúcemu vstupu svetla do komory. Objektív je opatrený antireflexnou vrstvou znižujúcou odraz (T-vrstva) a má závit pre farebný filter GG 11. Exponovanie snímky vzhľadom na dlhé expozičné časy (silné zaclonenie, málo citlivý materiál) sa vykonáva odnímateľným viečkom ručne.

### Snímkový rám a nosič kazety

Snímkový rám má štyri rámove značky (5). Umiestnené sú v strede strán snímkového rámu. Skladajú sa z kovovej platničky s tromi zárezmi a jemným kruhovým otvorom v strede prostredného hrotu. Obrys rámovej značky s tromi trojuholníkovými zárezmi slúži len pre hrubšiu orientáciu. Vlastná rámová značka je malý kruhový otvor veľkosti asi 0,1 mm. V priesečníku spojnic protiahlych rámových značiek nachádza sa stred snímky  $S'$ , ktorý je pri správnej rektifikácii zhodný s hlavným snímkovým bodom  $H'$ . V tomto usporiadaní a pri znalosti konštanty komory je definovaná vnútorná orientácia snímky, t.j. poloha stredu premietania k obrazovej rovine.

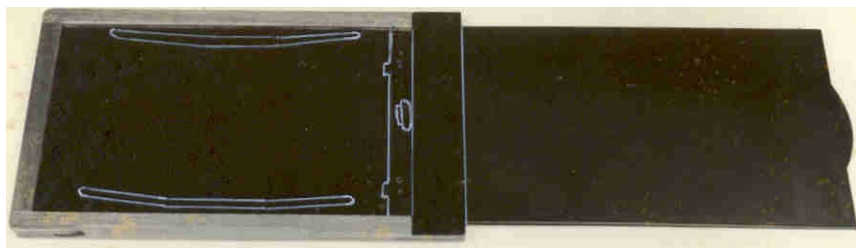
Na citlivej fotografickej vrstve sa zobrazia rámové značky, ktoré neskôr slúžia na orientáciu a centrovanie snímky vo vyhodnocovacom prístroji. Užitočný snímkový formát medzi rámovými značkami je asi 120 x 165 mm.

Na ľavej strane snímkového rámu sú vstavané dva nastavovacie registračné bubienky, ktorých údaje sa zobrazia na snímke. Dolný bubienok (6) sa skladá z dvoch koncentrických krúžkov bubienkov, na ktorých môžeme nastaviť čísla od 01 do 99. Druhý registračný bubienok (7) nesie rad písmen, ktoré majú nasledovný význam

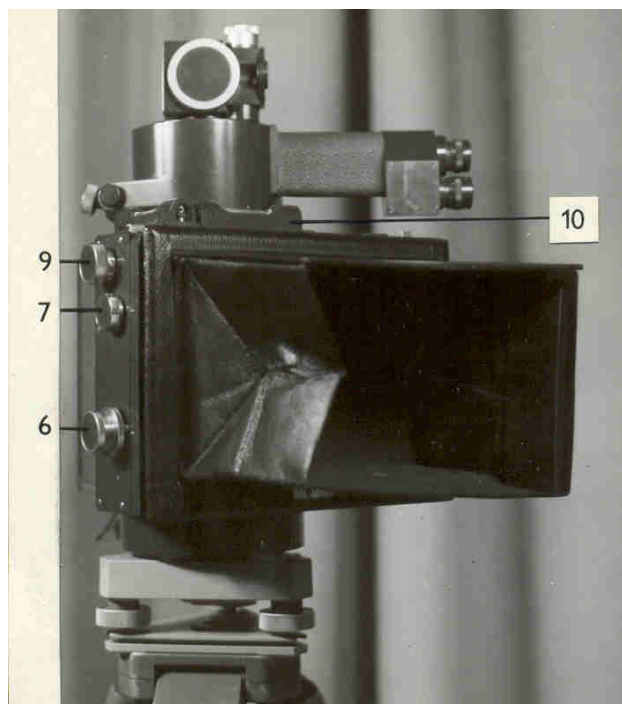
- A – normálna snímka na stanovisku A (ľavý koncový bod fotogrametrickej základnice)
- AL – vľavo stočená snímka na stanovisku A,
- AR – vpravo stočená snímka na stanovisku A,
- B – normálna snímka na stanovisku B (pravý koncový bod fotogrametrickej základnice),
- BL – vľavo stočená snímka na stanovisku B,
- BR – vpravo stočená snímka na stanovisku B.

Údaj o konštante komory  $c_k$  je vyznačený na kovovom štítku (8) zaznamenáva sa v rohu snímky pri expozícii.

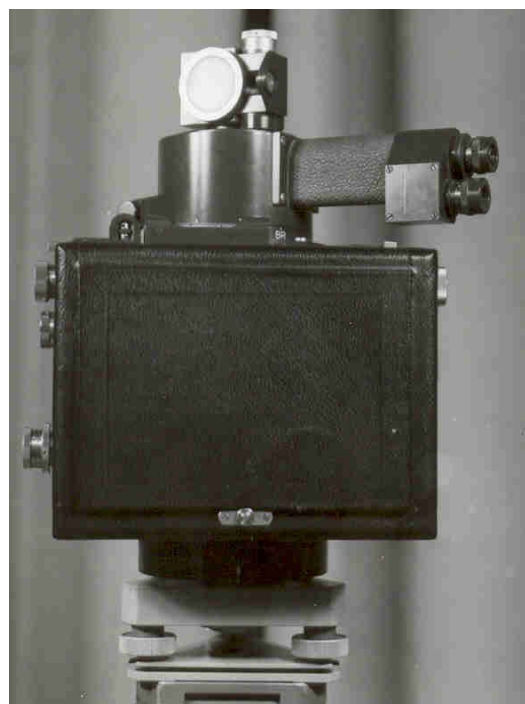
V štyroch výstupkoch na pozdĺžnej časti snímkového rámu sú otvory so závitom na upevnenie justažného zariadenia, ktorým sa preskúšava rovnobežnosť osi záberu so zámernou osou pri čítaní 0,00<sup>s</sup> na stupnici orientačného nástavca.



Obr. 6.12. Kazeta



Obr. 6.13. Matnica a) pracovná poloha,



b) transportná poloha

Pri vkladani a vyberani kazety (obr. 6.12) sa nosič kazety odsunie od snímkového rámu pomocou tzv. prítlačného zariadenia. Prítlačné zariadenie obsluhujeme otáčaním dvoch obojstranných skrutiek (9). Pred expozíciou prítlačné zariadenie spustíme, čím dosiahneme dotyk fotografickej platne so snímkovým rámom.

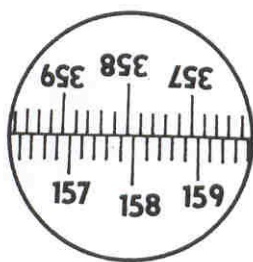
Do nosiča kaziet môžeme vložiť drevené alebo o niečo menšie kovové kazety (obr. 6.12). V prípade, že použijeme drevené kazety, musíme vybrať úzky kovový rámik, ktorý vyrovnáva rozmerový rozdiel kovových kaziet. Do nosiča kaziet je možné zasunúť v drevenom ráme s príchlopkami opatrenú matnicu (obr. 6.13a). Popri jej vlastnej úlohe umožniť pozorovanie obrazu slúži tiež ako záver zadnej strany komory pri skladovaní a pri transporte (obr. 6.13b).

Na komore sú vedľa orientačného nastavca dve rúrkové libely (10) a dva jednoduché priezory (11). Osi libiel sú navzájom na seba kolmé a ich citlivosť je  $30''$ . Priezor pozostáva z dvoch hrotov v blízkosti rohov lichobežníkovo formovanej hornej plochy. Spojnice cez hroty vymedzujú zorný uhol snímky.

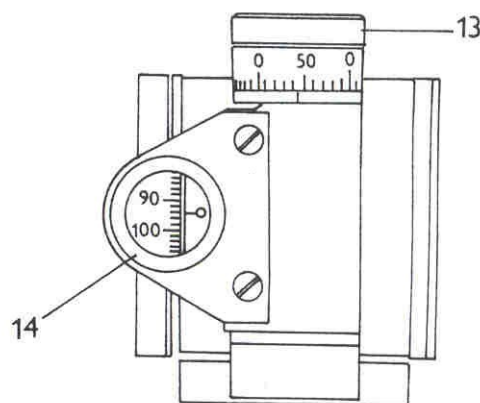
### Orientačný nastavec

Na orientačnom nastaveci je ďalekohľad s dvoma okulármi. V dolnom okulári je mikroskop pre čítanie na horizontálnom kruhu. Otočná os orientačného nastavca je v predĺžení vertikálnej osi komory.

Na približné nastavenie uhla stočenia ( $100^\circ$  pre normálny prípad,  $100^\circ \pm 35^\circ$  pre stočený prípad) medzi osou záberu a ďalekohľadom slúžia značky (12). Približné nastavenie stočenia sa vykoná stotožnením indexu so zodpovedajúcou značkou. Presný uhol stočenia nastavíme na vodorovnom kruhu koincidenciou dvoch proti sebe ležiacich obrazov na vodorovnom kruhu, ktoré premietajú hranoly do okuláru čítacieho mikroskopu. Ako index na čítanie horizontálneho uhla slúži o  $200^\circ$  posunutá protiležiaca ryska stupnice (obr. 6.14). Pretože ďalekohľad nie je skloniteľný, nastavenie výškového uhla vykonáme otáčaním skrutky (13), pričom sa pootáča predsadný hranol. Čítanie celých grádov výškového uhla umožňuje lupa (14). Minúty sa čítajú na skrutke (13) (obr. 6.15). Stupnica pre zenitové uhly má rozsah od  $80^\circ$  do  $120^\circ$ , teda  $\pm 20^\circ$  od horizontálnej roviny.



Obr. 6.14. Čítanie na horizontálnom kruhu 157,95g



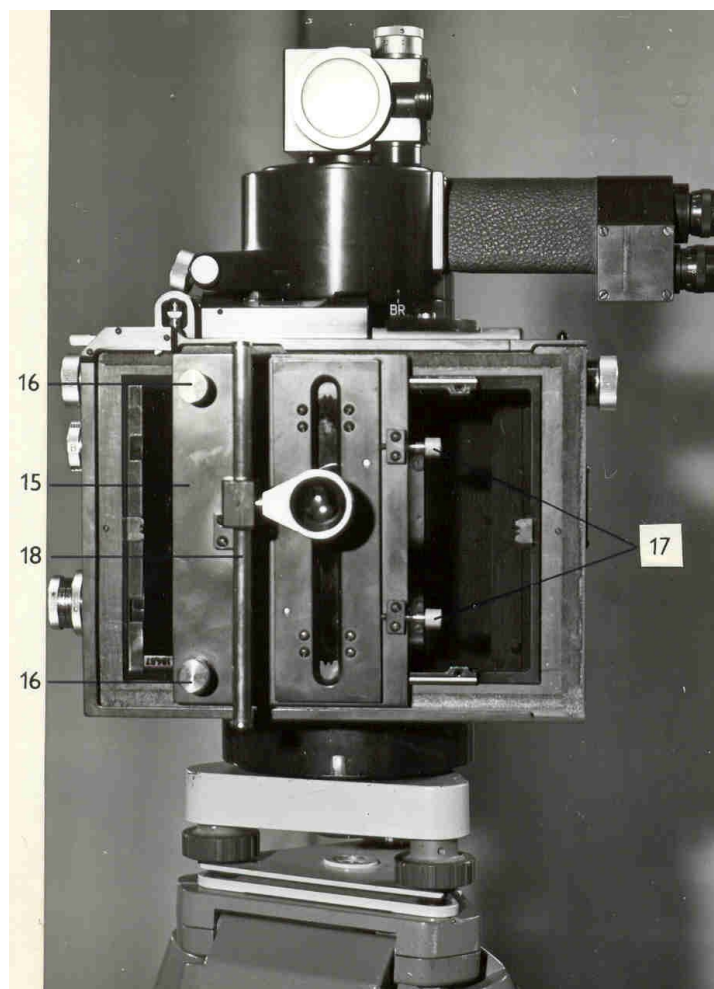
Obr. 6.15. Čítanie na vertikálnom kruhu 94,43g

### Justažné zariadenie

Týmto zariadením (obr. 6.16) overujeme, či zámerná os ďalekohľadu a os záberu komory pri nulovom čítaní na horizontálnom kruhu ležia v spoločnej vertikálnej rovine.

Doska justažného zariadenia (15) má dve skrutky (16), ktorými sa upevňuje obrazový rám fototeodolitu. V posuvnom ráme justažného zariadenia je vsadená sklená doska s dvoma ryskami, ktoré skrutkami (17) nastavíme na vertikálne rámové značky. Po koľajničke (18) sa posunuje lupa, ktorá spolu s objektívom komory vytvára pomocný ďalekohľad, ktorého os leží s osou záberu v spoločnej vertikálnej rovine.





Obr. 6.16. Justažné zariadenie

### 6.3.1 Rektifikácia a skúška fototeodolitu

Z hľadiska požiadaviek fotogrametrie, na fototeodolite vykonávame skúšky a rektifikáciu:

1. krížovej libely,
2. rovnobežnosti osi záberu so zámernou osou ďalekohľadu pri čítaní  $0,00^{\circ}$ .

#### Rektifikácia krížovej libely

Dvojica samostatných rúrkových libiel, ktorých osi zvierajú navzájom pravý uhol sa nazýva **krížová libela**. Pri rektifikácii krížovej libely je dôležité, aby fototeodolitu bola daná bezchybne kolmá poloha obrazovej roviny a spojnice vertikálnych rámových značiek k horizontále. V takejto polohe boli pri výrobe vybrúsené na vrchnej časti telesa komory dve v kolmých smeroch na seba umiestnené plochy, ktorými sa za pomoci nasadzovacej libely vykoná rektifikácia krížovej libely. Teleso komory sa otočí tak, aby obrazová rovina bola rovnobežná s dvoma stavacími skrutkami. V tejto polohe je komora počas celého rektifikačného postupu. Nasadzovacia libela sa najprv starostlivo očistí a postupne kladie v navzájom kolmých smeroch na nasadzovacie plochy a urovnáva sa stavacími skrutkami. Po urovnaní fototeodolitu sa podľa nasadzovacej libely preskúša správnosť krížových libiel. Prípadné ich odchýlky odstránime rektifikačnými skrutkami. Dôležité je overiť si správnosť nasadzovacej libely pri urovnaní zámenou koncov libely.

#### Rektifikácia rovnobežnosti osí

Po horizontácii fototeodolitu na vodorovnom kruhu orientačného nástavca nastavíme čítanie  $0,00^{\circ}$  a pripevníme justažné zariadenie tak, aby dvojité ryska zastupujúca zámerný kríž pomocného ďalekohľadu bola skoincidovaná na rámových značkách. Potom pohybovky fototeodolitu zacieme



dvojitou ryskou justážného zariadenia na vzdialený, ostro zobrazený bod. V tejto polohe má byť zámerný kríž ďalekohľadu orientačného nástavca zacielený na ten istý bod. Prípadnú odchýlku ďalekohľadu odstránime na orientačnom nástavci. Uvoľníme štyri skrutky (19) (obr. 6.11) a pomocou protitlačných rektifikačných skrutiek (20) pootočíme orientačným nástavcom tak, aby sa pozorovaný bod stotožnil s vertikálnou ryskou zámerného kríža. Po utiahnutí skrutiek (19) je rektifikácia vyžadovanej podmienky vykonaná. Odporúča sa preskúšanie opakovať po dlhších transportoch.

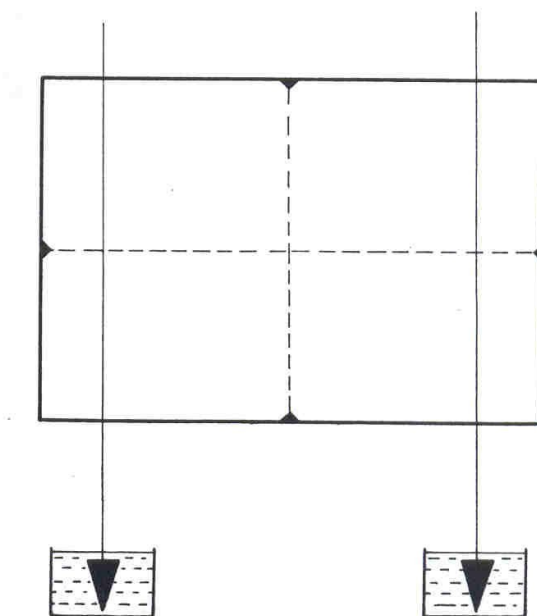
### Overenie konštrukčných podmienok fototeodolitu

Okrem uvedených skúšok máme možnosť overiť splnenie konštrukčných podmienok. Sú to tieto podmienky:

1. konštantnosť vnútornej orientácie,
2. rovnobežnosť obrazovej roviny a vertikálnej spojnice rámových značiek s vertikálnou osou prístroja,
3. rovnobežnosť posuvných sánok objektívu s obrazovou rovinou,
4. kolmost' súradnicových osí  $X'$  a  $Z'$ ,
5. svetelná nepriepustnosť komory a kaziet.

1. Konštantnosť vnútornej orientácie preskúšame tak, že na viacerých snímkach vyhotovených za nerovnakých podmienok premeriavame vzdialenosť medzi protíahlými rámovými značkami. Ich odstupy musia byť rovnaké v rámci presnosti merania. Prípadný rozdiel poukazuje na zmenu konštanty komory, spôsobenú napr. nepresnou funkciou prítlačného zariadenia fototeodolitu, ktorú spôsobuje netesné dol'ahnutie fotografickej platne k snímkovému rámu v čase expozície.

Podmienky 2. a 4. konštrukčne zaručuje výrobca a nemusíme ich overovať. V prípade potreby, overenie 2. a 3. podmienky vykonáme odфотографovaním závesov olovníc a premeraním vzdialeností medzi obrazmi závesov olovníc (obr. 6.17), ktoré sa navzájom nesmú líšiť o viac než 0,03 mm.



Obr. 6.17. Obrazy závesov olovníc

V prípade, že spojnica vertikálnych rámových značiek nie je kolmá na spojnicu vodorovných rámových značiek, môžeme za stred snímky považovať aritmetický priemer čítaní na vertikálnych rámových značkách, a to v prípade, keď obidve snímky na koncových bodoch základnice vyhotovujeme tým istým fototeodolitom.

5. Na preskúšanie tejto podmienky sa zasunie kazeta do nosiča kazety a odtiahne sa veko kazety pri uzavretom objektíve. V takomto postavení sa nechá komora niekoľko minút. Podľa vyvolanej snímky sa usudzuje o splnení podmienky nepriesvitnosti komory.

Pri skúške svetelnej nepriepustnosti kaziet je dôležitá predovšetkým otázka neprepúšťania svetla cez filcovú vložku kazety, kde sa vsúva veko kazety. Kazety necháme s fotografickým materiálom na svetle niekoľko hodín. Podmienka svetelnej nepriepustnosti sa kontroluje po vyvolaní. Vadné kazety sa vyradujú.

#### 6.4 Univerzálna meračská komora UMK 10/1318 Zeiss

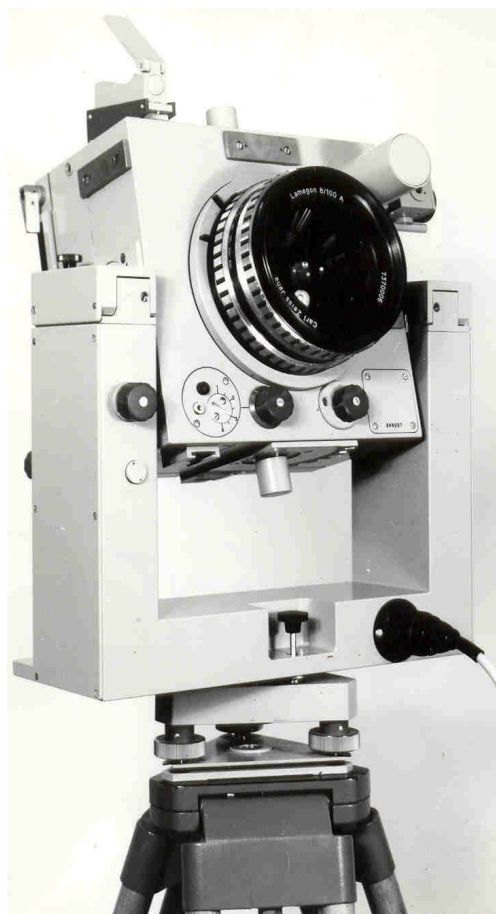
Univerzálna meračská UMK 10/1318 (obr. 6.18, 6.19) vytvára snímkovaciu sústavu, ktorou je možné vykonať plynulo zaostrenie v rozsahu asi od 1 m do  $\infty$ . Sústava sa skladá z komory a podstavca.

##### Komora

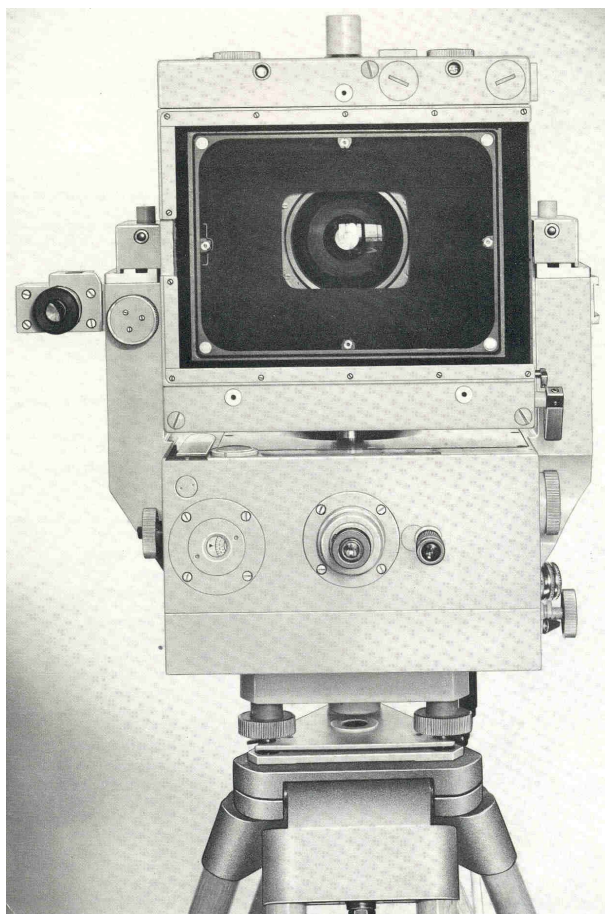
Komora tvorí základnú jednotku sústavy. Je vybavená širokouhlým objektívom Lamegon 8/100 (F) alebo Lamegon 8/100 (N), ktoré majú ohniskovú vzdialenosť  $f \approx 100$  mm. Objektív Lamegon 8/100 (N) má minimálne skreslenie pri predmetovej vzdialenosti  $y = 2,3$  m, Lamegon 8/100 (F) pri  $y = \infty$ . Vzdialenosť, na ktorú je zaostrená komora, čítame pod objektívom (obr. 6.18). Na meračskej snímke, okrem údajov o konstante komory, súčasne sa registruje zodpovedajúca oprava konstanty komory, ktorá vznikla zmenou obrazovej vzdialenosti.

Vstavaná centrálna uzávierka umožňuje expozičné časy od 1 s do 1/400 s, ako aj osvetlenie na ľubovoľne dlhý čas. Exponovanie snímok možno vykonať drôtenou spúšťou alebo elektromagnetickou spúšťou.

Rozsah clonkových čísiel je  $f/8$  do  $f/32$ .



Obr. 6.18. UMK 10/1318/ Zeiss



Obr. 6.19. Obrazový rám prístroja UMK

V obrazovej rovine sa vedľa mechanických rámových značiek nachádzajú tiež umelé osvetľované rámové značky (obr. 6.19), ich expozícia sa vykonáva v okamihu činnosti uzávierky objektívu. Súčasne s umelým osvetlením na snímke sa zobrazuje:

- konštanta komory,
- oprava konštanty komory podľa stupňa zaostrenia,
- číslo snímky od 1 po 72,
- označenie stanoviska a smeru snímkovania (A, AL atď.).

Osvetlenie rámových značiek a pomocných údajov je regulovateľné, nastavuje sa podľa citlivosti použitej emulzie.



Obr. 6.20. Fotogrametrické snímky vyhotovené prístrojom UMK

Po stranách telesa komory sú štyri čapy, ktoré slúžia na upevnenie komory podľa požadovaného využitia formátu snímok, a to naprieč alebo na výšku (obr. 6.20). Pre obe polohy komory je k dispozícii záražkový segment, ktorý umožňuje pomocou záražkového čapu orientáciu komory vo zvislom smere so sklonmi medzi  $+100^\circ$  a  $-33\frac{1}{3}^\circ$  s krokom po  $16\frac{2}{3}^\circ$ . Presná orientácia komory sa vykonáva pomocou nasadzovacej libely a precíznych kovových klinov rozmerovo zodpovedajúcich príslušnej polohe sklonu komory. Klíny sa kladú na nasadzovacie plôšky na telese komory, na klíny sa potom prikladá nasadzovacia libela.

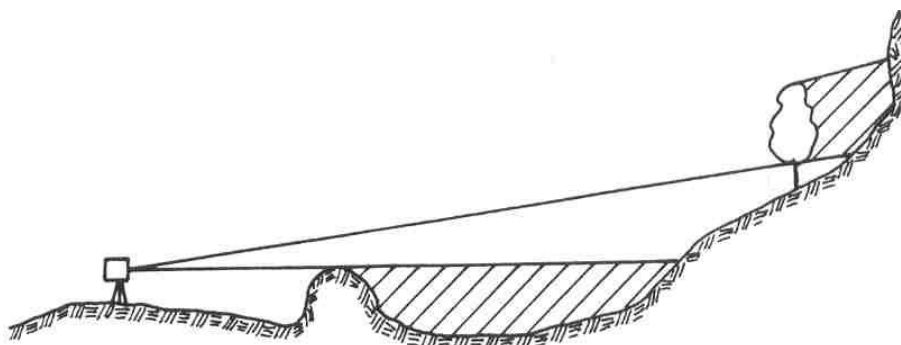
UMK sa vyhotovuje v dvoch prevedeniach, pre snímkovanie na svitkový film (F), alebo na fotografické platne (P), napr. meračská komora 10/1318 FF je komora na svitkový film s objektívom Lamegon 8/100 F, ktorý má minimálne skreslenie pre  $y = \infty$ . Komora NP má objektív Lamegon 8/100 N a používa fotografické platne atď.

**Podstavec** obsahuje orientačný systém, ktorý sa skladá z ďalekohľadu a vodorovného kruhu. Kolimačná os ďalekohľadu môže sa sklápať pomocou predsadného hranola. Vodorovný kruh konštrukčne zodpovedá kruhu na teodolite Theo 010.

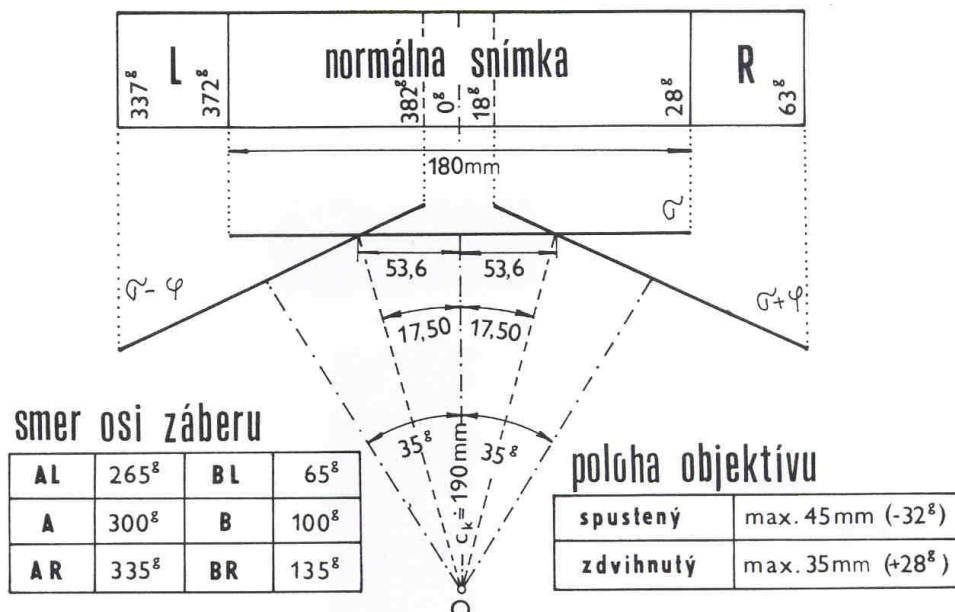
Nasadením komory do jednoduchého podstavca a jeho upevnením v ráme na základnicovom mostíku sa vytvára systém dvojitej meračskej komory (obr. 6.3).

## 6.5 Prieskum územia, voľba a umiestnenie fotogrametrickej základnice

Pre fotogrametrické základnice vyhľadávame také miesta, aby sa snímokovaná časť územia zobrazila na snímkach bez hluchých, t.j. objektívu zakrytých priestorov (obr. 6.21). Súčasne pri prieskume určíme spôsob geodetického určenia bodového poľa a jeho pripojenie na S-JTSK (Jednotnú trigonometrickú sieť katastrálnu). Ďalej určíme, či okrem normálnych snímkov bude potrebné vyhotoviť aj snímky stočené. Pritom vychádzame z veľkosti zorného poľa komory, ktorá vyplýva z konštanty komory, užitočného snímkového formátu a zo stočenia snímok (obr. 6.22).



Obr. 6.21. Hluché priestory



Obr. 6.22. Zorné pole fototeodolitu Photo 19/1318 Zeiss

Zorné pole stanoviska obsahuje okrem normálnych snímkov aj snímky stočené vľavo a vpravo. Uhol stočenia môžeme podľa potreby voľiť ľubovoľne. Najčastejšie sa vyhotovujú snímky stočené o  $\pm 35^\circ$ , čo zaisťuje dostatočný bočný prekryt s normálnymi snímkami.

Pri prieskume územia zisťujeme tiež optimálnu dobu na fotografovanie a určíme najvhodnejší spôsob signalizácie vlíčovacích bodov. Zaznamenávajú sa priestory, ktoré nebude možné vyhodnotiť z dôvodov, že sú zakryté terénom alebo porastom.



Stanoviská fototeodolitu sa umiestňujú tak, aby fotografované územie sa zobrazilo pokiaľ možno frontálne a s čím väčším nadhľadom.

### 6.5.1 Stanovenie optimálnej dĺžky fotogrametrickej základnice

Dĺžka základnice  $b$  je závislá od vzdialenosti najbližších a najvzdialenejších bodov ( $y_{\min}$ ,  $y_{\max}$ ), ktoré sa majú fotogrametricky vyhodnotiť s predpísanou presnosťou. Vzťah medzi dĺžkou základnice a vzdialenosťou vyhodnocovaného bodu vyjadruje tzv. **základnicový pomer**  $b/y$ , ktorý je zároveň mierou presnosti pre vyhodnotenie vzdialenosti. Pre body bližšie je hodnota základnicového pomeru väčšia, teda aj presnosť vyhodnotenia je vyššia a naopak.

Parciálnou deriváciou základnej rovnice stereofotogrametrie

$$y = \frac{b c_k}{p},$$

a po úprave dostaneme výraz

$$dy = -\frac{y^2}{b c_k} dp + y \frac{dc_k}{c_k} + y \frac{db}{b}. \quad (6.1)$$

Prvý člen tejto rovnice vyjadruje, že chyba vo vzdialenosti  $dy$  rastie so štvorcom vzdialenosti meraného bodu od základnice a je nepriamo úmerná dĺžke základnice. Pomernú chybu konštanty  $dc_k/c_k$  a dĺžky základnice  $db/b$  je možné výberom vhodného (rovinného) fotografického materiálu a presným meraním udržať v malých hodnotách a v rovnici (6.1) zanedbať.

Ak prisúdime diferenciálom hodnoty stredných chýb, pre základnicový pomer platí

$$\frac{b}{y} = \frac{y}{m_y c_k} m_p.$$

Vo fotogrametrickej praxi sa pri analógovom vyhodnotení vyžaduje vyhodnotenie vzdialenosti s pomernou chybou  $m_y / y \leq 1:1000$ . Keď sa uvažuje stredná chyba v meraní paraláx v hodnote  $m_p = 0,01$  mm a u bežne používaných fototeodolitov konštanta komory  $c_k \approx 200$  mm, dostaneme základnicový pomer v hodnote  $1/20$ , čiže najmenšia základnica má sa rovnať dvadstatine maximálne vzdialeného a vyhodnocovaného bodu.

Pre prípad stočených osí záberu, účinnou fotogrametrickou základnicou je premenlivá základnica  $b_x = b \cos \varphi$ . V takomto prípade už pri voľbe fotogrametrickej základnice pre normálny prípad je potrebné dbať na to, aby základnicový pomer bol v súlade s rovnicou

$$\frac{b \cos \varphi}{y} \geq \frac{1}{20}.$$

Pre najbližšie vyhodnocované body sa volí základnicový pomer

$$\frac{b}{y} = \frac{p}{c_k} = \frac{50}{200} = \frac{1}{4},$$

čo vyplýva z konštrukčných rozmerov vyhodnocovacích prístrojov (max. hodnota  $p = 50$  mm) a z podmienok stereoskopického videnia.

Pri voľbe dĺžky fotogrametrickej základnice sa riadime podľa relačného vzťahu

$$\frac{y_{\max}}{200} \leq b \leq \frac{y_{\min}}{4}. \quad (6.2)$$

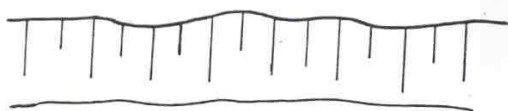
### Prípustná hodnota prevýšenia základnice

Rozdiel výšok koncových bodov základnice  $\Delta H_{AB}$  spôsobuje vertikálne paralaxy na identických bodoch  $q_i = z'_i - z''_i$ . Pretože vertikálne paralaxy narušajú stereoskopický vnem, musíme ich pri pozorovaní snímok odstraňovať na každom bode. Pre ich odstránenie je potrebné, aby ich veľkosť nepresiahla rozsah stupnice  $q$  na stereokomparátore. Z tohto dôvodu prevýšenie  $\Delta H_{AB}$  nesmie prekročiť hodnotu  $\pm 0,3 b$  pri normálnom prípade a  $\pm 0,2 b$  pri stočenom prípade.

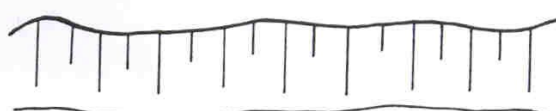
### 6.5.2 Určenie dĺžky základnice

Dĺžku základnice určujeme s presnosťou  $db = \frac{1}{2000} b$ . K zaisteniu tejto presnosti je potrebné zvoliť vhodný spôsob merania základnice, závislý od jej dĺžky a terénnych pomerov. V zásade máme možnosť určiť jej veľkosť

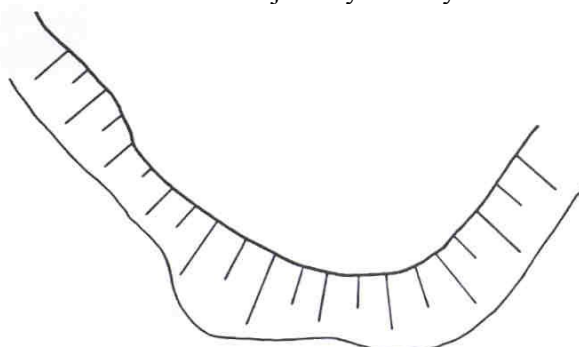
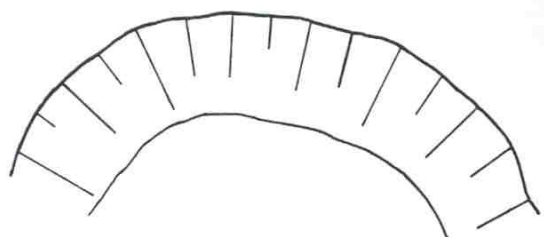
1. priamym meraním pásmom,
2. elektronicky,
3. výpočtom zo súradníc oboch koncových bodov základnice a pod.



Obr. 6.23. Základnica umiestnená rovnobežne s hlavnou frontou lokality



Obr. 6.24. Základnica umiestnená šikmo na smer hlavnej fronty lokality



Obr. 6.25. Lokalita konkávneho a konvexného tvar

### 6.5.3 Rozmiestnenie základníc z hľadiska tvaru záujmovej oblasti

#### Lokalita frontálne pretiahleho charakteru

Stanoviská fototedolitu jednotlivých základníc sa umiestnia do priamky približne rovnobežnej s hlavnou frontou lokality (obr. 6.23). V záujme hospodárnosti prác v teréne a vyhodnocovacích prác je vhodné voliť smer osí záberu mierne šikmo na smer hlavnej fronty lokality (obr. 6.24), vtedy sa na snímke zobrazí väčšie územie a pre vyhodnotenie objektu je potrebný menší počet snímkových dvojíc.

#### Lokalita konkávneho resp. konvexného tvaru

Základnice sa umiestnia tak, aby smer osí záberu bol približne kolmý na časť lokality (obr. 6.24), pričom sa využíva možnosť spoločného stanoviska pre viaceré základnice.

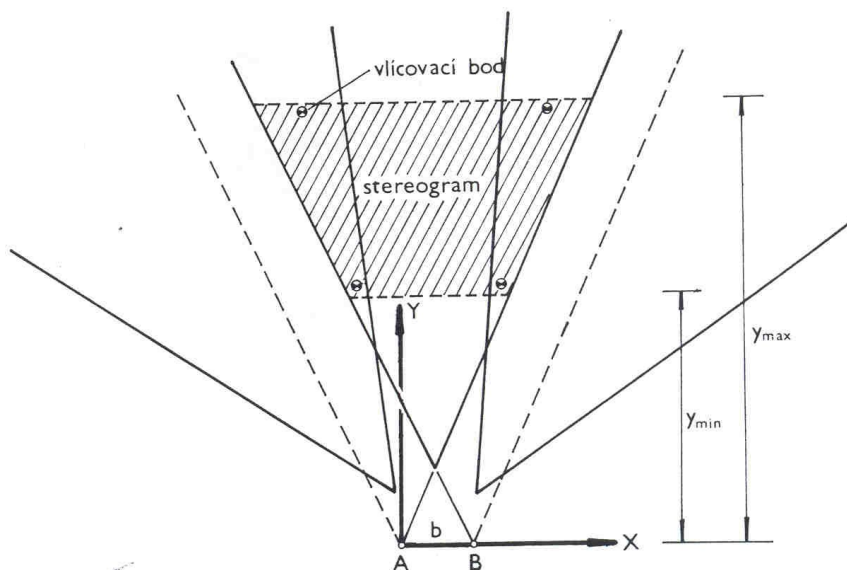
### 6.6 Vlíčovacie body

Hoci fotogrametrickým prácam venujeme primeranú starostlivosť, prvky vnútornej a vonkajšej orientácie snímok nedokážeme vždy určiť s vyžadovanou presnosťou. Zmeny orientačných prvkov, ako sme si to ukázali v teórii chýb pozemnej fotogrametrie, spôsobujú deformáciu modelu, čím sa porušuje projektívna závislosť medzi skutočným tvarom terénu a jeho geometrickým modelom. Korekcia geometrického modelu a tým jeho tvarové priblíženie ku skutočnému tvaru vyhodnocovaného terénu alebo objektu uskutočňuje sa prostredníctvom vĺčovacích bodov.

Vlíčovacie body sú prirodzene alebo umele signalizované body zobrazené na meračských snímkach, ktorých geodetické súradnice sa určili vhodnou metódou merania.

Pri analógovom vyhodnocovaní snímok okrem korekcie geometrického modelu rozširujeme využitie vĺčovacích bodov na absolútnu orientáciu, kedy sa vykonáva úprava geometrického modelu do vyžadovanej mierky a jeho horizontácia. Horizontáciou geometrického modelu sa docieľuje rovnosť medzi výškami vĺčovacích bodov na geometrickom modeli a ich geodetickými výškami.

V priestore prekrytu (v stereograme) každej snímkovej dvojice volíme 2 až 4 vĺčovacie body. Rozmiestnenie vĺčovacích bodov je spravidla také, že dva body sa volia v priestore z hľadiska vyhodnocovania najvzdialenejšom ( $y_{max}$ ) a najbližšom ( $y_{min}$ ) od stanoviska fotografovania a to podľa možnosti na okraji prekrytého územia, prípadne v zóne spoločnej s prekrytom stočených snímok (obr. 6.26). Takéto pravidelné rozloženie vĺčovacích bodov je možné len v prípade, že ich priamo pre účely fotogrametrie vytyčujeme. Keď však využijeme ako vĺčovacie body prirodzene signalizované body, potom pochopiteľne ich rozloženie nebude také pravidelné.



Obr. 6.26. Rozmiestnenie vĺčovacích bodov

Ako prirodzene signalizované body môžeme použiť všetky predmety, ktoré sa dostatočne jemne a kontrastne zobrazia na meračských snímkach, napr. hromozvod, roh okna, hrana komína, rozhranie diskontinuitných plôch na skalných stenách atď.

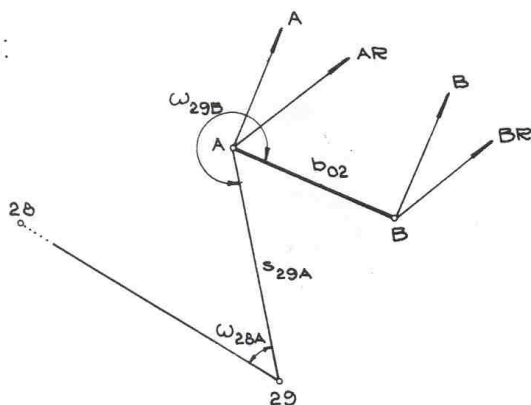
Nutnosť umelej signalizácie vlícovacích bodov znižuje hospodárnosť meračských prác v teréne. Najvhodnejšiu umelú signalizáciu vlícovacích bodov docielime značkou v tvare koncentrických čiernobielych kružníc s narastajúcou hrúbkou medzikruží od stredu bodu (obr. 6.27).



Obr. 6.27. Značka pre umelú signalizáciu vlícovacích bodov

Fotogrametrický zápisník										Str. 1
V. obj.	Základnica : 02									
1,42	Pracovné územie : M.									
	Meral : X.Y.						Dátum : 5. IX. 1964			
Fototeodolit : Photo 19/1318 212 41						c <sub>k</sub> : 194,57				
		A			B			Počasie : slniečno  Poznámka :		
Os záberu :	AL	A	AR	BL	B	BR				
Expozícia v sek. :		3	4		3	4				
Číslo kazety :		12	13		14	15				
Uhol stočenia v g :		300	335		100	135				
Poloha objektívu v mm :			-10	-10		+5	+5			
<b>PARALAKTICKÉ MERANIE ZÁKLADNICE</b>										
Značka :	Počet mer.:	Opak. vpravo	Opak. vľavo	Počet mer.:						
Vpravo :	↓ 0	0 02 5	0 02 3	6						
Vľavo :	↓ 3	15 29 8	15 29 7	3						
Rozdiel :		15 27 3	15 27 4							
Stredná hodnota 3d :		15 27 35	b = 24,995 m							
Uhol δ :		5 09 12								

NÁČRT URČENIA:



Obr. 6.27. Fotogrametrický zápisník



Signalizáciu prispôbujeme prípadnej potrebe domerania fotogrametricky nevyhodnotených (hluchých) priestorov. Ak vľicovací bod použijeme v budúcnosti ako stanovisko prístroja, signalizujeme ho napr. výtyčkou, cieľovou značkou na stojane a pod.

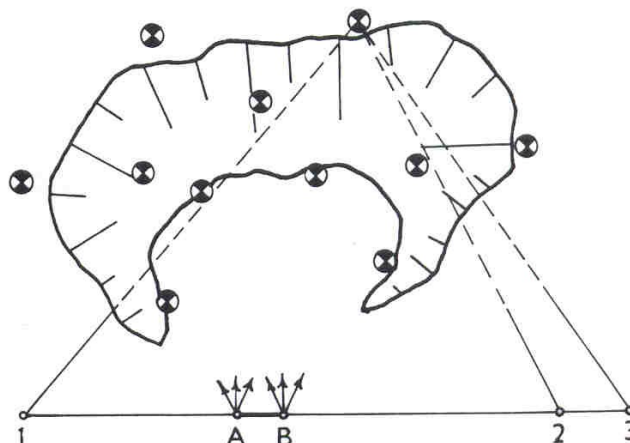
Rozmiestnenie, spôsob signalizácie vľicovacích bodov a ich číslovanie poznamenávame do fotogrametrického zápisníka (obr. 6.28).

Stabilizácia vľicovacích bodov ako aj fotogrametrických stanovísk sa riadi podľa stupňa ich ďalšieho využitia. Vľicovacie body a fotogrametrické stanoviská zvyčajne trvalo nestabilizujeme. V častých prípadoch, ako sme si uviedli, upevnením alebo namaľovaním značiek vľicovacích bodov, vykonali sme vlastne ich vertikálnu stabilizáciu. Stabilizáciu fotogrametrických stanovísk spravidla vykonávame drevenými kolíkmi a niekedy ju vôbec nepotrebujeme vykonať, ak ide o jednorázové fotogrametrické práce súvisiace napr. s tvorbou mapových podkladov.

Priestorové súradnice vľicovacích bodov určujeme zvyčajnými geodetickými metódami, najčastejšie pretínaním napred, alebo polárnou metódou s dĺžkami určenými elektronickým diaľkomerom. Určenie výšok vľicovacích bodov sa vykonáva trigonometrickým meraním výšok. Výpočet súradníc uskutočňujeme v sústave S-JTSK a Bpv (výškový systém „Balt po vyrovnaní“).

Presnosť určenia vľicovacích bodov, ktoré nepoužijeme pre ďalšie určovanie iných bodov, vystačí v rámci grafickej presnosti mapy, ktorá je 0,1 až 0,2 mm mierky mapy.

V niektorých prípadoch môže byť geodetické pripojenie bodového poľa na sústavu S-JTSK a Bpv neúčelné. Je to najmä vtedy, keď ide o menšiu lokalitu a výsledkom vyhodnotenia môžu byť relatívne údaje. V tomto prípade je účelné vybudovať jednoduchý miestny súradnicový a výškový systém, ktorého základom je napr. strana, totožná alebo rovnobežná s fotogrametrickou základnicou (obr. 6.29).



Obr. 6.29. Určenie vľicovacích bodov v miestnom súradnicovom systéme

## 6.7 Fotografické práce

Predpokladom dobrého vyhodnotenia sú kvalitné negatívy. Preto sa pred prácami v teréne oboznámime s vlastnosťami negatívneho materiálu a vopred vykonanými skúškami zistíme najvhodnejší expozičný čas a spôsob laboratórneho spracovania snímok. V pozemnej fotogrametrii sa používa ortochromatický fotografický materiál, ktorý je najviac citlivý na modrú farbu.

### Určenie expozičného času

Expozičný čas určíme pomocou expozimetra. Pri určovaní expozičného času zohľadňujeme svetelnosť objektívu (clonkové číslo), citlivosť fotografického materiálu a v prípade použitia filtra jeho predlžovací faktor expozície. Napríklad svetelnosť objektívu Orthoprotar u fototeodolitu Photho 19/1318 Zeiss je 1:25, citlivosť fotografického materiálu ORWO TOPO TO-1 je 9-12 DIN a predlžovací faktor žltozeleného filtra GG 11 je  $k = 2$ . Pri zohľadnení uvedených skutočností a svetelných okolností v čase expozície, spravidla vždy budú expozičné časy väčšie ako 1 s.

## Vyhotovenie snímok

Fotografovať je možné prakticky v každom počasí. Z technického hľadiska najvýhodnejšie je fotografovať za jasného počasia, keď sú vrhnuté tieň predmetov najkratšie. Preto je potrebné všimnúť si už pri prieskume územia, v ktorom dennom období je záujmové územie z vybraného priestoru na umiestnenie fotogrametrickej základnice najlepšie osvetlené. Najvýhodnejšie obdobie na fotografovanie je vtedy, keď slnko svieti na komoru odzadu. Svahy obrátené na sever je najvhodnejšie fotografovať pri mierne zatiahnutej oblohe.

Pri vyhotovovaní snímkových dvojíc pre fotogrametrické vyhodnotenie je dôležité, aby sa dve susedné snímky vyhotovili v krátkom časovom odstupe, pretože tieň postupujúce s polohou slnka vytvárajú rušivé paralaxy, ktoré ovplyvňujú správny stereoskopický vnem.

Veľkú pozornosť venujeme pevnému postaveniu stojanu. S ohľadom na dlhšie expozičné časy musíme vylúčiť prípadnú možnosť jeho zapadania, posunutia alebo krútenia v priebehu expozície. Fototeodolit je za slnečného počasia nutné chrániť slnečníkom.

Centrovanie vykonávame s takou presnosťou, aby chyba centrácie nevyvolala pootočenie základnice o viac než  $1^\circ$ . Pri závislej centrácii je tento vplyv vylúčený.

## 6.8 Fotolaboratórne práce

V pozemnej fotogrametrii môžeme vzhľadom na pevné stanovisko fotografovania použiť málo citlivý fotografický materiál, ktorého prednosťou je jemnozrnnosť a teda aj vysoká rozlišovacia schopnosť.

Pri fotolaboratórnom spracovaní pozemných snímok preto používame jemnozrnné vyvolávajúce vývojky. Spravidla sa používajú továrenské vývojky (napr. atomal, rodinal (R-09)). Pri vyvolávaní je nutné dbať na to, aby použité kúpele mali rovnakú teplotu, ktorá je predpísaná pre použitú vývojku. Na ustálenie sa používa kyslý ustaľovač.

Po ustálení je potrebné negatívy dobre vyprať vo vode, najlepšie v tečúcej. Potom sa negatívy sušia vo vetranom bezprašnom prostredí. V niektorých prípadoch je potrebné husté negatívy zoslabovať. Zoslabovanie negatívom neškodí, pretože zoslabovačom zrno získava na jemnosti, je však potrebné dať pozor, aby sa nestratili poltóny. Zosilnenie negatívov sa spravidla nevykonáva, lebo nedáva uspokojivé výsledky. Najsprávnejšie však je vyvarovať sa dodatočným zásahom do laboratórneho procesu a venovať náležitú pozornosť preskúšaniu expozície pre používaný fotografický materiál pred odchodom do terénu.

## 6.9 Fotogrametrické snímkovanie digitálnymi a semimetrickými komorami.

Terénne fotogrametrické práce s digitálnymi fotogrametrickými komorami (UMK – Highscan) sú rovnaké ako pri analógových komorách. Pri snímkaní sa aplikuje okrem normálneho prípadu a prípadu rovnobežne stočených osí všeobecný prípad pozemnej fotogrametrie (prieseková fotogrametria).

Semimetrické komory nie sú vybavené zariadením na postavenie zvyčajnej vyžadovanej polohy osi záberu v priestore:  $\omega_A = \omega_B = 0$ ,  $\kappa_A = \kappa_B = 0$ ,  $\varphi_A = \varphi_B$ . Využívajú sa v aplikáciách všeobecného prípadu pozemnej fotogrametrie. Obnovu fotogrametrického zväzku lúčov u semimetrických komôr umožňuje pravouhlá sieť krížikov v obrazovej rovine komory, ktorá sa zobrazí na snímke.

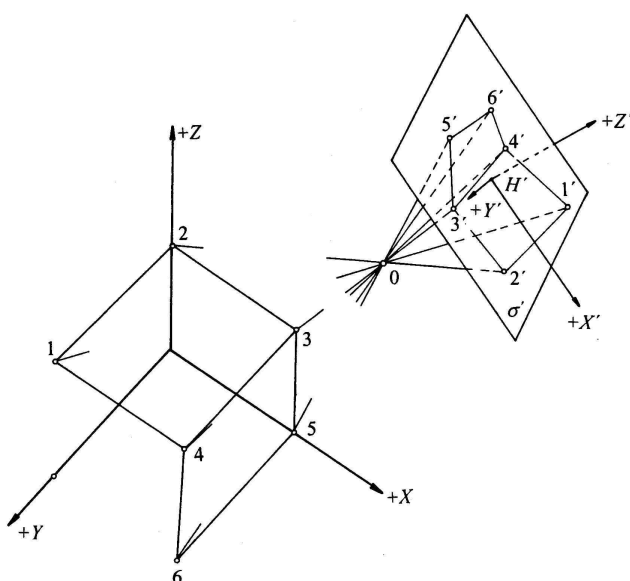
Digitálne nemeračské komory majú obmedzené použitie. Pri ich nasadení vo všeobecnom prípade vyžadujeme zanedbateľné skreslenie objektívu.

Všeobecný prípad pozemnej fotogrametrie je základný postup vyhodnotenia snímok, vyhotovených digitálnymi a semimetrickými komorami. Tomuto postupu sú prispôbené SW analytických vyhodnocovacích systémov (napr. RolleiMetric CDW). SW obsahujú orientáciu snímok za súčasnej kalibrácie digitálneho obrazového systému a analytické polohové, resp. priestorové

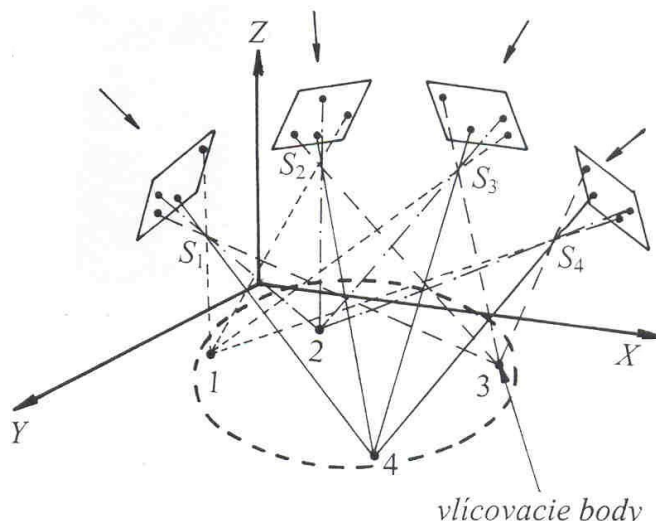
vyhodnotenie. Vyhodnotené súradnice sú v CAD systéme, ktorý po vektorizácii výsledkov merania umožňuje priestorovú vizualizáciu vyhodnoteného objektu.

Aplikácia všeobecného prípadu je na princípe priestorového pretínania napred, pri ktorom sa vyžadujú na pomerne veľkej fotogrametrickej základnici priaznivé uhly prieseku na vyhodnocovaných bodoch (najpriaznivejšie pod uhlom, ktorý je blízky k pravému uhlu). Vzťah medzi predmetovým a obrazovým priestorom zaisťujú vĺčovacie body. Počet vĺčovacích bodov a ich rozmiestnenie v priestore závisí od druhu použitej komory a od toho či ide o rovinné alebo priestorové vyhodnotenie. Napríklad ak použijeme nemeračskú digitálnu komoru (alebo použijeme meračskú analógovú komoru, u ktorej spresňujeme orientačné prvky v procese vyhodnotenia) pre rovinné vyhodnotenie potrebujeme 4 vĺčovacie body (obr. 6.31), pre priestorové vyhodnotenie 6 priaznivo rozmiestnených vĺčovacích bodov (obr. 6.30). Väčší počet vĺčovacích bodov dovoľuje optimalizáciu orientačných prvkov vyrovnaním MNS. Nepriaznivé priestorové rozloženie vĺčovacích bodov vedie k slabo podmieneným rovniciam pri určení transformačných koeficientov kolineárnej transformácie.

Presnosť určenia vĺčovacích bodov sa vyžaduje o jeden rád vyššia ako je vyžadovaná presnosť fotogrametrického vyhodnotenia.



Obr. 6.30. Priestorové rozmiestnenie vĺčovacích bodov



Obr. 6.31. Multisnímkovanie

RolleiMatric CDW má SW na multisnímkovú orientáciu. Jedná sa o vyhodnotenie toho istého objektu z viacerých priestorovo vhodne rozmiestnených stanovísk (obr. 6.31). Snímkovanie sa aplikuje stacionárne (jednotlivé snímky) alebo kontinuálne, z ktorého sa vyberajú najvhodnejšie zábery digitálnych obrazov na snímaný objekt.

Súčasnú vyhodnotenie z viacerých stanovísk dovoľuje optimalizovať vyhodnocovací proces s vyrovnaním MNS a tiež jeho priestorovú vizualizáciu z rôznych pohľadov.