

Přesnost měřických technologií

Ing. Filip Koblre, Ing. Daniel Šantora, GEFOS a.s.



- when it has to be right



Přesnost?

Střední chyba měřených veličin:

Měřeného směru (ISO 17123-3)

Měřené délky (ISO 17123-4)

Měřené GNSS vektory (ISO 17123-8)

Měřené souřadnice –mračna bodů (skenování)

Vliv na přesnost:

Měřická technologie

Technologie měření (metoda)

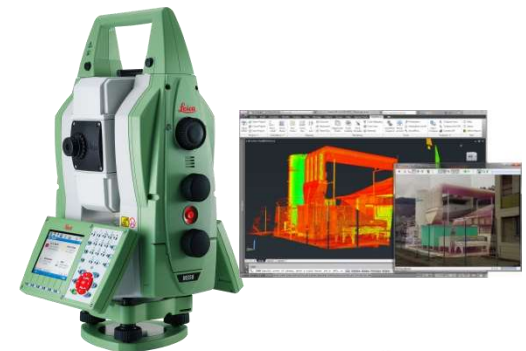


- when it has to be right



Měřické technologie

- Totální stanice
- GNSS
- HDS – skenery
- Integrované systémy



- when it has to be right

Leica
Geosystems

Totální stanice – měření úhlů

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
17123-3

First edition
2001-12-01

Optics and optical instruments — Field
procedures for testing geodetic and
surveying instruments —

Part 3:
Theodolites

5 Measurement of horizontal directions

5.1 Configuration of the test field

Fixed targets (4 targets for the simplified test procedure and 5 targets for the full test procedure) shall be set up located approximately in the same horizontal plane as the instrument, between 100 m to 250 m away, and situated at intervals around the horizon as regular as possible. Targets shall be used which can be observed unmistakably, preferably target plates.

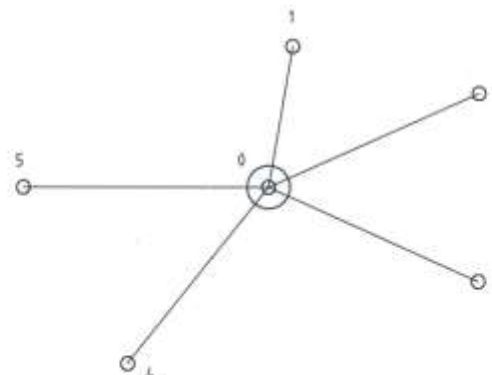


Figure 1 — Test configuration for measurement of horizontal directions

Totální stanice - měření úhlů

Elektronický teodolit

- Mechanika, optika
- Čtecí zařízení na kruhu
- Dvouosý kompenzátor
- Systém automatického cílení - hranol
- Trojnožka, stativ



Totální stanice – měření úhlů

Accuracy (std. dev. **ISO 17123-3**)

Hz, V:

Display least count:

Method

Compensator

Working range:

Setting accuracy:

Method:

TS30

0.5" (0.15 mgon)

0.01" (0.01 mgon)

absolute, continuous, quadruple

4' (0.07 gon)

0.5" (0.15 mgon)

centralized quadruple axis compensation

Totální stanice – měření úhlů

Accuracy (std. dev. ISO 17123-3) / Measure time

ATR angle accuracy Hz, V:

Base Positioning accuracy:

Measure time for GPR1:

1" (0.3 mgon)

± 1 mm

3-4 s

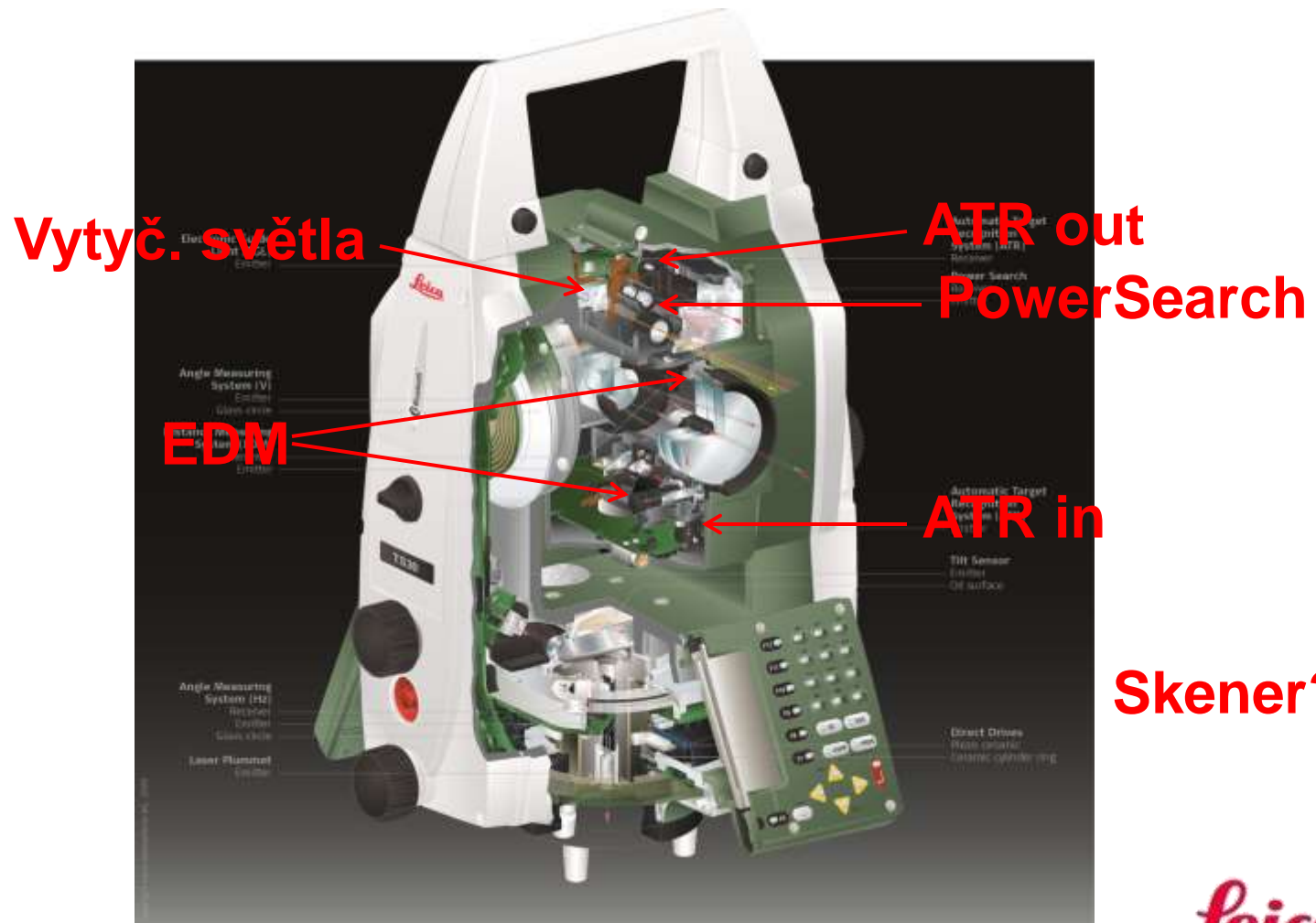
Přesnost automatického cílení



- when it has to be right



Totální stanice TS30/TM30 mechanické řešení



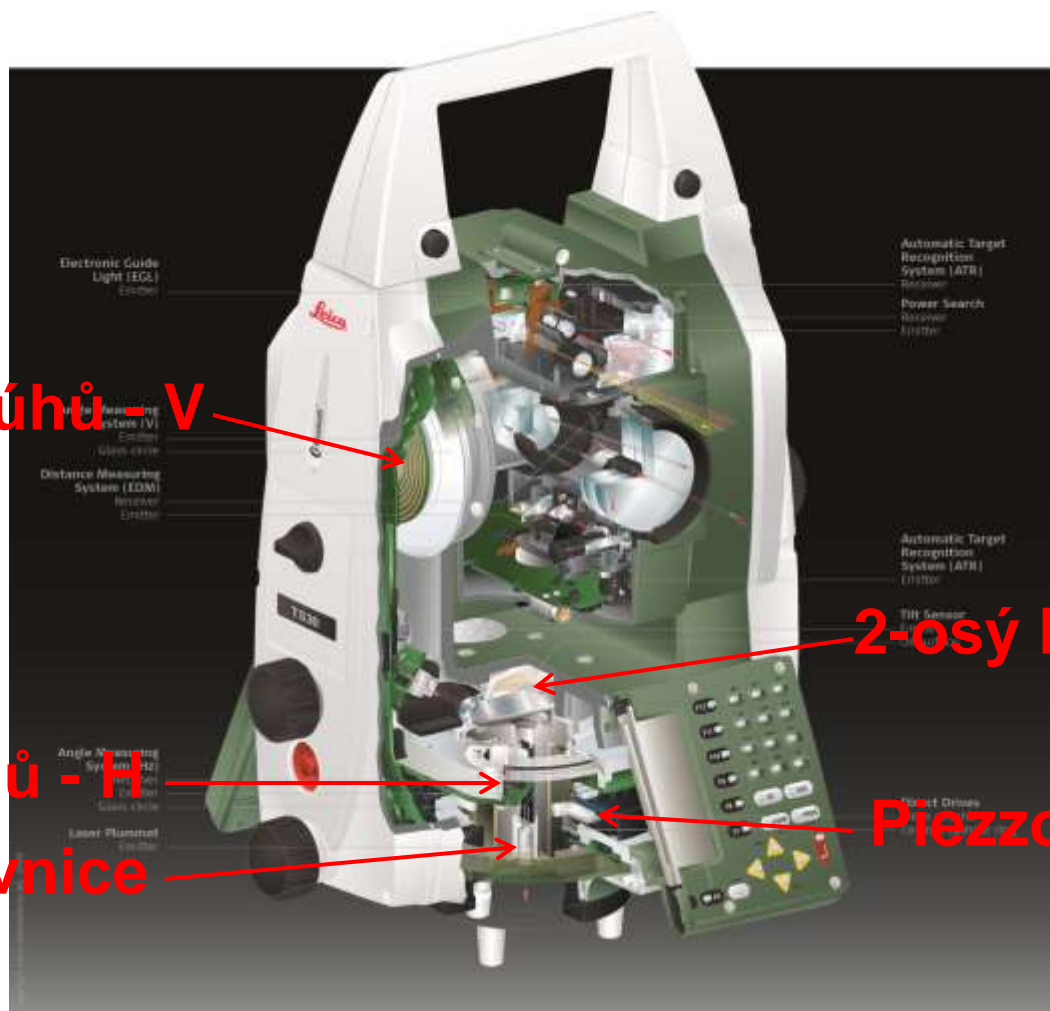
Skener?



- when it has to be right



Totální stanice TS30/TM30 mechanické řešení



Měření úhů - V

Měření úhů - H

Laser. olovnice

2-osý komp.

Piezzo drive



- when it has to be right



Totální stanice TS30/TM30

mechanické řešení

Požadavky na rychlost, robustnost a odolnost
proti změnám povětrnostních podmínek

- technologie lití (nízkotlaké vs. tlakové lití)
- velikost kruhů



- when it has to be right



Totální stanice TS30/TM30

měření úhlů

4 enkodéry

- LED dioda, zrcátko, řada CCD senzorů
- 2 enkodéry eliminují chybu z excentricity kruhu
- zbývající 2 další menší periodické (200g) chyby
- více měření

Princip:

-Obraz čarového kódu z kruhu se zobrazí na CCD řádce. Čte se ve dvou krocích. Hrubé a přesné čtení.

Centroid a následné zpracování.

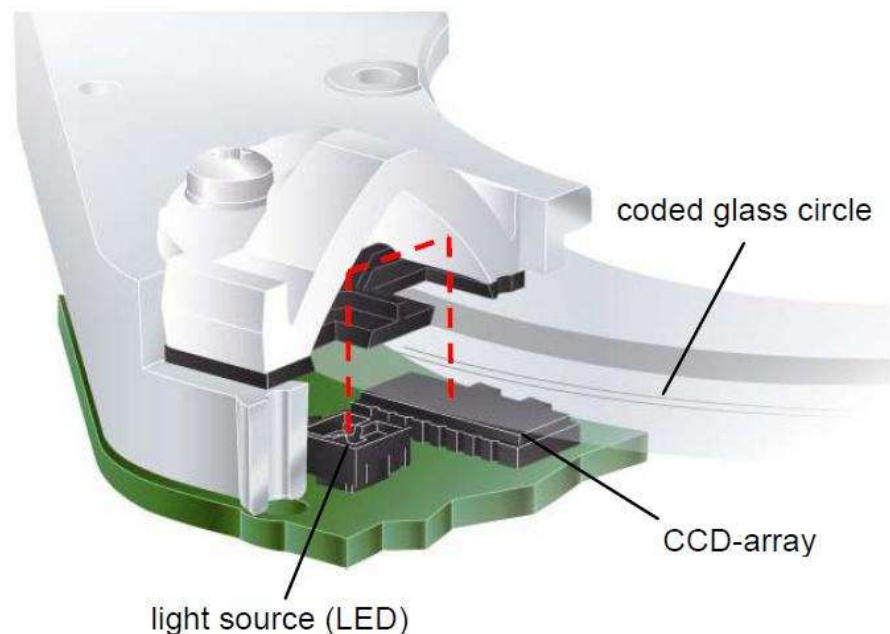
Nejméně 10 čar, používá se 30

Vysoká frekvence odečítání

5000 měření/s

Umožňuje přímé řízení motorů

založeném na čtení na kruhu. Obvykle standardní totální stanice mají vlastní rychlejší a méně přesný enkodér.



Totální stanice TS30/TM30 měření úhlů - korekce

Korekce naměřených směrů pomocí 4 parametrů

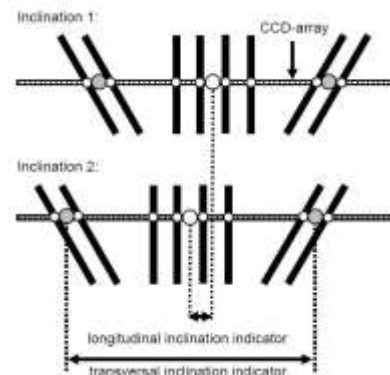
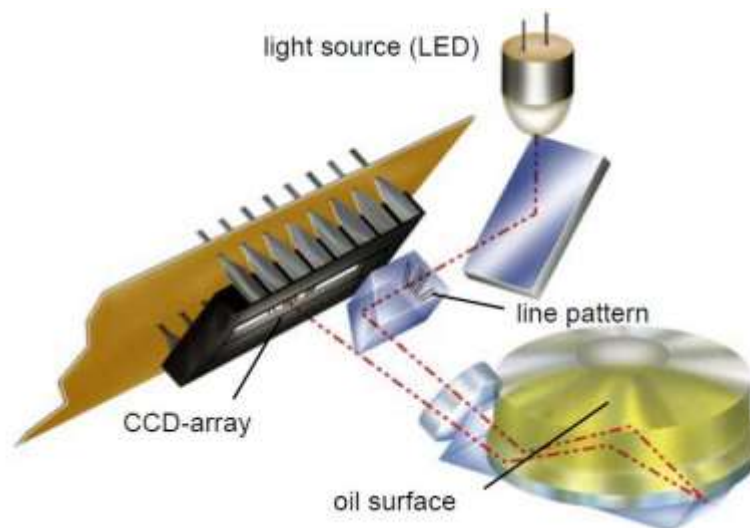
- l,t – příčný a podélný sklon přístroje
- i- indexová chyba
- c- kolimační chyba
- a – chyba ze sklonu točné osy dálkoměru

i,c,a - uživatelsky

l,t – dvouosý kompenzátor

- Kompenzuje nevdorovnost horizontu stroje
- Čarová šablona se promítne na hladinu oleje a 2x se odrazí a promítne na řádku CCD pixelů

- malá velikost
- umožňuje umístění v točné ose stroje
- měří se malé změny
- rychlé ustálení olejové hladiny
- kontinuální měření



- when it has to be **right**



Totální stanice TS30/TM30 automatické cílení - ATR

Pasivní automatika až do
3000m (TM30, GPR1)

ATR – „Automatic Target Recognition“

- vysílá neviditelný laserový paprsek (785 nm)
- CMOS kamera s vysokým rozlišením detekuje „charakteristiku“ odraženého signálu a spočte posuny k centru CMOS kamery (CCD-řádky, CMOS-body –APS–“Active Pixel Sensor“)
- posuny se realizují s přesností 5 mgon
- zbytkové chyby se matematicky eliminují korekcí měřených úhlů.

Vysoká přesnost ATR – poziční přesnost 1 mm

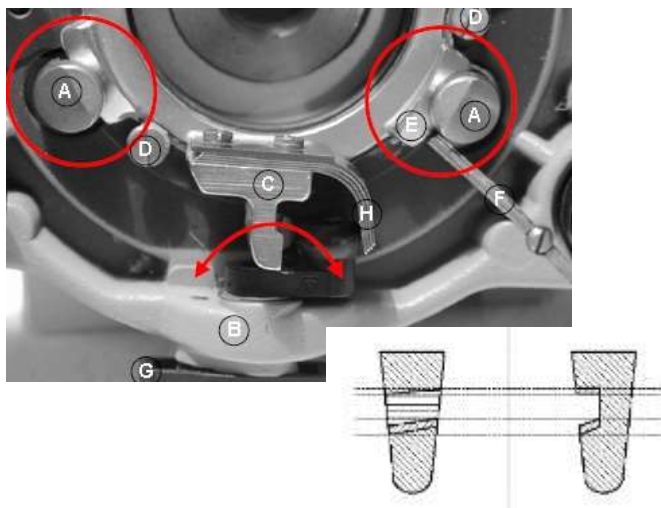
Užší zorné pole ATR – 28' (1° 28' TPS1200+)



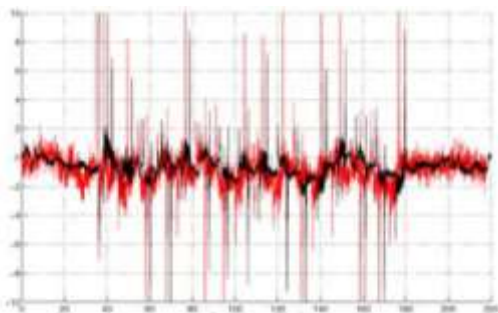
- when it has to be right

Leica
Geosystems

Totální stanice – měření úhlů – trojnožka?



- Optický centrovač-
přesnost centrace
- Upínací
mechanismus
- Schopnost tlumení
kroučícího momentu
působícího na
podložku = torzní
tuhost - hystereze
podložky (přesnost
návratu do původního
stavu)



Totální stanice – měření úhlů – trojnožka?

1“

Professional	Basic	Choice
GDF121/GDF122	GDF111/GDF112	CTB101
<ul style="list-style-type: none"> ■ The hysteresis of the Professional tribrachs is guaranteed to a maximum of 1" (3 cc). ■ The foot screws are maintenance free, ensuring a movement that is always smooth and free-of-play, in all environmental conditions. ■ These tribrachs should be used with all applications where the required accuracy exceeds 3". 	<ul style="list-style-type: none"> ■ The Basic series tribrachs have a hysteresis to a maximum of 3" (10 cc). ■ The foot screws have a large diameter which permits fine adjustment even when wearing work gloves. ■ The GDF112 with optical plummet is ideal for GPS antennas and prism stations. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ The CTB101 tribrach has a hysteresis to a maximum of 5" (15 cc). ■ The CTB101 is a low-cost tribrach which is suitable for use in normal environments. ■ It is the standard tribrach supplied with the Builder TPS and is suitable for light-weight instruments.
		

3“

5“ „Trojnožka musí být schopna absorbovat bez zbytkových deformací torze, které vznikají při použití přístroje.

...

Je odpovědností uživatele, aby zvolil trojnožku s dostatečnou torzní tuhostí“

Totální stanice – měření úhlů – stativ?

ISO 12858-2

- těžký stativ >5,5 kg: přístroj do 15kg

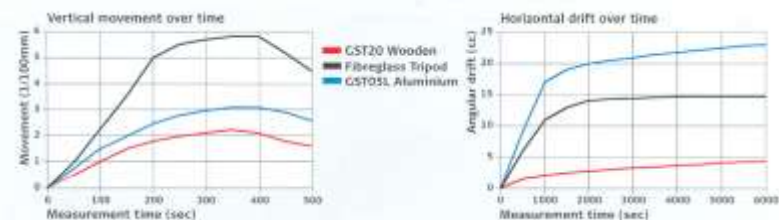
Maximální hystereze **3"** (pro torzi 70")

GST120-9 **0,7"**

- lehký stativ: přístroj do 5kg

Maximální hystereze **10"** (pro torzi 70")

GST05 **2,7"**



Totální stanice – měření úhlů -shrnutí

Měřická technologie:

TM30:	0,5“ (ISO17123-3)
ATR:	1mm (1“) (ISO 17123-3)
GDF121-hystereze:	<1“
GST120-9-hystereze:	<1“

ISO17123-3: testuje se konkrétní teodolit v polních podmínkách s odpovídajícím příslušenstvím

Přesnost technologie měření - metody



- when it has to be right



Totální stanice – měření délek

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
17123-4

First edition
2001-12-01

Corrected version
2002-04-15

Optics and optical instruments — Field
procedures for testing geodetic and
surveying instruments —

Part 4:
Electro-optical distance meters (EDM
instruments)

6.1 Configuration of the test line

A straight line approximately 600 m long with seven points shall be established in a horizontal area or in an area with a constant slight slope (see Figure 3). The points shall be stable during the test measurements. In order to obtain representative values for the experimental standard deviation, s , and the zero-point correction, δ , these points shall be selected in such a way that the parts of the measured distances determined by phase measurement with the fine frequency are evenly distributed over the unit length (measuring scale) of the EDM instrument.

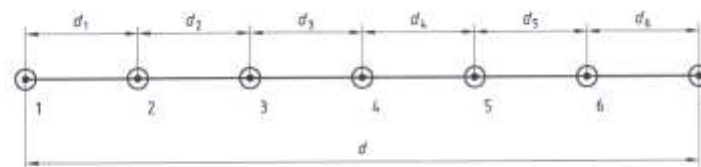


Figure 3 — Configuration of the test line for the full test procedure

Totální stanice – měření délek

Accuracy (standard deviation ISO 17123-4) / Measure time

Precise mode:	0.6 mm + 1 ppm / typ. 7 s ¹⁾
Standard mode:	1 mm + 1 ppm / typ. 2.4 s
Fast mode:	3 mm + 1 ppm / typ. 0.8 s
Tracking/SynchroTrack mode:	3 mm + 1 ppm / typ. < 0.15 s
Averaging mode:	1 mm + 1 ppm
Display resolution:	0.1 mm

1) atm. conditions type C, range up to 1000 m, GPH1P reflector

2) Distance > 10 m, target aligned to instrument



- when it has to be right



Totální stanice TS30/TM30 elektrooptický dálkoměr

0,6mm+1ppm (GPH1P)

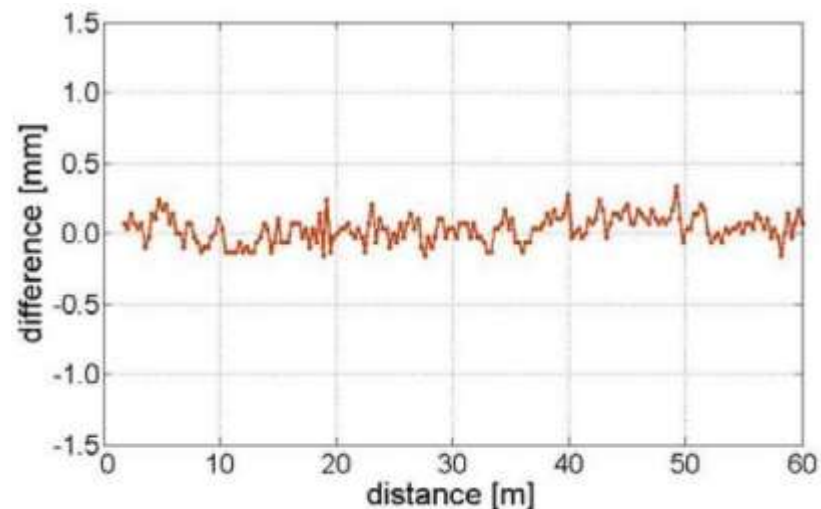
ISO 171123-4

PinPoint EDM

658 nm, modulační frekvence 100 MHz

Systém vybírá měřicí frekvence v závislosti na podmínkách měření a používá další frekvence k eliminaci druhotných odrazů.

Vysoká přesnost a spolehlivost i za zhoršených atmosférických podmínek



- when it has to be right

Leica
Geosystems

Totální stanice TS30/TM30 měření bez hranolu

2mm+2ppm

Bez hranolu- bez oparu, objekt ve
stínu, oblačno (atm. podmínky C)

Systémový analyzátor

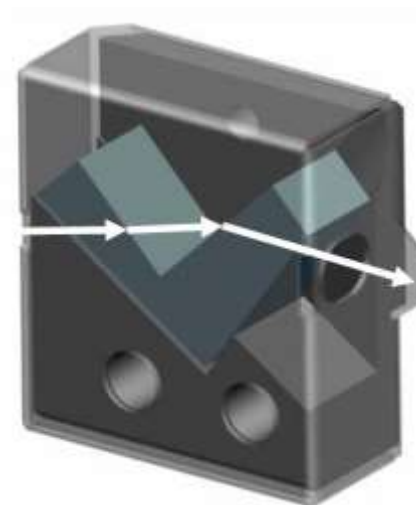
Software využívající celé informace signálů.

Fázová měření i tranzitní časy. Eliminuje
nevýhody fázových i pulzních dálkoměrů .

Zvýšení citlivosti – dosah až 1000m

Zlepšení tvaru laserové stopy – anamorfní čočka

Odstraňuje nehomogenní periferní světlo
laserového paprsku a zlepšuje kvalitu zejména
měření na hranol.









Totální stanice – měření délek –hranol?

Kvalita hranolu ovlivňuje:

- přesnost měřených délek
- přesnost měřených směrů
- odchylka odraženého paprsku $<1''$
(přesnost zpracování - broušení)
- přesnost centrace hranolu- závisí na typu hranolu! 0,3-2,0 mm
- rovnoběžnost osy hranolu a záměry – setup! 2mm/60st.
- kvalita napařené reflexní a antireflexní vrstvy



Totální stanice – měření délek – hranol?

Model:	GPH1P	GPR121	GPR1+GPH1	Mini GMP101	GRZ122	GMP111
Image:						
Material:	Metal	Metal	Plastic	Metal	Metal	Metal
Centring Accuracy:	0,3 mm	1,0 mm	2,0 mm	1,0 mm	2,0 mm	2,0 mm
Reflector Constant	0	0	0	+17,5mm	+23,1 mm	+30 mm

0,3 mm 2,0 mm



GPR121



GPH1P



GMP111



GPR121

Totální stanice – měření délek -shrnutí

Měřická technologie:

TM30: 0,6mm+1ppm (ISO17123-4) na hranol GPH1P

Přesnost centrace hranolu:

GPH1P: 0,3mm

GRP121: 1,0mm

GRP1+GPH1: 2,0mm

Přesnost technologie měření - metody



- when it has to be right



GNSS – měření vektorů

$dF=f(dX,A,Kor.)$

Statistické zpracování - RTK

Výsledná „měřená“ hodnota:

Vektor: (dX, dY, dZ)

Střední chyba

+

Spolehlivost (pravděpodobnost, že
nedojde k hrubé chybě)



GNSS – měření vektorů



Accuracy (rms) Code differential with DGPS / RTCM ¹	
DGPS / RTCM	Typically 25 cm (rms)
Accuracy (rms) with Real-Time (RTK) ¹	
Standard of compliance	Compliance with ISO17123-8
Rapid static (phase) Static mode after initialization	Horizontal: 5 mm + 0.5 ppm (rms) Vertical: 10 mm + 0.5 ppm (rms)
Kinematic (phase) Moving mode after initialization	Horizontal: 10 mm + 1 ppm (rms) Vertical: 20 mm + 1 ppm (rms)
Accuracy (rms) with Post Processing ¹	
Static (phase) with long observations	Horizontal: 3 mm + 0.1 ppm (rms) Vertical: 3.5 mm + 0.4 ppm (rms)
Static and rapid static (phase)	Horizontal: 5 mm + 0.5 ppm (rms) Vertical: 10 mm + 0.5 ppm (rms)
Kinematic (phase)	Horizontal: 10 mm + 1 ppm (rms) Vertical: 20 mm + 1 ppm (rms)

RTK 10mm+1ppm

2 cm / 10 km

Závisí na:

- počtu satelitů
- geometrii
- překážkách
- ionosféra, multipath (druhotné odrazy)

- ¹ Measurement precision, accuracy and reliability are dependent upon various factors including number of satellites, geometry, obstructions, observation time, ephemeris accuracy, ionospheric conditions, multipath etc. Figures quoted assume normal to favorable conditions. Times required are dependent upon various factors including number of satellites, geometry, ionospheric conditions, multipath etc. **GPS and GLONASS can increase performance and accuracy by up to 30% relative to GPS only.**
- ² Might vary due to atmospheric conditions, signal multipath, obstructions, signal geometry and number of tracked signals.
- ³ Upgrade possibility to 240 channels including GPS L5 and BeiDou.

GLONASS –zlepšení až o 30%

+ Reliability (spolehlivost) lepší než 99,99%



- when it has to be right



GNSS – možnosti zvýšení přesnosti

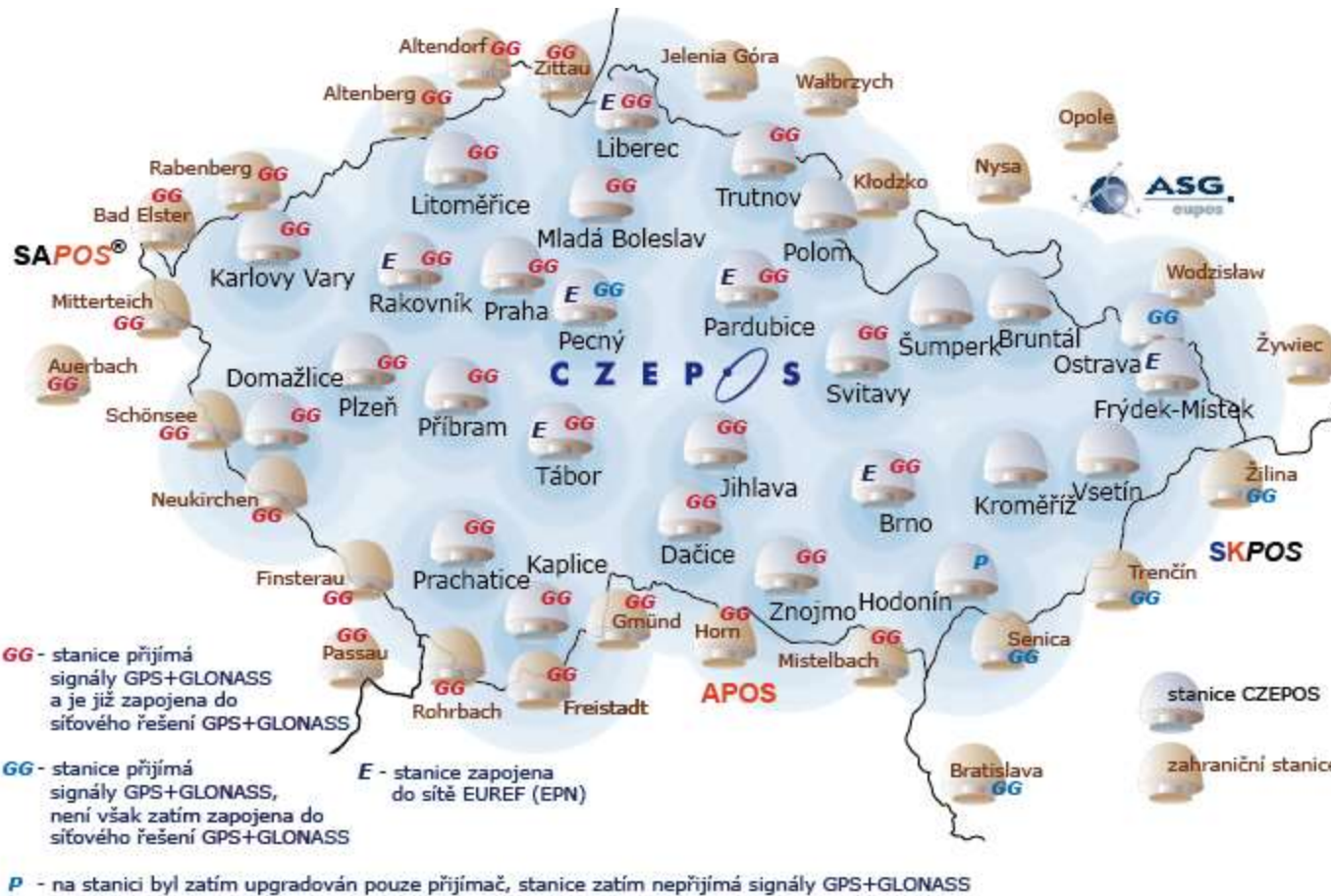
- Krátké vektory s vlastní referenční stanicí do 1-2 km
- Prodloužení observační doby
- Post-processing – použití přesných efemerid, výpočet ionosf. modelu
- Ionosféra – vliv ionosférické refrakce roste s délkou měřeného vektoru



- when it has to be right

Leica
Geosystems

GNSS – síť referenčních stanic



Modelování ionosféry

Prodloužení vektorů až na 30km k nejbližší referenční stanici

20-40 mm polohová přesnost

Výšková přesnost cca 2x horší

Realizace nového souřadného systému ETRS89

Aktuální informace o schválených transformačních programech

Upozornění

1) Na základě doporučení Mezinárodní asociace geodézie (IAG) změnit rámec souřadnicového systému ETRS89 z ETRF89 na ETRF2000 **došlo v ČR dne 2.1.2011, v čase 0:00:00 (GMT)**, GPS Week 1617, GPS Week Number 16170 **k přechodu na novou realizaci souřadnicového systému ETRS89**, která toto doporučení akceptuje. Z toho důvodu po tomto datu není možné pro transformaci mezi ETRS89 a S-JTSK pomocí zpřesněné globální transformace bez volby identických bodů používat transformační programy schválené před tímto datem. V důsledku změny realizace systému ETRS89 došlo ke změně hodnot geocentrických souřadnic všech bodů, kterým byly určeny a v Databázi bodových polí zveřejněny před touto změnou. Při transformaci pomocí výpočtu místních transformačních parametrů je nutno této skutečnosti věnovat náležitou pozornost.

2) S platností od 1.7.2012 je k dispozici zpřesněná verze transformačních tabulek, které jsou součástí doporučeného jednotného postupu pro zpřesněnou globální transformaci mezi novou realizací ETRS89 v ČR a S-JTSK. Platnost programů, které obsahují předchozí verzi transformačních tabulek je ukončena dnem 31.12.2012.

Transformační programy schválené pro transformaci z WGS84 nebo ETRS89 do S-JTSK

(bod 9 přílohy k vyhlášce č. 31/1995 Sb., ve znění pozdějších předpisů):

A - Transformační programy schválené pouze pro transformaci mezi ETRS89 a S-JTSK bez volby identických bodů pomocí zpřesněné globální transformace

Důsledné používání těchto programů úspěšně předchází vzniku nehomogenit výsledků zeměměřických činností, které při procesu transformace mezi souřadnicovými systémy vznikají v důsledku volby různé konfigurace identických bodů. Efektu lokálního výběru identických bodů je docíleno pomocí implementovaných transformačních tabulek schválených ČÚZK. Uživatel tak nepotřebuje provádět výběr identických bodů individuálně. Hodnoty transformačních tabulek jsou vždy vztahy ke konkrétní realizaci systému ETRS89 a ke konkrétní množině dat, z nichž byly vypočteny. Jednotlivé programy také, především v závislosti na hustotě interpolační mřížky, poskytují různou vnitřní přesnost transformačního procesu. Z toho důvodu je tedy nutné při použití těchto programů věnovat náležitou pozornost jejich přesnosti a časovému vymezení jejich možného použití.

globální transformace

[Programy použitelné pro data získaná pomocí GNSS před 2.1.2011](#)

[Programy použitelné pro data získaná pomocí GNSS v období od 2.1.2011 do 31.12.2012](#)

[Programy použitelné pro data získaná pomocí GNSS v období od 1.7.2012](#)

	CZ_JT13 Nový globální transformační klíč Pro přístroje a programy Leica Geosystems	 Zastoupení Leica Geosystems pro ČR
Návod k zavedení a používání		22.6.2012



$m_p = 0,035 \text{ m}$

- when it has to be right

Leica
Geosystems

GNSS– měření vektorů -shrnutí

Měřická technologie:

GNSS Viva RTK (polohová přesnost):

10mm+1ppm

Možnost zvýšení přesnosti....

Polohová přesnost měření v síti ref. stanic:

20-40 mm

Přesnost globální transformace:

35 mm

Lokální transformace, lokální souř.systém...



GNSS – nové metody? PPP

Precise Point Positioning – PPP

Není diferenční metoda.

Vyžaduje pouze observace + znalost přesných drah a hodin družic (např. služba IGS-RT).

Zatím není „real-time“ metoda – 15-30min pro dosažení cm přesnosti .

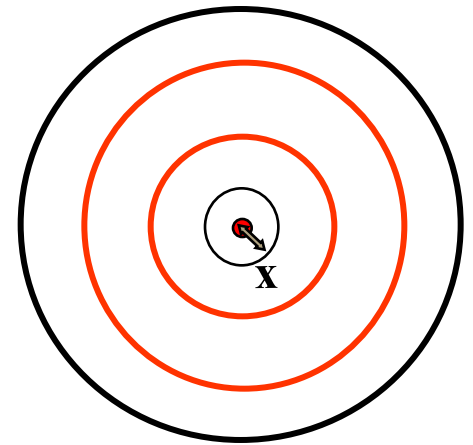
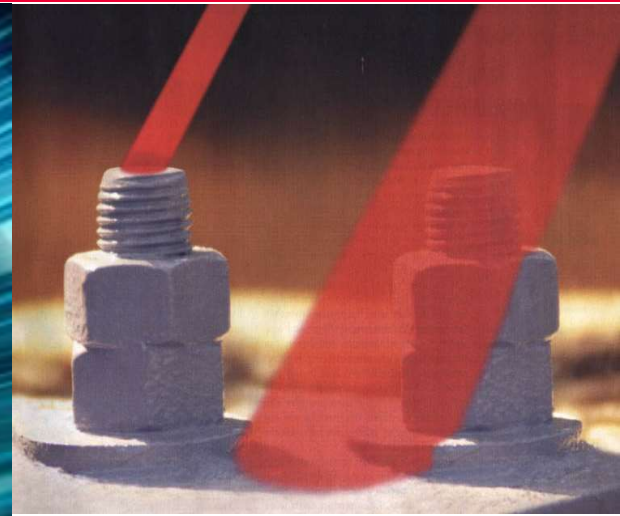
Testy s PPP- RTK - ve stádiu výzkumu

Není zatím zavedenou GNSS technologií



- when it has to be right





Přesnost a zdroje chyb laserového skenování



- when it has to be right



Problém:

Neexistuje žádný standard pro posuzování přesnosti laserových skenerů jako např. pro totální stanice nebo GPS



- when it has to be right



Přesnost skenovacího projektu je funkcí několika faktorů

Přesnost jednotlivých bodů

- Chyba délek
- Chyba výškových úhlů
- Chyba vodorovných úhlů

Velikost laserové stopy

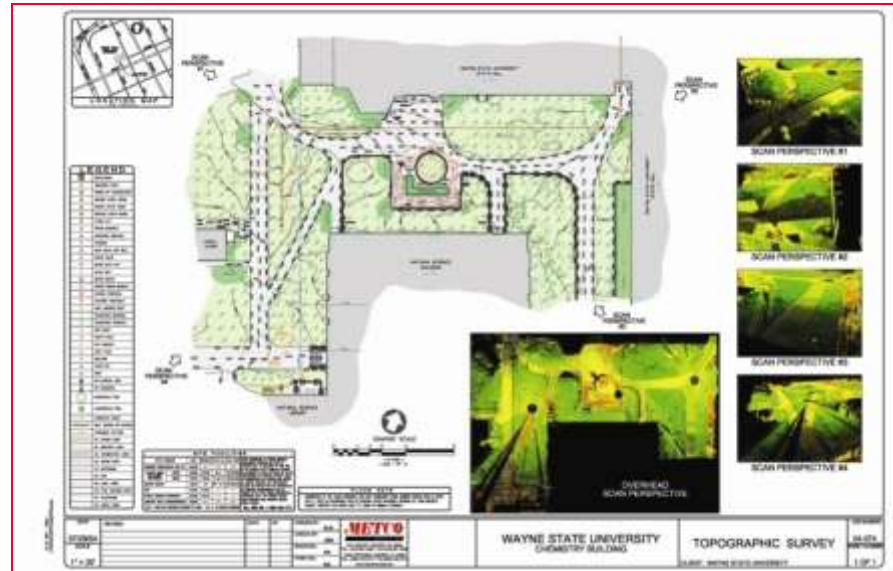
“Šum” skenování

Hustota skenování

Přesnost geo-reference

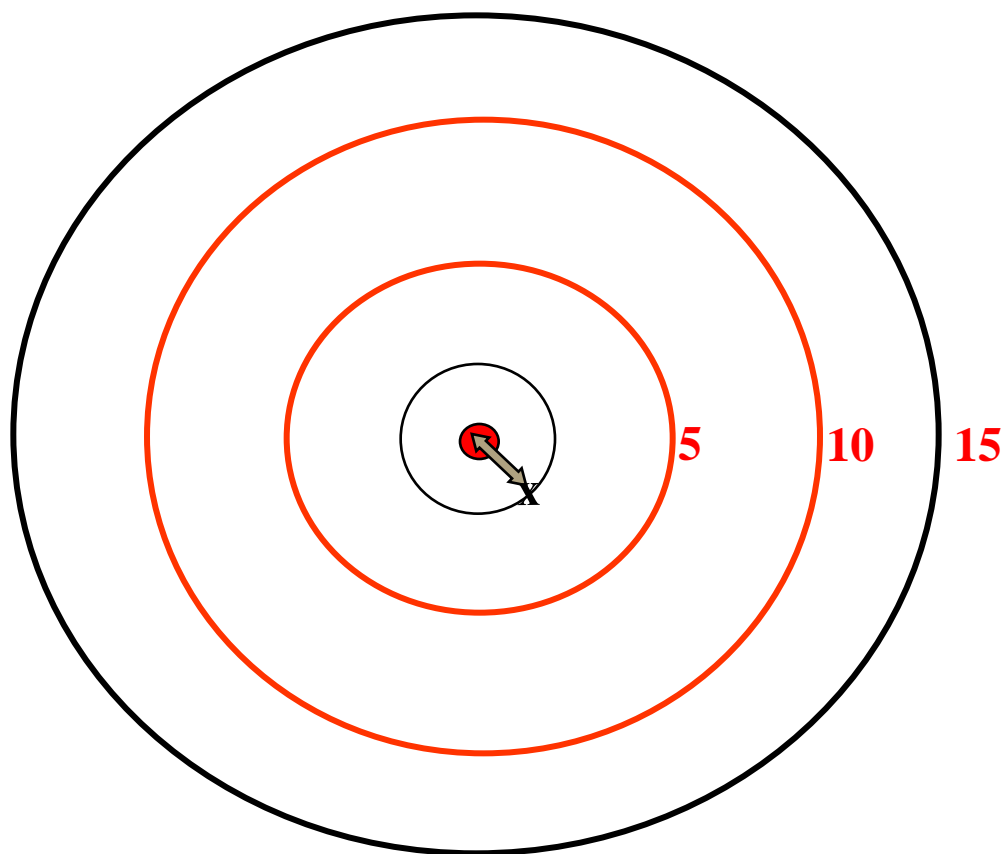
Algoritmus registrace

Algoritmus aproximace (Fitting)



Přesnost jednotlivých bodů:

Jak blízko mají jednotlivá měření k realitě



Přesnost jednotlivých bodů:

Závisí na přesnosti měřených délek a Hz i V úhlů

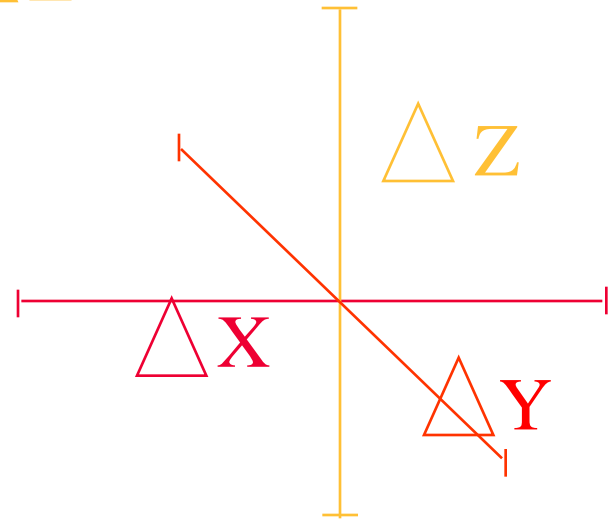
Kvadratický součet chyb ve všech směrech, úhlové chyby přepočteny na délkové v určité vzdálenosti:

$$\Delta S = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}$$

$\Delta X =$ Chyba Hz úhlu

$\Delta Y =$ Chyba délky

$\Delta Z =$ Chyba V úhlu



Přesnost závisí na metodě měření

Pulzní (Time-of-flight)

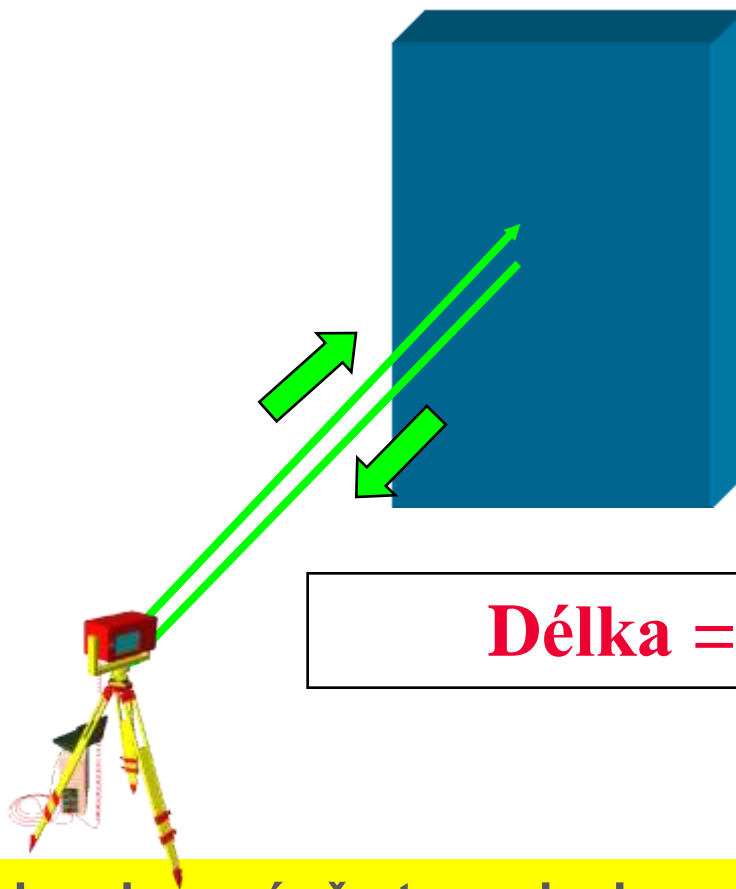
Fázové



- when it has to be right



Pulzní (time-of-flight) měření:



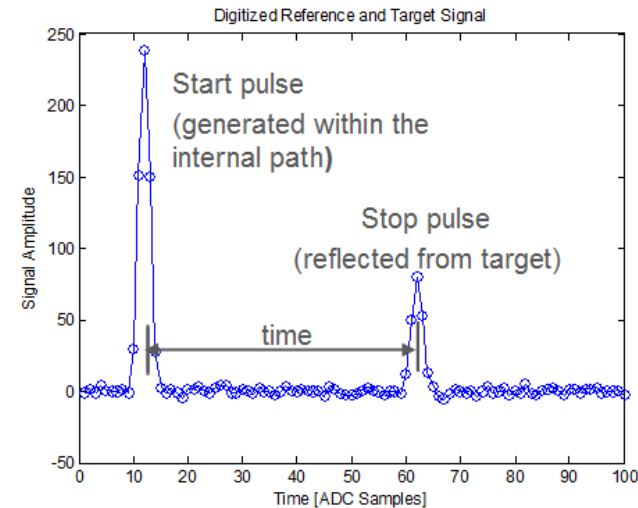
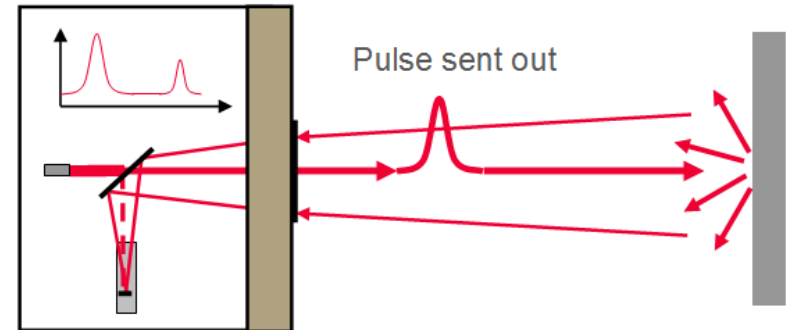
$$\text{Délka} = C \times \Delta T \div 2$$

- **Výhody:** velký dosah = méně stanovisek, menší šum, vyšší přesnost
- **Nevýhody:** nižší rychlost, kromě...!

Leica ScanStation P20 s technologií Waveform Digitising (WFD)



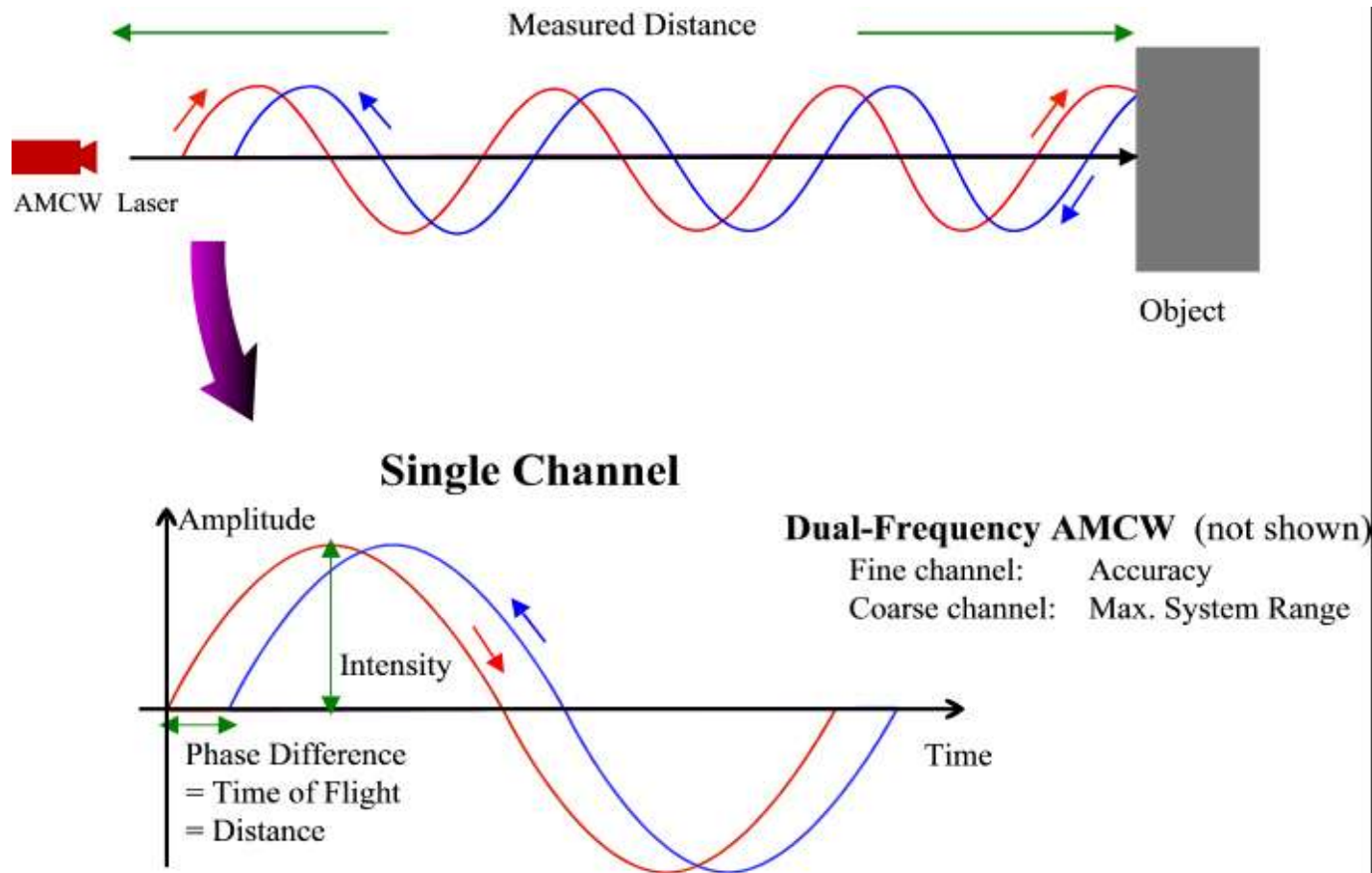
- V každém pulzu je zakódováno „ID“
- Díky tomu nemusí systém čekat na návrat pulzu
- Tím se dosahuje rychlosti až 1 milión b/s
- Při zachování přesnějšího pulzního principu měření



- when it has to be right



Fázové měření: kontinuální



- **Výhoda: rychlejší (ovšem překonáno s WFD!)**
- **Nevýhody: kratší dosah, více šumu, nižší přesnost**

Příklad: Leica ScanStation P20 @ 50 m (pulzní skener s WFD)

$$\sqrt{2^2 + 1^2 + 2^2} = \sqrt{9} = \underline{< 3 \text{ mm}}$$

$\Delta X = 8'' \sim 2 \text{ mm @ } 50 \text{ m}$

$\Delta Y = 1 \text{ mm}$ délková chyba

$\Delta Z = 8'' \sim 2 \text{ mm @ } 50 \text{ m}$

Úhlová přesnost = $8'' = 39 \mu\text{rad}$
 $39 \mu\text{rad} \sim < 2 \text{ mm @ } 50 \text{ m}$



- when it has to be right

Leica
Geosystems



Pozor: Specifikace přesnosti bodů se někdy neuvádí

“Přesnost jednotlivých bodů” nemusí být vůbec uváděna

Individuální složky chyb (délek, Hz a V úhlů) nemusí být také vůbec uváděny

Někdy se uvádí jen “rozlišení” (např., “délkové rozlišení” nebo “úhlové rozlišení”), ovšem to není přesnost!

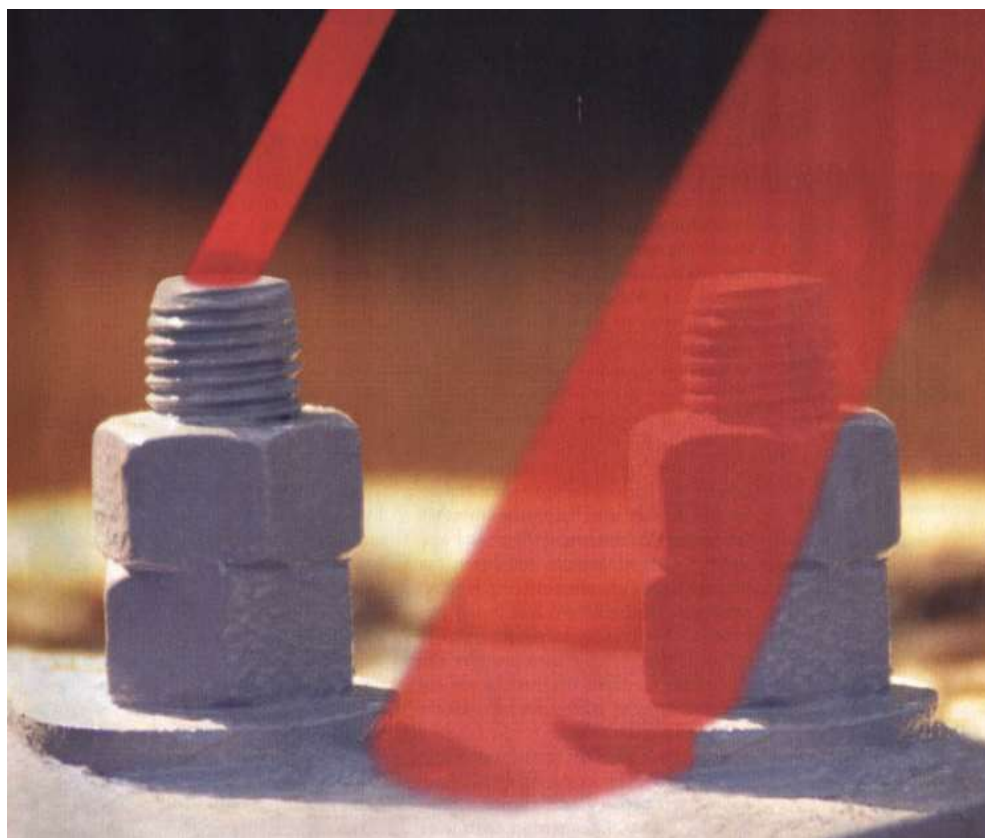


Úhlová přesnost
zásadně ovlivňuje
přesnost skenování

rozlišení \neq přesnost

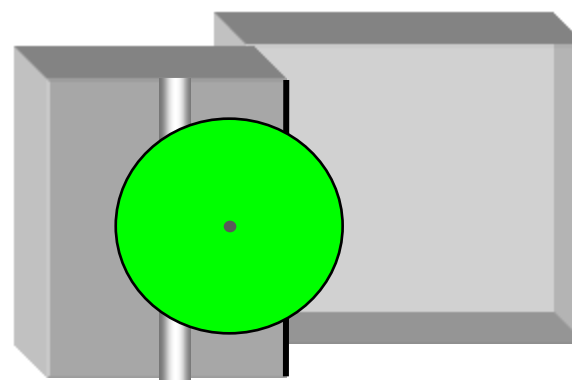
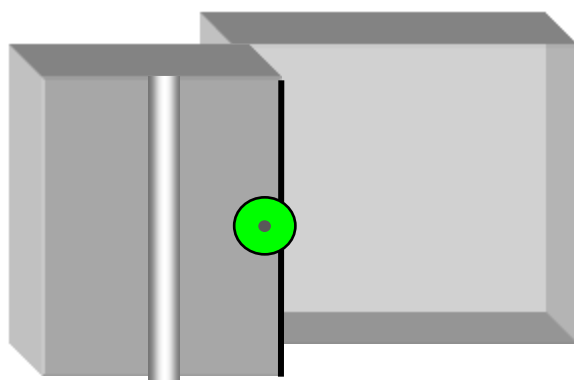
Velikost laserové stopy

Může ovlivnit přesnost jednotlivých měření

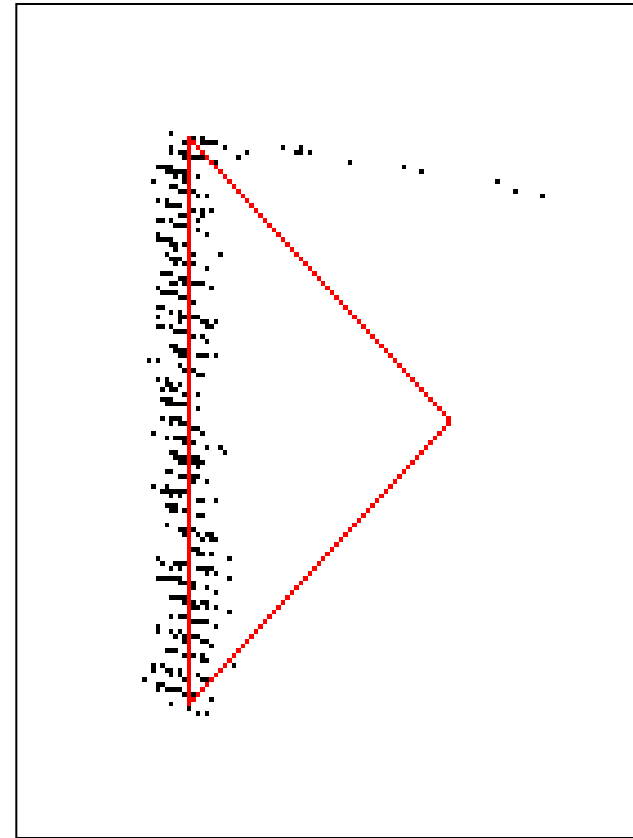
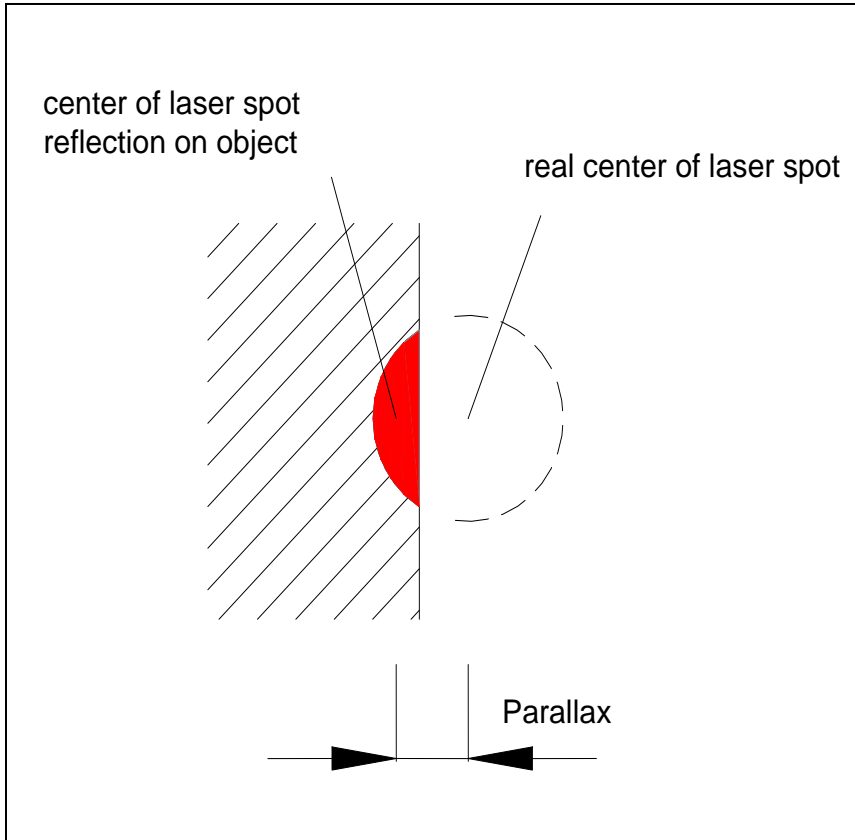


Výhody malé laserové stopy

- ✓ Přesnost
- ✓ Schopnost vystižení detailů, hran, změny tvarů
- ✓ Schopnost proniknutí přes složitě strukturované objekty

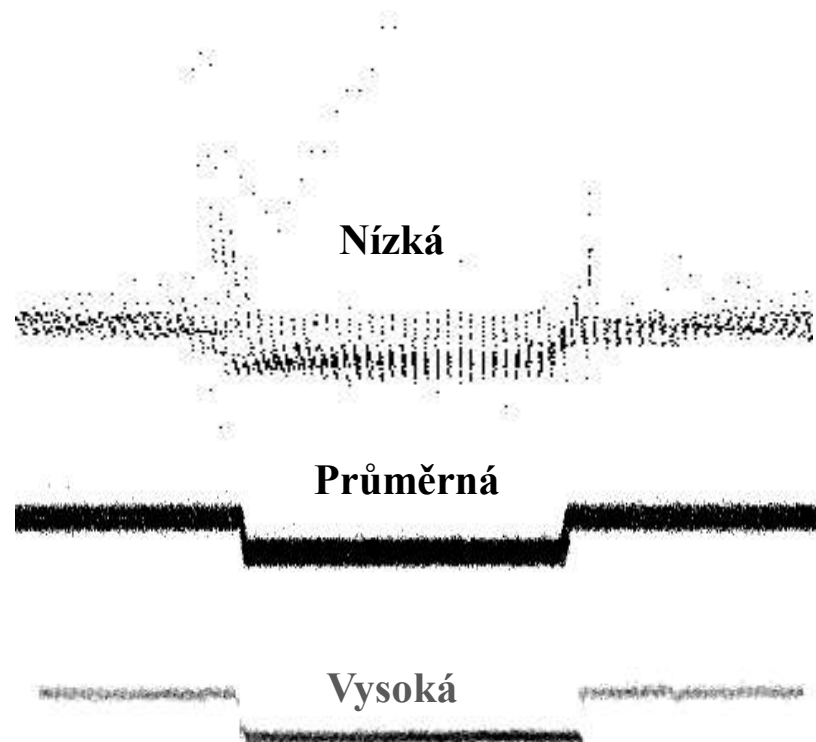
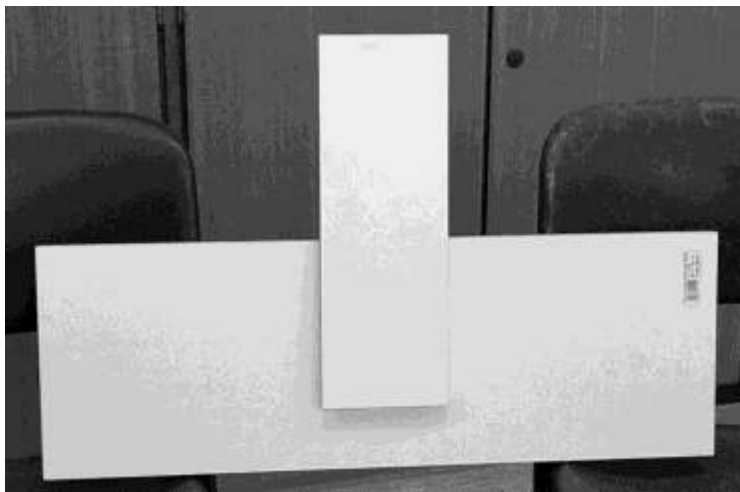


Problémy na hranách



- Hrany způsobují problémy u všech typů laserových skenerů

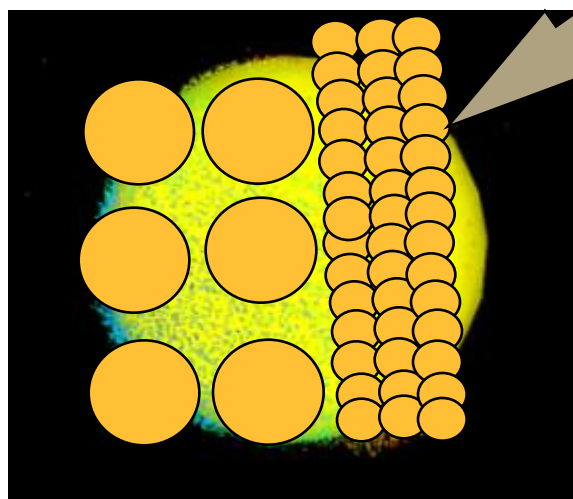
Terč pro hodnocení kvality na hranách



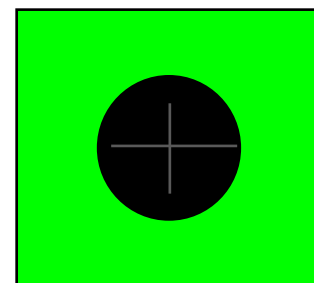
Přesnější určení polohy terčů pro registraci a georeferenci

Doporučené doskenování terčů = vzdálenost bodů 1,5 mm

**Malá stopa a
hustý sken
umožňuje
přesnější určení
středu terče!**



**Sférický
terč**



**Plochý
terč**

Leica ScanStation P20

Přesnost určení terčů



- Existuje procedura pro doskenování terčů
- Probíhá ve dvou různých hustotách
- Skener má algoritmus pro vyhodnocení 3D polohy terče s přesností na 2 mm.
- Zásadně se tím zpřesňuje spojení a umístění mračen



- when it has to be right

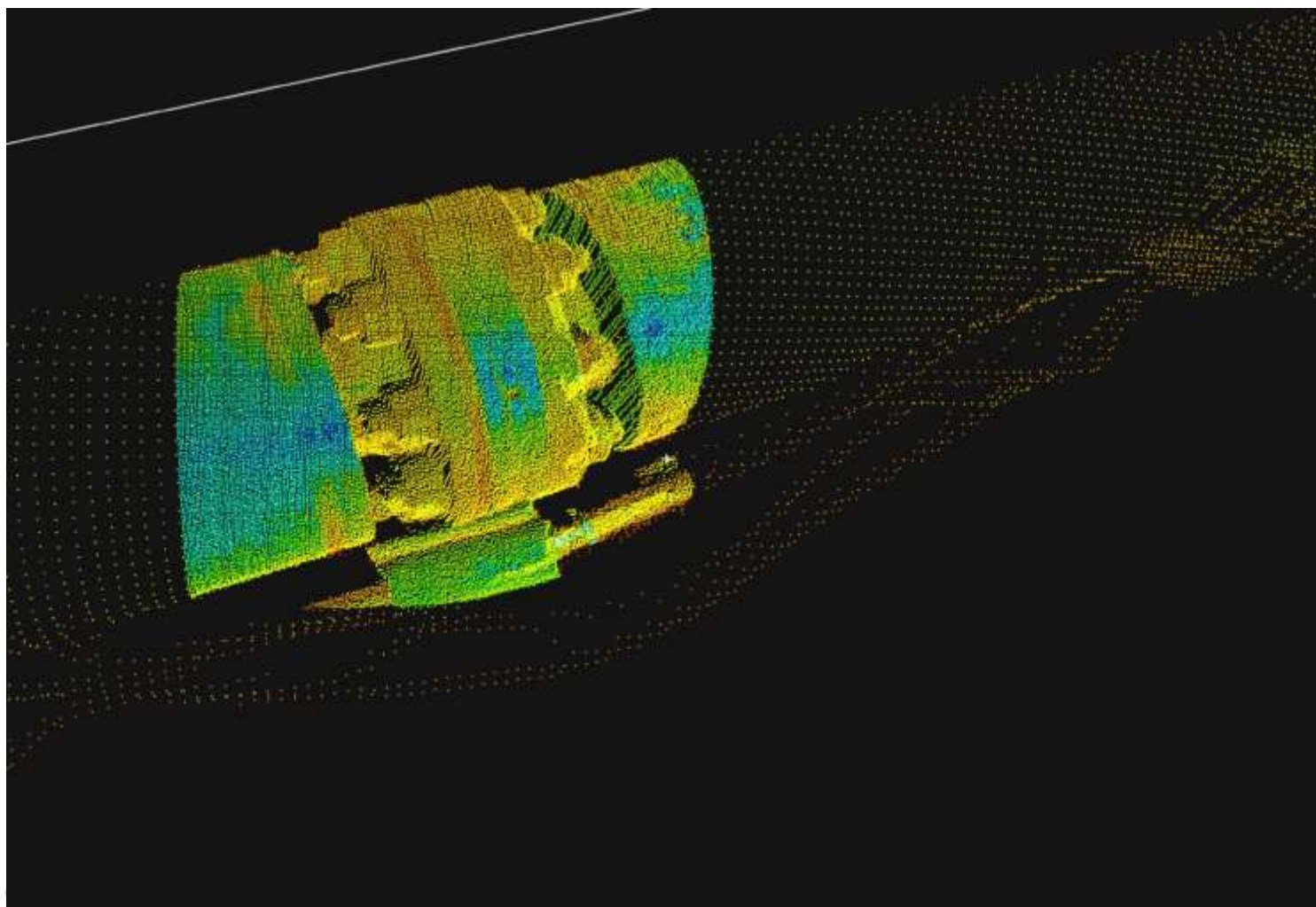
Leica
Geosystems

Hustota skenování: jak ovlivňuje vystižení tvaru

Vyšší hustota skenování umožňuje modelování menších detailů, např. rohů, malých potrubních prvků atd.



Např. vysoká hustota skenování se používá pro přesné zachycení přírub a dalších spojovacích prvků potrubí



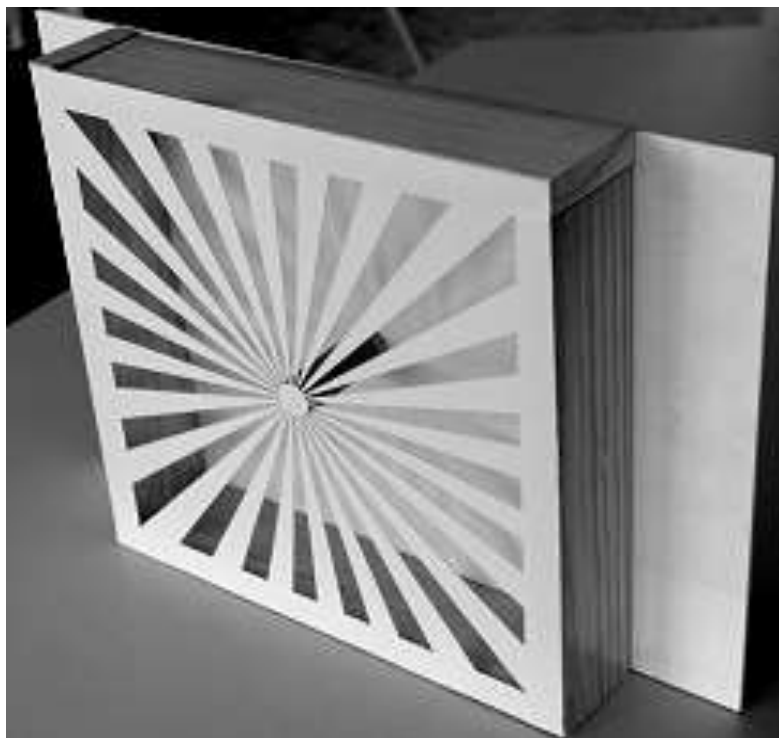
Schopnost vystižení tvaru je funkcí tří parametrů:

Přesnost jednotlivých bodů + hustota skenování + velikost stopy

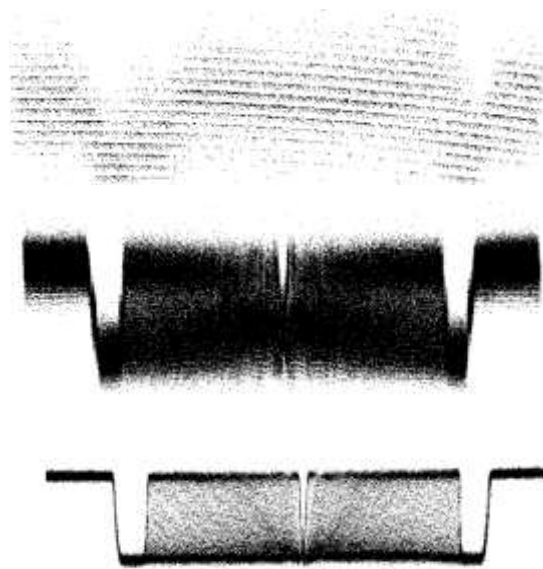
Vyšší bodová přesnost je lepší!

Vyšší hustota je lepší!

Menší stopa je lepší!



Testovací přípravek FH Mainz



Skener A

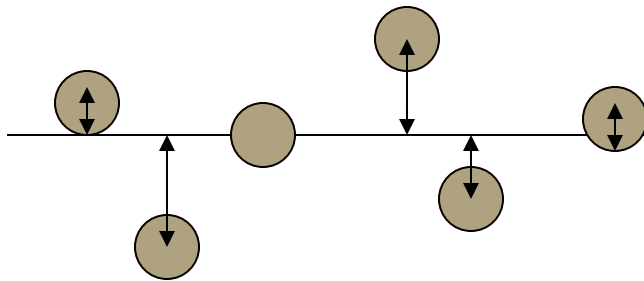
Skener B

Skener C

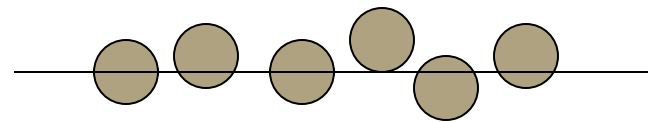
ve 22 metrech

“Šum měření” neboli “přesnost modelované plochy”

“Délkový šum” je míra opakovatelnosti, NIKOLI přesnosti měření



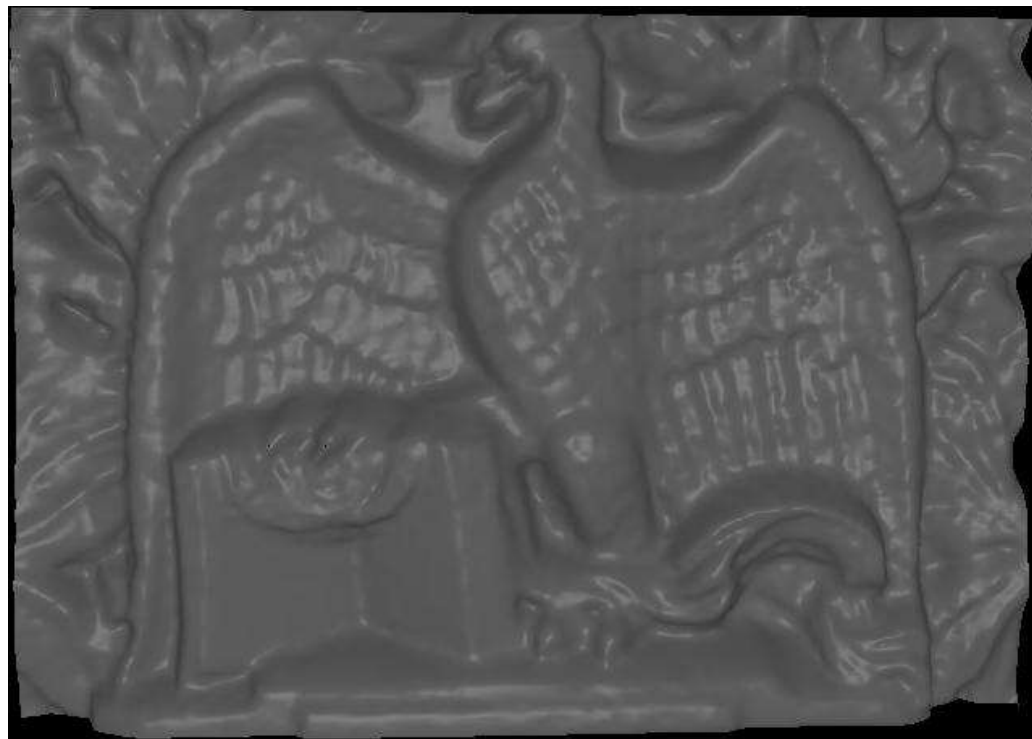
Vysoký délkový šum



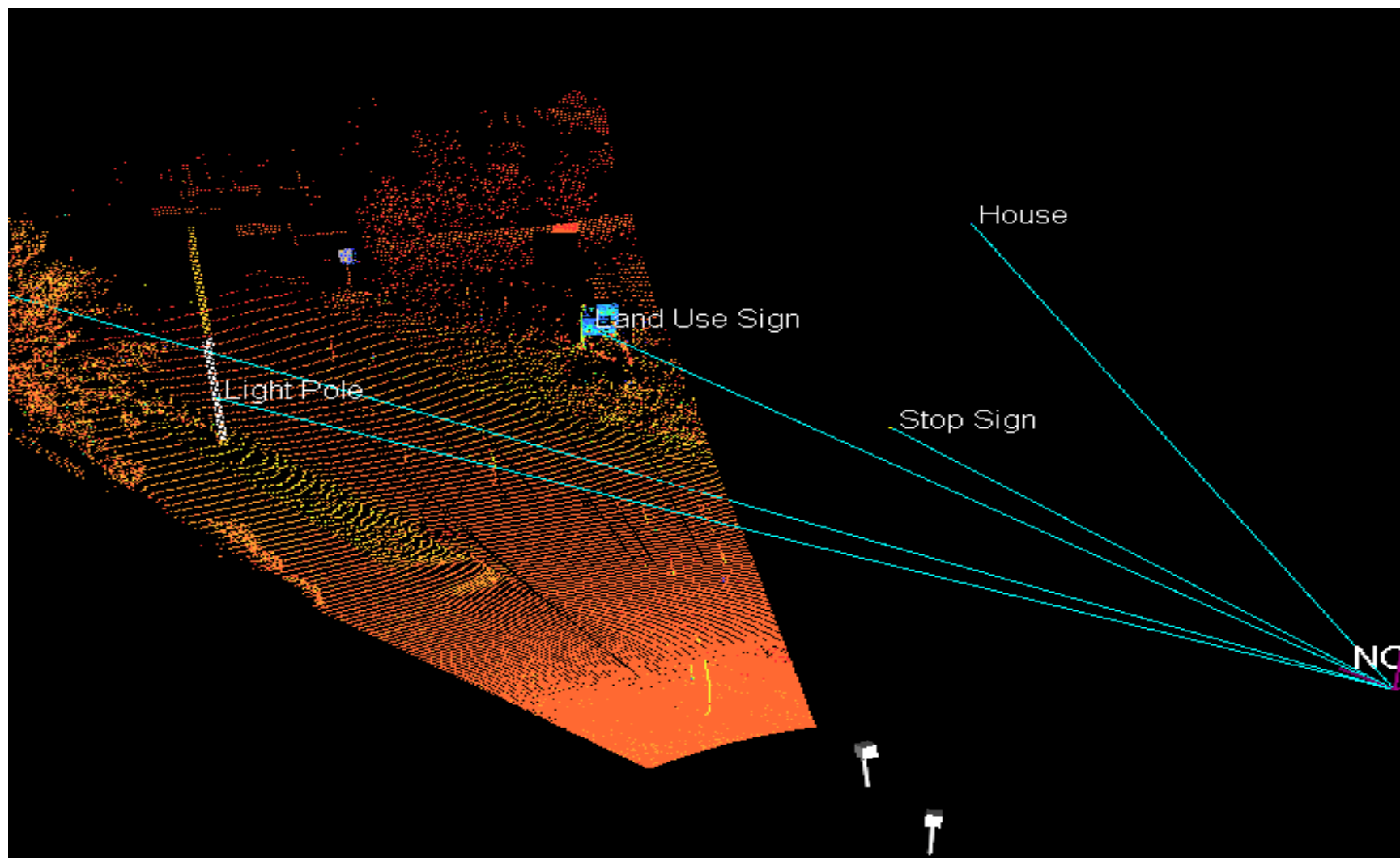
Nízký délkový šum

Délkový šum: vliv na přesnost

Nízký šum je dobrý hlavně pro modelování povrchů (tj. pro trojúhelníkové modely)



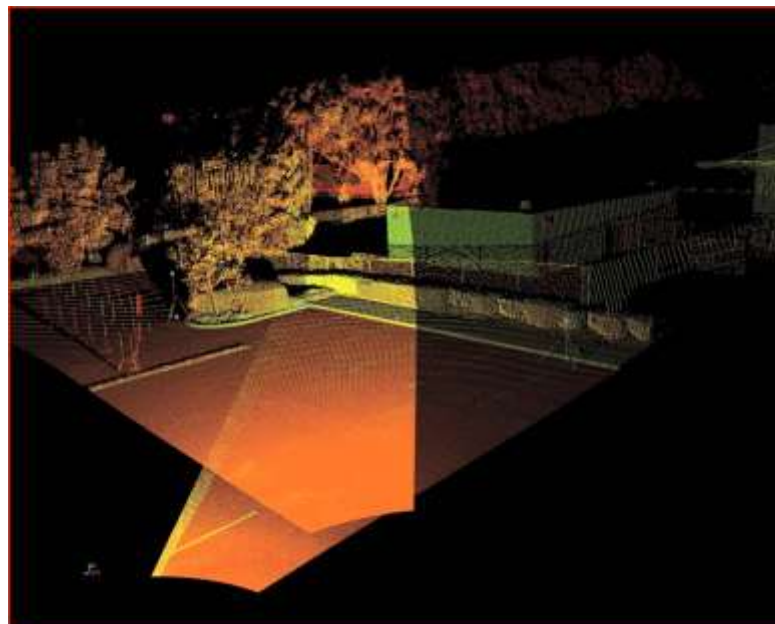
Přesná geo-reference vyžaduje přesné měření terčů



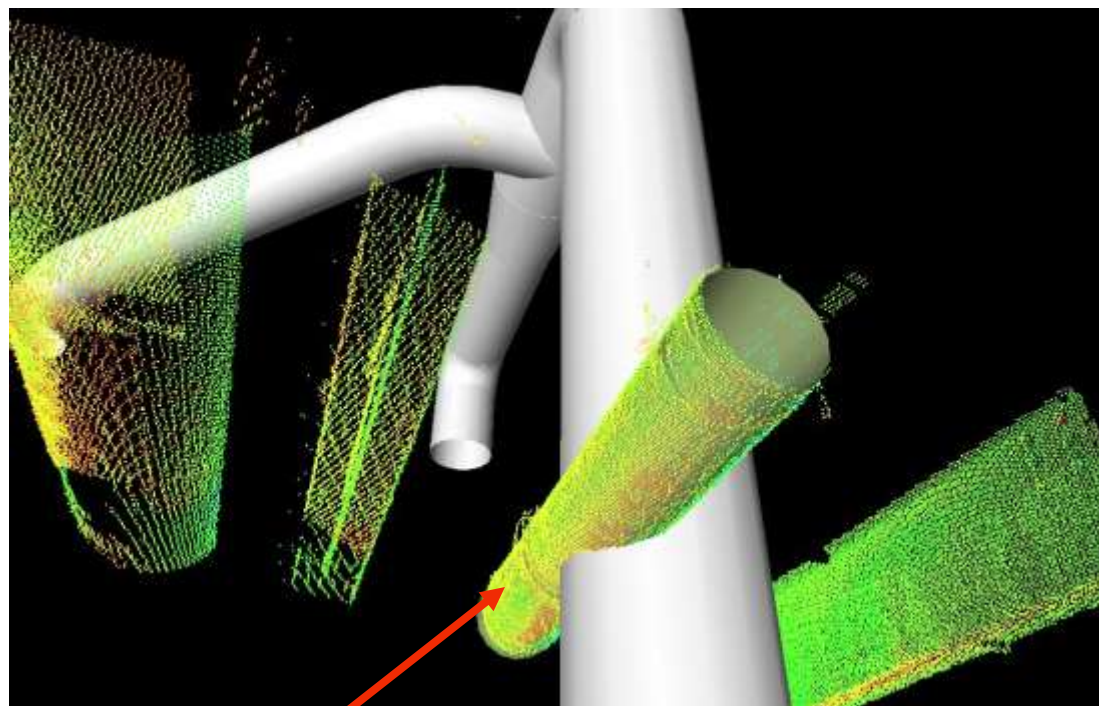
Přesnost registrace

Je funkcí:

1. Přesnosti naskenování a určení středu terčů
2. Nezávislého zaměření terčů (totální stanicí)
3. Schopnosti registračního software (hlavně cloud-to-cloud algoritmů vyhodnocujících překryty z různých stanovisek)



Aproximační „Fitting“ algoritmy



Např. mračno -> válec (potrubí)

Shrnutí

Celkovou přesnost skenovacích projektů lze vylepšit:

Vlastnostmi skeneru:

- Lepší 3D přesností měření jednotlivých bodů
- Menší měřickou laserovou stopou
- Menším “šumem”
- Hustšími skeny
- Přesnějším zaměřením registračních terčů

Vlastnostmi softwaru:

- Lepšími algoritmy registrace, zejména cloud-to-cloud
- Lepšími „fitting“ algoritmy
- Lepšími pracovní postupy a kontrolou



- when it has to be right



Integrovaný systém - Multistation MS50

Měření úhlů a délek s integrovaným skenováním

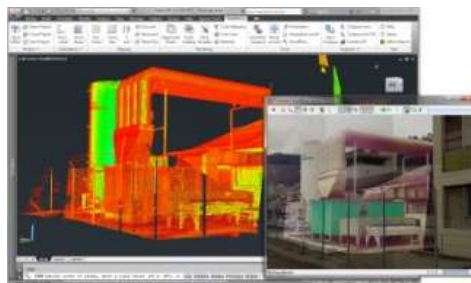
- 1“
- Hranol: **1mm** +1,5ppm / < 10km
- Bez hranolu: 2mm+2ppm / <2km
- **Skenování**: šum 1mm / **1000 bodů/s** / 300m

+ piezo servomotory, autofokus, imaging

+ SmartWorx Viva, integrace **GNSS**

SmartStation, SmartPole

+ On-line monitoring ploch a struktur - GeoMOS



- when it has to be right

Leica
Geosystems

Shrnutí

Celkovou přesnost skenovacích projektů lze vylepšit:

Vlastnostmi skeneru:

- Lepší 3D přesností měření jednotlivých bodů
- Menší měřickou laserovou stopou
- Menším “šumem”
- Hustšími skeny
- Přesnějším zaměřením registračních terčů

Vlastnostmi softwaru:

- Lepšími algoritmy registrace, zejména cloud-to-cloud
- Lepšími „fitting“ algoritmy
- Lepšími pracovní postupy a kontrolou



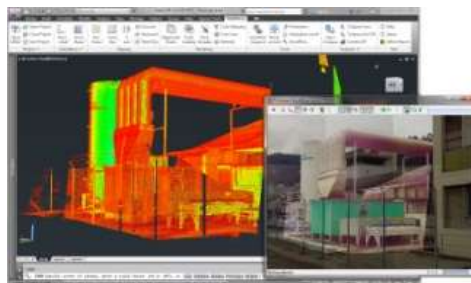
- when it has to be right



Integrovaný systém - Multistation MS50

Měření úhlů a délek s integrovaným skenováním

- Odpadá registrace
- Odpadá zaměření registračních terčů a transformace do lokálního souřadného systému
- Body, linie, plochy, snímky, skeny = 1 zakázka
- WFD technologie skenování (P20)
- GNSS integrováno s MS50 - SmartStation
- **Integrace vede ke zvýšení přesnosti systému**

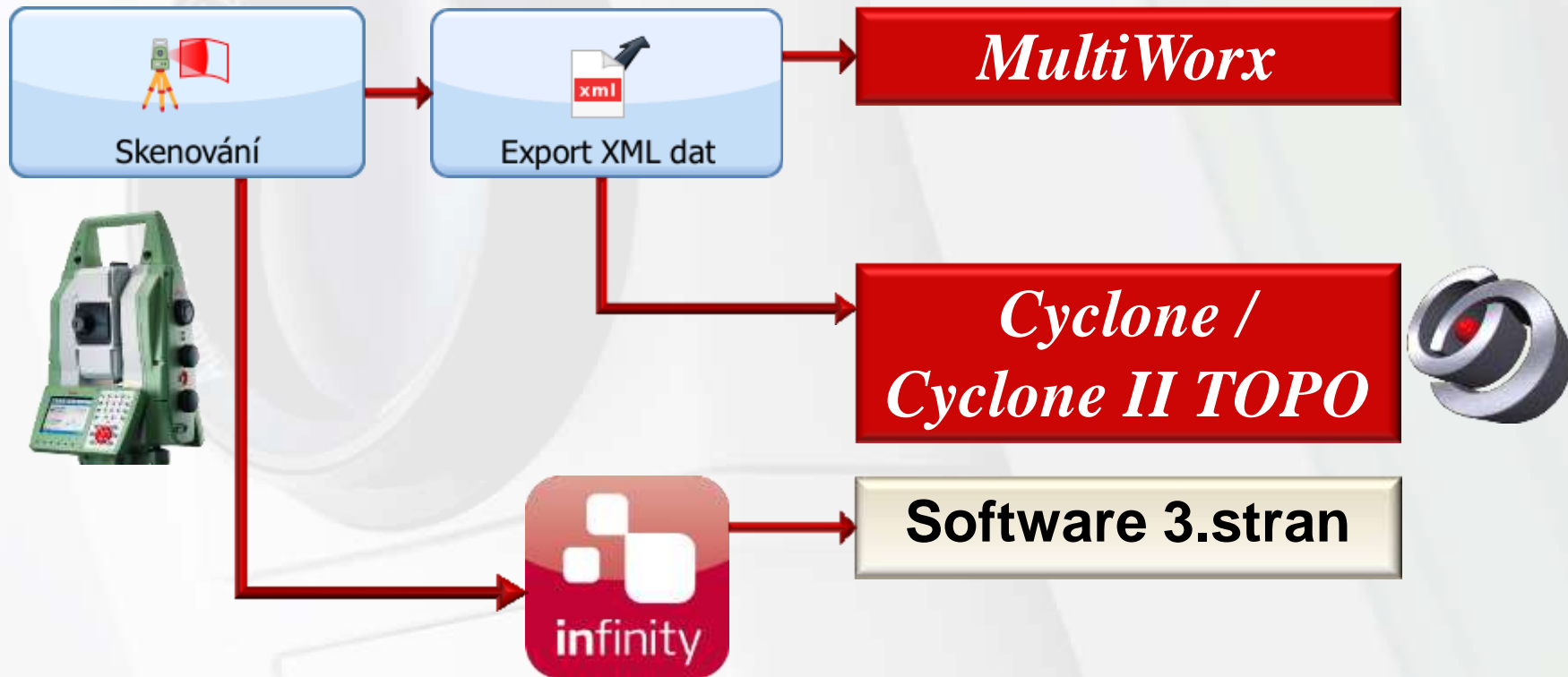


- when it has to be right

Leica
Geosystems

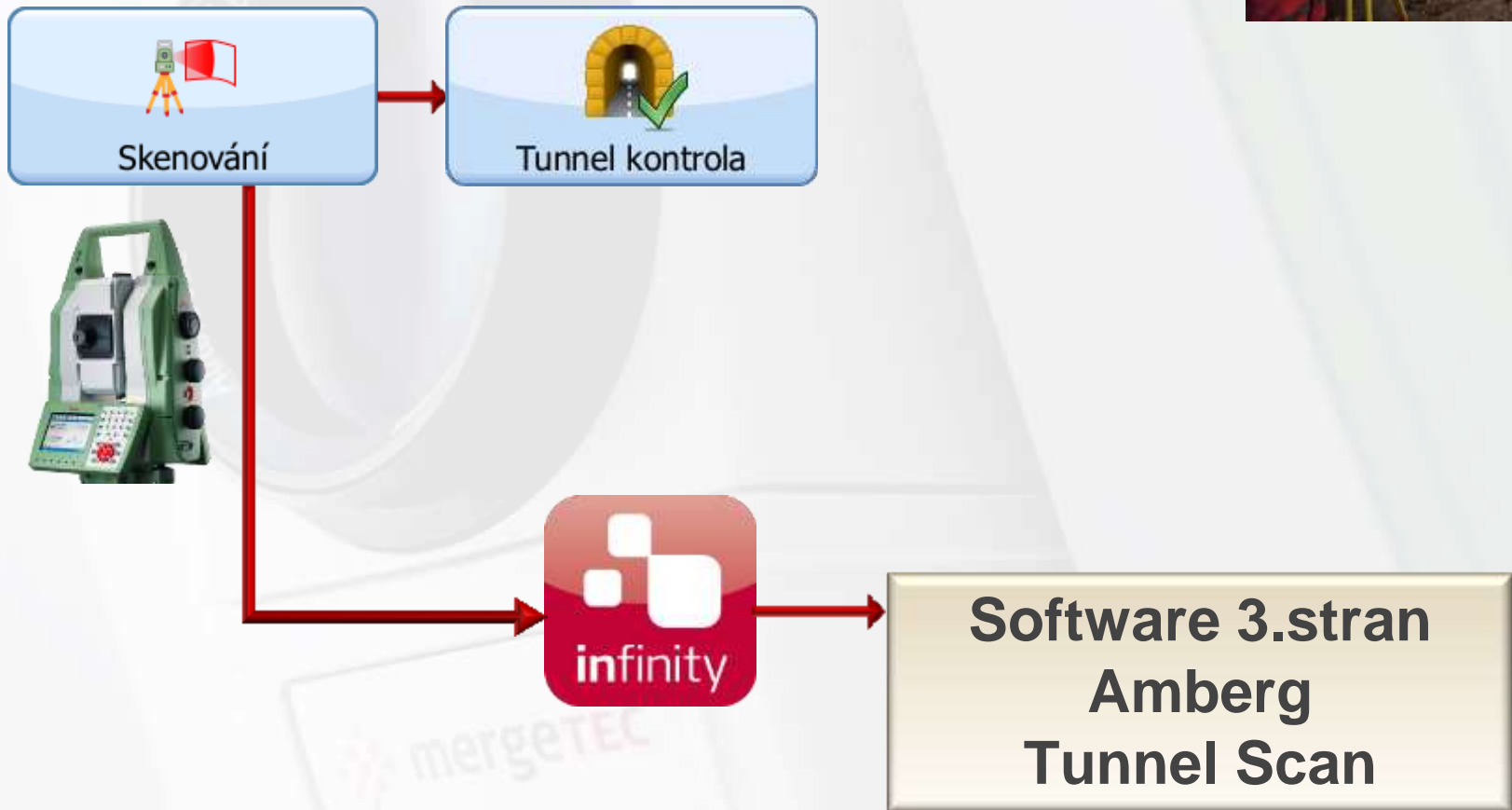
Zaměřování skutečného stavu

Technologická linka



Tunely

Technologická linka



Monitoring

Technologická linka



*GeoMoS
modul Scanning*



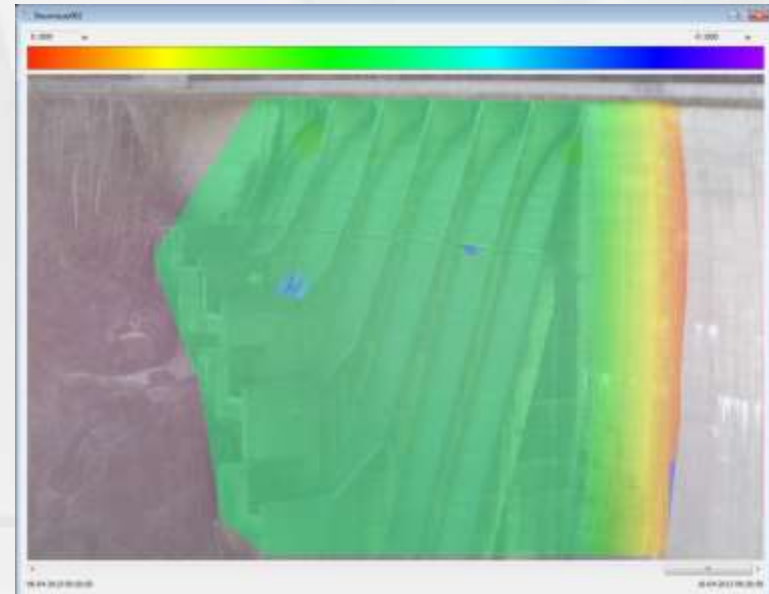
- První řešení na světě využívající mračno bodů pro deformační monitoring
- Umožňuje plošný monitoring nezávislý na definičních bodech

Monitoring

Technologická linka

Výsledky:

- Obrázek vysokého rozlišení - **nVEC**
- E-mail, SMS při dosažení limitů
- Kubatura deformace
- Posuvník pro prohlížení historie
- Výkonná 3D vizualizace

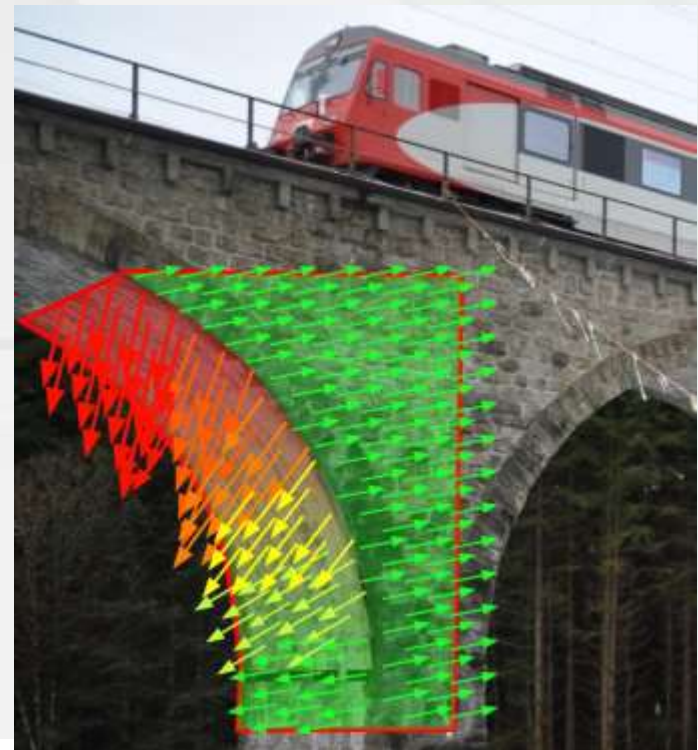


Monitoring

Technologická linka



Možnost rozdělení skenované plochy do segmentů a automatická detekce hran



Test GEFOS a.s.

Co jsme změřili klasicky



- 20 m silnice
- Ve 4 profilech po 3 bodech
- Body byly stabilizovány nastřel.hř.
- Zaměřeny 2x na minihranol GRZ101
- Zaměřeny 2x bez hranolu
- Nivelovány s DNA03



- when it has to be right

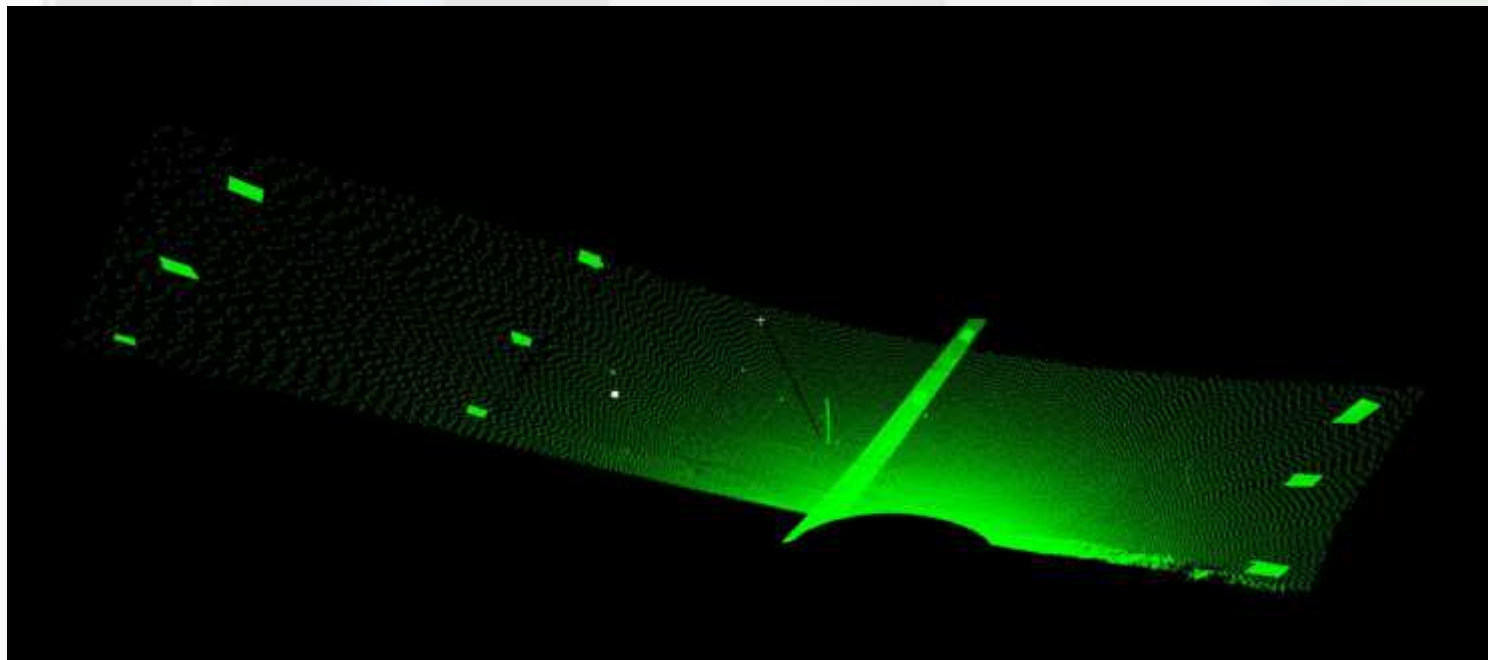


Test GEFOS a.s.



Co jsme naskenovali s MS50

- Celou situaci v rastru 10 x 10 cm
- Jeden profil v rastru 5 x 5 mm
- Blízké okolí bodů v rastru 1 x 1 mm



- when it has to be right

Leica
Geosystems

Test GEFOS a.s.

Co jsme porovnali



- **Referenční souřadnice: aritmetické průměry všech klasických měření na hřeby**
- **Referenční výšky: nivelace s DNA03**
- **Hřeby byly snadno identifikovány v mračně v programu Cyclone díky skenům z MS50 bez šumů**



- when it has to be right

Leica
Geosystems

Test GEFOS a.s.

Velikost hřebu

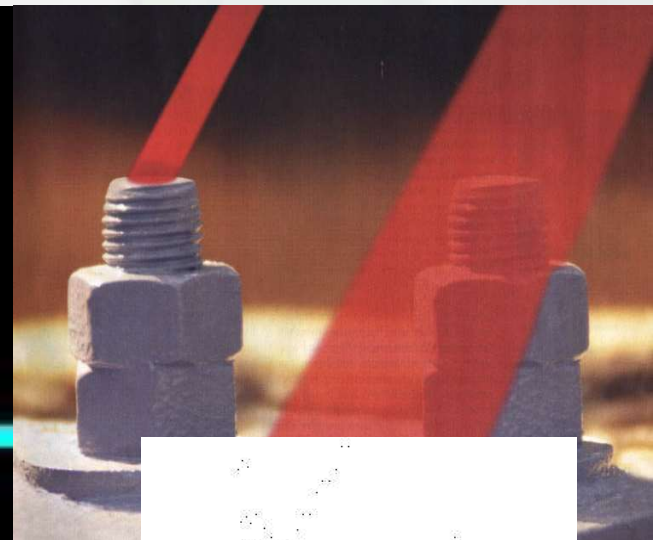


- when it has to be right



Test GEFOS a.s.

Detail hřebu v mračně



en it has to be **right**



- when it has to be **right**

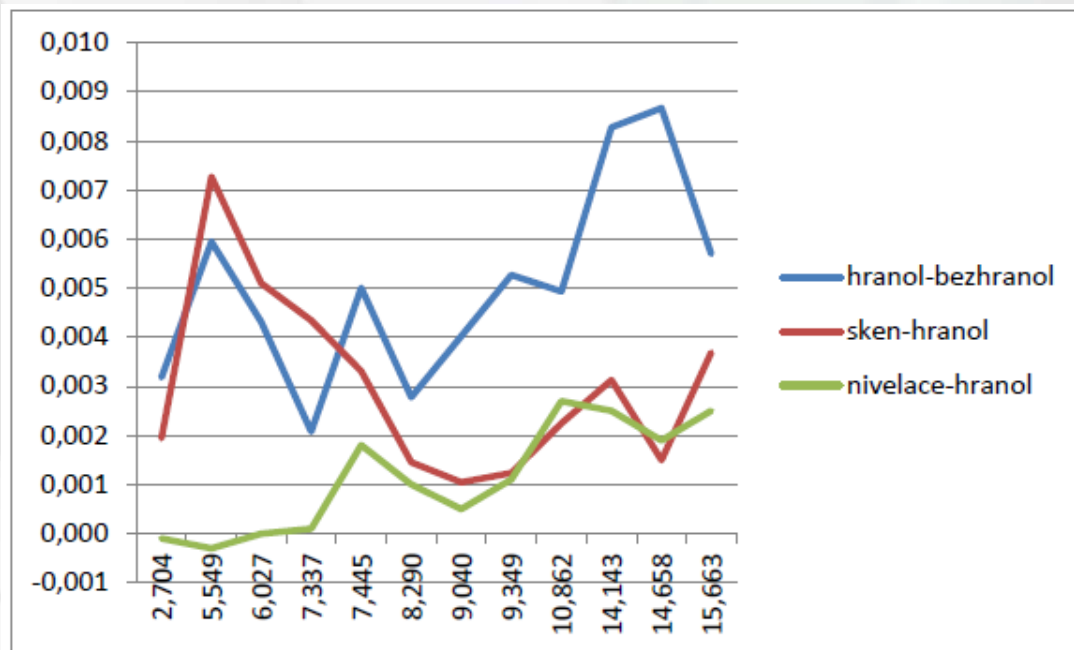


Test GEFOS a.s.

Výsledky



V poloze	Ve výšce
0,004	0,000
0,002	0,000
0,004	0,000
0,003	0,000
0,006	-0,001
0,005	-0,001
0,003	0,000
0,005	-0,001
0,005	-0,001
0,008	-0,001
0,009	-0,001
0,006	-0,001
střední odchylka [m]	
0,005	0,001



- when it has to be right



Test GEFOS a.s.

Závěry



- Skenování vykazuje mimořádně nízký šum
- Přesnost skenování je zcela srovnatelná s bezhranovým měřením
- Za pozornost stojí i střední odchylka 1 mm vzhledem k nivelovaným výškám



- when it has to be right

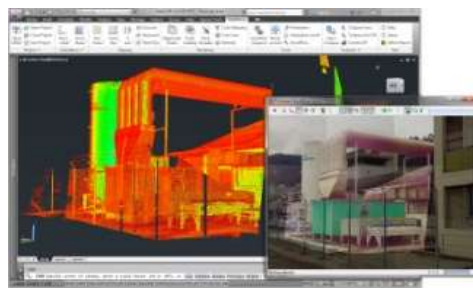
Leica
Geosystems

Přesnost měřických technologií

Shrnutí

- Přesnost technologie – délky, úhly – ISO 17123-3,4
- Vliv příslušenství na přesnost systému
- GNSS – přesnost vektoru / spolehlivost určení vektoru
- Skenování – komplexnější problém
- Integrovaný systém – další krok ke zvýšení přesnosti

Totální stanice vs. **Multi-stanice MS50**

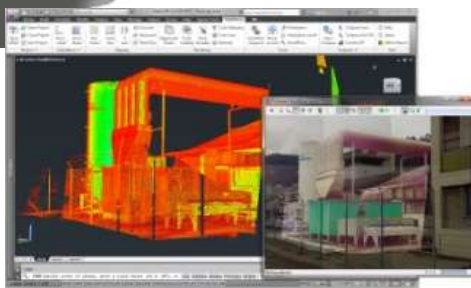


- when it has to be right

Leica
Geosystems



Děkuji za pozornost



- when it has to be right

