



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

## NAVIGAČNÍ SYSTÉMY

NAVIGATION SYSTEMS

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

#### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Václav Pospíšil

#### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. RNDr. Ing. Miloš Šeda, Ph.D.

BRNO 2020



## Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automatizace a informatiky
Student:	<b>Václav Pospíšil</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	<b>prof. RNDr. Ing. Miloš Šeda, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### Navigační systémy

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

S rozvojem mobilní techniky se užitečnou pomůckou pro cesty autem i pěší turistiku staly programy, které poskytují informaci o aktuální pozici a pohybu v požadovaném směru. Nahradily papírové mapy a postupně vytlačují i specializovaná zařízení typu Garmin, připevňovaná na skla vozidel.

#### **Cíle bakalářské práce:**

1. Popište dostupné systémy online a offline map a navigační systémy.
2. Proved'te rozbor jejich technických parametrů, např. nároků na mobilní data a vybíjení baterie mobilu.
3. Systémy porovnejte s využitím multikriteriálního rozhodování.

#### **Seznam doporučené literatury:**

HERBICH, R.: Srovnání navigací: Je lepší aplikace, vestavěný systém nebo nejlevnější model na trhu? Autobible.cz, 2018, dostupné z <https://autobible.euro.cz/srovnavaci-test-navigaci-lepsi-apliace-vestaveny-system-nejlevnejsi-model-trhu/>.

NOVOTNÝ, M.: Navigační systémy v dopravě. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. Bakalářská práce, 2009.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Radomil Matoušek, Ph.D.

ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Práce je v první části věnována ucelenému popisu a vývoje globálních navigačních družicových systémů, na kterou navazuje část druhá, kde se řeší jejich využití skrze navigační zařízení a aplikace. Druhá část také rozebírá vlastnosti a specifikace jednotlivých zařízení a aplikací. Součástí práce je i závěrečné zhodnocení jednotlivých aplikací z hlediska jejich technických parametrů.

## **ABSTRACT**

The first part of the thesis is devoted to a comprehensive description and development of global navigation satellite systems, which is followed by the second part, which addresses their use through navigation devices and applications. The second part discusses the properties and specifications of individual devices and applications. Part of this work is the final evaluation of individual applications in terms of their technical parameters.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Globální družicový navigační systém, GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou-3, autonavigace, navigační aplikace

## **KEYWORDS**

Global navigation satellite system, GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou-3, car navigation, navigation applications



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

POSPÍŠIL, Václav. *Navigační systémy*, Brno, 2020. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automatizace a informatiky.





## **PODĚKOVÁNÍ**

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce prof. RNDr. Ing. Miloši Šedovi, Ph.D. za jeho cenné rady, ochotu a trpělivost, které mi pomohly tuto práci dokončit. Dále bych rád poděkoval mé rodině za podporu po celou dobu studia.

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením prof. RNDr. Ing. Miloše Šedy, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu literatury.

V Brně dne 22. 5. 2020

.....  
Václav Pospíšil

# OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>1 NAVIGACE A URČOVÁNÍ POLOHY.....</b>	<b>11</b>
1.1 Navigace.....	11
<b>2 GLOBÁLNÍ NAVIGAČNÍ SYSTÉMY .....</b>	<b>13</b>
2.1 Rádiová navigace.....	13
2.2 Struktura družicových systémů .....	14
2.2.1 Kosmický segment .....	14
2.2.2 Řídící segment.....	14
2.2.3 Uživatelský segment .....	15
<b>3 GPS.....</b>	<b>17</b>
3.1 Kosmický segment .....	17
3.2 Řídící segment.....	18
<b>4 GLONASS.....</b>	<b>19</b>
4.1 Kosmický segment .....	19
4.2 Řídící segment.....	20
<b>5 GALILEO .....</b>	<b>21</b>
5.1 Kosmický segment .....	21
5.2 Řídící segment.....	22
<b>6 BEIDOU-3.....</b>	<b>25</b>
6.1 Kosmický segment .....	26
6.2 Řídící segment.....	26
<b>7 NAVIGAČNÍ PŘÍSTROJE.....</b>	<b>27</b>
7.1 Automobilové navigace .....	27
7.1.1 Přenosné automobilové navigace .....	28
7.1.2 Vestavěné automobilové navigace .....	30
7.2 Turistické navigace.....	30
<b>8 NAVIGAČNÍ APLIKACE .....</b>	<b>31</b>
8.1 Dynavix.....	31
8.2 Google Maps .....	32
8.3 Mapy.cz.....	32
8.4 Sygic .....	33
8.5 Waze .....	34
8.6 Srovnání aplikací.....	34
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>35</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>37</b>
<b>SEZNAM ZKRATEK .....</b>	<b>40</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>41</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>42</b>



## ÚVOD

Technologie se za poslední roky výrazně posunula o krok kupředu a vývoj navigačních systémů vůbec nezaostával. Rok 2020 je pro navigační systémy významný, je naplánováno dokončení celkem dvou globálních navigačních systémů. Jedná se evropský projekt Galileo a čínský BeiDou-3, systémy by měly být plně zprovozněny k celosvětovému použití. Mezi další systémy lze zařadit další dva již dlouhodobě funkční systémy, a to americký GPS a ruský GLONASS [2].

Cílem bakalářské práce je čtenáře seznámit se základními typy globálních navigačních systémů, jejich vývojem a základní charakteristikou. Dále rozebrat jejich následné využití skrze navigační zařízení a aplikace. Smyslem je tedy vytvoření uceleného přehledu daného tématu a následné porovnání a doporučení vhodných zařízení či aplikací.

K základnímu pochopení daného tématu byla využita doporučená literatura, přesněji práce Michala Novotného na téma Navigační systémy v dopravě [38]. Práce dodala autorovi vhodné základní poznatky dané problematiky a pomohla k výběru typů globálních navigačních systémů. Některé zařízení a aplikace byly vybrány kvůli dřívějším zkušenostem autora a od toho se odvíjející znalosti dané aplikace či zařízení.



# 1 NAVIGACE A URČOVÁNÍ POLOHY

Člověk se už od pradávna přemísťuje z jednoho bodu do druhého. Proto potřebuje znát i svou stávající polohu. Poloha je udávána převážně pomocí souřadnic v daném souřadnicovém systému, ale může být udávána i jiným způsobem, např. pomocí orientačních bodů. Dá se určit dvěma základními způsoby – přímým a nepřímým měřením [1].

**Přímé měření** spočívá v určení polohy odměřením vzdálenosti od již známých a identifikovatelných bodů, např. vodní toky, silnice, budovy apod.

**Nepřímé měření** neurčuje polohu pomocí souřadnic, ale pomocí měření jiných veličin, např. měření azimutů či radiových signálů. Nepřímé měření lze rozdělit do tří metod – úhloměrné měření, dálkoměrné měření a kombinace dvou předešlých.

## 1.1 Navigace

Navigací se rozumí řízení osob nebo dopravních prostředků z jednoho místa do druhého po předem dané trase. Dnes se tento termín spojuje se všemi druhy dopravy, avšak do 20. století byl spojen výhradně s dopravou lodní, proto termín vznikl spojením dvou latinských slov *navis* (česky loď) a *agere* (česky přemístit se, směřovat) [1].

Vzniklo mnoho metod navigace, založených na matematických a fyzikálních principech nebo na druhu dopravy, pro který je daná metoda používána [1]:

- Navigace podle orientačních bodů
- Navigace podle hvězd
- Navigace výpočtem
- Námořní navigace
- Pozemní navigace
- Letecká navigace





## 2 GLOBÁLNÍ NAVIGAČNÍ SYSTÉMY

Globální družicový navigační systém (Global Navigation Satellite System – GNSS) je celosvětová služba poskytující za pomoci družic jejím uživatelům stávající polohu s přesností až jednotky metrů [2].

Vůbec první funkční systém, který byl vyvinut ve Spojených státech amerických roku 1964, se proslavil pod označením TRANSIT. Trvalo tři roky, než se tento systém dostal do veřejného využití, do této doby byl používán pouze pro vojenské účely. Špatná dostupnost signálu a nevyužití pro leteckou navigaci byly velké překážky v provozu tohoto systému, a proto se od 90. let nevyužívá. V 60. letech se na druhé straně světa, v tehdejší Sovětské svazu, pracovalo na podobném projektu, který nesl název CYKLON. Jednalo se o dopplerovský (dopplerovský proto, že využíval Dopplerův jev, který popisoval změnu frekvence a vlnové délky signálů) navigační systém. Stejně jako jeho předchůdce z USA ztroskotal na stejných problémech. Během dalších let se postupně vyvíjely další systémy, ale u většiny z nich nedošlo k takovému pokroku, aby mohly být spuštěny celosvětově. Většina z projektů byla zamýšlena pouze pro určitou oblast, např. STAR-FIX, který měl fungovat pouze v Severní Americe. Velký problém vznikal i u nemožné lokalizace míst v zeměpisných šířkách vyšších než  $75^\circ$  [3].

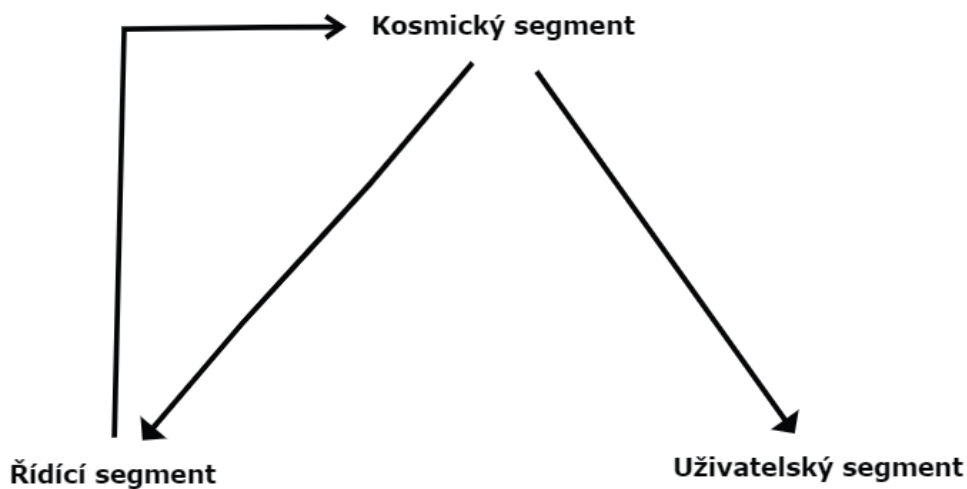
### 2.1 Rádiová navigace

Vypuštěné družice různých globálních navigačních systémů vysílají rádiové signály, které pomohou určit uživateli jeho danou polohu [4]. Tento druh určování vzdálenosti spočívá v měření času letu signálu od vysílače k přijímači. Signál se pohybuje rychlostí  $300\,000\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ , což se rovná rychlosti světla [5]. Aby se jednotlivé signály GNSS systémů nerušily, je každý systém naladěný na jiné frekvenci, na které může vysílat. Je nutné rozlišit ze kterého vysílače se signál vysílal [2]. Z tohoto se důvodu se používají tři různé metody [6]:

- Kódová – Všechny vysílače používají stejnou frekvenci, ale každý vysílá unikátní pseudonáhodný kód (Pseudo Random Noise – PRN), díky kterému je přijímač schopen přiřadit daný signál. Využívané systémy GPS, Galileo a BeiDou-3.
- Frekvenční – Pro každý vysílač je vyhrazena vlastní frekvence. Přijímač přiřazuje frekvence k daným vysílačům. Využívaná systémem GLONASS.
- Časová – Pro všechny vysílače je vyhrazena jedna frekvence a vysílají stejný PRN kód. Každý vysílač vysílá své signály v jiném časovém intervalu. Metoda se nepoužívá.

## 2.2 Struktura družicových systémů

Globální družicový navigační systém je tvořen třemi segmenty:



Obr. 1: Struktura navigačních systémů. Zdroj: Vlastní snímek

### 2.2.1 Kosmický segment

Kosmický segment tvoří uměle vytvořené družice, které byly vypuštěny po předem určených oběžných drahách tak, aby ideálně pokryly Zemi s maximální přesností určení polohy pomocí souřadnic. Tyto souřadnice jsou vysílány do uživatelského segmentu, kde jsou zpracovávány přijímači. Každý GNSS má různý počet oběžných drah, vypuštěných družic i počet vysílaných signálů. Polohy družic na daných oběžných drahách jsou vyjádřeny v efemeridách, což jsou velmi přesné údaje o poloze družic v určitém čase [4,6].

Pro plně operační způsobilost (FOC – Full Operational Capability) systému musí být v oběhu alespoň 24 družic (z toho 3 záložní). Pro částečnou operační způsobilost (IOC – Initial Operational Capability) je potřeba minimálně 18 družic [6].

### 2.2.2 Řídicí segment

Hlavním úkolem řídicího segmentu je ovládání a sledování družic na oběžných drahách a následným zpracováním informací. Dalším úkolem je zaručení jednotného času pro celý navigační systém [6].

Základem řídicího segmentu je řídicí stanice, která slouží k řízení provozu systému. Všechny informace z ostatních stanic se sbíhají právě do řídicí stanice. Data, které přijímají družice, jsou posílány prostřednictvím stanic pro komunikaci s družicemi. K opatření signálů vysílaných družicemi slouží monitorovací stanice. Dále se v tomto segmentu nachází stanice pro systémový čas GNSS a stanice pro telemetrické sledování družic, které získávají telemetrická data pro bezpečný chod družic [4,6].

### 2.2.3 Uživatelský segment

Signály z družic jsou zpracovávány pomocí GPS přijímačů, které tvoří uživatelský segment. Těchto přijímačů je systém schopen obsloužit neomezené množství, a to díky tomu, že se jedná o pasivní přijímače. Tyto přijímače signál pouze získávají a žádný nevydávají, aby nemohl být přijímač zaměřen. Pomocí přijímačů lze získat aktuální polohu, čas nebo rychlost. Existují dva typy uživatelů – autorizovaní (vojenský sektor) a neautorizovaní (civilní sektor). Autorizovaní uživatelé mají vyšší přesnost systému než ti neautorizovaní. Používání přijímačů je zcela bezplatné [6,7].



## 3 GPS

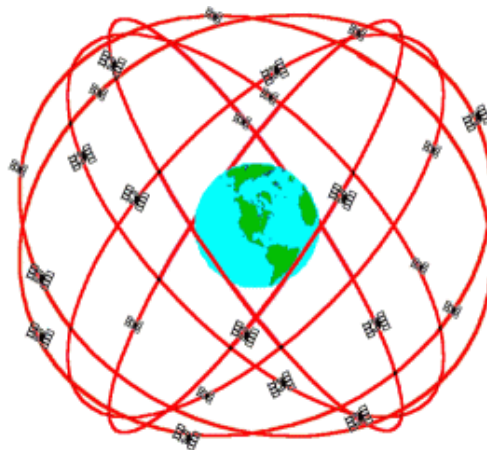
Celým názvem NAVSTAR GPS (NAVigation Satellite And Ranging Global Positioning System) je jeden ze dvou plně funkčních systémů vyvinutý americkou vládou, který byl primárně určený pro vojenské účely. U GPS se k určení polohy používá dálkoměrné měření [8].

Historie GPS sahá až do roku 1973, kdy byl na pokyn ministra obrany USA zahájen projekt nesoucí název Obranný navigační družicový systém (DNSS – Defensive Navigation Satellite System). Jednalo se o spojení několika menších projektů do jednoho se záměrem vzniku něčeho jedinečného. Ještě ve stejném roce byl projekt převzat jiným vedením a přejmenován na nynější název GPS Navstar. O pět let později byla vyslána první vývojová družice. Trvalo přibližně patnáct let, než se systém dostal do stavu IOC [6]. V tomto stavu nezůstal systém dlouho a 17. ledna 1994 bylo splněno vše potřebné pro převedení systému do stavu FOC [9].

### 3.1 Kosmický segment

V dnešní době kosmický segment GPS tvoří celkem 31 operace schopných družic. Nejméně 24 z nich musí být funkčních ve stejnou dobu (základní konstelace). Zbylých 7 družic může zvýšit výkon GPS, ale nejsou považovány za součást základní konstelace (viz Obr. 2). Tvoří tzv. zálohu v případě opravy nebo vyřazení některé z družic. Poslední družice byla vypuštěna roku 2018 [10].

Družice se pohybují po šesti rovnoběžně rozmístěných oběžných drahách v nadmořské výšce 20 200 km. Za jeden den družice obletí Zemi dvakrát [10]. Perioda oběhu činí 11 h a 58 minut. Dráhy mají sklon k rovině rovníku  $55^\circ$  [11]. Vzájemný sklon drah činí  $60^\circ$  [7]. Na každé dráze je 4-6 nepravidelně uspořádaných družic. Rychlost družice je  $11\,300\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . [11].



Obr. 2: Základní konstelace systému GPS.

Zdroj: [11]

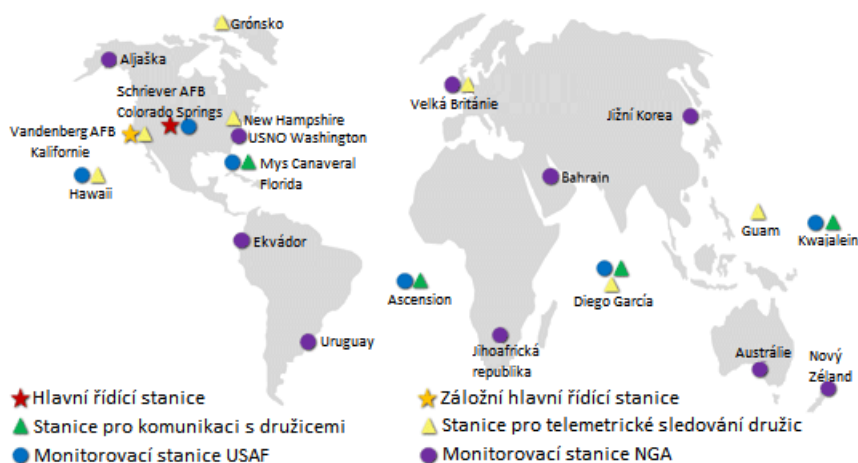
### 3.2 Řídící segment

Hlavní řídicí stanice se rozkládá v centrální části USA na území státu Colorado. Přesněji na Schrieverově vojenské letecké základně (AFB – Air Force Base). Plně funkční záložní hlavní řídicí stanice se nachází na Vandenbergově AFB poblíž města Los Angeles v USA, která je připravena kdykoliv převzít řízení [13].

Řídící segment dále tvoří čtyři stanice pro komunikaci s družicemi, které jsou rozmístěné po celém světě v blízkosti rovníku. Tyto stanice se nachází na Floridě v USA, na ostrově Ascension v Atlantském oceánu, na ostrově Diego García v Indickém oceánu a na ostrově Kwajalein v Tichém oceánu [13].

Další důležitou složkou tohoto segmentu zaujímají stanice pro telemetrické sledování družic, kterých je celkem 7. Dvě z nich se nachází v USA, přesněji ve státech Kalifornie a New Hampshire. Zbytek stanic se nachází na ostrovech: Havaii, Grónsko, Velká Británie, Diego García a Guam [13].

Nejpočetnější část tohoto segmentu je tvořena monitorovacími stanicemi, které se dělí na monitorovací stanice letectva Spojených států amerických (USAF – United States Air Force) a monitorovací stanice NGA (National Geospatial-Intelligence Agency). Na obrázku (Obr. 3) lze nalézt polohu všech 16 monitorovacích stanic [13].



Obr. 3: Rozpoložení řídicího segmentu systému GPS. Upraveno ze zdroje: [13]

Systém i bez řídicího segmentu dokáže fungovat až 6 měsíců. Po dobu, kdy je řídicí segment mimo provoz, se systém nachází ve stavu AUTONAV (Autonomous Navigation Mode), který pracuje na principu výměny emeferidů a stavu atomových hodin mezi jednotlivými družicemi [12].

## 4 GLONASS

GLONASS (GLObanaja NAVigacionnaja Sputnikovaja Sistěma) je plně funkční pasivní globální navigační systém řízen vládou Ruské federace. Podobně jako systém GPS byl GLONASS vyvinut hlavně pro vojenské účely. Využívání systém se roku 1988 stalo zcela bezplatné [6].

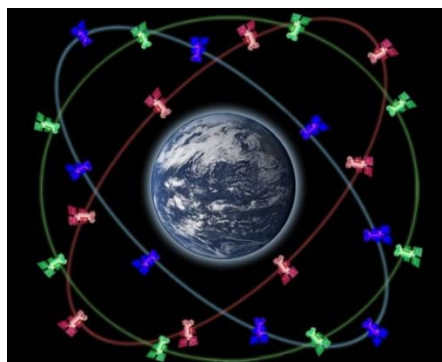
Vývoj systému započal koncem roku 1976 v tehdejším Sovětském svazu a další dva roky se pracovalo na technickém plánu. Roku 1982 vzletěla na oběžnou dráhu první družice pojmenovaná URAGAN (1. generace družic). Vývoj systému GLONASS byl velice rychlý a během devíti let se na oběžnou dráhu dostalo více než 40 dalších družic. Velkým nedostatkem družic 1. generace byla nízká životnost a roku 1991 po zániku Sovětského svazu byla v konstelaci pouze polovina družic potřebná pro FOC. Stav FOC byl dosažen v roce 1996, ale díky špatné ekonomické situace Ruské federace vše směřovalo k zániku. Na přelomu tisíciletí zbývalo na oběžné dráze jen pár posledních funkčních družic. Pracovalo se na obnovení systému a s tím přišel i vývoj nových družic GLO-NASS-M a GLONASS-K. Stav FOC znovu GLONASS dosáhl roku 2012 [6].

### 4.1 Kosmický segment

Stejně jako u GPS tvoří základní konstelaci 24 družic. Celkový stav družic lze vidět v tabulce (Tab. 1) [14].

Tab. 1: Konstelace systému GLONASS. Zdroj: [14]

Celkový počet družic v konstelaci	27
Operace schopné	23
V údržbě	1
Družice na náhradní díly	2
Ve fázi letových zkoušek	1



Obr. 4: Základní konstelace systému GLONASS. Zdroj: [15]

Velký rozdíl je ve výšce a počtu oběžných drah, které jsou pouze 3 (Obr. 4) ve výšce 19 100 km na zemi. Z tohoto důvodu je perioda oběhu menší (11 hod a 15 minut). Dráhy mají sklon k rovině rovníku  $64,8^\circ$  a jejich vzájemný sklon je  $120^\circ$ . Tato konstelace je specifická tím, že při rychlosti družic  $3,9 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$  se každých 8 siderických dní (siderický den = 23 hod a 56 minut) družice nachází na tom samém místě [12].

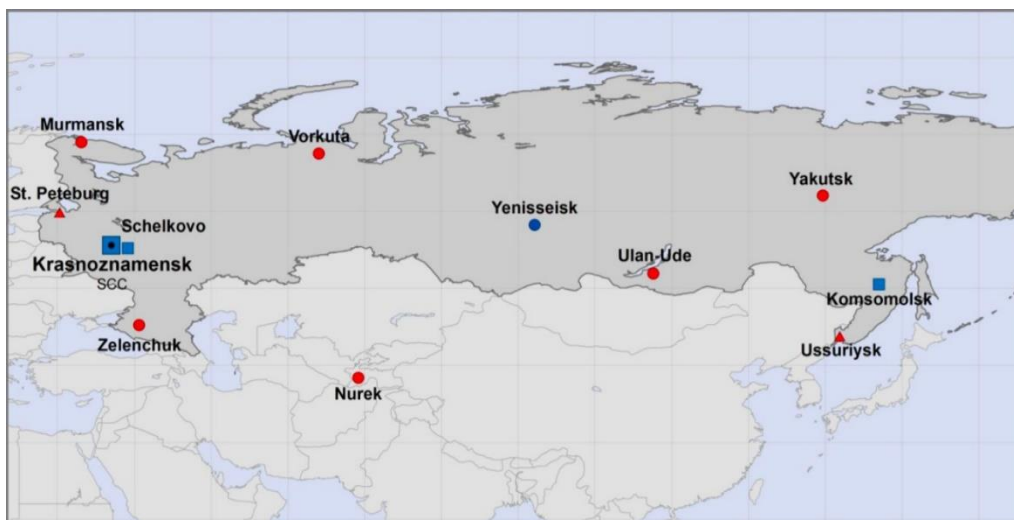
## 4.2 Řídící segment

Na rozdíl od systému GPS, kde se stanice rozkládají po celém světě, se u systému GLONASS nachází celý segment na území Ruské federace a bývalých států Sovětského svazu. Tímto vzniká problém, že družice se dají sledovat pouze v daný časový úsek [4].

Srdce celého systému se nachází ve městě Krasnoznamensk, které se nachází neda-leko hlavního města Ruské federace, Moskvy [4].

Rozšířené stanice, které vystupují zároveň jako monitorovací stanice a stanice pro telemetrické sledování družic, jsou tři a nachází se ve městech Jenisejsk (Yeniseisk), Komsomolsk a Ščolkovo (Schelkovo) [6].

Rozmístění zbytku monitorovacích stanic (červený kruh) a stanic pro telemetrické sledování družic (červený trojúhelník) lze vidět na obrázku (Obr. 5) [6].



Obr. 5: Rozpoložení řídicího segmentu systému GLONASS. Zdroj: [12]



## 5 GALILEO

Jedná se o globální družicový navigační systém, který byl zřízen Evropskou Unií kvůli oprostění od vojenských systémů GPS NAVSTAR a GLONASS a vytvoření tak systému, který bude určen primárně pro civilní sektor [18]. Oproti dvěma výše zmiňovaným systémům je Galileo aktivní systém, což umožňuje, jak signál přijímat, tak jej i odesílat. Systém disponuje mnohem vyšší přesností a rychlostí určování polohy v porovnání se zbytkem systémů. V současnosti se systém nachází ve stavu IOC a v blízké době by se měl stát plně funkčním [16].

Předchůdcem systému Galileo je taktéž projekt EU systém EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), který se začal vyvíjet roku 1994. Tento systém měl vylepšit vlastnosti GPS v Evropě [19]. Samotný systém Galileo se buduje od roku 1999 [5]. První fáze vývoje systému byla realizována vypuštěním prvních dvou družic v roce 2011, následované dalšími dvěma družicemi roku 2012. Celkem tyto čtyři družice tvořily fázi IOV (In Orbit Validation), kdy se jednalo o ověření fungování navrženého systému a první určení dané polohy pomocí čtyř družic [18]. Od roku 2016 se systém nachází ve stavu IOC a dosažení FOC je plánováno začátkem roku 2021, kdy poslední družice mají být pravděpodobně vypuštěny koncem roku 2020 [17].

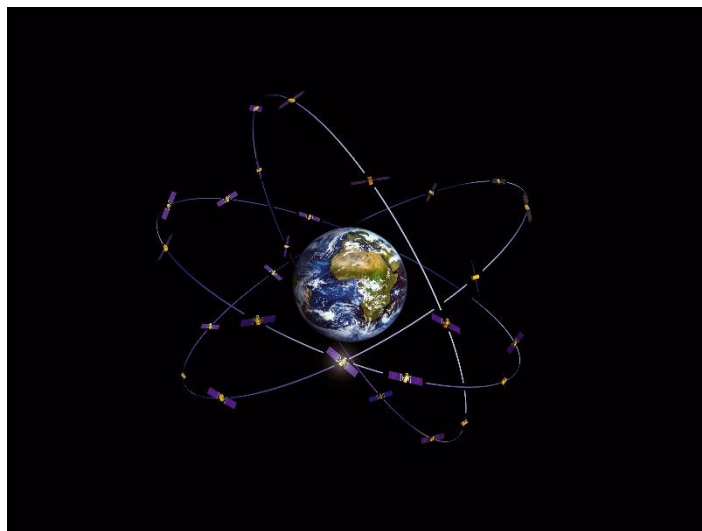
Nabídka služeb systému Galileo je velmi široká, celkem nabízí až pět různých, ať už zpoplatněných či ne [12,20]:

- **Open Service (OS)** – nejzákladnější služba, která je zdarma a vysílá základní signál. Čím výkonnější přijímač, tím vyšší přesnost.
- **Commercial Service (CS)** – vylepšená základní služba, která je placená. Vysílaný signál je šifrovaný a přesnější.
- **Search and Rescue (SAR)** – služba, která umožňuje vzájemnou komunikaci dvou přijímačů, je převážně využívaná záchrannou službou.
- **Safety Of Life (SOL)** – služba, která nachází využití především ve vzdušném prostoru. Je vysílána prostřednictvím signálů OS a obsahuje navíc šifrovaná data o integritě.
- **Public Regulated Service (PRS)** – šifrovaná služba, která je natolik ustálená, aby zajistila kontinuitu služeb i v krizových situacích. Určena pro civilní ochranu, hasičům, celníkům a policii.

### 5.1 Kosmický segment

Celkově bude na oběžné dráze vypuštěno 30 družic. Základní konstelaci bude tvořit 24 družic a dalších 6 družic budou k dispozici jako aktivní záloha, aby byly schopné kdykoliv zaujmout místo v základní konstelaci [21]. Momentálně je operace schopných pouze 22 družic [17]. Stejně jako u systému GLONASS se budou družice pohybovat po

třech oběžných drahách se vzájemným sklonem  $120^\circ$  a k rovině rovníku  $56^\circ$  [18]. Oběžné dráhy jsou oproti systémům GPS a GLONASS ve vyšší nadmořské výšce a to 23 222 km. S tím souvisí i perioda oběhu, která je 14 hod a 7 minut. Každých 10 dní se družice nachází na stejném místě a obletí Zemi celkem sedmáctkrát [12].



Obr. 6: Základní konstelace systému Galileo. Zdroj: [22]

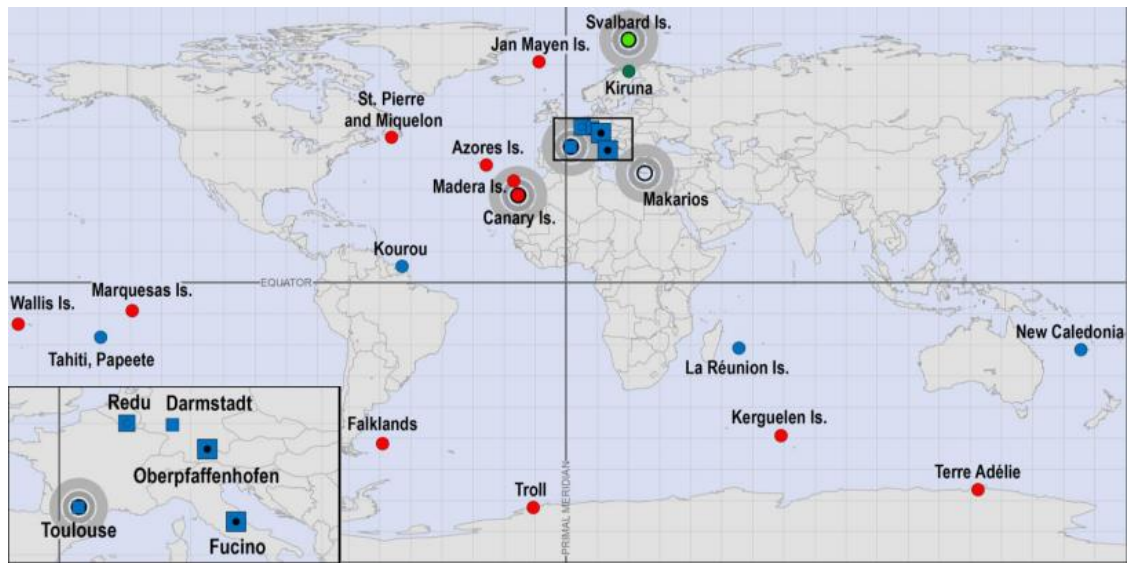
## 5.2 Řídicí segment

Základ řídicího segmentu systému Galileo tvoří dvě redundantní řídicí stanice. Jedna je umístěna v italském Fucinu a druhá v německém městě Oberpfaffenhofenu nedaleko Mnichova. Existují dvě skupiny funkcí, které musí řídicí stanice plnit. O první skupinu funkcí se stará Galileo Control System (GCS), který má na starosti udržování konstelace družic a jejich údržbu. Pod druhou skupinu funkcí spadá sestavování obsahu navigačních zpráv družici a nahrávání dat s daty o integritě signálů na družice. Těmito úkoly se zabývá Galileo Mission System (GMS) [6].

Stanice SAR určené pro koordinaci pátracích a záchranných akcí jsou celkem 4. Nachází se na Kanárských ostrovech, na ostrově Makarios, na Špicberkách (Svalbard) a ve francouzském Toulouse.

V řídicím segmentu zaujímá místo také 5 stanic, které plní funkce, jak stanice pro telemetrické sledování družic, tak stanice pro komunikaci s družicemi. Tyto stanice se nachází na ostrovech Tahiti, La Réunion a Nová Kaledonie, dále ve francouzském Toulouse a městě Kourou, které leží na území Latinské Ameriky. Samostatná stanice pro telemetrické sledování družic leží ve švédském městě Kiruna a stanice pro komunikaci s družicemi leží na Špicberkách [23].

Všechny monitorovací stanice systému Galileo jsou zobrazeny na obrázku (Obr. 7) kolečkem. Navíc se také monitorovací stanice nachází na obou řídicích stanicích [23].



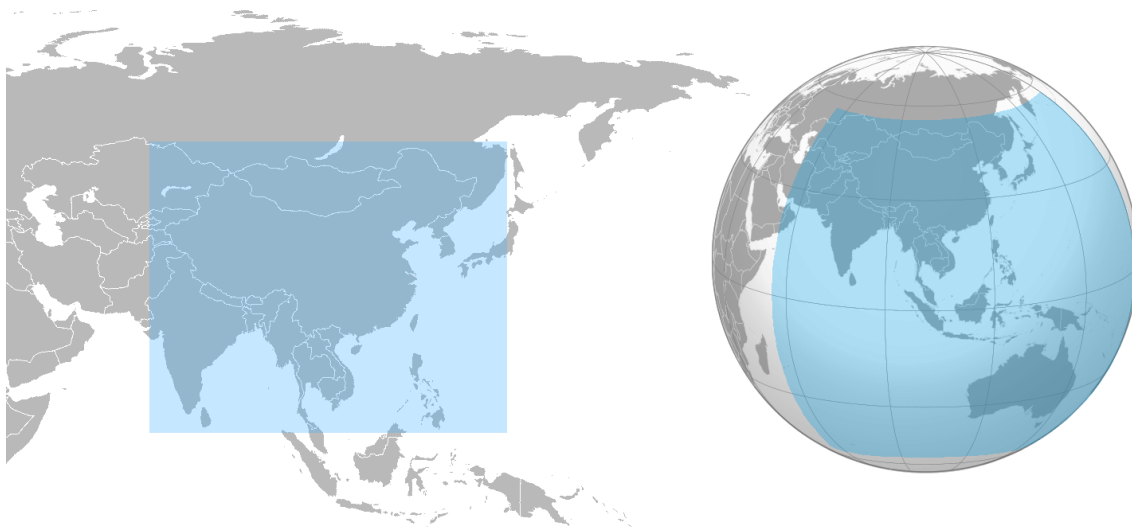
Obr. 7: Rozpoložení řídicího segmentu systému Galileo. Upraveno ze zdroje: [23]



## 6 BEIDOU-3

BeiDou-3 je globální navigační systém projektován Čínskou lidovou republikou. Vývoj systému se nachází ve 3. generaci. Systém je plně funkční pro čínskou a asijsko-tichomořskou oblast [24] a v roce 2020 byl plně zprovozněn i celosvětově [27]. Název Beidou je odvozen od souhvězdí Velkého vozu, které je součástí Velké medvědice a ve starověké navigaci bylo používáno toto souhvězdí jako výchozí bod pro orientaci a nalezení nejsevernější hvězdy Polárky [24].

Koncept čínského navigačního systému byl poprvé prezentován v roce 1983. Po deseti letech dostal program BeiDou svolení Číně poskytnout nezávislý přístup k regionální navigaci, který nespočívá na systémech GPS a GLONASS. Roku 2000 byly vypuštěny dvě první družice na oběžnou dráhu (BeiDou – 1A a 1B), které byly doplněny o tři roky později třetí družicí BeiDou 1C. Tímto byla v roce 2004 dokončena 1. generace systému pod označením BeiDou-1 a byl zahájen regionální provoz s přesností 20 metrů převážně pro obyvatele Čínské lidové republiky. Vypuštění družice Compass-M1 roku 2007 odstartovalo 2. generaci vývoje pod označením BeiDou-2 nebo pod více známým názvem Compass. Družice Compass-M1 měla funkci ověření frekvence a testování signálu. V roce 2012 byly vypuštěny poslední družice ke zpřístupnění systému pro asijsko-tichomořskou oblast [24]. Od roku 2015 se systém nachází ve 3. generaci vývoje, ta nese název BeiDou-3 a výsledkem je plně funkční globální navigační systém. Poslední družice k dosažení FOC měla být vypuštěna 16.6.2020, ale její start byl odložen. K jejímu vypuštění došlo 23.06.2020 a tím bylo dokončeno vše potřebné k dosažení stavu FOC [25,27].



Obr. 8: Pokrytí služeb BeiDou-1 (vlevo) a BeiDou-2/Compass (vpravo). Zdroj: [26]

Systém Beidou nabízí dva typy služeb – bezplatnou službu a licencovanou službu. Bezplatná služba je dostupná pro kohokoliv s vhodným přijímačem s přesností 10 metrů.

Licencovaná služba je určena pro čínskou vládu a vojenský sektor s přesností až 10 centimetrů [24].

## 6.1 Kosmický segment

Kosmický segment bude tvořen celkově 35 družicemi a třemi druhy oběžných drah [24]:

- Středně vysoká oběžná dráha (MEO – Medium Earth Orbit) – celkově 3 oběžné dráhy ve výšce 21 520 km, které budou obsahovat 27 družic. Dráhy jsou nakloněny  $55^\circ$  k rovině rovníku.
- Geostacionární oběžná dráha (GEO – Geostationary Earth Orbit) – jedna oběžná dráha ve výšce 35 786 km, která bude obsahovat 5 družic. Dráha je rovnoběžná s rovinou rovníku.
- Nakloněná geosynchronní oběžná dráha (IGSO – Inclined Geosynchronous Orbit) – celkově 3 oběžné dráhy, obsahující každá po jedné družici, jsou nakloněny  $55^\circ$  k rovině rovníku. Dráhy jsou v nadmořské výšce 35 786 km.

K dosažení FOC stavu je potřeba celkově 30 družic. Obsazení jednotlivých drah je následující – 24 MEO, 3 GEO, 3 IGSO [28]. Poslední vypuštěná družice obsadila místo v GEO [29].

## 6.2 Řídící segment

Řídící segment systému BeiDou-3 je tvořen hlavní řídicí stanicí, dvěma stanicemi pro komunikaci s družicemi a 30 monitorovacími stanicemi [6].

## 7 NAVIGAČNÍ PŘÍSTROJE

Navigační přístroje jsou skvělým pomocníkem na cestách a nejednomu člověku pomohly se neztratit. Základem navigací je software, který je důležitou součástí zařízení. Přehlednější grafické zpracování a ovládání přístroje může ulehčit celkovou orientaci.

Navigační přístroje se dělí do dvou základních skupin – automobilové navigace a turistické navigace [30].

### 7.1 Automobilové navigace

V dnešním světě moderní technologie se člověk oprostil od klasických papírových map a více se používají při cestování autonavigace. Autonavigace jsou nejběžnějšími typy navigačních přístrojů.

Vhodný výběr navigace se dá rozlišit skrze mnohá kritéria [30]:

- Displej – mezi základní specifikace displeje patří typ, velikost, rozlišení a odolnost. Rozlišují se dva typy displejů – rezistivní (ovládání skrze „poklepání“ prsty) a kapacitní (možnost ovládání více prsty najednou). Velikost úhlopříčky displeje se pohybuje od 8,9 cm až 17,78 cm. Čím větší rozlišení displeje, tím lépe a zobrazení bude detailnější. Odolnost displeje se dá vyjádřit pomocí IP (stupeň krytí vůči pevným tělesům) a IPX (stupeň krytí vůči kapalinám). Čím vyšší hodnota krytí, tím lépe. U IP se hodnota pohybuje od 0 do 6 a u IPX od 0 do 9.
- Kapacita baterie – výdrž baterie závisí na druhu navigace. Může nabývat výdrže až desítek hodin.
- Výkon procesoru – různé typy procesorů ovlivňují rychlost zpracování procesů, vyhodnocování trasy a vykreslování map.
- Mapové podklady – většina navigací obsahuje základní mapové podklady, ale je možnost bezplatného stažení či dokoupení dalších map. Aktualizace mapových podkladů je taktéž důležitá. Tyto aktualizace mohou být rovněž bezplatné nebo zpoplatněné. Výhodou některých společností je nabídka doživotní bezplatné aktualizace, kdy je možnost aktualizace po celou dobu životnosti navigace.
- Kapacita paměti – stažené mapové podklady a aktualizace se ukládají do interní paměti navigace. Kapacita se dá rozšířit nejrůznějšími druhy paměťových karet (SD, Micro SD, aj.).

Mezi další, nepříliš důležité aspekty lze přiřadit design a velikost navigace [30].

Každá autonavigace nabízí jiné funkční možnosti. Při výběru navigace je vhodné si upřesnit, kterou funkci bude člověk potřebovat a reálně ji využije.

Mezi základní funkce navigací patří [30]:

- Hlasové navigování – možnost výběru hlasu podle jazyku nebo pohlaví.
- Hlasové ovládání – možnost nastavení trasy bez zdlouhavého ručního ovládání.
- RDS-TMC a Live funkce – obě dvě funkce zaznamenávají aktuální situaci na vozovce. RDS-TMC (Radio Data System – Traffic Message Channel) využívá ke zjištění situace rádiovou anténu, zatímco Live mobilní síť. V České republice je využívanější funkce Live.
- POI (Points Of Interest) – tyto body zájmu zobrazují na mapě vámi vybraná místa. Může se jednat o restaurace, obchody, benzínové stanice, bankomaty, parkoviště, aj.
- Další funkce – databáze radarů, popisná čísla, řazení do jízdnic pruhů, ukazatel maximální dovolené rychlosti, 3D zobrazení, záznam jízdy, připojení k internetu či Bluetooth, aj.

Mezi další doplňkové funkce navigací patří kamera, barometr, akcelerometr, přehrávač medií nebo různé hry [30].

Automobilové navigace se rozlišují podle umístění na přenosné a vestavěné.

### 7.1.1 Přenosné automobilové navigace

Přenosné autonavigace lze umístit vhodným držákem kamkoliv na palubní desku nebo čelní sklo. Zároveň tímto může vzniknout problém omezení výhledu řidiče. Kapacita baterie přenosných autonavigací nebývá vysoká (přibližně od 1 hodiny do 5 hodin) a musí být nabíjena kabelem. Na druhou stranu člověk má volbu výběru navigace a podle funkcí které preferuje si daný typ pořídit. Nové aktualizace mapových podkladů je lehce přístupné a navigace lze odmontovat a používat ve vícero vozidlech [30].

Mezi nejznámější výrobce přenosných autonavigací patří společnosti TomTom, Garmin, Navitel a Dynavix.

**TomTom** je společnost nizozemského původu. K určení polohy je využíván navigační systém GPS Navstar. Pro detailnější technický popis byl vybrán produkt TomTom GO Premium, jedná se tedy o jeden z dražších produktů této společnosti a jeho cena se pohybuje okolo 10 000 Kč, - [31].



Tento typ navigace se vyrábí v provedení s 12,7 cm nebo 15,24 cm úhlopříčkou displeje. Rozlišení displeje je 800 x 480 pixelů a ovládání je dotykové. Navigaci lze také ovládat hlasem. Kapacita baterie není příliš vysoká a plné nabití vydrží přibližně jednu hodinu. Interní paměť navigace je 16 GB a lze rozšířit microSD kartou. Pro připevnění je využíván magnetický držák.

Autonavigace podporuje 3D zobrazení a disponuje vlastními mapami TomTom, které zahrnují pokrytí celé Evropy a je k dispozici pravidelná aktualizace (cca 4x ročně). Aktualizace jsou zcela zdarma a ke stažení prostřednictvím Wi-Fi. Obsahuje také funkci TomTom Traffic, která funguje na stejném principu jako funkce Live. Systém nabízí také ukládání předešlých tras a funkcí Road Trips, která nabízí vybrané trasy společnosti. Obsahuje upozornění na blízké rychlostní radary a dokáže najít váš automobil přes mobilní telefon.

Podporuje Bluetooth připojení, a proto můžete skrze navigaci provozovat telefonáty a „číst“ vaše SMS zprávy skrze hlasový výstup. Systém nabízí zpětně analýzu všech vašich cest [31].

**Garmin** je americká společnost, která také využívá navigační systém GPS Navstar. Produkt k detailnějšímu popisu byl vybrán model DriveSmart 61. Jeho cena se pohybuje mezi 6 až 7 tisíci korun českých.

Tato navigace disponuje úhlopříčkou displeje 17,65 cm a rozlišením 1024 x 600 pixelů. Displej je kapacitní, navíc se dá navigace ovládat i hlasem. Výdrž navigace je maximálně 1 hodinu. Pro připevnění navigace je používán přísavný držák.

Uživatel si může vybrat z mapových balíčků (Celá Evropa nebo pouze její různé části) a je možnost bezplatné aktualizace několikrát ročně. Systém upravuje trasu podle aktuální situace na silnici. Mapy obsahují POI, službu Foursquare, kde může uživatel sdílet své cesty a zážitky z nich a TripAdvisor, který obsahuje recenze (hotelů, restaurací, aj.) a tipy na cestování. Nechybí ani rychlostní upozornění a upozornění na radary. Při dlouhé, nepřerušované jízdě nabídne možnost zastávky na odpočinek na některé z blízkých benzinových pump či odpočívadle. Další zajímavou funkcí systému je Real Directions, kde zařízení hlasově naviguje podle známých míst, rozpoznatelných budov, ale i podle skutečných názvů ulic.

Zařízení podporuje Wi-Fi a Bluetooth připojení a je možné připojení zadní kamery, která může být velký pomocníkem při parkování [32].

**Navitel** je prvním českým zástupcem, kde byla na bližší prozkoumání vybrána autonavigace Navitel MS700. Ač navigace od Navitelu nepatří mezi dražší navigace, svůj účel plní skvěle. Cena tohoto modelu se pohybuje okolo 1500 Kč, - [33].

Navigace je vybavena dotykovým displejem s úhlopříčkou 17,78 cm, a proto se řadí mezi větší druhy autonavigací. Rozlišení displeje je 800 x 480 pixelů. Výdrž baterie je nízká, proto se doporučuje mít navigaci zapojenou stále do 12/24 V zásuvky v automobilu. Interní paměť je 8 GB a lze rozšířit microSD paměťovou kartou. Pro připevnění se používá přísavný držák. Rychlý zpracování dat a výpočet trasy obstarává procesor Cortex A7 o frekvenci 800 MHz.

Mapové podklady obsahují celou mapy všech států Evropy s bezplatnou aktualizací a nabízí se možnost výběru mezi 2D a 3D zobrazením. Dále navigace obsahuje asistenci při řazení do jízdních pruhů, 3D zobrazení křižovatek, POI, upozornění na radary, kamery nebo zpomalovací prahy. Systém nepodporuje Bluetooth připojení [33].

**Dynavix** je dalším českým výrobcem autonavigací. Zástupcem Dynavixu byla autonavigace Dynavix Link, která už v dnešní době není k sehnání na trhu. Společnost se zaměřila na mobilní GPS navigaci, která bude podrobněji rozebrána v další kapitole.

### 7.1.2 Vestavěné automobilové navigace

Vestavěné autonavigace jsou zabudované v palubní desce automobilu a jsou pořízovány při nákupu automobilu. Typ navigace závisí na typu vozidla, proto se majitel musí spokojit s autonavigací daného výrobce. Pořízovací cena vestavěných autonavigací bývá poměrně větší, než je tomu u přenosných navigací. Většinou se jedná až o desítky tisíc korun českých. Oproti přenosným navigacím jsou mapové podklady zastaralé, neaktuální a jejich aktualizace je z technického hlediska náročná. Výhodou je naopak velký a přehledný displej. Dále navigace nepřekáží ve výhledu a skvěle ladí s interiérem vozidla. Dalším plusem je propojitelnost s vozidlem a tím pádem i schopnost odhadu polohy v místech, kde není signál díky údajům z jedoucího vozidla [30].

## 7.2 Turistické navigace

Jedná se o rozměrově menší zařízení, které je určeno do terénu a určuje polohu například při turistice. Kapacita baterie je vysoká, navigace vydrží až 20 hodin. Odolnost proti vodě či pádu je také vysoká. Kvůli možnosti navigování v odlehlých oblastech může být vybavena externí anténou pro lepší signál. Výrobou turistických navigací se zabývá společnost Garmin. Rozlišují se mapové a nemapové navigace [30,34]:

- **Mapové navigace** jsou vybaveny vhodnými mapovými podklady, které jsou velmi přehledné. Navigování neprobíhá klasicky zobrazením trasy, ale pouze zobrazením cílového bodu či šipky ve směru cíle.
- **Nemapové navigace** neobsahují mapové podklady, ale zobrazují pouze aktuální souřadnice nebo směr cíle. Příkladem těchto navigací je kompas.

## 8 NAVIGAČNÍ APLIKACE

Existuje mnoho sofistikovaných aplikací, které mohou svou funkcí částečně nahradit některé navigační přístroje. K používání těchto aplikací je zapotřebí vlastnit mobilní telefon, který disponuje vhodnými technickými parametry. Aplikace mohou být využívány uživateli, kteří neplánují navigace používat tak často, nevlastní některý z navigačních přístrojů a nechtějí do něj investovat. Většina aplikací je zcela zdarma, jen některé premiové funkce mohou být zpoplatněny. Nejčastěji jsou děleny na dva tábory – online a offline aplikace [35]:

- **Online aplikace** se vyznačují aktuálními mapovými podklady. Výhodou jsou informace o momentální dopravní situaci, díky kterým se dá snáze vyhnout dopravní zácpě či uzavírci silnice. K fungování je vyžadováno připojení k internetu a s tím spojená spotřeba datového limitu a baterie.
- **Offline aplikace** naopak obsahují starší aktualizace mapových podkladů, a proto nezobrazují momentální situaci na vozovce a je pravděpodobnější, že se uživatel ocitne v koloně. Aplikace dokážou fungovat zcela bez internetu a tím šetří jak vaši baterii, tak mobilní data.

Bylo vybráno několik bezplatných aplikací, které budou v následujících podkapitolách rozebrány podrobněji.

### 8.1 Dynavix

Aplikace Dynavix je především offline navigace s občasným využitím mobilních dat (zjištění aktuální situace na silnici). Pro instalaci je potřeba operační systém alespoň Android 4.0. Základ aplikace bez jakýchkoliv mapových podkladů zabere 54,37 MB na uložení. Obsahuje mapové podklady Openstreetmap pro 47 evropských států a jednotlivé státy USA. Pro používání aplikace je potřeba stáhnout základní mapový soubor (hranice států a moře) o obsahu 166 MB. Mapové podklady pro Českou republiku včetně zobrazení některých významných budov ve 3D mají 420MB. Aktualizace mapových podkladů probíhá několikrát ročně.

- Mapové rozhraní aplikace je přehledné a vzhled aplikace lze podle libosti měnit.
- Nabízí možnost přepínání mezi 2D a 3D zobrazením.
- Při výběru trasy umožňuje fulltextové vyhledávání adres a výběr z několika možných cest.
- Pracuje s aktuálním děním na silnici pro nalezení nejrychlejší trasy pomocí funkce FCD – Floating Car Data (tuto funkci provozuje skrze anonymní sběr dat o pohybu ostatních vozidel).

- Poskytuje náhled online dopravních kamer a upozorňuje na rychlostní radary a omezení.
- Hlasové povely jsou k dispozici v 15 různých jazycích.
- Zobrazení POI na mapě lze upravovat podle toho, co momentálně uživatel hledá.
- Obsahuje řazení do jízdních pruhů a reálné dálniční návěští.
- Nabízí také navigace pro chodce.

Aplikace je zdarma ve zjednodušeném provedení. Všechny funkce aplikace lze zpřístupnit zakoupením Premium verze. Pro nové uživatele je možnost vyzkoušení Premium verze na 30 dní zdarma, poté se automaticky přepne do bezplatného režimu.

## 8.2 Google Maps

Jedná o navigační aplikaci společnosti Google. Aplikace v uložení zaujímá místo o velikosti 135 MB. Operační systém potřebný k instalaci a aktualizování aplikace musí být Android 4.4 nebo vyšší. Systém pracuje na bázi online navigace, proto není potřeba stahování jednotlivých mapových podkladů. Mapové podklady Google Maps pokrývají téměř celou Zemi. Mapy se pravidelně aktualizují.

Aplikace nabízí výběr několika druhů zobrazení map – klasická, satelitní, terénní. Obsahuje funkci Street View – tato funkce umožní uživateli „ocitnout“ se na ulici a prohlédnout si ji do detailů. Poslední snímky ulic byly pořízeny roku 2019. Umožňuje uložit danou oblast mapy do systému a později s ní pracovat i v offline módu. Mapy obsahují podrobné plány větších budov (letištní haly, nákupní centra, aj.). Při plánování trasy nabízí výběr více možných tras a omezení ohledně placených úseků. Aplikace podporuje hlasové vyhledávání. Mezi další funkce se řadí [36]:

- Obsahuje široký výběr POI a následnou práci s těmito místy zahrnující jejich recenze a možnost vyhledání míst v blízkém okolí.
- Uživatel může sdílet svou polohu skrze sociální síť, SMS zprávy nebo e-mailem.
- Nabízí možnost zobrazení obvyklé dopravní situace úseku v určitou dobu.
- Lze přepnout na navigaci pro chodce (možnost vyhledání spojů veřejné dopravy).
- Aktuální dění v dopravě (zpoždění veřejné dopravy, uzavírky, zácpy).

## 8.3 Mapy.cz

Mapy.cz je navigační aplikace společnosti Seznam, která pracuje především v režimu online. Základní aplikace má velikost 61,42 MB a k její instalaci potřeba operační systém Android 5.0 nebo vyšší. K pracování v režimu offline je potřeba stažení potřebných mapových podkladů před začátkem navigování. Mapové podklady České republiky zabírají 780 MB, ale lze stahovat i samostatně jednotlivé kraje ČR. Jedná se spíše o turistickou navigaci, díky tomu obsahuje také velké množství cyklostezek a turistických

stezek. Tato aplikace je tedy velmi užitečná při různých výletech do přírody a za historií. Obsahuje pět možností zobrazení mapy (turistické, letecké, zimní, dopravní a klasické).

- Přiblížené řazení do jízdnic pruhů a upozornění na omezení rychlosti.
- Aplikace dokáže doporučit místa k výletu v blízkosti výskytu nebo naplánovat výlet z momentální polohy.
- Podporuje hlasovou navigaci ve 13 jazycích.
- Obsahuje možnost zobrazení Panorama (obdoba Street View).
- Funkce Stopař – zaznamenává trasu aktivity. O jakou se jedná aktivitu aplikace rozpozná sama.
- Aktivity – záznam o všech aktivitách a jejich detailní informace (informace o rychlosti, zdolané vzdálenosti a převýšení dané vzdálenosti).
- Pro turistické výlety nechybí ani předpověď počasí na 5 dní dopředu.
- Obsahuje informace ohledně sjízdnosti řek a jezů.

## 8.4 Sygic

Aplikace Sygic je offline navigace, která zajišťuje mapové pokrytí téměř celého světa. K nainstalování aplikace je potřeba operační systém alespoň Android 4.0.4 a minimálně 250 MB místa v paměti telefonu (110 MB aplikace a 140 MB mapy ČR). Aktualizace mapových podkladů jsou prováděny několikrát do roka. Hlasová navigace je možná ve 32 různých jazycích. Mapy obsahují POI a vyhledávání trasy může být ovládáno hlasem.

Při jízdě navigace upozorňuje na omezení rychlosti a přehledně zobrazuje řazení do jízdnic pruhů. Při připojení k internetu zobrazuje aktuální situaci na silnici, vhodná místa k parkování a ceny pohonných hmot.

Je možné dokoupení Premium verze, která zpřístupňuje mnoho funkcí [37]:

- Head-up display – při noční jízdě je aplikace schopna promítat obraz na čelní sklo a přispět tak k bezpečnosti jízdy.
- Cockpit – funkce, která zobrazuje informace o vozidle v reálném čase a pomáhá uživateli jezdit více ekonomicky.
- Dashcam – aplikace nahrává vaši jízdu a ukládá ji do paměti telefonu (možnost využití v případě dopravní nehody).
- Real View navigace – tato funkce nahradí mapu reálným pohledem na silnici a usnadní uživateli kvalitnější a bezpečnější navigaci.

## 8.5 Waze

Navigační aplikace Waze je čistě online navigací. Pro instalaci je potřeba operační systém Android 4.1 a vyšší. Velikost aplikace je 142 MB. Navigace si zakládá především na práci s aktuálním děním na vozovce skrze ostatní uživatele, kteří hlásí prostřednictvím upozornění na různé kolony, policejní hlídky, uzavírky, aj. Díky těmto informacím se v průběhu cesty trasa může několikrát změnit, aby nedocházelo ke zdržení. Při plánování trasy je vypočítán čas cesty vzhledem k dané dopravní situaci. Orientuje se také pomocí starších zprůměrovaných dopravních informací [39].

Navigace nabízí až 50 jazyků k hlasovým pokynům. Je možnost vytvoření vlastních hlasových pokynů. Zobrazení mapy může být ve 2D nebo 3D. Možnost omezení placených úseků. Lze naplánovat jízdu dopředu a vzhledem k dopravní situaci bude upraven odjezd, aby se uživatel stihl dostat na místo včas.

## 8.6 Srovnání aplikací

Všechny aplikace byly otestovány při jednohodinovém provozu. Trasa byla pro všechny aplikace stejná. Test se primárně zaměřil na dva aspekty, ztrátu baterie a ztrátu mobilních dat. U offline navigačních aplikací Dynavix a Sygic byla taktéž zapnuta mobilní data kvůli funkci, která měla za úkol zjišťovat momentální situaci na vozovce.

Tab. 2: Náročnost jednotlivých aplikací na baterii a mobilní data.

	Dynavix	Google Maps	Mapy.cz	Sygic	Waze
Ztráta baterie [%]	13,6	28,8	8,4	5,2	23,2
Ztráta mobilních dat [MB]	8	18,3	6,8	20,4	7,6

## 8.7 Runtastic

Aplikace Runtastic je turistickou navigací a používá se spíše jako doplněk k pohybovým aktivitám uživatele. Má přehled o všech sportovních aktivitách a jejich následné analýze. Vykreslí trasu, kterou uživatel zdolal a k tomu informace o rychlosti, udolané vzdálenosti, ale i například výškový profil absolvované trasy. Základní aplikace je zdarma, ale může být dokoupeno prémiové členství s novými funkcemi.

## ZÁVĚR

První část práce je věnována navigaci a globálním navigačním systémům jako celku. Je zde popsán historický vývoj systémů a struktura. Dále práce popisuje jednotlivé dostupné navigační systémy, u kterých je rozebrána jejich historie a struktura. Velmi důležitým milníkem v rozvoji navigačních systémů se stalo 23.06.2020 dokončení FOC stavu systému BeiDou-3. K dokončení mělo dojít též u systému Galileo, jehož vypuštění posledních družic bylo odloženo na konec roku 2020.

Druhá část se zabývá dostupnými navigačními zařízeními. Kapitola o navigačních zařízeních je dělena na dvě části, první o autonavigacích, kde je podrobně popsána technická vybavenost vybraných druhů autonavigací a druhá o turistických navigacích. Dále jsou v této části rozebrány dostupné systémy online a offline aplikací, které byly taktéž detailněji rozebrány z hlediska technických parametrů.

Všechny aplikace prošly testem, který měl za úkol zjistit náročnost daných aplikací na baterii mobilního telefonu a využití mobilních dat. Jak bylo z testu zřejmé, největší zatížení baterie měly online navigace Google Maps (28,8 % za hodinu) a Waze (23,2 % za hodinu). Nejmenší spotřeba baterie byla zaznamenána při používání primárně offline aplikace Sygic (5,2 % za hodinu). Co se týče využití mobilních dat, překvapivě nejvíce dat zde spotřebovala aplikace Sygic (20,4 MB za hodinu), která mobilní data používala pouze k určení aktuální situace na vozovce, nalezení vhodného místa k parkování nebo ceny pohonných hmot. Nejmenší spotřebu dat měla aplikace Mapy.cz, která spotřebovala během hodinového používání pouze 6,8 MB. Nejlepší aplikací na cesty, kdy nedojde k velké spotřebě dat ani baterie, vyšla aplikace od Seznamu Mapy.cz. Tato aplikace je ale vhodnější na turistické výlety apod. Jako vhodného společníka na cestování po silnicích lze doporučit navigační aplikaci Dynavix, která z podrobněji popsaných nejlépe pracuje s výdrží baterie i spotřebou mobilních dat a díky funkci FCD zaručuje nalezení trasy do cíle v nejkratším čase.





# SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] RAPANT, Petr. *Družicové polohové systémy*. Ostrava: VŠB-TU, 2002, 202 s. Dostupné také z: <https://docplayer.cz/10052548-Druzicove-polohove-systemy.html>
- [2] Globální družicový polohový systém. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Glob%C3%A1ln%C3%AD\\_dru%C5%BEicov%C3%BD\\_polohov%C3%BD\\_syst%C3%A9m](https://cs.wikipedia.org/wiki/Glob%C3%A1ln%C3%AD_dru%C5%BEicov%C3%BD_polohov%C3%BD_syst%C3%A9m)
- [3] BOUMA, Ondřej. *Historie a vývoj satelitních navigačních systémů* [online]. 15.4.2003 [cit. 2020-04-09]. Dostupné z: <https://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2003/xbouma.htm>
- [4] ŠEBESTA, Jiří. *Globální navigační systémy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky, 2012. ISBN 978-80-214-4500-0. Dostupné také z: [http://www.urel.feec.vutbr.cz/~sebestaj/RAR/literatura/Globalni\\_navigacni\\_systemy.pdf](http://www.urel.feec.vutbr.cz/~sebestaj/RAR/literatura/Globalni_navigacni_systemy.pdf)
- [5] ČÁBELKA, Miroslav. *Úvod do GPS*. Praha, 2008, 73 s. Dostupné také z: <https://docplayer.cz/18769279-Uvod-do-gps-miroslav-cabelka.html>
- [6] VOJTEK, David. *Globální navigační a polohové systémy*. VŠB-TU Ostrava, 2014, 357 s. Dostupné také z: [https://geoinformatika-1.vsb.cz/vojtek/content/gnps/files/\\_source/Ucebni-texty-GNPS-distancni.pdf](https://geoinformatika-1.vsb.cz/vojtek/content/gnps/files/_source/Ucebni-texty-GNPS-distancni.pdf)
- [7] BERGMANN. *Co to je GPS? Historie a úvod do problematiky* [online]. 12.12.2005 [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.svetmobilne.cz/co-to-je-gps-historie-a-uvod-do-problematiky/244-2>
- [8] BABČANÍK, Jan. *Jak funguje GPS?* [online]. 23.06.2006 [cit. 2020-05-02]. Dostupné z: <https://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/jak-funguje-gps.html>
- [9] GPS. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/GPS>
- [10] GPS.gov. *Space Segment* [online]. [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <https://www.gps.gov/systems/gps/space/>. Poslední aktualizace 29.05.2020.
- [11] KVAPIL, Jiří. Kosmický segment GPS a jeho budoucnost. *Aldebaran bulletin*. 2005, **3** (2005) (2). ISSN 1214-1674. Dostupné také z: [https://www.aldebaran.cz/bulletin/2005\\_02\\_gps.php](https://www.aldebaran.cz/bulletin/2005_02_gps.php)
- [12] BEZPALEC, Pavel. *Nové trendy v elektronických komunikacích – Lokalizace a navigace* [online]. České vysoké učení technické v Praze, 30 s. Dostupné také z: <https://publi.cz/books/231/03.html>
- [13] GPS.gov. *Control Segment* [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: <https://www.gps.gov/systems/gps/control/>. Poslední aktualizace 08.11.2018.
- [14] *GLONASS CONSTELLATION STATUS, 08.06.2020* [online]. [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <https://www.glonass-iac.ru/en/GLONASS/index.php>
- [15] *Russian Space Web* [online]. [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <http://www.russianspace-web.com/glonass.html>
- [16] ŠRAJER, Michal. *Co je to Galileo, proč je to u nás ta nejpřesnější navigace v telefonech a v jakých zařízeních jej najdete?* [online]. 22.08.2018 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.huramobil.cz/co-je-to-galileo--proc-je-to-u-nas-ta-nejpresnejsi-navigace-v-telefonech-a-v-jakych-zarizenich-jej-najdete-/blog-360/>

- [17] SOUČEK, Ondřej. *Zbylé satelity na oběžnou dráhu vyšleme ještě letos, věří Střelcová a Lopour z programu Galileo* [online]. 09.02.2020 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/byznys/technologie-a-media/zbyle-satelity-na-obeznou-drahu-vy-sleme-jeste-letos-veri-strelcova-a-lopour-z-programu-galileo-1366637>
- [18] Český kosmický portál. *GALILEO – Evropský globální navigační družicový systém* [online]. c2017 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/galileo/>
- [19] Český kosmický portál. *EGNOS – Evropská „podpůrná“ geostacionární navigační služba* [online]. c2017 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: <https://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/egnos/>
- [20] European GNSS Service Centre. *FAQ* [online]. c2020 [cit. 2020-06-12]. Dostupné z: <https://www.gsc-europa.eu/galileo/faq#openservice>
- [21] The European Space Agency. *What is Galileo?* [online]. [cit. 2020-06-12]. Dostupné z: <http://www.esa.int/Applications/Navigation/Galileo/What>
- [22] *Galileo Space Segment* [online]. c2020 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: [https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo\\_Space\\_Segment](https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo_Space_Segment)
- [23] VOJTEK, David. *Galileo* [online]. VŠB-TU Ostrava, 13.03.2020 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: [https://geoinformatika-1.vsb.cz/vojtek/content/gnps/files/\\_prez/06/06\\_prezentace.pdf](https://geoinformatika-1.vsb.cz/vojtek/content/gnps/files/_prez/06/06_prezentace.pdf)
- [24] *Beidou 3 (Compass Navigation Satellite System)* [online]. [cit. 2020-06-16]. Dostupné z: <https://spaceflight101.com/spacecraft/beidou-3/>
- [25] YAN, Li. *China to launch last BeiDou navigation satellite on Tuesday* [online]. 16.06.2020 [cit. 2020-06-16]. Dostupné z: <http://www.ecns.cn/news/sci-tech/2020-06-15/detail-ifzxfksr7317256.shtml>
- [26] BeiDou. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-06-16]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/BeiDou>
- [27] YAN, Li. *China launches last BDS satellite* [online]. 23.06.2020 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <http://www.ecns.cn/news/sci-tech/2020-06-23/detail-ifzxmrfw2769117.shtml>
- [28] Update on BeiDou Navigation Satellite System [online]. Kyoto, Japan, 27.12.2017 [cit. 2020-06-1]. Dostupné z: [http://www.unoosa.org/documents/pdf/icg/2017/05\\_icg12.pdf](http://www.unoosa.org/documents/pdf/icg/2017/05_icg12.pdf)
- [29] YAN, Li. *China to launch last satellite in the Beidou-3 Navigation Satellite System in June* [online]. 15.05.2020 [cit. 2020-06-16]. Dostupné z: <http://www.ecns.cn/news/sci-tech/2020-05-15/detail-ifzwnkv0960478.s>
- [30] K., Samuel. *Typy GPS navigací* [online]. [cit. 2020-06-20]. Dostupné z: <https://www.covybrat.cz/nejlepsi-navigace/#typy-gps-navigaci>
- [31] *TOMTOM GO PREMIUM* [online]. [cit. 2020-06-20]. Dostupné z: [https://www.tomtom.com/cs\\_cz/drive/car/products/go-premium-6-inch/](https://www.tomtom.com/cs_cz/drive/car/products/go-premium-6-inch/)
- [32] *Specifikace Garmin DriveSmart 61T-D Lifetime Europe45* [online]. [cit. 2020-06-21]. Dostupné z: <https://gps-navigace.heureka.cz/garmin-drivesmart-61t-d-lifetime-europe45/specifikace/#section>
- [33] *Specifikace Navitel MS700* [online]. [cit. 2020-06-21]. Dostupné z: <https://gps-navigace.heureka.cz/navitel-ms700/specifikace/#section>
- [34] Turistický navigační přístroj. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-06-21]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Turistick%C3%BD\\_naviga%C4%8Dn%C3%AD\\_p%C5%99%C3%ADstroj](https://cs.wikipedia.org/wiki/Turistick%C3%BD_naviga%C4%8Dn%C3%AD_p%C5%99%C3%ADstroj)

- [35] KILIÁN, Karel. Preferujete online, nebo offline navigaci? (Víkendová hlasovačka a diskuze). *Svět Androida* [online]. 09.04.2017 [cit. 2020-06-21]. Dostupné z: <https://www.svetandroida.cz/preferujete-online-offline-navigaci-vikendova-hlasovacka-diskuze/>
- [36] KURUC, Jiří. *24 skrytých, ale praktických funkcí Google Map. Věděli jste o nich?* [online]. 19.11.2016 [cit. 2020-06-21]. Dostupné z: <https://navigovat.mobilmania.cz/clanky/24-skrytych-ale-praktickych-funkci-google-map-vedeli-jste-o-nich/sc-265-a-1336541#part=1>
- [37] *Sygy GPS Navigation* [online]. [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://www.sygy.com/gps-navigation>
- [38] NOVOTNÝ, M.: Navigační systémy v dopravě. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. Bakalářská práce, 2009.
- [39] HERBICH, Richard. *Srovnání navigací: Je lepší aplikace, vestavěný systém nebo nejlevnější model na trhu?* *Autobible.cz* [online]. 2018 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/srovnaci-test-navigaci-lepsi-aplikace-vestaveny-system-nejlevnejsi-model-trhu/>

## SEZNAM ZKRATEK

AFB	Air Force Base
AUTONAV	Autonomous Navigation Mode
CS	Commercial Service
DNSS	Defensive Navigation Satellite System
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service
FCD	Floating Car Data
FOC	Full Operational Capability
GCS	Galileo Control System
GEO	Geostationary Earth Orbit
GLONASS	GLOBanaja NAVigacionnaja Sputnikovaja Systéma
GMS	Galileo Mission System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
IGSO	Inclined Geosynchronous Orbit
IOC	Initial Operational Capability
IOV	In Orbit Validation
MEO	Medium Earth Orbit
NAVSTAR GPS	NAVigation Satellite and Ranging Global Positioning System
NGA	National Geospatial-Intelligence Agency
OS	Open Service
POI	Points Of Interest
PRN	Pseudo Random Noise
PRS	Public Regulated Service
RDS-TMC	Radio Data System – Traffic Message Channel
SAR	Search and Rescue
SOL	Safety Of Life
USAF	United States Air Force

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Struktura navigačních systémů. [Vlastní snímek].....	14
Obr. 2: Základní konstelace systému GPS. [11].....	17
Obr. 3: Rozpoložení řídicího segmentu systému GPS. Upraveno z [13].....	18
Obr. 4: Základní konstelace systému GLONASS. [15] .....	19
Obr. 5: Rozpoložení řídicího segmentu systému GLONASS. [12] .....	20
Obr. 6: Základní konstelace systému Galileo. [22].....	22
Obr. 7: Rozpoložení řídicího segmentu systému Galileo. [23].....	23
Obr. 8: Pokrytí služeb BeiDou-1 (vlevo) a BeiDou-2/Compass (vpravo). [26].....	25

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Konstelace systému GLONASS. [14] .....	19
Tab. 2: Náročnost jednotlivých aplikací na baterii a mobilní data .....	34