

Faktory ovlivňující přesnost GNSS měření

Globální navigační a polohové systémy

Prezentace 7

David Vojtek

Institut geoinformatiky

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Obsah

- Přehled faktorů
- Faktory na straně kosmického a řídicího segmentu
- Faktory působící na signál na cestě
- Faktory na straně přístroje GNSS
- Ostatní faktory



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Výčet faktorů a jejich základní rozdělení

PŘEHLED FAKTORŮ OVLIVŇUJÍCÍCH PŘESNOST GPS MĚŘENÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Úvod

- Polohová přesnost GPS měření od **desítek metrů** až po **milimetry**
- Výsledná polohová přesnost závisí na:
 - Politice ministerstva obrany
 - Technických parametrech kosmického segmentu
 - Vlivu prostředí na šířený signál (Signal in Space ^{SIS})
 - Použitém typu přijímače
 - Postupech měření a zpracování měření



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

FAKTORY PŮSOBÍCÍ NA STRANĚ KOSMICKÉHO A POZEMNÍM SEGMENTU

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Důležitý pojem Age of Data (AOD)

- AOD je stáří dat navigační zprávy od posledního uploadu na družici
- Rozlišují se tři základní intervaly AOD:
 - **Normal operation (cca 1 den)**
 - Short-term extended operation 1 – 14 dní
 - Long-term extended operation



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Nejpřesnější jsou data navigační zprávy v tzv. Zero AOD, bezprostředně po uploadu.

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Přesnost hodin na družici

- Každá družice má určenou chybu hodin a predikci jejího vývoje v čase
- Za správnost opravy odpovídá MCS
- Může být předmětem SA
- Projevuje se chybou v pseudovzdálenosti 0.3 - 4 m
- Chyba hodin (s)
- Posun frekvence oscilátoru (s/s²)
- Posun hodin (s/s)
- Korekce relativistických efektů (s)

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Oprava hodin a AOD

- **Vypočtené hodnoty opravy hodin družice platí jen pro omezený časový interval!**
- Čím větší je AOD tím méně přesnější jsou opravy hodin družice.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Relativistické efekty a čas

- Před startem základní frekvence družice nastavena na 10.22999999543 MHz na Zemi se pak jeví jako 10.23 MHz
- Mírně eliptická dráha způsobuje další relativistický efekt
**oprava výpočtem – chyba 70 ns,
oprava o 21 m**
- Korekce rotace země- tzv. **Sagnac effect, oprava o 30 m**



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Přesnost efemerid

Efemeridy jsou Keplerovské a oskulační elementy oběžných drah družic.

- Slouží k určení polohy družice
- Jsou součástí navigační zprávy
- Čím starší navigační zpráva (velké AOD), tím větší je chyba v určení polohy družice



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Přesnost efemerid

- Polohová chyba tzv. **Broadcasted ephemerid**
cca 1.5 m
- Přepočtená chyba v pseudovzdálenosti
0.8 metrů
- Broadcast ephemeridy je možné nahradit
tzv. **Precise ephemeridy** mezinárodní
služby GNSS (IGS)

Současný trend směřuje k tomu, aby bylo možné nahradit palubní efemeridy efemeridami přesnými v téměř reálném čase - metoda Precise Point Positioning.

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Přehled produktů IGS

Broadcast Orbits	~ 100 cm / ~ 5 ns (15 min)
IGS Ultra Rapid Orbit (před) Real-time	5 cm / ~ 3 ns (15 min)
IGS Ultra Rapid Orbit (obs) po 3 hodinách	~ 3 cm / ~ 150 ps (15 min)
IGS Rapid Orbit po 17 hodinách	2.5 cm / ~ 75 ps (15 / 5 min)
IGS Final Orbit po 13 dnech	2.5 cm / ~ 75 ps (15 / 0.5 min)



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Platnost efemerid

- Platnost je stanovena na rozsahu 2 hodin
Stejně jako oprava hodin SVs
- Získané efemeridy i almanach z navigační zprávy si GPS přístroj ukládá do paměti
- Při vypnutí a zapnutí GPS přístroje v rámci platnosti efemerid, mohou být použité pro navigační výpočet bez dalšího stahování z družice



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Řízení přístupu k signálům z družic

- GPS je především vojenský navigační systém
- Od počátku zabudovány mechanismy pro znepřístupnění některých služeb neautorizovaným uživatelům:
- **Selective Availability (SA)**
selektivní dostupnost
- **Anti-Spoofing (A-S)**



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Selektivní dostupnost (SA)

Jak funguje?

Záměrné zavádění proměnlivých chyb do signálů vysílaných družicemi systému GPS ze strany pozemního segmentu

- Vede k zhoršení přesnosti určování polohy
hranice maximální chyby definované

SPS 1995 definovala zneřesnění - 100 m / 156 m / 340 ns (95%)

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Selektivní dostupnost pseudonáhodné fluktuace hodin

Chyba hodin družice se jeví stejná v daném čase pro všechny přijímače, které k družici měří

- Proto je možné chybu eliminovat měřením alespoň dvou přijímačů k dané družici.
- Metoda **relativního určování** polohy pomocí tzv. jednoduchých diferencí kódových měření
- Metoda **DGPS**

Princip obou metod zpřesňování polohy bude předmětem následující prezentace.

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Selektivní dostupnost

- Při znalosti speciálního dešifrovacího kódu lze v přijímači SA potlačit
- **Kód mají k dispozici autorizovaní uživatelé**
- V roce 1996 příkaz prezidenta USA:
 - Každoročně přezkoumat význam SA
 - Do roku 2006 měla být SA plně deaktivována
- Překvapivě deaktivována v roce 2000
- Okamžité pětinásobné zvýšení přesnosti



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

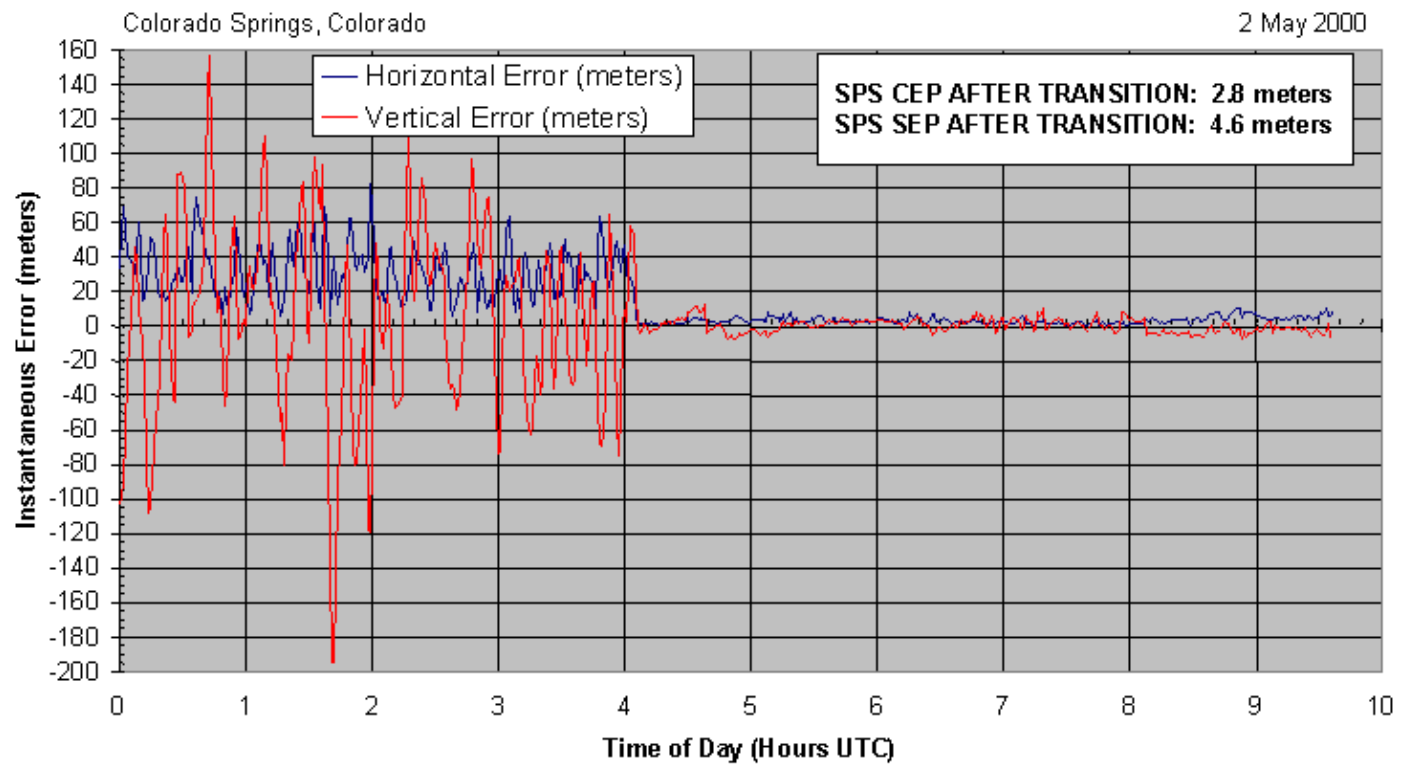
INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



SA Transition -- 2 May 2000



Vypnutí SA 2. května 2000

Zdroj: Space Command

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

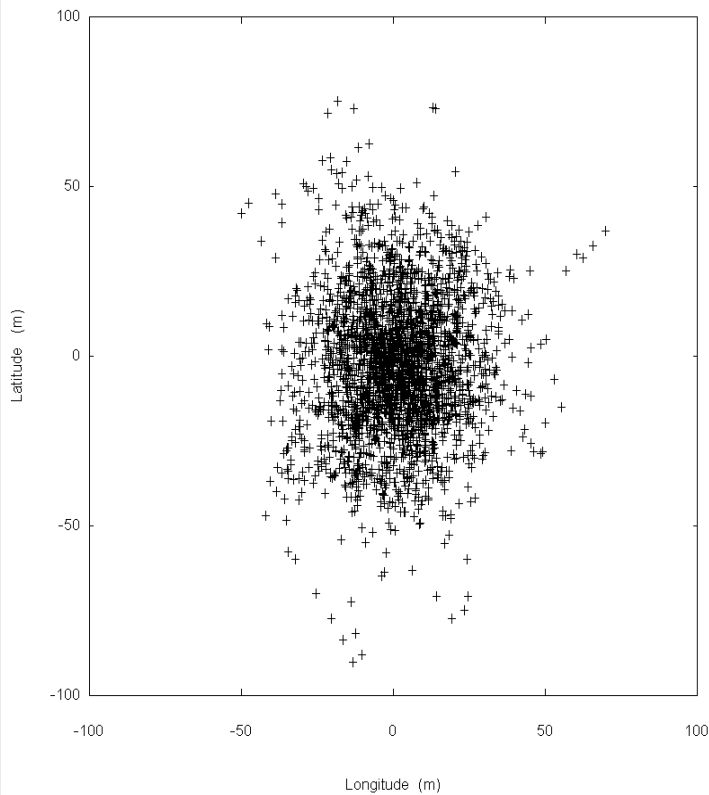


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

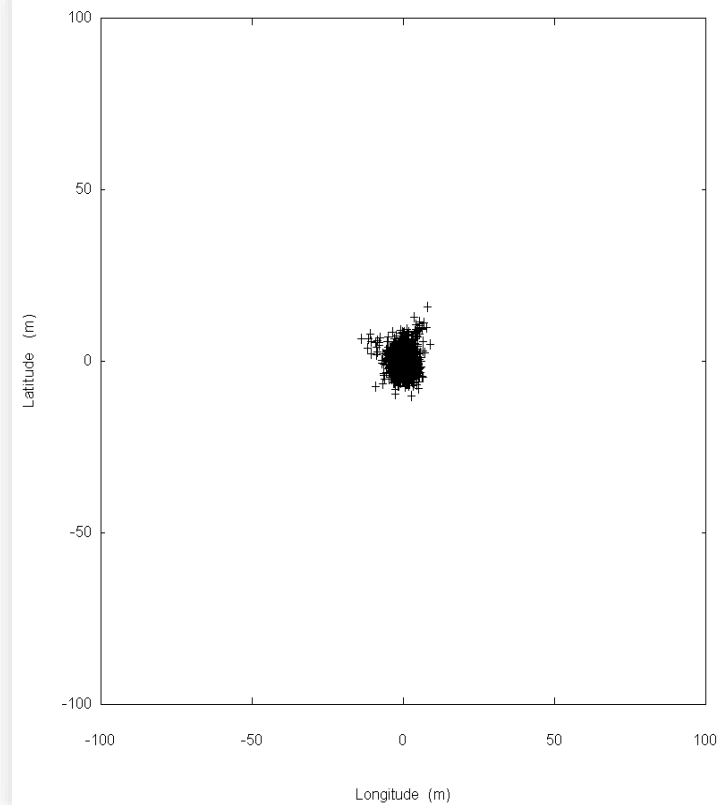


OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ



Zapnutá SA



Vypnutá SA

Vypnutí SA 2. května 2000

Zdroj: Space Command

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Anti-spoofing ochrana proti podvržení signálů

- V případě války by nepřítel mohl začít vysílat klamné signály pomocí tzv. **spoofer**
[spoofing – navádění k nesprávné věci]
- Ochranou je tzv. **Anti-Spoofing**
- P-kód (veřejný) + **W-kód (tajný)** = Y-kód
- Šifrovaný P-kód na Y-kód se nazývá **P(Y)-kód**



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Principy spoofingu

■ Smart spoofer

Sleduje cílový GNSS přijímač a jeho polohu. Generuje signál jako jeden ze signálů družice, který je právě zpracováván. Dělá to tak dlouho dokud jej GNSS přijímač nezachytí a nezačne sledovat místo původního správného slabšího signálu družice. Chytrost spočívá v duplikování PRN kódu.

■ Repeat-back spoofer

Sleduje pomocí směrové antény všechny dostupné družice a odvysílá zesílenou verzi přijatých signálů směrem k cílovému GNSS přijímači. Ve výsledku napadený GNSS přijímač spočte svou polohu jako polohu spooferu s časovým opožděním.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Anti-spoofing v akci

- **Aktivace A-S od ne 31.1.1994**

24 družic Bloku II/IIA v plné konstelaci

Dopad na neautorizované uživatele

1. Používají méně přesný dálkoměrný C/A kód
2. Neprovádí měření na dvou frekvencích
Nemohou eliminovat vliv ionosférické refrakce



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Indikace stavu družic (Health)

- Indikace problému v datech
- Indikace problému signálů a jeho komponent
- Indikátor je v navigační zprávě družice
- **Příznak stavu kontroluje a nastavuje MCS**
- **Příznak stavu může nastavit družice autodetekcí ve vybraných případech**



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Stav družic – integrita signálů

- **Přijímače automaticky vylučují družice označené jako nezdravé z navigace**
- **Plánované odstávky a dodatečně zjištěné problémy hlášeny prostřednictvím NANU a GPS Ops Advisories**
- **V případě dodatečného zjištění problémů s družicí je nezbytné ji vyřadit z následného zpracování!**



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Proč je monitorování integrity signálů důležité?

- Prodleva v nastavení indikace stavu družice ze zdravá na nezdravá může vést ke katastrofě!

Dnes se uživatelé nerozplývají nad tím, že GPS funguje. To je normální. Dnes uživatele zajímá integrita signálů!

**Uživatelé se ptají:
„Můžu svému GPS přístroji věřit?“**

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky. ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

RAIM a další ...

- **Receiver Autonomous Integrity Monitoring**
umožňuje detekci špatného stavu družice i když je označená jako zdravá
- Primárně určené pro leteckou navigaci
- **RAIM není všemocný**
- Pomoci mohou další technologie:
 - **LAAS** (Local Area Augmentation System)
 - **WAAS** (Wide Area Augmentation System)



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

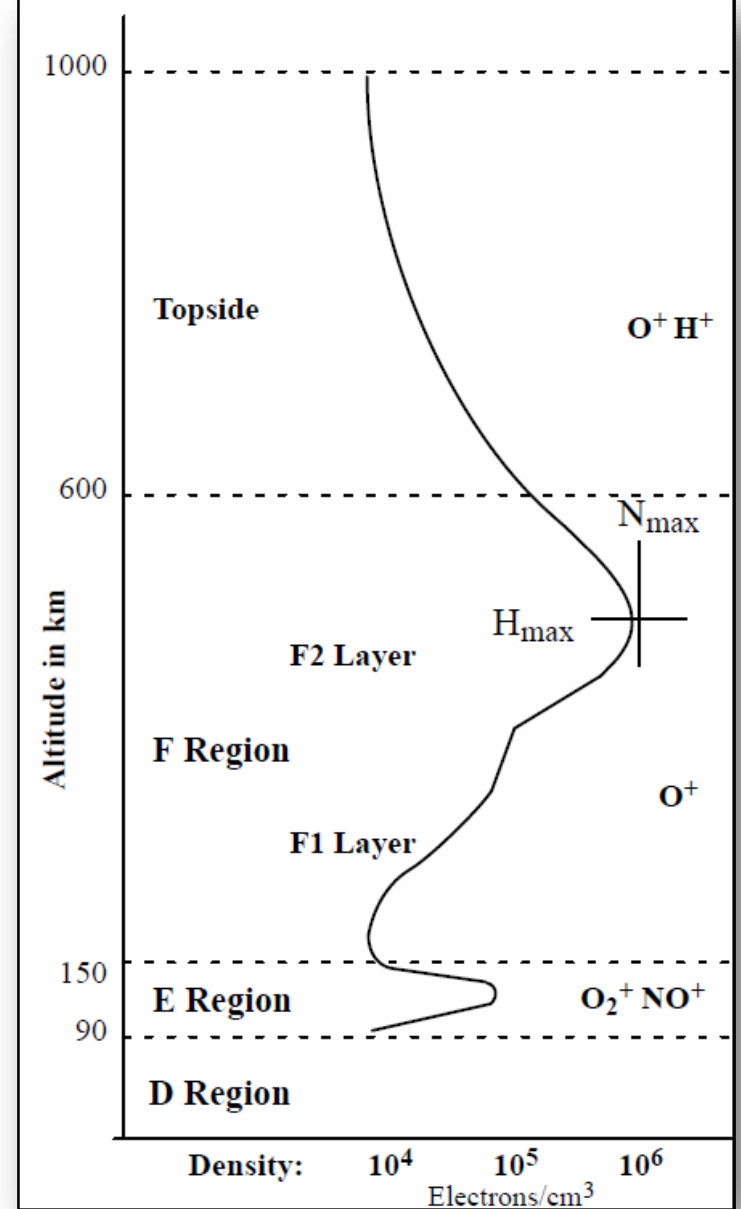
FAKTORY PŮSOBÍCÍ NA SIGNÁL NA CESTĚ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

- Část atmosféry 70 km až 1000 km nad Zemským povrchem
- Obsahuje vysoký počet ionizovaných částic značně ovlivňujících procházející radiové vlny
- Míra počtu částic je dána TEC (total electron content)
- TEC je velmi variabilní

Ionosféra



03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



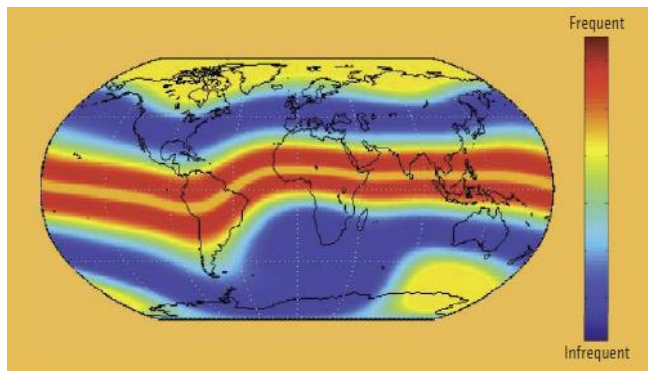
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Míra vlivu ionosféry na měření

Závisí na:

- Poloze uživatele
- Elevačním úhlu družice
- **Ionosférické scintilaci:**



- Denní době
- Ročním období
- Ionizačním toku
- Magnetické aktivitě
- 11 letém slunečním cyklu (poslední maximum v květnu 2013)

*Scintilace zahrnuje tzv. **refrakci a difrakci***

03.04.2017

Zdroj: Inside GNSS July 2009

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Vliv ionosférické refrakce

1. Způsobuje ionosférické zpoždění kódů a navigační zprávy

	Zpoždění signálů (přepočet na pseudovzdálenost)	
	V zenitu	Nad horizontem
Den	50 ns (15 m)	150 ns (45 m)
Noc	10 ns (3 m)	30 ns (30 m)

2. Způsobuje zrychlení fázové rychlosti vlny

Vede k neočekávaným fázovým posunům

03.04.2017

Zdroj hodnot v tabulce: JOR89

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Vliv ionosféry

Je závislý na frekvenci



Je možné jej téměř eliminovat
dvou frekvenčním měřením

- **Jedno frekvenční GPS** přijímače používají korekce ionosféry obsažené v navigační zprávě
- V průměru odstraní 50% vlivu ionosférického zpoždění ve středních zeměpisných šířkách



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Ionosférická difrakce

- Vzniká v ionosférických nepravidelnostech o velikosti kolem 400 metrů
- Vede ke vzniku vícecestného signálu už v ionosféře rychlé změny amplitudy a fáze



- **Potenciál vážně narušit nebo zcela znemožnit především fázová měření**



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Troposféra

- Nejnižší část atmosféry cca do 10 - 15 km nad Zemským povrchem
- Obsahuje velké množství vodních pár
- Vzhledem k průchodu signálu GPS je důležitá:
 - Teplota
 - Tlak
 - Relativní vlhkost
- Způsobuje tzv. **troposférickou refrakci**



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Troposféra na dva způsoby

1. Ohýbá signál na rozhraních vrstev s různými indexy refrakce

- Navigační signál se šíří po křivce a ne po přímce

2. Zpomaluje navigační signál oproti jeho rychlosti šíření ve vakuu



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Troposférická refrakce

- Způsobuje zpoždění kódů a navigační zprávy

Zpoždění signálů (přepočteno na pseudovzdálenost)	
Družice v zenitu	Elevace družice 5°
8 ns (2.4 m)	83.3 ns (25 m)

- Způsobuje zpoždění fázové rychlosti vlny
- Korekce na troposférické zpoždění se u běžných GPS přístrojů provádějí jednoduchým modelem

03.04.2017

- Zdroj hodnot v tabulce: JOR89

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Modelování troposférické refrakce

Dvě hlavní složky:

- **Suchá (hydrostatic)**
 - Dá se predikovat přesně
 - Tvoří 90% troposférického zpoždění
 - Do výšky 40 km
- **Mokrá (nonhydrostatic)**
 - Značně prostorově a časově variabilní
 - Závisí na obsahu vodních par
 - Do výšky 10 km



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Modelování mokré složky troposférického zpoždění

- Výsledky modelování jsou pro družice v zenitu
- Používají se mapovací funkce pro přepočítání do libovolného elevačního úhlu
- Používá se řada zpřesňujících dat z IGS



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

User Range Accuracy (URA)

- Statistický indikátor udávající dálkoměrnou chybu měření pro každou družici
- Bezrozměrné číslo
- **Zahrnuje všechny chyby, za které je odpovědný kosmický a pozemní segment**
- Je v navigační zprávě
- Některé příjemce ho zobrazují



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Segment	Error Source	URE Contribution (95%) (meters)		
		Zero AOD	Max. AOD in Normal Operation	14.5 Day AOD
Space	Clock Stability	0.0	8.9	257
	Group Delay Stability	3.1	3.1	3.1
	Diff'l Group Delay Stability	0.0	0.0	0.0
	Satellite Acceleration Uncertainty	0.0	2.0	204
	Other Space Segment Errors	1.0	1.0	1.0
Control	Clock/Ephemeris Estimation	2.0	2.0	2.0
	Clock/Ephemeris Prediction	0.0	6.7	206
	Clock/Ephemeris Curve Fit	0.8	0.8	1.2
	Iono Delay Model Terms	9.8-19.6	9.8-19.6	9.8-19.6
	Group Delay Time Correction	4.5	4.5	4.5
	Other Control Segment Errors	1.0	1.0	1.0
User*	Ionospheric Delay Compensation	N/A	N/A	N/A
	Tropospheric Delay Compensation	3.9	3.9	3.9
	Receiver Noise and Resolution	2.9	2.9	2.9
	Multipath	2.4	2.4	2.4
	Other User Segment Errors	1.0	1.0	1.0
95% System UERE (SPS)		12.7-21.2	17.0-24.1	388

* For illustration only, actual SPS receiver performance varies significantly – see Table B.2-1

URA
User Range Accuracy

User Range Accuracy

Tabulka ze specifikace SPS 2008 vlivy charakterizované jako UERE pro tradiční L1 jedno frekvenční přístroj.

03.04.2017

User Range Error (URE)

Zahrnuje:

- **URA**
 - Všechny chyby za které je odpovědný kosmický a pozemní segment

- **Ionosférické zpoždění**
- **Troposférické zpoždění**

**Signal in
Space**



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

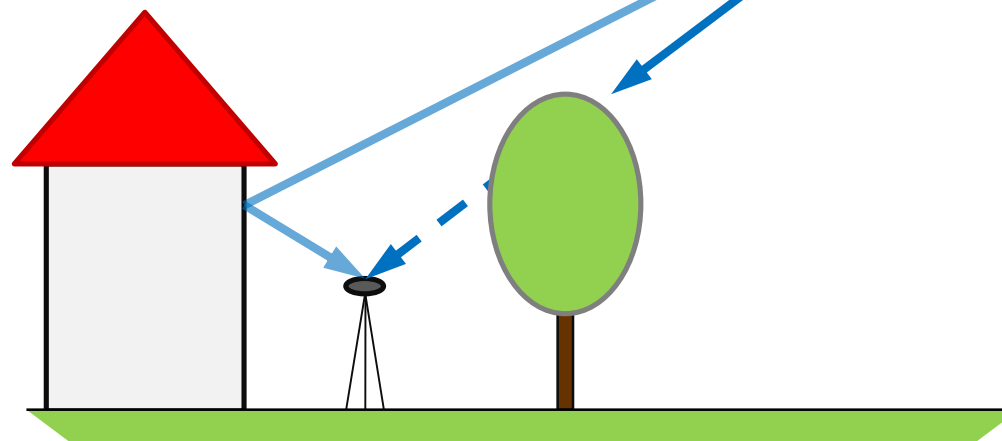
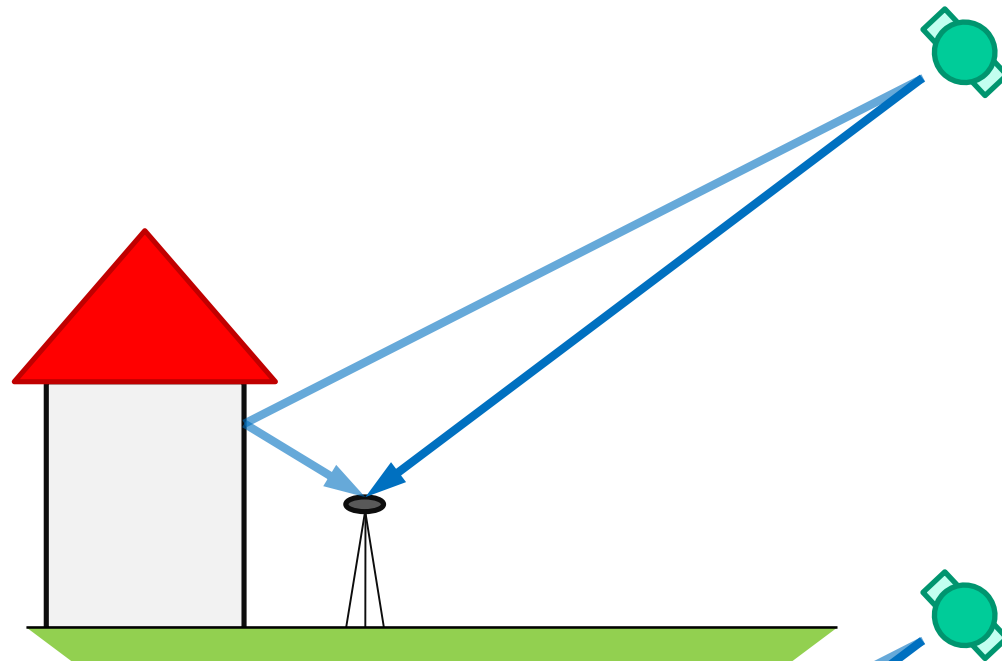
INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

FAKTORY PŮSOBÍCÍ NA STRANĚ PŘÍSTROJE GPS

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

- Vícecestné šíření signálů
- Příjem replikovaného zdrojového signálů.
- Replika vznikne odrazem nebo rozptylem.
- Dráha replikovaného signálu je vždy delší než přímá dráha (větší zpoždění).
- Stínění
- V důsledku zastínění není přijat zdrojový signál, ale jen replikovaný.



Multipath a stínění

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Co ovlivňuje Multipath a stínění

- Vlivy prostředí v okolí antény:
 - **Vegetace**
 - **Výškové konstrukce a budovy**
 - **Terénní reliéf a vodní plochy**
- Výška družice nad horizontem
- Typ zvolené antény
- HW+SW přijímače
- Metoda observace

**Multipath nelze
opravovat pomocí
korekcí!**



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Dvě roviny důsledků Multipath

Problém se získáním navigačních dat

- Méně významný problém
- Existují metody pro efektivní získávání dat i z jednotlivých komponent Multipath

Problémy s dálkoměrným měřením

- Významný problém
- **Je nutné pracovat jen s přímým signálem**
- Může vést k chybnému určení polohy

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Indikace Multipath?

- Jediným dostupným indikátorem pro uživatele je SNR (Signal to Noise Ratio)
- Nízká hodnota SNR bývá spojená právě s Multipath (případně rušením)



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Co dělat proti Multipath? Změna chování při mapování

- **Pečlivě vybrat místa pro měření**
- **Filtrovat družice pro měření**
např. mezní elevační maskou a
minimálním SNR
- **Provádět měření s delší dobou
observace**



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Co dělat proti Multipath? HW a SW

- **Užívat speciální konstrukce antény a doplňkové prvky antény**
Choke Ring, směrová anténa, ...
- **Volit GPS přístroje se speciálními prvky a funkcemi pro eliminaci Multipath**
Narrow-Correlator, Leading-edge technika, MMT, ...



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

státním rozpočtem České republiky.
atelského ducha.

Chyba hodin přijímače

- **Hodiny přijímače jsou nepřesné a proto ...**
- ... je výpočet opravy chyby hodin přijímače součástí vlastního navigačního výpočtu
tzv. offset hodin přijímače vůči GPS času
- **Frekvenční stabilita hodin přijímače je minimálně stejně důležitá jako správně určený offset!**



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Citlivost přijímače a jeho šum

- Závislá na typu a konstrukci přijímače
- Určuje schopnost přijímače rychle:
 - Nalézt družici
 - Zamknout se na frekvenci a PRN kódu družice
 - Provádět nepřerušovaná měření

Error Source	Traditional Specification, Single Freq.	Improved Specification, Single Freq.	Modern Receiver, Single Freq.	GPS ORD Assumption, Dual Freq.
Ionospheric Delay Compensation	N/A	N/A	N/A	0.8
Tropospheric Delay Compensation	3.9	4.0	3.9	1.0
Receiver Noise and Resolution	2.9	2.0	2.0	0.4
Multipath	2.4	0.5	0.2	0.2
Other User Segment Errors	1.0	1.0	1.0	0.8
UEE (m), 95%	5.5	4.6	4.5	1.6

03.04.2017

Tabulka zdroj: SPS 2008

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

URE
User Range Error

Segment	Error Source	UERE Contribution (95%) (meters)		
		Zero AOD	Max. AOD in Normal Operation	14.5 Day AOD
Space	Clock Stability	0.0	8.9	257
	Group Delay Stability	3.1	3.1	3.1
	Diff'l Group Delay Stability	0.0	0.0	0.0
	Satellite Acceleration Uncertainty	0.0	2.0	204
	Other Space Segment Errors	1.0	1.0	1.0
Control	Clock/Ephemeris Estimation	2.0	2.0	2.0
	Clock/Ephemeris Prediction	0.0	6.7	206
	Clock/Ephemeris Curve Fit	0.8	0.8	1.2
	Iono Delay Model Terms	9.8-19.6	9.8-19.6	9.8-19.6
	Group Delay Time Correction	4.5	4.5	4.5
	Other Control Segment Errors	1.0	1.0	1.0
User*	Ionospheric Delay Compensation	N/A	N/A	N/A
	Tropospheric Delay Compensation	3.9	3.9	3.9
	Receiver Noise and Resolution	2.9	2.9	2.9
	Multipath	2.4	2.4	2.4
	Other User Segment Errors	1.0	1.0	1.0
95% System UERE (SPS)		12.7-21.2	17.0-24.1	388

UEE
User Equipment Error

$$URE = ((URE)^2 + (UEE)^2)^{1/2}$$

Error Source	Traditional Specification, Single Freq.	Improved Specification, Single Freq.	Modern Receiver, Single Freq.
Ionospheric Delay Compensation	N/A	N/A	N/A
Tropospheric Delay Compensation	3.9	4.0	3.9
Receiver Noise and Resolution	2.9	2.0	2.0
Multipath	2.4	0.5	0.2
Other User Segment Errors	1.0	1.0	1.0
UEE (m), 95%	5.5	4.6	4.5

User Equipment Range Error

Tabulka ze specifikace SPS 2008 vlivy charakterizované jako UERE pro tradiční L1 jedno frekvenční přístroj.

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

OSTATNÍ FAKTORY NA STRANĚ UŽIVATELSKÉHO SEGMENTU

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Počet viditelných družic

- 3 dostupné družice + h 2D kódová
- **4 dostupné družice 3D kódová**
- 5 dostupných družic a více RTK (4 DD)

- 5(6) dostupných družic RAIM
detekce chyby (izolovat a vyloučit
nezdravou družici)



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Dilution of Precision (DOP)

*DOP vyjadřuje,
jak bude zesílen vliv chyby v určení
pseudovzdálenosti družic na celkovou
chybu v určení polohy a času přijímače, při
aktuální geometrické konstelaci 4 družic, ze
kterých je poloha a čas vypočítaná.*



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

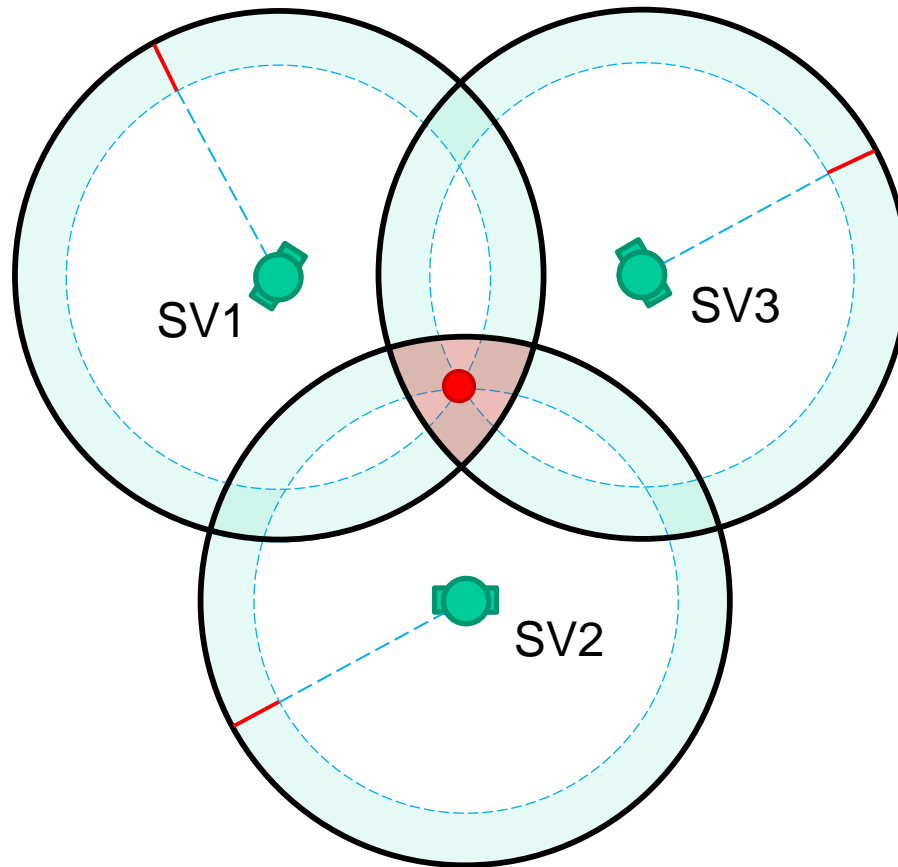
INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

*Dilution of Precision [-] - možný překlad **snížení přesnosti***

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Nízký PDOP



Grafické znázornění vhodné konstelace

Pseudovzdálenost = **chyba určení vzd.** + **vzdálenost**

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



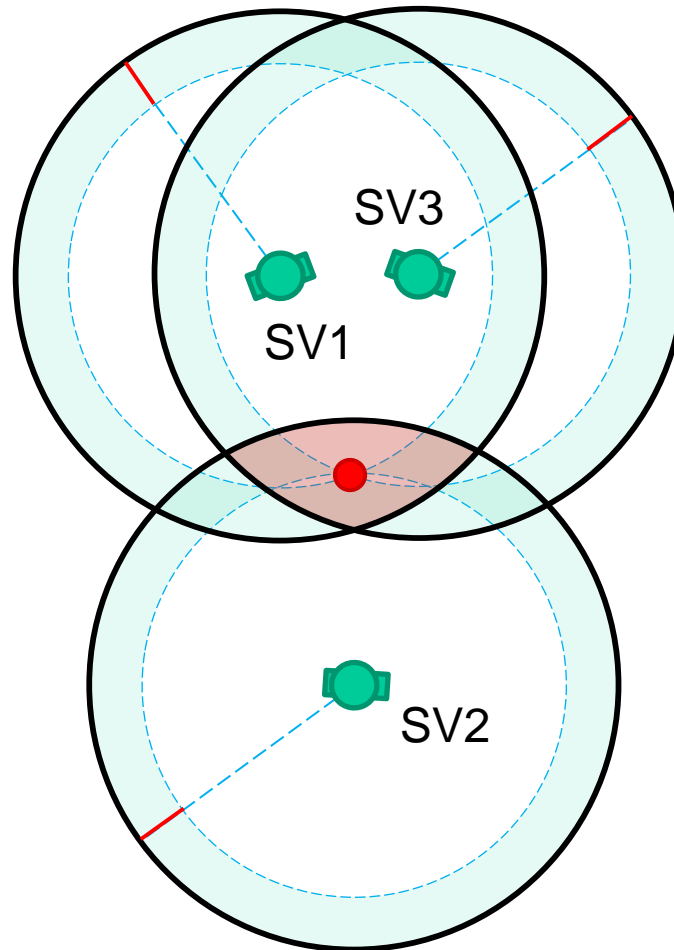
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Vysoký PDOP



Grafické znázornění nevhodné konstelace

Pseudovzdálenost = **chyba určení vzd.** + **vzdálenost**

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

DOP 5x jinak

- **HDOP, VDOP**
snížení přesnosti horizontálních, vertikálních měření
- **PDOP** = $(\text{HDOP} + \text{VDOP})^{1/2}$
snížení přesnosti 3D polohy
- **TDOP**
snížení přesnosti časových měření
- **GDOP** = $(\text{HDOP} + \text{VDOP} + \text{TDOP})^{1/2}$
snížení přesnosti 3D polohy a času



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

PDOP

Která hodnota je správná?

Běžně citované

hodnoty

- 1 – 2.3 velmi dobrý
- 2.3 – 5 průměrnou
- 5 – 7 horší
- > 7 špatný

Specifikace IDC-200

- 1 Ideální
- 2 – 3 Excelentní
- 4 – 6 Dobré
- **7 – 8 Střední**
- 9 – 20 Horší
- 21 – 50 Špatné

PDOP je nejčastěji používaným indikátorem vhodnosti uspořádání (display GPS).

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Plánování a volba metody měření

- **Důležitá zvláště v případě fázových měření**
- Pomocí plánovacího programu lze určit dostupnost družic v daném místě
- Možno zohlednit i konfiguraci okolního terénu relativně omezeně
- Měření je vhodné realizovat v nejpříznivější době



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Plánování a volba metody měření

Je třeba odhadnout i celkovou dobu potřebnou pro provedení měřických prací a zhodnotit polohu a dostupnost družic pro celou tuto dobu a celou proměřovanou trasu

1. Maximum viditelných družic
2. Delší doba viditelnosti většího počtu družic
3. Minimální hodnota PDOP



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

DĚKUJI ZA POZORNOST

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Literatura a informační zdroje

- **KAP05** Kaplan, Elliott, D.: *Understanding GPS: Principles and Applications, Second Edition*, Artech House Publishers; 2 edition, 2005, pages 726, ISBN-10: 1580538940
- **MOH01** Mohinder S. G., Lawrence R. W., Angus P. A.: *Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration.*, John Wiley & Sons, Inc. 2001, pages 382, Printed ISBN: 9780471350323
Publikace je dostupná v rámci Knihovny VŠB-TUO na adrese:
<http://knihovna.vsb.cz/sluzby/e-knihy-wiley.htm>
- **RAP02** Rapant, P.,: *Družicové polohové systémy – první vydání*, VŠB – Technická univerzita Ostrava, stran 200, ISBN 80–248–0124–8
Publikace je dostupná ke stažení na adrese:
<http://gis.vsb.cz/publikace/dns-gps>



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Literatura a informační zdroje

- **IS-GPS-200D**
<http://www.navcen.uscg.gov/gps/geninfo/IS-GPS-200D.pdf>
- **SPS 2008**
<http://www.navcen.uscg.gov/GPS/geninfo/2008SPSPerformanceStandardFINAL.pdf>
- **Inside GNSS** [Digital Edition Archive] :
<http://www.insidegnss.com/digimag>



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

INOVACE BAKALÁŘSKÝCH A MAGISTERSKÝCH STUDIJNÍCH OBORŮ
NA HORNICKO-GEOLOGICKÉ FAKULTĚ
VYSOKÉ ŠKOLY BÁŇSKÉ - TECHNICKÉ UNIVERZITY OSTRAVA

Institut geoinformatiky

Vysoká škola Báňská - Technická univerzita Ostrava

Faktory ovlivňující přesnost GPS měření

Prezentace 8

Studijní opora k předmětu: GLOBÁLNÍ NAVIGAČNÍ A POLOHOVÉ SYSTÉMY

David Vojtek

03.04.2017

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ