

Automatické cílení totálních stanic

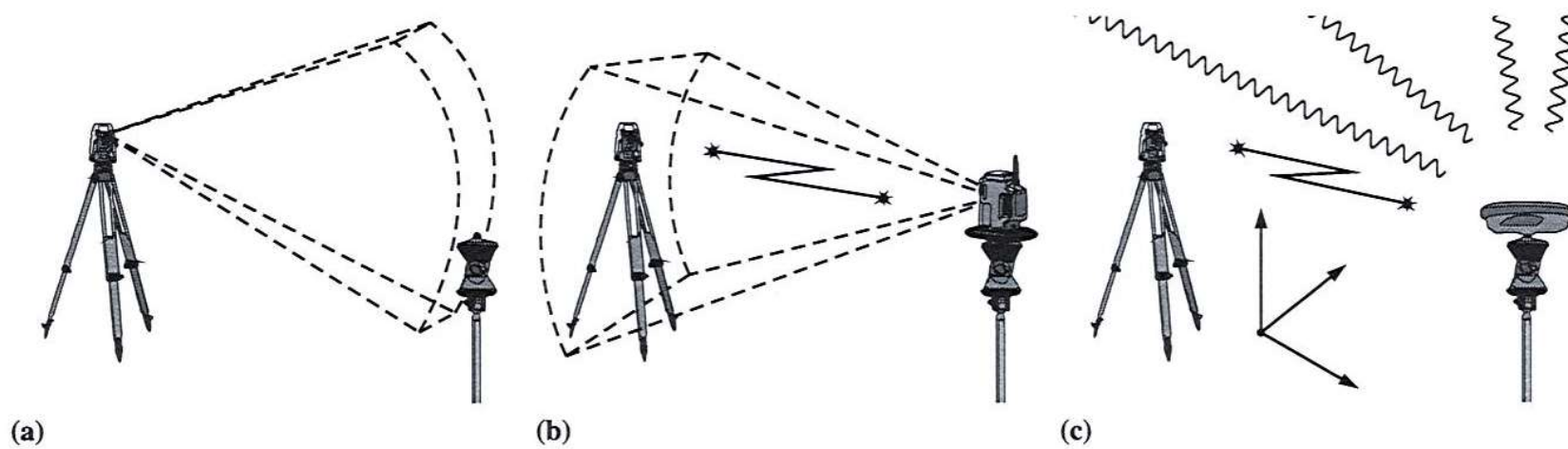
ZS 2021/2022

154ZAIG

Braun

- **Automatické cílení je soubor postupů řízení přístroje, který spočívá v přesném navedení osy dalekohledu na zvolený cíl.**
- Automatické cílení může využívat tzv. pasivní nebo aktivní mód
- Používá se kontinuální měření nebo metoda stop-and-go
- Obecně se automatické cílení dělí na 3 části:
 - **hrubé vyhledání**
 - **identifikace cíle**
 - **přesné zacílení**

- Hrubé vyhledání je provedeno na začátku operace cílení, kdy je dalekohled totální stanice přibližně natočen na odrazný hranol. Jsou využívány postupy vějířovitého vyhledávání pomocí totální stanice (pasivní mód), vějířovitého vyhledávání pomocí cíle (aktivní mód) nebo pomocí vysílání pozice určené GNSS



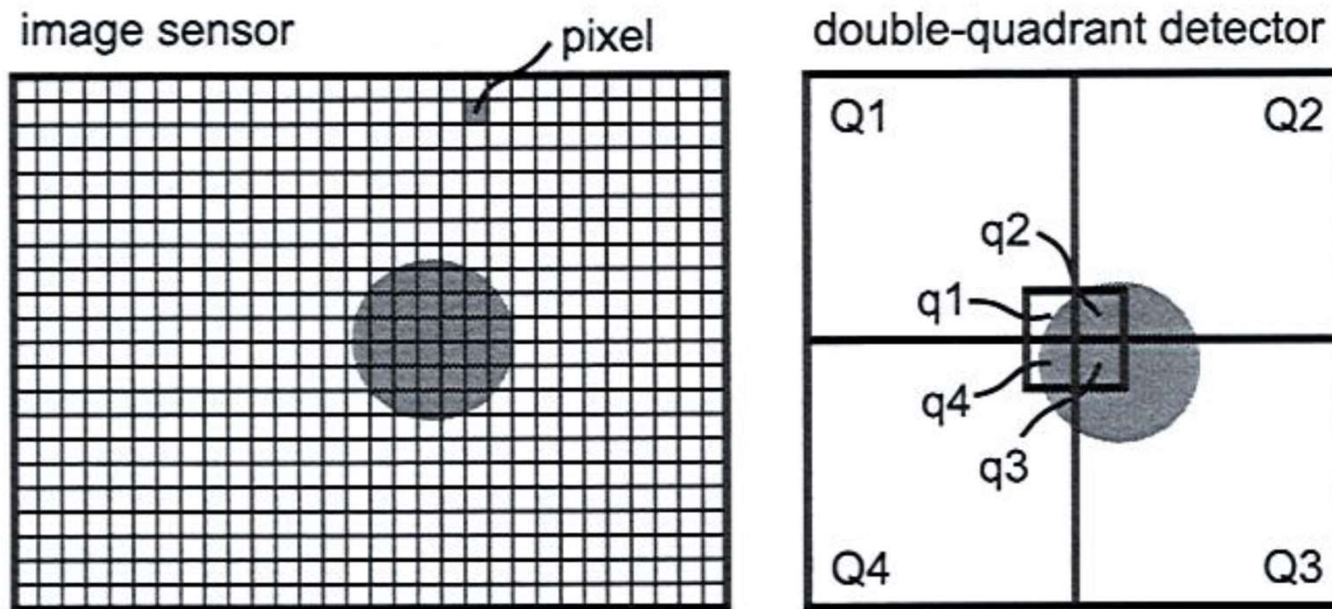
Obr.1: Způsoby hrubého vyhledávání

- Identifikace hranolu je prováděna pro omezení hrubých chyb (záměna cíle) pomocí párování a vysílání signálu (aktivní mód) nebo pomocí počáteční identifikace nevhodných cílů (pasivní mód)
- Přesné zacílení je část procesu, kdy je dalekohled natočen co nejpřesněji na střed cíle a je provedeno odečtení měřených hodnot – vodorovného směru, zenitového úhlu a šikmé délky.

Manufacturer	Coarse search	Fine aiming	Target identification
Leica	fan search with passive target (<i>PowerSearch</i>)	image sensor with passive target (<i>ATR / ATRplus</i>)	positions of invalid targets
Topcon	fan search with active target and GNSS (<i>Hybrid Lock</i>)	image sensor with passive target (<i>X-pointing</i>)	pairing of target and total station (only for coarse search)
Trimble	GNSS (<i>GeoLock / GPS Search</i>)	quadrant detector with active or passive target (<i>Autolock</i>)	active target with modulated signal (<i>MultiTrack / ActiveTrack</i>)

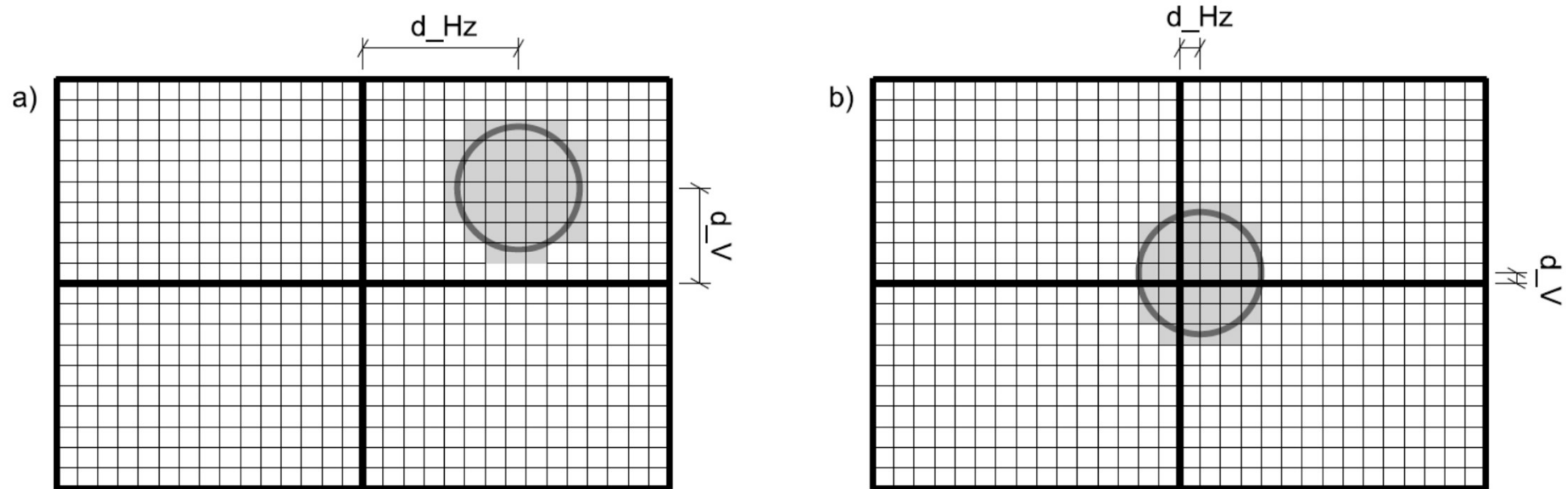
- Přesnost měření podle ČSN ISO 17123-3 a 4, uvažuje pouze optické cílení, automatické ne.
- **U ATR je uváděna např. příčná chyba na určitou vzdálenost (Trimble) nebo pomocí úhlové hodnoty pro optimální měřické podmínky (Leica)**
- Automatické cílení v průmyslových aplikacích se používá ve dvou režimech. Prvním režimem je **kontinuální měření**, které slouží zejména k navádění výrobních přístrojů. Druhým režimem je metoda zastav a zacil (**stop and go**), která je využívána k přesnému určení pozice měřeného bodu.

- K přesnému zacílení jsou výrobci využívány dva druhy senzorů, obrazový senzor a kvadrantový detektor.



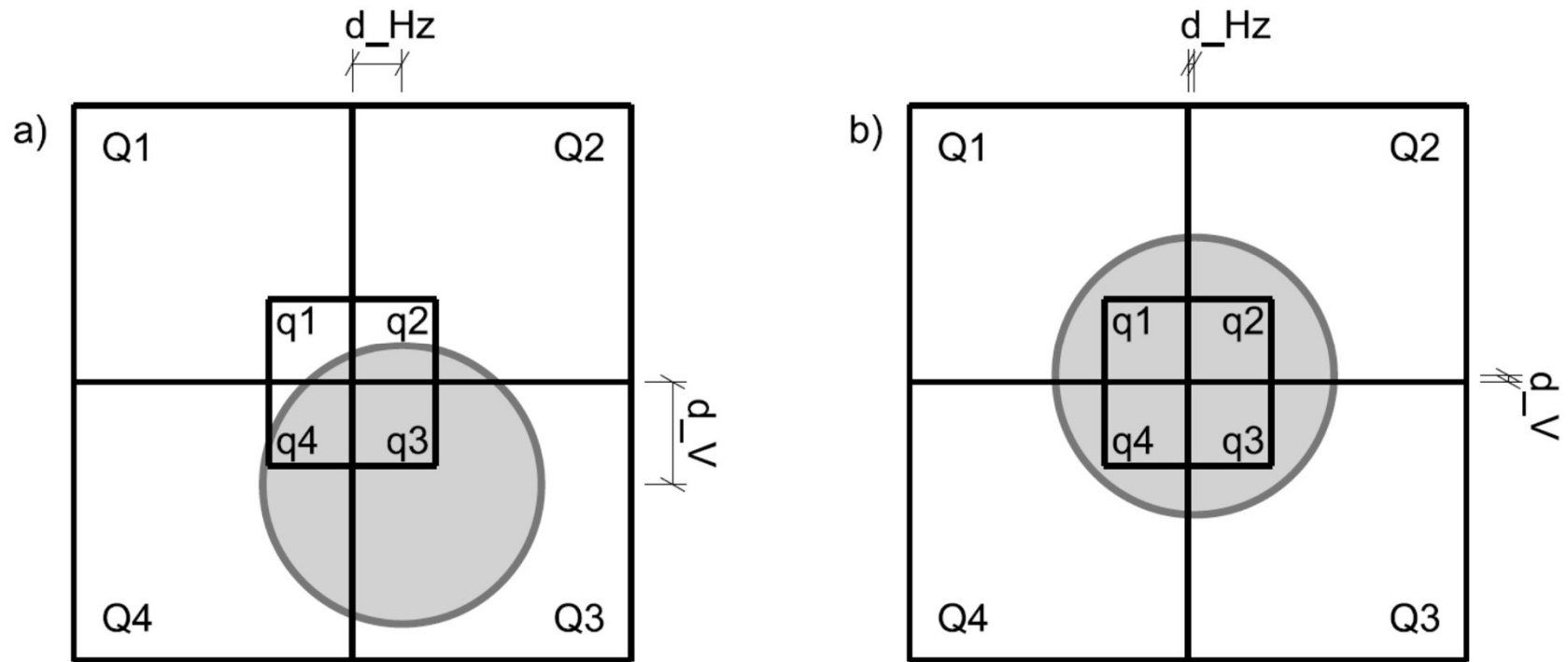
Obr.2: Obrazový senzor a kvadrantový detektor

- **Obrazové senzory** jsou využívány v přístrojích výrobců Leica a Topcon. Senzor je tvořen **CCD nebo CMOS maticí**. Senzory jsou navrženy pro práci s **pasivními cíli**. Modul automatického cílení v totální stanici vysílá infračervený laserový paprsek, který se odráží od hranolu zpět k totální stanici a výsledná světelná stopa je zachycena na obrazovém senzoru. **Střed světelné stopy na obrazovém poli je převeden na pravoúhlé souřadnice a je vypočtena odchylka středu stopy od středu senzoru odpovídající ose dalekohledu (Obr.3 a: d_{Hz} , d_V).** Pomocí vypočtené odchylky je dalekohled přesunut tak, aby osa dalekohledu byla co nejbližší středu odrazného hranolu. Je opakován postup vyhodnocení světelné stopy na senzoru. **Pokud je odchylka středu stopy od osy dalekohledu menší než výrobcem nastavená hodnota, tak nedochází k pohybu přístroje, ale odchylka je matematicky přičtena k měřeným hodnotám na úhloměrných stupnicích .**



Obr.3: Světelná stopa na obrazovém poli s vyznačenými ovlivněnými pixely – a) stopa po hrubém zacílení, b) stopa po přesném zacílení

- **Kvadrantové detektory** jsou využívány v přístrojích firmy Trimble. **Senzor je tvořen 4 světlo citlivými prvky.** Senzor je navržen pro práci s **pasivními i aktivními cíli.** U pasivních cílů vysílá modul totální stanice infračervený laserový paprsek, který se odráží od hranolu zpět. U aktivních cílů vysílá modul odrazného hranolu infračervený paprsek přímo k totální stanici. V obou případech vzniká na senzoru světelná stopa. **Pokud světelná stopa nedopadá na všechny 4 části senzoru, tak přístroj vykonává iterační pohyb v horizontálním a vertikálním směru a snaží se najít pozici, ve které by světelná stopa dopadala na všechny 4 části senzoru.** Pokud je světelná stopa na všech 4 částech, tak je vyhodnocena pro každý kvadrant přijímaná intenzita a lineární funkcí je vypočtena odchylka středu světelné stopy od **osy dalekohledu přístroje** (Obr.4 a: d_{Hz} , d_V). Přesné nasměrování dalekohledu na střed hranolu nastává v okamžiku stejných intenzit ve všech 4 kvadrantech detektoru. Stejně jako u obrazového senzoru je zbytková odchylka od středu stopy matematicky přičtena k měřeným hodnotám na úhloměrných stupnicích (Obr.4 b: d_{Hz} , d_V). **Modul přesného cílení může být upraven do podoby dvojitého kvadrantového detektoru,** kde přesný detektor s úzkým zorným polem je v centru hrubého kvadrantového detektoru se širokým zorným polem. Přesný detektor je používán pro přesné cílení na delší vzdálenosti kdy se světelná stopa hranolu zmenšuje (více jak 25 m) a hrubý detektor je využíván pro nalezení hranolu a cílení na krátké vzdálenosti, kdy je světelná stopa větší než přesný detektor.



Obr.4: Světelná stopa na kvadrantovém detektoru – a) stopa po hrubém zacílení, b) stopa po přesném zacílení

- Na základě výše uvedených postupů automatického cílení lze výsledné hodnoty vodorovného směru a zenitového úhlu zapsat jako:

$$Hz = Hz_{\text{raw}} + ATR_{\text{Hz}} + t_{\text{comp}} \cot gV,$$

$$V = V_{\text{raw}} + ATR_V + I_{\text{comp}},$$

kde

Hz_{raw} a V_{raw} čtení úhloměrných stupnic,

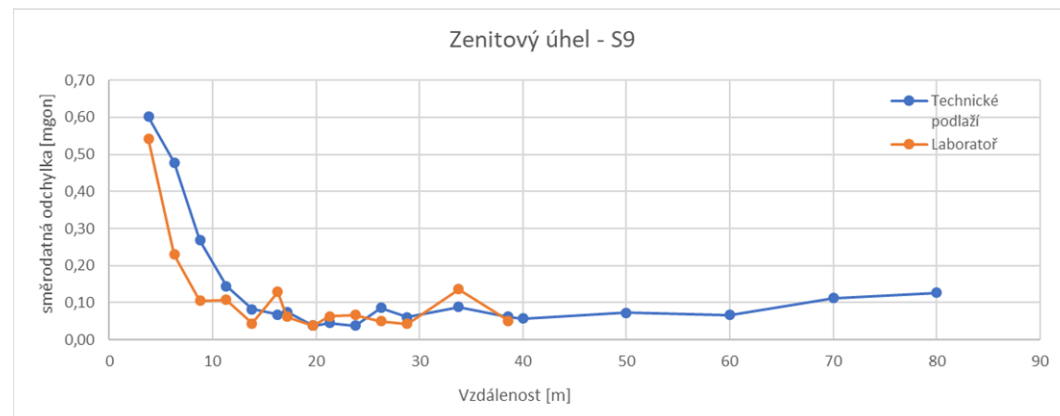
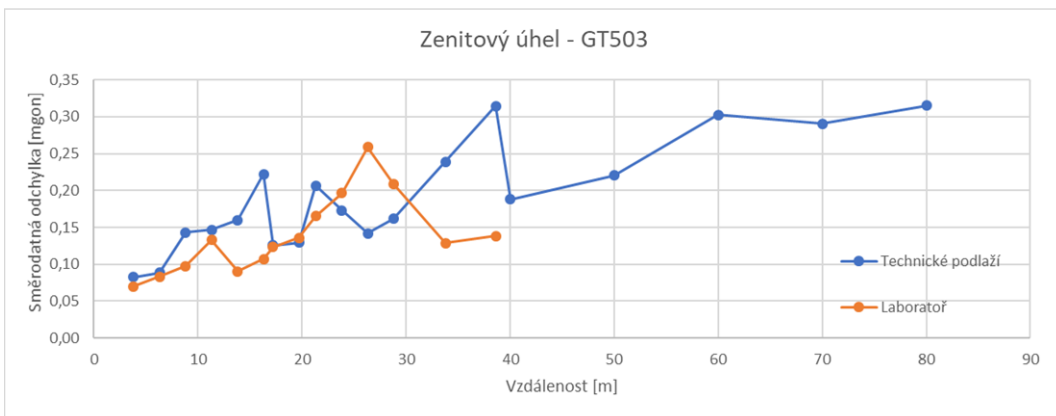
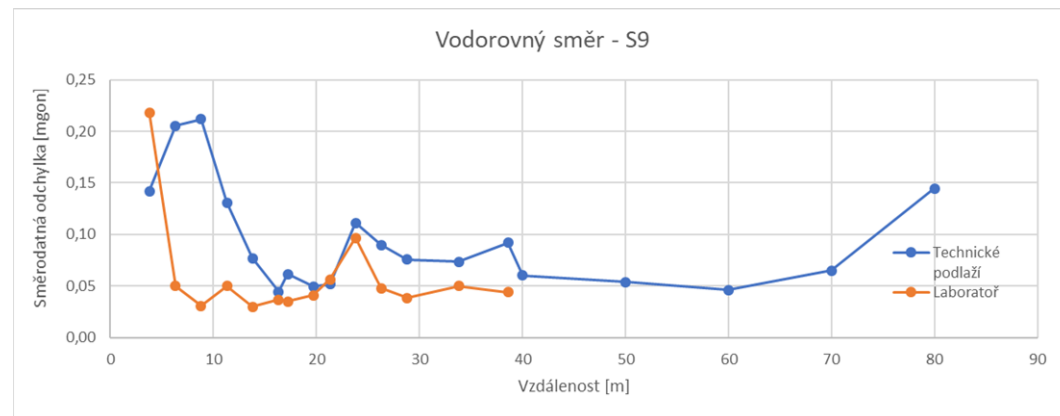
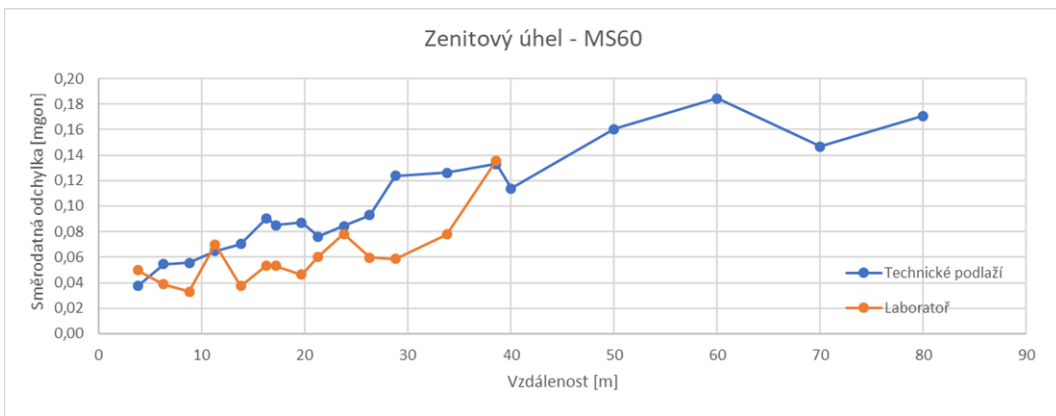
I_{comp} čtení kompenzátoru v záměrné ose dalekohledu,

t_{comp} čtení kompenzátoru v kolmé ose na záměrnou přímkou,

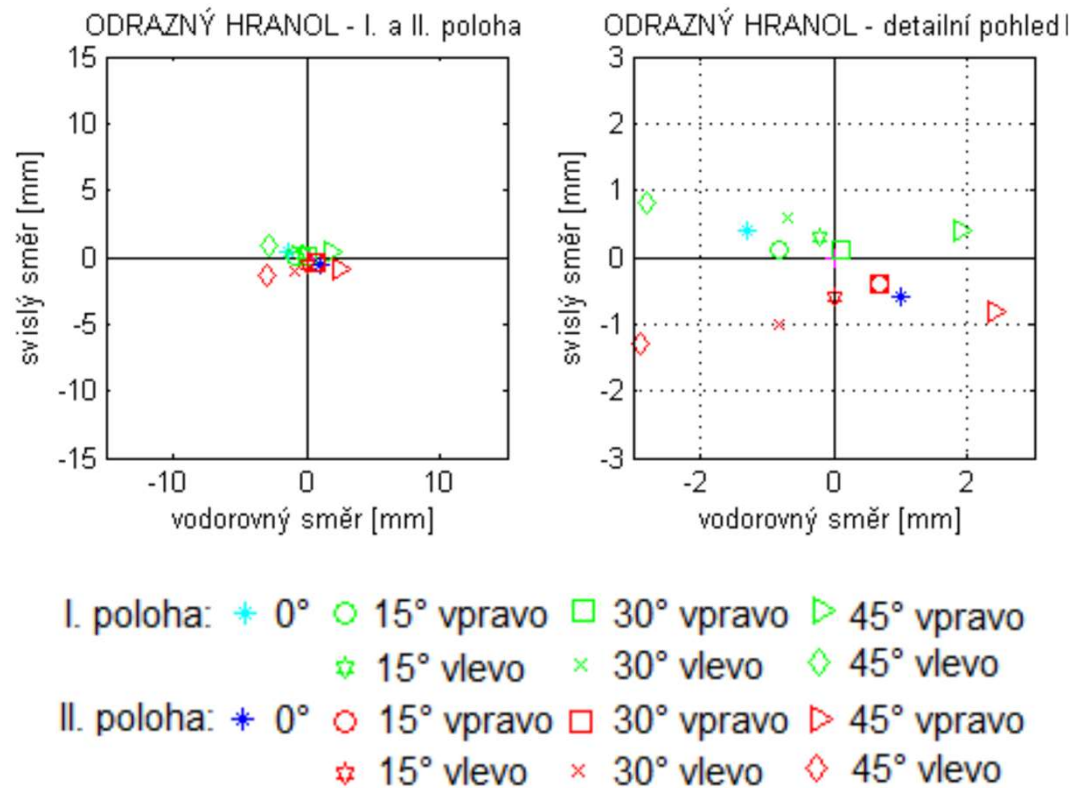
ATR_{Hz} a ATR_V zbytkové chyby zacílení.

- Automatické cílení a jeho zbytkové chyby jsou také závislé na prostředí, typu a natočení odrazného hranolu a jeho vzdálenosti (vliv velikosti světelné stopy).

• Vliv vzdálenosti na přesnost měření



- Vliv natočení cíle



Graf polohy automatického zacílení od středu odrazného hranolu Leica GMP101 na vzdálenost 38,6 m
 I. a II. poloha dalekohledu
 Hranol natočen vůči záměrné přímce o 0, 15, 30 a 45 stupňů