

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

Principy určování polohy metodou GNSS

GLOBÁLNÍ NAVIGAČNÍ A POLOHOVÉ SYSTÉMY

Prezentace 2

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

- Rekapitulace
- Kapitán a sirény
Analogie kódových měření
- Vysílače a signály v GNSS
- Dálkoměrná metoda kódových měření
- Dálkoměrná metoda fázových 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.



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Připomenutí základních myšlenek z minulé prezentace

REKAPITULACE

03.04.2017

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

Nepřímá lokalizace

- K lokalizaci se používají **orientační body**
- K orientačním bodům měříme:
 - **Délky (D1,D2,D3)** **protínání z délek**
 - Úhly (Az1, Az2) protínání z úhlu
 - Úhel a délku tachymetrie



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.

Metody rádiové lokalizace a navigace

- **Multilaterace**
rozdíl zpoždění signálů tří vysílačů a přijímače (LORAN-C)
- **Trilaterace**
vzdálenost tři vysílačů a přijímače (GPS, GLONASS ...)
- **Triangulace**
měření úhlů (VOR/DME)
- **Dopplerovská měření**
vychází z principu dopplerovského posunu (TRANSIT)

03.04.2017

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

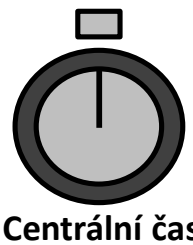


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

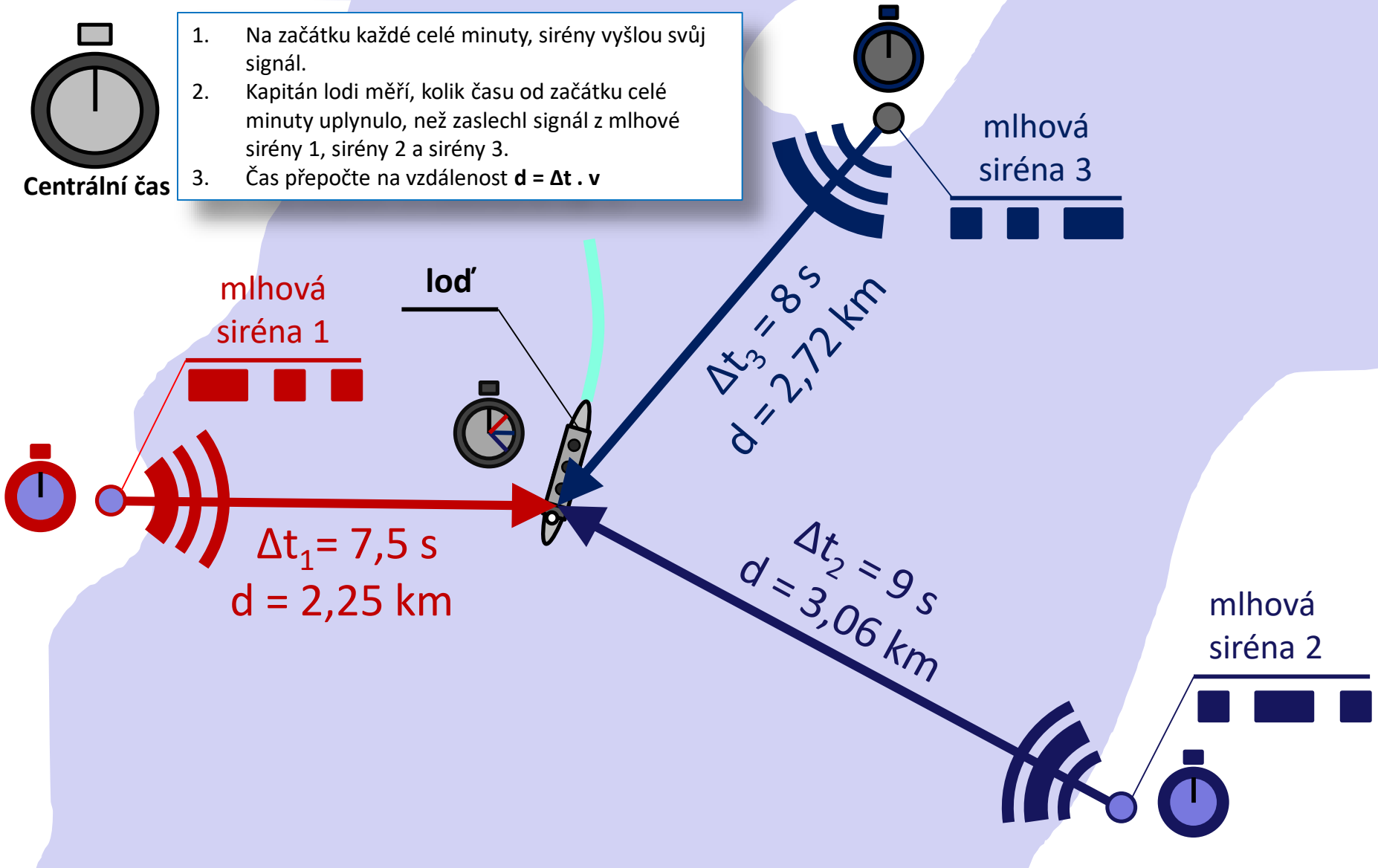


OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ



1. Na začátku každé celé minuty, sirény vyšlou svůj signál.
2. Kapitán lodi měří, kolik času od začátku celé minuty uplynulo, než zaslechl signál z mlhové sirény 1, sirény 2 a sirény 3.
3. Čas přečte na vzdálenost $d = \Delta t \cdot v$

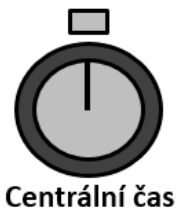


Jednoznačná lokalizace s použitím metody TOA

Rychlost šíření zvuku u hladiny moře a teplotě 15°C $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$

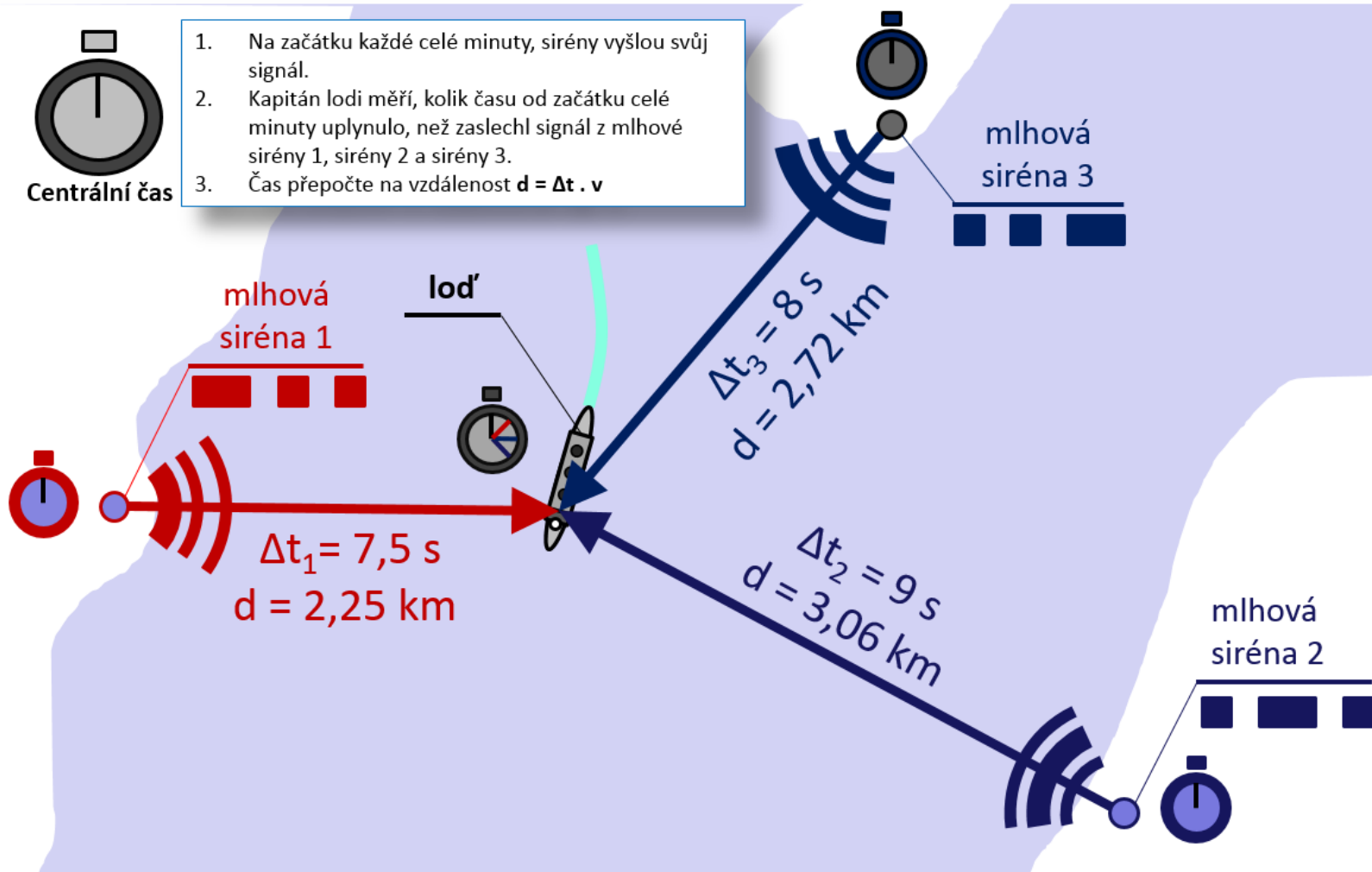
Příklad převzatý z KAPO5

03.04.2017



Centrální čas

1. Na začátku každé celé minuty, sirény vyšlou svůj signál.
2. Kapitán lodi měří, kolik času od začátku celé minuty uplynulo, než zaslechl signál z mlhové sirény 1, sirény 2 a sirény 3.
3. Čas přepočte na vzdálenost $d = \Delta t \cdot v$



Jednoznačná lokalizace s použitím metody TOA

Rychlost šíření zvuku u hladiny moře a teplotě 15°C $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$

Příklad převzatý z KAP05

24.9.2014



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Ideální případ kapitána

- 1) Zná přesnou polohu mlhových sirén (vysílačů).
- 2) Hodiny sirén (vysílačů) a lodní hodiny (přijímače) jsou synchronní.
- 3) Signál obsahuje časovou značkou.
- 4) Signál umožní identifikaci zdroje (vysílače).
- 5) Signál se šíří prostředím známou rychlostí.
- 6) Signál se šíří přímo, bez odrazů.



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.

Realita kapitána

- **Rychlost šíření zvuku není konstantní.**
Závisí na prostředí, ve kterém se zvuk šíří.
- **Všechny čtvery hodiny nejsou synchronní.**
- **Poloha mlžných sirén je zatížená chybou.**
- **Signál nemusí dorazit po nejkratší cestě.**
Překážky v cestě signálů.
- **Zvuk nemusí být dobře slyšet.**
Rušení jinými zvuky (ozvěna, hluk motoru ...)



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

Popis role vysílače a signálu v GNSS.

Popis vybraných metody identifikace zdroje signálů a typu signálů.

VYSÍLAČE A SIGNÁLY V GNSS

03.04.2017

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

Vysílače v GNSS

- Vysílačem jsou družice.
- Družice nejsou statické, přesto je jejich poloha známá s dostatečnou přesností.
- Družice vysílá rádiové signály.
- Rádiové signály jsou vysílané minimálně na dvou frekvencích.



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.

Složení signálů GNSS

- 1) **Pilotní signál**
nosná vlna + **pseudonáhodný kód**

- 2) **Datový signál**
nosná vlna + **pseudonáhodný kód +
datová zpráva**



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.

Účel pilotního signálu

- **Nalézt a odlišit signál družice od jiných signálů**
Pomocí nosné vlny a pseudonáhodného kódu (PRN¹⁾ kód).
- **Identifikovat zdroj signálu**
Jen pokud používá družice k identifikaci PRN kód.
- **Provést dálkoměrné měření**
Pomocí PRN kódu.

¹⁾ PRN je z angl. *Pseudo Random Noise*.

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

Účel datového signálu

- Stejný jako pilotní signál
- + dodat **navigační a systémová data GNSS**

K čemu slouží navigační data?

- *K přesnému **stanovení polohy a času družice.***
- *K zaznamenání časových značek odeslání částí navigační zprávy (signálu).*
- ***Stanovení systémového času GNSS.***
- ***Získání dalších systémových dat GNSS.***

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

Metody identifikace zdroje signálu

Kódové dělení (GPS, Galileo, COMPAS, nově i GLONASS) - CDMA

- Družice mají přidělenou stejnou frekvenci
- Každá družice má přidělený unikátní pseudonáhodný kód (PRN kód)

Frekvenční dělení (GLONASS) - FDMA

- Každá družice má přidělenou svou unikátní frekvenci odvozenou od základní frekvence

Časové dělení (v GNSS se nepoužívá)

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

Popis kódových měření, výchozí podmínky pro kódová měření a souhrn jejich výhod a nevýhod.

KÓDOVÁ MĚŘENÍ

03.04.2017

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

Dálkoměrné metody měření

- **Metoda kódových měření**
 - primární¹⁾ GNSS metoda
 - využívá tzv. PRN kód (označován také jako dálkoměrný kód)
- **Metoda fázových měření**
- **Metoda Dopplerovských měření** pro sledování změn pseudovzdáleností družic

1) Při budování systému GPS a GLONASS byla základní metodou měření.

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

PRN kód (dálkoměrný kód)

- PRN kód umožňuje měřit čas přijetí signálu
- **Časové značky v signálu umožní GNSS přístroji zjistit, kdy byla daná část signálu z družice vyslána**

PRN kód má i jiné funkce, například:

- *Nalezení signálů družice*
- *Identifikace družic,*
- *Dekódování obsahu signálů, atd.*

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

Základ kódových měření

- Příjímač z časové značky odeslaní signálu družicí t_{di} a času přijetí signálu přijímačem t_p určí časové zpoždění signálu:

$$\Delta t_i = t_p - t_{di}$$

- Δt_i zahrnuje všechny vlivy nepříznivě působící na měření vzdálenosti
- Pseudovzdálenost k družici i :
 $P_i = \Delta t_i \cdot c$
c – rychlost šíření světla (elektromagnetické vlnění)



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

03.04.2017

Čas je vzdálenost

rádiové signály se šíří rychlostí světla
cca 300 000 000 m/s

Přepočty:

300 000 m/ms (10^{-3} s)

300 m/ μ s (10^{-6} s)

0.3 m/ns (10^{-9} s)

Přesné měření času a jeho synchronizace je klíčová!

Při chybě 1/10 μ s v měření času je pseudovzdálenost určena s chybou 30 metrů!

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

Hlavní faktory ovlivňující přesnost kódových měření

$$\Delta t(t) = t_{\text{REC}}(t) - t_{\text{SAT}}(t) + \varepsilon$$

$$\varepsilon = T_{\text{SV}}(t) + T_{\text{REC}}(t) + Y_{\text{iono}}(t) + \delta_{\text{tropo}}(t) + Q_{\text{REC}}(t)$$

$T_{\text{SV}}(t)$ chyba hodin družice

$T_{\text{REC}}(t)$ **chyba hodin přijímače**

$Y_{\text{iono}}(t)$ vliv ionosféry

$\delta_{\text{tropo}}(t)$ vliv troposféry

$Q_{\text{REC}}(t)$ ostatní chyby (šum, vícecestné šíření signálů, atd.)



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.

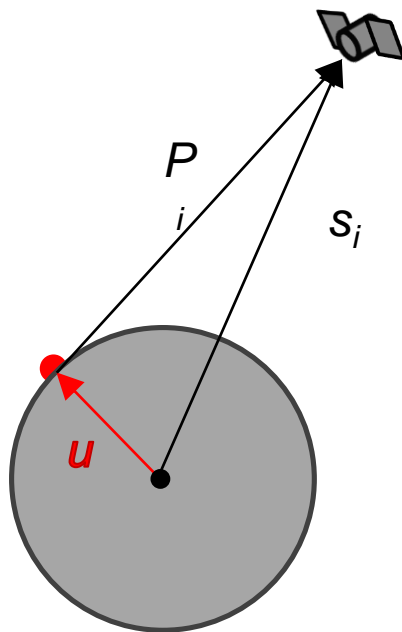
Rovnice pro výpočet polohy a času

$$P_1 = \sqrt{(x_1 - x_u)^2 + (y_1 - y_u)^2 + (z_1 - z_u)^2} + ct_u$$

$$P_2 = \sqrt{(x_2 - x_u)^2 + (y_2 - y_u)^2 + (z_2 - z_u)^2} + ct_u$$

$$P_3 = \sqrt{(x_3 - x_u)^2 + (y_3 - y_u)^2 + (z_3 - z_u)^2} + ct_u$$

$$P_4 = \sqrt{(x_4 - x_u)^2 + (y_4 - y_u)^2 + (z_4 - z_u)^2} + ct_u$$



$s_i = [x_i, y_i, z_i]$
Polohový vektor družice

$u = [x_u, y_u, z_u]$
Polohový vektor
přijímače

$P_i = \|s_i - u\| + ct_u$
Pseudovzdálenost přijímač –
družice

t_u
Chyba hodin přijímače

03.04.2017

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

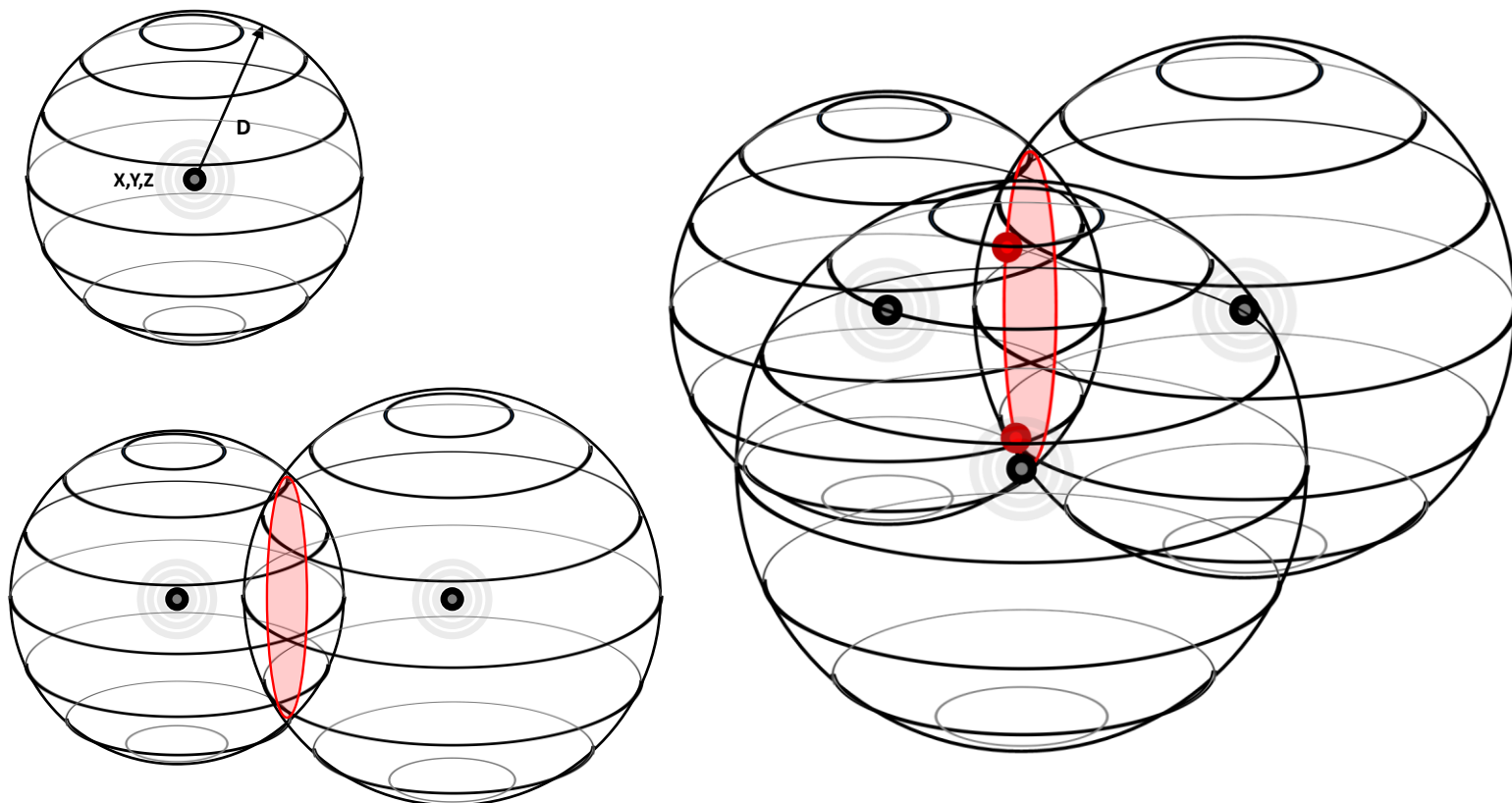


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ



Jednoznačná lokalizace na Zemském povrchu vyžaduje:

4 družice / 1 epocha observace

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

Přesnost kódových měření

- Přesnost závisí na dvou faktorech
 - Na rychlosti PRN kódu
 - Na použité metodě zpracování PRN kódu v přijímači

Standardní zpracování přesnost 1% délky 1 chipu kódu

Pokročilé zpracování přesnost 0,1% délky 1 chipu kódu.

Například:

- *C/A-kód družic GPS má rychlost 1023 chips/s.*
- *Délka 1 chipu C/A-kódu = 293 m.*
- *Standardním zpracováním C/A-kódu* chyba = 2,93 m
- *Pokročilým zpracování C/A-kódu* chyba = 0,293 m

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

Přednosti a nedostatky kódových měření

Nevýhody

- Méně přesné ve srovnání s metodou fázových měření
- I po odstranění nepříznivých vlivů měření zůstává relativně velká chyba způsobená PRN kódem

Výhody

- Rychlé získání polohy
- Odolnější proti rušivým vlivům prostředí
- Po ztrátě signálů a jeho opětovném nalezení rychlé opětovné získání polohy
- Podporují je všechny GNSS přístroje
- Měření jediným přístrojem

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



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Popis fázových měření, výchozí podmínky pro kódová měření a souhrn jejich výhod a nevýhod.

FÁZOVÁ MĚŘENÍ

03.04.2017

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

Dálkoměrné metody měření

- **Metoda kódových měření**
- **Metoda fázových měření**
 - sekundární¹⁾ metoda
 - využívá nosné vlny signálů
- **Metoda Dopplerovských měření**
pro sledování změn pseudovzdáleností družic



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

1) Metoda byla vyvíjená v letech 1980 – 1982 DMA, NOAA a USGS.

03.04.2017

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

Fázová měření základ

- Základní měrnou jednotkou vzdálenosti je **1 vlnová délka nosné vlny**
- Délka v řádu prvních 10-tek centimetrů

Měří se **dvě komponenty** vzdálenosti:

- Desetinný zbytek základní vlnové délky, který při měření vzniká. **snadné**
- **Celočíselný počet N vlnových délek, tzv. ambiguity. **obtížné****



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.

Fázová měření vzdáleností, ambiguity a fázový skok

1. Počáteční hodnota **ambiguit** (N) je neznámá!
2. Od počátku měření jsou sledovány změny v počtu N .
3. Po zjištění N se změny v N započítají.
4. Fázový skok (angl. **cycle slip**) nastane při přerušení signálů k družici → **N je ztraceno!**
5. **Návrat na bod 1.**

*Řešení N se pomáhá například inicializaci přístroje na bodě o známých souřadnicích v **bodě 1**. Některé dnes používané metody měření tuto inicializaci již neužívají (RTK).*

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

Hlavní faktory ovlivňující přesnost fázových měření

$$P(t) = |\Phi_{SV} - \Phi_{REC}| + \lambda \cdot N + \varepsilon$$

$$\varepsilon = S_{REC} - \delta_{SV} + \delta_{REC} - \Delta_{iono} + \Delta_{tropo}$$

δ_{REC} oprava hodin přijímače

δ_{SV} oprava hodin družice

Δ_{iono} oprava vlivu ionosféry

Δ_{tropo} oprava vlivu troposféry

S_{REC} ostatní chyby

03.04.2017

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



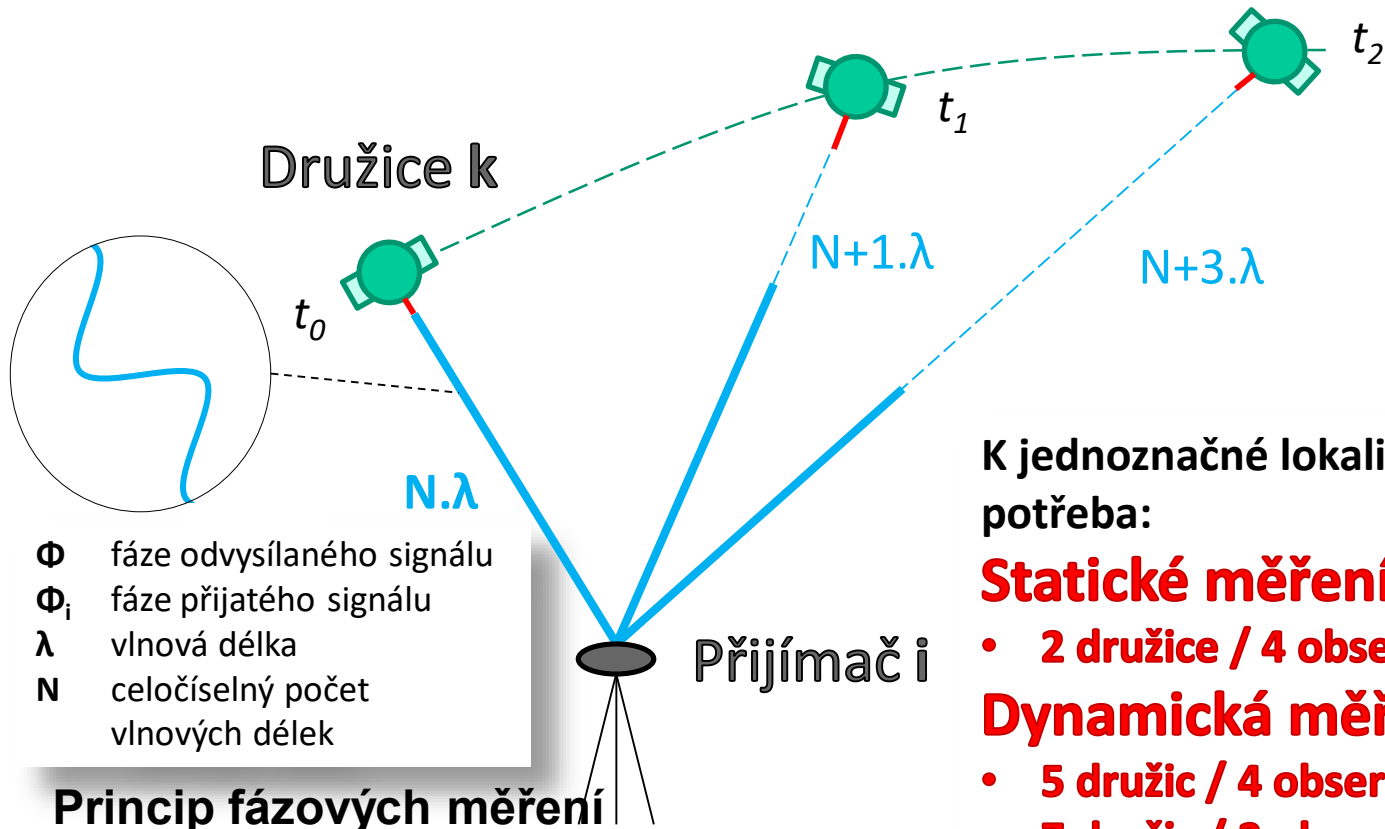
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

$$L_i^k = \boxed{\Phi^k - \Phi_i^k} + \Delta_{tropi}^k - \Delta_{iono i}^k + c\delta_i - c\delta^k + \boxed{\lambda \cdot N_i^k} + S_i$$



Princip fázových měření

K jednoznačné lokalizaci je potřeba:

Statické měření

- 2 družice / 4 observace

Dynamická měření

- 5 družic / 4 observace

- 7 družic / 2 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.

Přesnost fázových měření

- Přesnost závisí na vlnové délce nosné vlny.
přesnost 1% vlnové délky nosné vlny signálu
- K dosažení vysoké polohové přesnosti jsou nutné diferenční techniky zpřesňování polohy.

Pomocí kódových měření (za současné struktury vysílaných signálů) není možné dosáhnout přesnosti fázových měření ani při použití speciálních metod měření a vyhodnocení měření!

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

Přednosti a nedostatky fázových měření

Nevýhody

- Časově a technicky náročná
- Speciální metody vyhodnocení měření
- Citlivá na rušivé vlivy během měření
- Po ztrátě signálů dlouhá doba reinitializace
- Přístroje pro fázová měření jsou výrazně dražší než přístroje pro kódová měření

Výhody

- Velmi přesná metoda 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.



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>
- **VER09** Veřták, Ivo.: *Rádiové určení polohy - prezentace*, 2009, stran 80



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

- **CHR09** Christy, R.: Sattelite Tracking: *Doppler Satellite Tracking – an Example*, Zarya Soviet, Russian and International Space Flights
Adrese: <http://www.zarya.info/Tracking/Doppler.php>
- **HOF08** Hofmann-Wellenhof, Bernhard, Lichtenegger, Herbert, Wasle, Elmar: GNSS – Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more, Springer, 2008, pages 516, ISBN 978-3-211-73017-1



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

Principy určování polohy metodou GNSS

Prezentace 2

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