

Historie, současnost a budoucnost lokalizace a navigace

GLOBÁLNÍ NAVIGAČNÍ A POLOHOVÉ SYSTÉMY

Prezentace 1

David Vojtek

Institut geoinformatiky

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

08.02.2022



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Obsah

- Základní pojmy
- Historie lokalizace a navigace
- Základní metody rádiové navigace a lokalizace
- Pozemní rádiová navigace a lokalizace
- Historie kosmické rádiové navigace a lokalizace
- Současné a budoucí GNSS



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

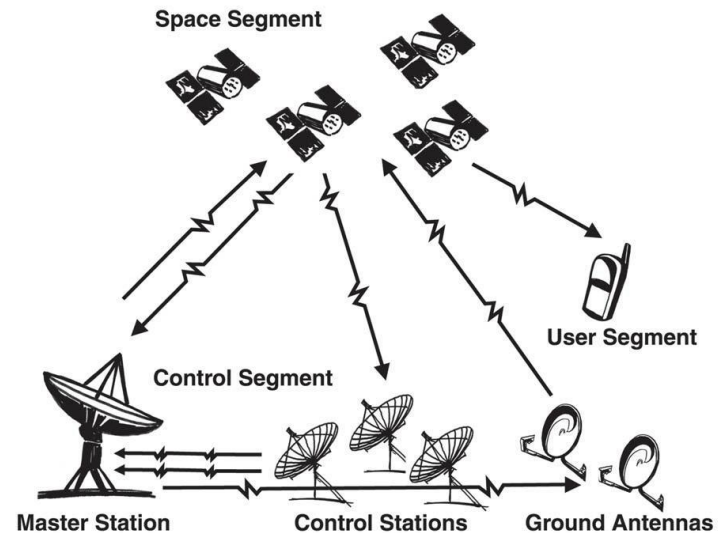
08.02.2022

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

GNSS

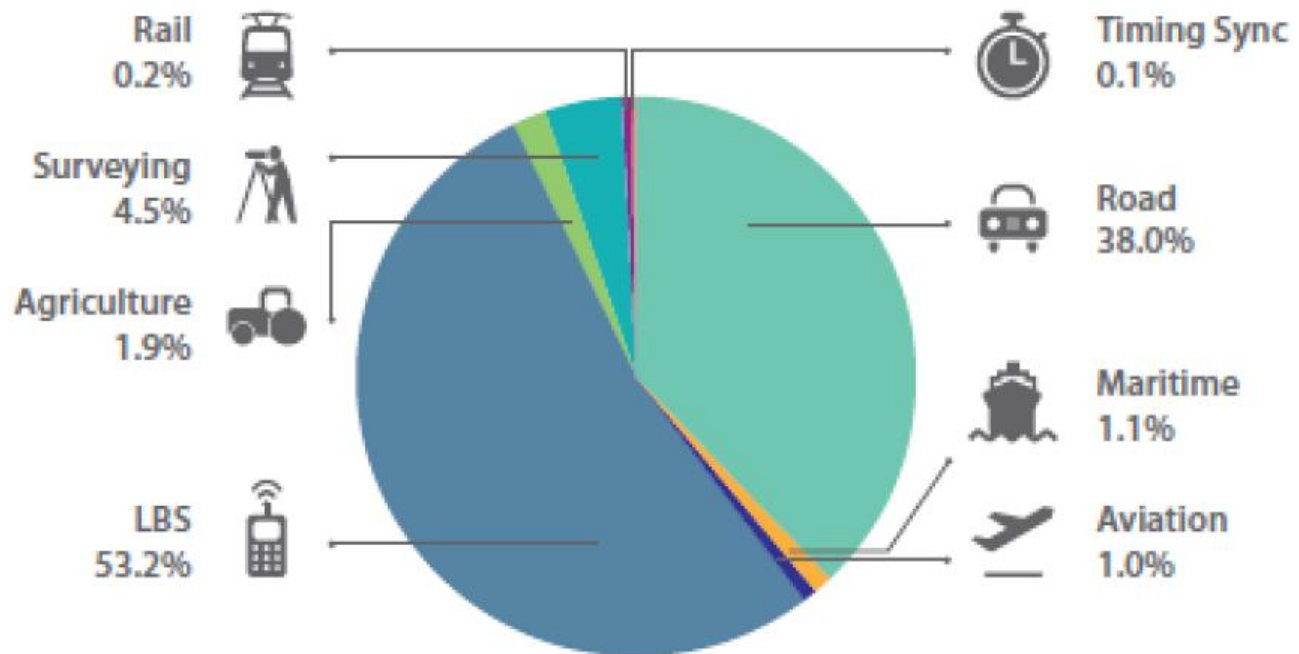
Globální navigační družicový systém (Global Navigation Satellite System, GNSS)

- slouží k určení **3d polohy**, času a rychlosti pohybu přijímače
 - na zemském povrchu a v jeho přilehlém okolí
 - 365/7/24
- tři segmenty:
 - kosmický
 - pozemní (řídící)
 - uživatelský



Zdroj: <https://shivkumardas.wordpress.com/agri-tech/an-introduction-to-gps-gis-and-its-uses-in-agriculture/>

Kde jsou systémy GNSS využívány?



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

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

Využívání přijímačů GNSS v mobilních zařízeních

Celá řada aplikací využívá informaci o poloze uživatele



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



EVROPSKÁ UNIE



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

Vymezení důležitých pojmů a vymezení základních metod nepřímé lokalizace.

ZÁKLADNÍ POJMY

08.02.2022

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

Základní pojmy

- Lokalizace** je proces *určení polohy* určitého bodu v prostoru.
- Navigace** je proces určování optimální cesty a směru k danému cíli.
- Rádiolokalizace** je proces určení polohy určitého objektu v prostoru s využitím elektromagnetických vln.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

08.02.2022

Převzato z **VEŘ00**

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

Základní pojmy

Rádionavigace je proces určování optimální cesty a směru k danému cíli s využitím elektromagnetických vln.

Aktivní metody systém pracuje s vlastním zdrojem elektromagnetického vlnění (systém vysílá elektromagnetické vlnění).

Pasivní metody systém nevysílá elektromagnetické vlnění, pracuje pouze s příjmem.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

08.02.2022

Převzato z **VEŘ00**

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

Navigace vs. Lokalizace

Navigace

- V čase a prostoru dynamický proces.
- Kompromis mezi požadovanou rychlostí navigace a polohovou přesností navigace.

Lokalizace

- Prostorově statický proces.
- Přesnost lokalizace není většinou podmíněná časovým omezením v délce měření a výpočtu.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

08.02.2022

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

Přímé a nepřímé metody lokalizace

Přímé metody lokalizace

- Lokalizace *přímým odměřením polohy* ve zvoleném souřadnicovém systému.
 - Prostorové souřadnice $[x, y, z]$ nebo $[\lambda, \phi, h(H)]$
 - Rovinné souřadnice $[x, y, h(H)]$

Nepřímé metody lokalizace

- Vyhodnocení jiných veličin než souřadnic.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

08.02.2022

Převzato z **RAP02**

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

Přímé určení polohy (lokalizace)

- S narůstající rozlohou plochy zájmové oblasti je obtížně realizovatelné.
- Je dobře realizovatelné v lineárních souřadnicových systémech, např. **staničení na vodních tocích, železnicích nebo komunikacích.**

Otázka:

Je technologie GPS nástrojem pro přímé určení polohy?

08.02.2022

Převzato z **RAP97**

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

Nepřímé určení polohy (lokalizace)

- Jsou nutné **orientační body!**
- K orientačním bodů 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

08.02.2022

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

Historický vývoj navigace a lokalizace do příchodu rádiové navigace.

HISTORIE LOKALIZACE A NAVIGACE

08.02.2022

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

Navigace podle orientačních bodů

- Používání **orientačních bodů** v krajině
 - **Přirozené** (nejstarší)
vrcholy kopců a pahorků, kameny, stromy
 - **Umělé**
kamenné mohyly, označníky na stromech
- Vzdálenost se odměřovala jako čas cestování

Koncept orientačních bodů přetrval dodnes. Dnes jen používáme složitější metody označování a vyhledávání orientačních bodů.

08.02.2022

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

Mořeplavba a vývoj metod navigace

- Navigace podle orientačních bodů na pobřeží
známé tvary pobřeží, signalizační ohně a majáky

Plavba na otevřeném moři vyžaduje nové metody navigace!

- **Navigace výpočtem**
do druhé poloviny 17. století
- **Astronomická navigace**
od 18. století



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

08.02.2022

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

Mořeplavci a navigace výpočtem

Základní princip navigace výpočtem

(angl. Dead Reckoning)

- Současná poloha je vypočtena na základě:
 - Poslední známe polohy
 - Směru pohybu (rychlost, čas trvání)
- Základní metoda navigace
- Dostatečně „jednoduchá“ a „nenáročná“
*... „as the old-timers used to say "you're dead if you don't reckon right.,,
... „reckoning or reasoning (one's position) relative to something stationary or dead in the water."*

08.02.2022

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

Astronomická navigace

- Orientačních body jsou **hvězdy, slunce a měsíc**
- **NEBESKÁ ŤELESA MĚNÍ SVOU POLOHU!**
- **BEZ SPOLEHLIVÝCH HODIN LZE STANOVIT POUZE ZEMĚPISNOU ŠÍŘKU POZOROVATELE!**
- Do 18. století okrajová metoda navigace
 - Náročné pomůcky *almanach (17. stol.), sextant (1759) a chronometr (1764)*
 - Metoda pro vzdělané



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

08.02.2022

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

Historie prostředků pro navigaci

13. stol. Magnetický kompas

První námořní mapy *Portolano Charts*

15. stol. Objevné plavby s navigací výpočtem.

Směry objevných plaveb sledoval rovnoběžky nebo pobřeží kontinentů.

Nepřesné hodiny (rychlost 4 – 8 uzlů)

1 den chyba 10 minut týden, 7 mil (12 km)

16. stol. Měření rychlosti, tzv. **chip log**

Stále ale převládá dovednost odhadu rychlosti nad měřením.

08.02.2022

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

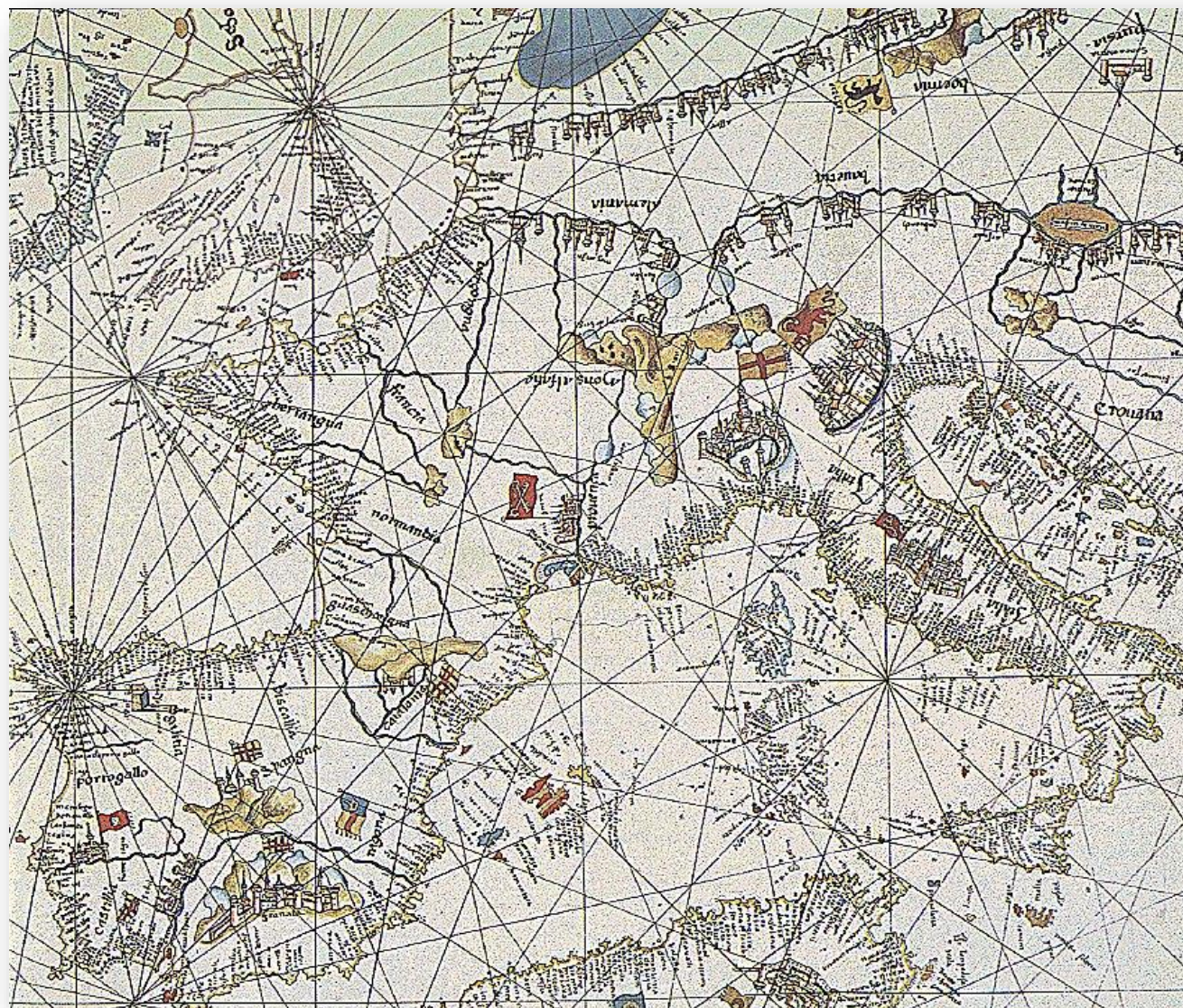


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Portolánová mapa

Středozevní moře a západní pobřeží Evropy Freducci d'Ancona

08.02.2022

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

Historie prostředků pro navigaci

r. 1569 První zobrazení povrchu Země do roviny

Mercatorovo zobrazení (možnost zanesení kurzu)

r. 1701 První mapa magnetických deklinací

umožňuje použít magnetický kompas

r. 1764 Přesný chronometr¹⁾ Johna Harrisona

chyba 1/10 sekundy za den

- 1) Stanovení nejen zeměpisné šířky, ale i délky. Rozdíl času v poledne na 0° poledníku (sledováno chronometrem) a v poledne na lokálním poledníku (slunce je nejvýše nad horizontem). Rozdíl jedné hodiny odpovídá 15° zem. délky.

08.02.2022

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

Historie námořní lokalizace a navigace

- r. 1884** Dohodnutý jednotný nultý poledník
Greenwichský
- r. 1907** Gyroskopický kompas
není ovlivněn magnetickou deklinací



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

08.02.2022

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 základních metod rádiové navigace a lokalizace.

ZÁKLADNÍ METODY RÁDIOVÉ NAVIGACE A LOKALIZACE

08.02.2022

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

Základní pojmy

Multilaterace

je určení polohy vysílače (přijímače) na základě měření rozdílů časového zpoždění příjmu signálu několika přijímačů (vysílačů) o známé poloze.
(*TDOA – time difference of arrival*)

Trilaterace

je určení polohy objektu využívající znalost **absolutní doby zpoždění** šíření signálů mezi vysílačem a přijímačem, přepočtenou na vzdálenost.
(*rádiový ekvivalent měření délek*)



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

08.02.2022

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

Základní pojmy

Triangulace

je určení polohy objektu využívající měření dvou úhlů od základny spojující dva body o známé poloze.
(rádiový ekvivalent měření úhlů).



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

08.02.2022

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

Čtyři základní metody rádiolokalizace

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



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

08.02.2022

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

Pozemní rádiová navigace a lokalizace

- Nástup nové technologie (rádiové vlny) a systém LORAN.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

08.02.2022

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

Počátky a předválečné období

- r. 1887** Heinrich Hertz experimentoval s elektromagnetickým vlněním.
- r. 1904** V Německu použit na lodích detektor plavidel v kolizním kurzu (dosah 3 km)
- r. 1930** V Německu systém Lorenz pro navedení letadel na přistání v noci nebo za špatného počasí.
Později zdokonaleno pro dálkové navedení bombardérů.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

08.02.2022

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

Válečné a poválečné období

- r. 1937** V Německu radar Freya
Modernější než Britské Chain Home, ale mnohem komplikovanější.
- r. 1940** V Británii systém Gee
Využívá principy multilaterace pro navádění bombardérů.
- r. 1940** V Británii radary Chain Home.
- r. 1950** Rozvoj pozemních radionavigačních systémů i pro civilní letectví a námořní dopravu



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

08.02.2022

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

LORAN obecně

- Vybudován 1940 – 1943
- Dosah 1200 milí (1930 km)
- Pacifik a Atlantik
- Po válce určen i pro civilní námořní navigaci
- Oficiálně ukončená činnost
20:00 UTC 8. 2. 2010
- Absolutní přesnost 185-463 metrů
- Ruský protějšek systém CHAYKA

08.02.2022

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



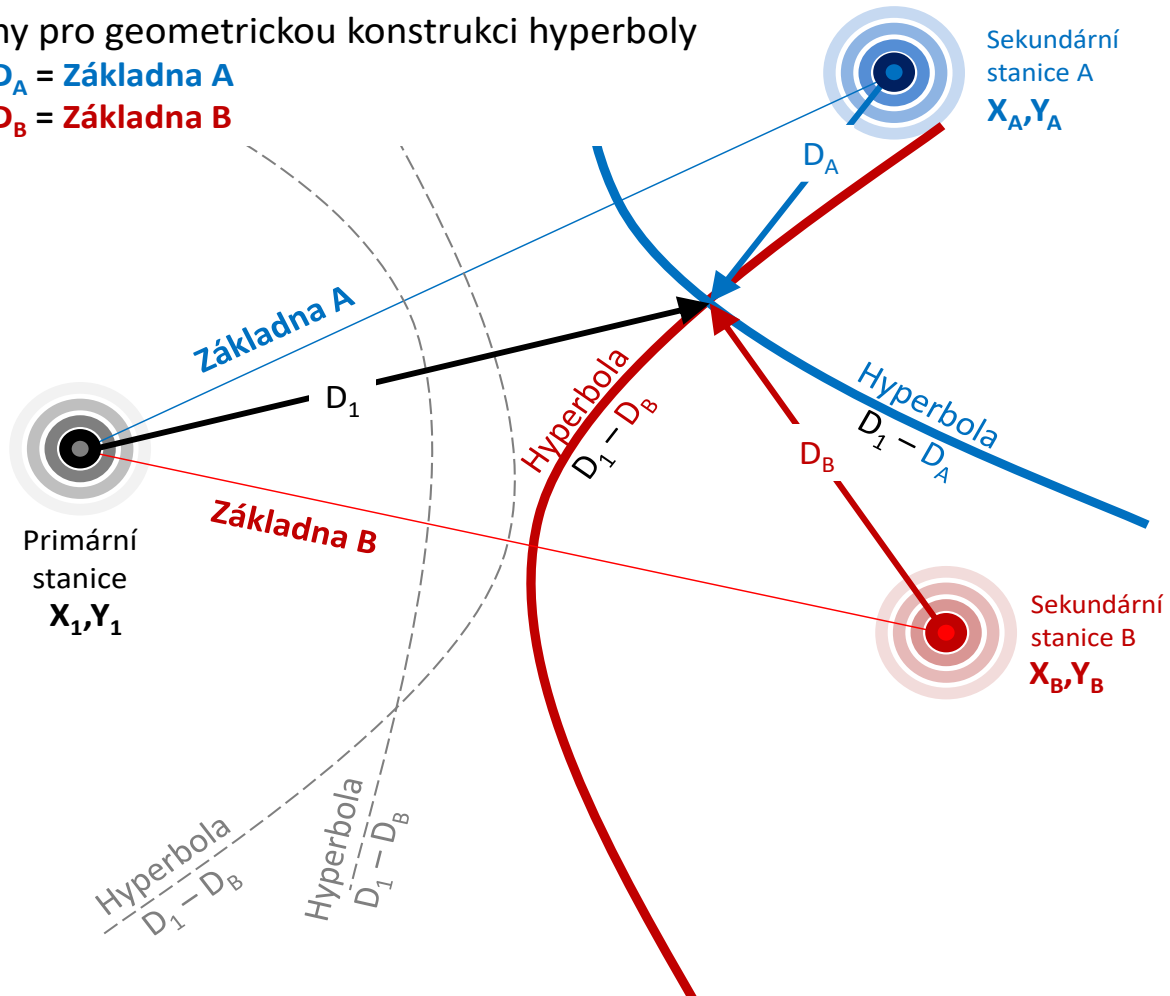
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Vztahy pro geometrickou konstrukci hyperboly

$$D_1 - D_A = \text{Základna A}$$

$$D_1 - D_B = \text{Základna B}$$



LORAN-C příklad multilaterace

08.02.2022

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

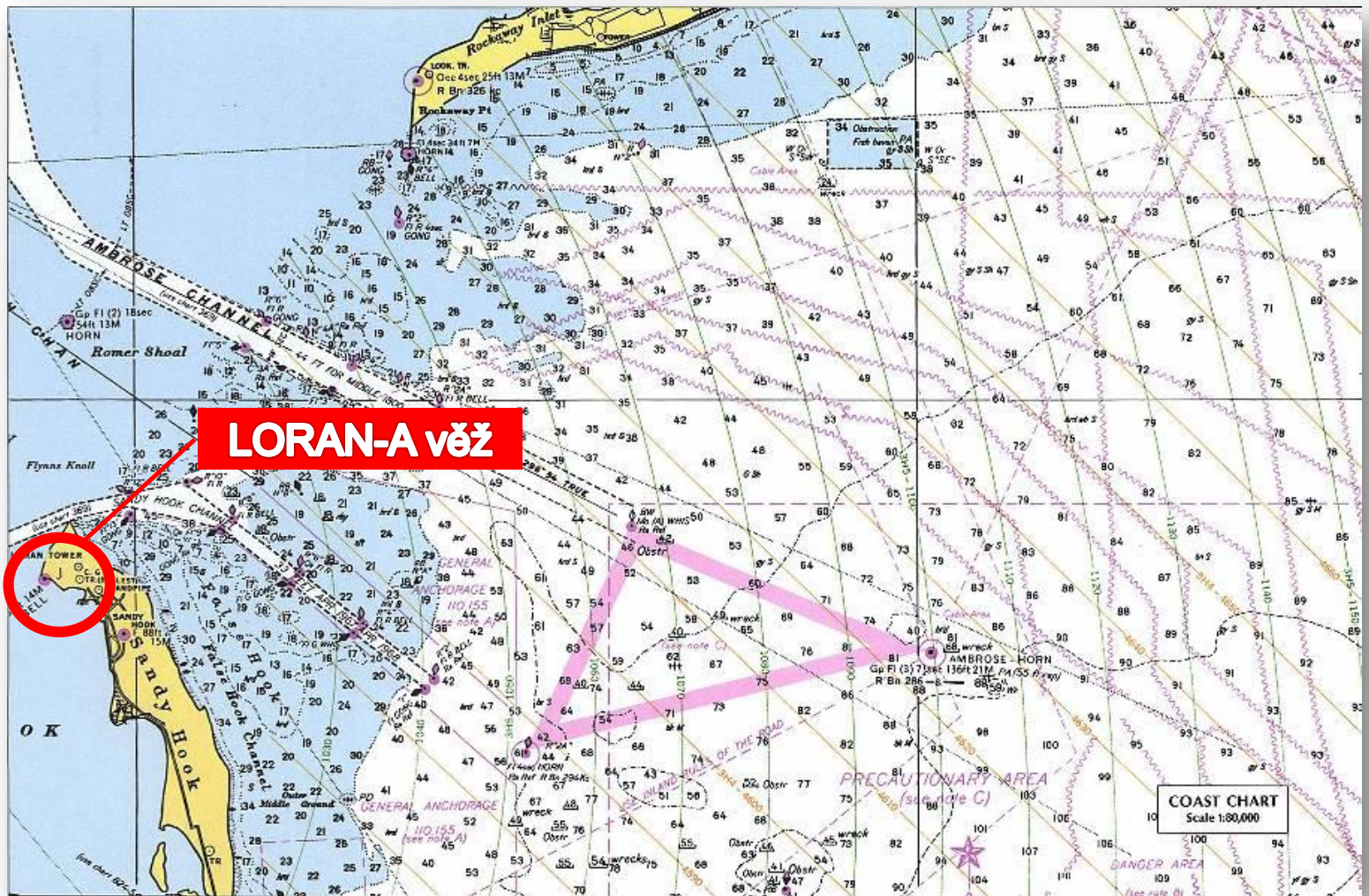


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ



Námořní mapa s TD linie

Námořní mapa New Yorkského přístavu zahrnující LORAN-A TD linie



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

08.02.2022

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

Vývoj kosmické rádiové navigace směrem k systému Navstar GPS.

HISTORIE KOSMICKÉ RÁDIOVÉ NAVIGACE A LOKALIZACE

08.02.2022

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

První byl Sputnik

- 1957 start družice Sputnik 1
- Vysílal signál
- Byly známy parametry oběžné dráhy

Výzkum Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory:

- A. Lze určit polohu družice z Dopplerovských pozorování z více stanic?**
- B. Lze inverzně určit polohu stanice z pozorování družice?**

08.02.2022

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

TRANSIT

- 1964 uveden do provozu
- První funkční družicový navigační systém
- Určen pro námořní navigaci (U.S. NAVY)
- **Dopplerovská měření**
 - **6 družic**
 - Signál s daty ve 2 minutových intervalech
 - Efemeridy družice
 - Vojenská data



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

08.02.2022

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

TRANSIT

- 2 minutové pozorování postačilo ponorkám pro lokalizaci
- Družice viditelná každých 35 – 120 min
- Od 1967 zpřístupněn pro civilní potřeby
- Přesnost od **800 m**, postupem doby až **5 m**
- **Zpřesňování lokalizace pod 1 m** (referenční stanice - oblast 100 – 500 km)
- Provoz ukončen **1996** (GPS FOC 1995)



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

08.02.2022

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

TRANSIT - Dopplerův jev v praxi

- **Dopplerova křivka**
hodnota měnící se frekvence signálu družice vykreslená v čase
- Pro hledanou polohu družice je její Dopplerova křivka vždy **unikátní**. Přístroj křivku z přijatých měření sestavil.
- Přístroj vypočetl **testovací křivku** pro **první odhad polohy**.
- Rekurzivně upřesňoval odhad polohy, aby docílil při jejím testování shody s naměřenou Dopplerovou křivkou.



08.02.2022

Graf zdroj: **CHR09**

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

esf
evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE
MŠMT

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

TRANSIT - nevýhody Dopplera

- Vyžadují korekce lokalizovaného objektu na vlastní rychlost
- Souřadnice 2D
- Nízká přesnost lokalizace
- Navigační signály dostupné co 35 – 120 min

**NEPOUŽITELNÉ PRO LETECKOU
NAVIGACI!**



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

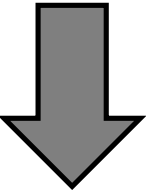
08.02.2022

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

TIMATION a SECOR - krok k GPS

TIMATION (1964)

SECOR (1960)

- Přidání dálkoměrného signálu do nosné frekvence vysílání družice
 - Zajištění časové synchronizace hodin na družici s přesným pozemními hodinami
- 
- Přijímač může určit svou polohu **RYCHLE A S VYSOKOU PŘESNOSTÍ!**



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

08.02.2022

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

SOUČASNÉ A BUDOUCÍ DRUŽICOVÉ NAVIGAČNÍ SYSTÉMY

08.02.2022

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

Přehled

Družicové navigační systémy

- 1973 Navstar GPS (USA)
- 1976 GLONASS (SSSR)
- 1997 BEIDOU (Čína)
- 2000 COMPASS (Čína)
- 2001 GALILEO (EU)
- QZSS (Japonsko)
- IRNSS (Indie)

Zpřesňující systémy SBAS¹⁾

- WASS (USA)
- EGNOS (EU)
- MSAS (Japonsko)
- GAGAN (Indie)

1) Satellite Based Augmentation Systems

08.02.2022

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

DĚKUJI ZA POZORNOST

08.02.2022

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>
- **VEŘ09** Veřták, Ivo.: *Rádiové určení polohy - prezentace*, 2009, stran 80



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

08.02.2022

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>



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

08.02.2022

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

Historie a současnost navigace a lokalizace

Prezentace 1

Studijní opora k předmětu: GLOBÁLNÍ NAVIGAČNÍ A POLOHOVÉ SYSTÉMY

David Vojtek

08.02.2022

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