

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4106 Zemědělská specializace  
Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí  
Katedra: Katedra krajinného managementu  
Vedoucí katedry: doc. Ing Pavel Ondr, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Určení charakteristik přesnosti vybraných GNSS  
a zhodnocení jejich využití pro potřeby zaznamenání změn využití krajiny

Vedoucí diplomové práce:  
**Ing. Pavel Hánek, Ph.D.**

Autor :  
**Bc. Michal Klingr**

České Budějovice, 2015

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Michal KLINGR**  
Osobní číslo: **Z13552**  
Studijní program: **N4106 Zemědělská specializace**  
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**  
Název tématu: **Určení charakteristik přesnosti vybraných GNSS a zhodnocení jejich využití pro potřeby zaznamenání změn využití krajiny**

Zadávací katedra: **Katedra krajinného managementu**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem diplomové práce je ověřit přesnostní charakteristiky vybraných GNSS aparatur. S využitím vybudovaných bodových polí, případně jednoznačně souřadnicově určených objektů. Dosažené charakteristiky přesnosti budou následně vyhodnoceny a kriticky porovnány s údaji o změně vývoje cestní sítě, které byly určeny v bakalářské práci diplomanta s názvem Analýza vývoje cestní sítě pro potřeby pozemkových úprav v katastrálním území Kokořov pomocí fotogrammetrických snímků.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **60 stran textu**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

**KLINGR, M.: Analýza vývoje cestní sítě pro potřeby pozemkových úprav v katastrálním území Kokořov pomocí fotogrammetrických snímků. Bakalářská práce, Jihočeská univerzita - Zemědělská fakulta, 2013**

**SCHÜTZE, B. - ENGLER, A. - WEBER, H.: Lehrbuch Vermessung - Grundwissen. Dresden 2002.**

**RAPANT, P.: Družicové polohové systémy. VŠB-TU Ostrava, 2002. 200 str. ISBN 80-248-0124-8.**

**RAPANT, P.: Aktuální stav ve vývoji globálních družicových navigačních systémů. In: Sborník referátů z konference s mezinárodní účastí GIS... Ostrava 2000. ISSN 1213-239X. VŠB-TU Ostrava, 2000.**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Pavel Hánek, Ph.D.**  
Katedra krajinného managementu

Datum zadání diplomové práce: **11. února 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2015**

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13 ④  
370 05 České Budějovice

prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.  
děkan

L.S.

doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 11. února 2014

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 24. dubna 2015

.....  
**Bc. Michal Klingr**

## **Poděkování**

Rád bych zde poděkoval Ing. Pavlu Hánkovi, Ph.D. za cenné připomínky, konzultace a odborné vedení mé diplomové práce. Zároveň bych chtěl poděkovat rodině a nejbližším za veškerou podporu po dobu mého studia.

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá porovnáním naměřených dat pomocí různých GNSS aparatur. V teoretické části práce je popsána obecná struktura navigačních systémů a zpracován komplexní přehled navigačních systémů ve světě. Další kapitoly jsou věnovány rozšiřujícím a regionálním navigačním systémům. Poslední kapitola v teoretické části je soustředěna na bodové pole v České republice. V praktické části práce bylo provedeno experimentální měření jednotlivými GNSS aparaturami v katastrálním území Kokořov. Následně byla naměřená data transformována do S-JTSK a porovnána mezi sebou. Nakonec bylo zhodnoceno využití jednotlivých GNSS pro potřeby zaznamenání změn ve využití krajiny.

## **Klíčová slova**

GNSS, GPS Navstar, GLONASS, Trimble, Garmin, Kokořov;

## **Abstract**

This diploma thesis deals with a comparison of the measured data using various GNSS apparatuses. In the theoretical part, the general structure of navigation systems is described and the comprehensive overview of navigation systems in the world is elaborated here. The next chapters are devoted to regional and augmentation navigation systems. The last chapter in the theoretical part is focused on point field in the Czech Republic. In the practical part of this thesis, the experimental measurement using various GNSS apparatuses was carried out in cadastre unit Kokořov. Subsequently, the measured data were transformed into S-JTSK and compared with each other. In the end, using various GNSS for the purpose of registration changes in landuse was evaluated.

## **Keywords**

GNSS, GPS Navstar, GLONASS, Trimble, Garmin, Kokořov;

|  |    |
|--|----|
| 1. Úvod.....   | 10 |
| 2. Literární rešerše.....  | 12 |
| 2.1 Globální navigační satelitní systémy (GNSS) .....              | 12 |
| 2.1.1 Americký navigační družicový systém NAVSTAR GPS.....         | 15 |
| 2.1.2 Evropský globální družicový systém Galileo .....             | 22 |
| 2.1.3 Ruský globální navigační systém GLONASS .....                | 28 |
| 2.1.4 Čínský navigační družicový systém BeiDou/Compass.....        | 30 |
| 2.2 Regionální navigační systémy.....                              | 32 |
| 2.2.1 Indický regionální navigační družicový systém IRNSS .....    | 32 |
| 2.2.2 Japonský navigační družicový systém Quasi-Zenith (QZSS)..... | 33 |
| 2.3 Rozšiřující vesmírný družicový systém (SBAS).....              | 34 |
| 2.3.1 WAAS .....   | 35 |
| 2.3.2 CWAAS.....   | 35 |
| 2.3.3 EGNOS .....  | 36 |
| 2.3.4 SDCM .....   | 37 |
| 2.3.5 SNAS .....   | 37 |
| 2.3.6 GAGAN .....  | 38 |
| 2.3.7 MSAS.....  | 38 |
| 2.4 Bodová pole ČR .....   | 39 |
| 2.4.1 Polohové bodové pole .....                                   | 39 |
| 2.4.2 Výškové bodové pole .....                                    | 40 |
| 2.4.3 Tíhové bodové pole.....                                      | 41 |
| 3. Metodika práce.....   | 42 |
| 3.1 Technologické schéma sběru a zpracování dat .....              | 42 |
| 4. Praktická část práce.....                                       | 42 |
| 4.1 Postup prací.....  | 42 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 4.2   | Popis katastrálního území Kokořov .....                        | 44 |
| 4.3   | Popis měření a přístrojového vybavení .....                    | 45 |
| 4.3.1 | Geodetická aparatura GNSS Trimble R4-2 a Ranger .....          | 45 |
| 4.3.2 | Navigační přístroj Garmin Dakota 10 .....                      | 47 |
| 4.3.3 | Samsung GT – S 5300 s aplikací MapFactor : GPS Navigator ..... | 48 |
| 4.3.4 | Měření parcely č. 1117/2 v k.ú.Kokořov .....                   | 49 |
| 4.4   | Zpracování naměřených dat .....                                | 50 |
| 4.5   | Výpočet polohových odchylek .....                              | 52 |
| 4.6   | Tvorba grafické části v ArcMap .....                           | 53 |
| 5.    | Výsledky a diskuze .....                                       | 55 |
| 5.1   | Bodové pole .....  | 55 |
| 5.1.1 | Bod č. 000920102730 .....                                      | 56 |
| 5.1.2 | Bod č. 000920102580 .....                                      | 57 |
| 5.1.3 | Bod č. 000920102590 .....                                      | 58 |
| 5.1.4 | Bod č. 000920152610 .....                                      | 59 |
| 5.1.5 | Bod č. 000920102460 .....                                      | 60 |
| 5.1.6 | Bod č. 000920102520 .....                                      | 61 |
| 5.1.7 | Bod č. 000920102600 .....                                      | 62 |
| 5.2   | Parcela č. 1117/2 v k.ú. Kokořov .....                         | 63 |
| 5.2.1 | 1. etapa .....   | 63 |
| 5.2.2 | 2.etapa .....  | 64 |
| 6.    | Závěr .....  | 68 |
| 7.    | Přehled literatury a zdrojů .....                              | 69 |
| 7.1   | Knihy .....  | 69 |
| 7.2   | Internetové zdroje .....                                       | 72 |
| 7.3   | Právní předpisy .....  | 75 |



|     |                         |    |
|-----|-------------------------|----|
| 8.  | Seznamy .....           | 76 |
| 8.1 | Seznam zkratk .....     | 76 |
| 8.2 | Seznam obrázků .....    | 78 |
| 8.3 | Seznam grafů.....       | 79 |
| 8.4 | Seznam tabulek .....    | 79 |
| 8.5 | Seznam fotografií ..... | 79 |
| 9.  | Přílohy .....           | 80 |

# 1. Úvod

Lidé už od nepaměti měli potřebu poznávat cizí oblasti a kraje. S tím byla spojena potřeba orientace a určování vlastní polohy v krajině. Z počátku se lidé orientovali podle přírodních významných prvků, jako byly vrcholy hor, skály nebo velká údolí. Později začal člověk sám vytvářet v přírodě umělé orientační body jako například církevní stavby nebo majáky. Jak se ovšem vyvíjela civilizace, byla potřeba zaznamenávat přesnější polohu míst. Stávající metody již nemohly náročnějším potřebám člověka stačit, a proto vymýšlel stále dokonalejší. Velkými průkopníky navigace byli námořníci, kteří se brzo začali obracet ke hvězdám a pomocí poznatků z astronomie počítat a měřit úhly k nebeským tělesům. Tím dokázali určit svou polohu velmi přesně.

Rádio a obecně elektronika, která zažila prudký rozvoj ve 20. století, umožnila vývoj prvních navigačních systémů. Systémy byly založeny na principu časového rozdílu mezi přijetím signálu z dvou a více rádiových vysílačů. Podmínkou těchto systémů ovšem bylo to, že určované těleso muselo být v dosahu vysílačů. Tyto systémy již byly plně využívány ve 2. světové válce.

V době tzv. Studené války, kdy se rozvíjela výpočetní technika, a byly spuštěny vesmírné programy spojené s úspěšným vypuštěním umělých družic, již nepřekáželo nic v cestě tomu, aby armáda USA začala vyvíjet první globální navigační systém. Tento systém byl pojmenován TRANSIT. Postupem času se začaly přidávat další země světa, které chtěly vyvíjet své systémy a nebýt na ostatních závislémi. Nejprve to bylo Rusko a poté se přidaly velké země např. Čína, Indie nebo společenství jako je Evropská unie.

V první části práce se budu věnovat kompletnímu přehledu všech globálních navigačních satelitních systémů na celém světě. Nejprve bude vysvětlena celá struktura navigačního systému a následně budou popsány jednotlivé systémy, jako jsou GPS, GLONASS, Beidou / COMPAS a Galileo. Poté se věnuji regionálním navigačním systémům jako je Indický regionální navigační systém či japonský Quasi-Zenith. Poté moje pozornost bude věnována rozšiřujícím zpřesňujícím systémům pro jednotlivé globální navigační systémy.

V další části práce se budu zabývat popisem Bodového pole České republiky, na kterém ve vybraném katastrálním území Kokořov bude probíhat získávání dat do praktické části práce.

V praktické části práce se věnuji popisu tří přístrojů pro určování polohy. Jedná se o geodetickou GNSS aparaturu Trimble R4 – 2 s kotrolem Trimble Ranger. Dále o turistickou navigaci Garmin Dakota 10 a mobilní aplikaci MapFactor:Navigator ve smartphonu Samsung GT – S5300. Těmito přístroji provedu měření v bodovém poli zhušťovacích bodů v katastrálním území Kokořov. Následně hodnoty porovnáám v tabulkách a grafech.

V druhé polovině praktické části se budu věnovat měření dat jednotlivými přístroji pro výpočet výměry parcely č. 1117/2 v katastrálním území Kokořov. Vypočtené výměry mezi sebou porovnáám a zhodnotím deformaci tvaru parcely.

## 2. Literární rešerše

### 2.1 Globální navigační satelitní systémy (GNSS)

Globální navigační satelitní systémy (GNSS) v současné době zahrnují čtyři systémy, z nichž dva jsou plně funkční a dva jsou ve vývoji (*Petrovski, 2014*). *Dempster a Hewitson (2007)* upřesňují, že první globální navigační družicové systémy (GNSS) vznikly za studené války: USA mělo GPS a SSSR (později Rusko) mělo GLONASS. *Petrovski (2014)* dále popisuje, že následovaly další GNSS, které nejsou dosud v provozu - evropský systém Galileo, pojmenovaný podle Galilea Galilei (1564-1642) italského astronoma a filozofa, a poslední, čínský BeiDou, pojmenovaný podle čínské výslovnosti souhvězdí Velkého vozu. *Dempster a Hewitson (2007)* doplňují, že Japonsko se pokouší vyřešit problém zastavěných vysokých městských území plánováním vlastního rozšiřujícího regionálního GPS: Quasi-Zenith Satellite System (QZSS). Poté i Indie navrhla indický RNSS (IRNSS).

Globální družicový navigační systém je služba umožňující za pomoci signálů z družic určování polohy s velkou přesností (*Český kosmický portál, 2014*). Hlavní předností globálních navigačních systémů je, že určují polohu v souřadném systému, který je společný pro celou zeměkoulí, a tedy umožňují globálně koordinovat změnu polohy všech objektů vybavených příslušným navigačním zařízením (*Hrdina a kol, 1995*). *Schejbal a kol. (2004)* popisují princip tak, že systém je založen na stanovení vzdálenosti mezi vysílačem na satelitu a přijímačem na základě měření časového intervalu mezi vysláním a přijetím signálu. Do vysílaného signálu jsou vloženy informace, ze kterého satelitu a kdy byl signál vyslán. Uvedené přijímané informace jsou zpracovány v mikropočítači přijímače. V jeho paměti jsou uložena data o dráze a pohybu všech družic daného systému (tzv. almanach), která jsou minimálně každých dvanáct hodin zpřesňována pomocí korekcí (efemerid) stanovených na základě měření na pozemních monitorovacích stanicích.

*Groves (2013)* upřesňuje, že každý systém funguje jako otevřená nebo uzavřená služba využívající různé signály. Otevřené služby jsou k dispozici zdarma pro všechny uživatele s vhodným vybavením, zatímco uzavřené služby jsou k dispozici uživatelům, které mají k těmto službám oprávnění.

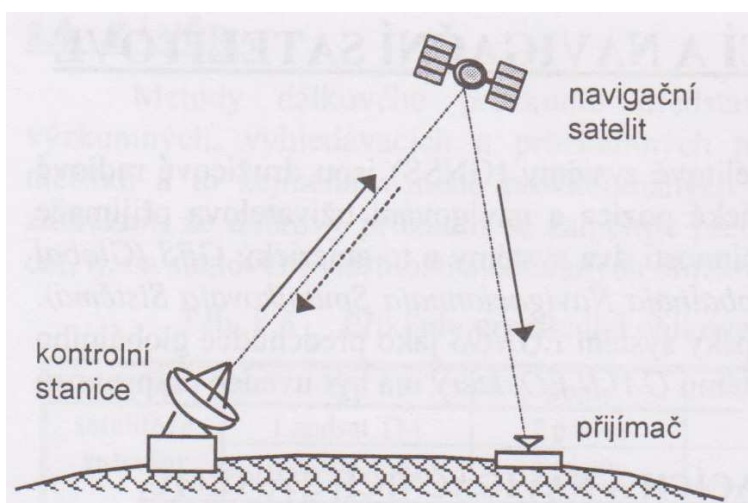
Některé systémy nebo alespoň jejich signály vypadají navzájem velmi podobně, jsou to například: GPS a QZSS. Jiné jako IRNSS jsou naopak velmi odlišné od všech ostatních (Dempster a Hewitson, 2007).

Družicové navigační systémy pracují bez ohledu na počasí, na denní či roční době (Hrdina a kol, 1995). Český kosmický portál (2014) uvádí, že družicová navigace se stále více stává součástí každodenního života občanů, nejen v jejich automobilech a mobilních telefonech, ale také v rámci energetických rozvodných sítí nebo v bankovních systémech a mnoha dalších službách. Schejbal a kol. (2004) k tomu dodávají, že využití globálních polohovacích a navigačních systémů v geovědách přináší nové možnosti při sběru geodat a jejich spolehlivou, přesnou a rychlou lokalizaci, což je z hlediska rozhodování velmi důležité. Typickými aplikacemi jsou souřadnicové připojení tras geofyzikálního leteckého průzkumu a leteckých a družicových snímků, stanovení polohy průzkumných lodí a vrtných plošin či pozemních technických průzkumných prací. Cenné služby poskytují při pozemním mapování v málo známých a špatně přístupných terénech zvláště tam, kde neexistují dostatečně podrobné a spolehlivé topografické mapy. Lze říci, že jde o nejdůležitější technologickou inovaci pro terénní mapování.

### Obecná struktura GNSS

Globální družicové navigační systémy (GNSS) mají dobře definovanou strukturu, původně navrženou USA a SSSR, kterou pak převzaly následující systémy, jako jsou Galileo a Beidou (Jin a kol., 2014).

Obr. č. 1. Prvky satelitního navigačního systému



zdroj : ( Schejbal a kol. 2004)

### *Kosmický segment*

Skládá se z družic vybavených navigačním zařízením, přesnými atomovými hodinami, navigační anténou a dalšími subsystemy, jako jsou tepelné, pohonné zařízení, určení a kontroly oběžné dráhy (AODC), telemetrie, sledování a velení (TT&C) (Jin a kol., 2014). Soustava družic obíhajících kolem Země tak, aby se vždy alespoň čtyři z nich nacházely minimálně 15° nad obzorem (Schejbal a kol., 2004). Satelity jsou uspořádány v různých rovinách, aby poskytovaly nejlepší geometrické řešení přesnosti (GDOP) parametrů satelitu. Střední oběžná dráha Země (MEO) 20 000 - 30 000 km je vybrána pro družice vzhledem k únosným vynášecím nákladům a pokrytí Země (Jin a kol., 2014).

### *Řídící segment*

Dalším prvkem každého družicového navigačního systému je řídicí segment obsahující soustavu monitorovacích stanic, které měří přesnou polohu navigačních satelitů a kvalitu a obsah navigačních signálů Šebesta (2012).

(Rapant, 2002) dále stanice rozděluje:

Monitorovací stanice – jsou rozmístěny tak, aby umožňovaly stálé sledování co největšího počtu družic po co nejdelší dobu; monitorují signály vysílané družicemi kosmického segmentu a přenášejí je do centra

Hlavní řídicí stanice – je zpravidla jedna (plus jedna záložní), zpracovává signály z monitorovacích stanic, provádí modelování chování kosmického segmentu, určování parametrů oběžných drah a korekčních parametrů hodin na družicích a výsledky předává na stanice určené pro komunikaci s družicemi

Stanice pro komunikaci s družicemi – zpravidla jsou totožné s monitorovacími stanicemi; slouží k přenášení nově určených parametrů oběžných drah a korekčních parametrů atomových hodin umístěných na družicích a také slouží k jejich ovládání.

Monitorovací stanice jsou rozmísťovány pokud možno po celém zemském povrchu tak, aby každá navigační družice mohla být trvale monitorována Šebesta (2012). Každý satelit vysílá vlastní signál. Data jsou uspořádána do určitého formátu, který je definován přenosovým protokolem. (Schejbal a kol., 2004). Naměřená data z monitorovacích stanic jsou pak vhodným komunikačním kanálem předávána do

řídící stanice (může to být i systém distribuovaných a záložních řídicích stanic) Šebesta (2012). Zpráva vysílaná řídicím segmentem obsahuje funkci určující dráhu každého satelitu a předpověď dráhy na následujících 24 hodin. Obsahuje údaje o kalibraci a synchronizaci družicových hodin (Schejbal a kol., 2004).

#### *Uživatelský segment*

Je tvořen přijímači, veškerým technickým zařízením umožňujícím, usnadňujícím respektive rozšiřujícím možnosti využití družicového polohového systému, postupy měření a vyhodnocování uživateli (Rapant, 2002). Uživatelskou část tvoří převážně GNSS přijímače, které zpracovávají signály přijaté ze satelitů a určují uživatelovu pozici. Mezi společné funkce jakéhokoliv přijímače lze zahrnout identifikaci satelitů, určení uživatelovi satelitní vzdálenosti a triangulaci (Jin a kol., 2014).

Přijímače se vyrábějí v několika provedeních: jako kompaktní přístroje ke stabilní montáži s oddělenou anténou, jako desky určené k zabudování do osobních počítačů nebo do řídicích a zobrazovacích jednotek či ruční přenosné přístroje s pevnou nebo oddělitelnou anténou. Většina přístrojů je vyrobena v otřesu a vodovzdorném provedení (zpravidla mimo boxu s napájecími baterkami) (Schejbal a kol., 2004).

#### **2.1.1 Americký navigační družicový systém NAVSTAR GPS**

Na počátku vývoje družicového systému umožňujícího určování polohy předmětů a bodů na Zemi (i pod povrchem oceánu) stála snaha vojenského námořnictva USA mít možnost určovat a znát přesnou polohu ponorek Polaris (nesoucí rakety s nukleární hlavicí) v kterýkoliv okamžik a v kterémkoliv místě na Zemi. Později to bylo rozšířeno i na ostatní plavidla amerického vojenského námořnictva (Maršíková a Maršík, 2007).

Kaplan a Hegarty (2006) dále píše, že na začátku roku 1960 mělo několik vládních organizací v USA, včetně ministerstva obrany (DOD), Národní úřad pro letectví a kosmonautiku (NASA) a ministerstvo dopravy (DOT) zájem na rozvoji družicových systémů pro trojrozměrné určení polohy. Za optimální systém byl viděn ten, který měl mít následující atributy: globální pokrytí, kontinuální provoz za každého počasí, schopnost sloužit vysoce dynamickou platformou a vysokou přesností.

První družice vyslané na oběžnou dráhu za tímto účelem byly vypuštěny v prosinci 1963 a od ledna 1964 byl na oběžných drahách už celý systém družic. Tento první systém je znám pod jménem TRANSIT (*Maršíková a Maršík, 2007*). Tento systém využíval pět družic a byl schopen určit polohu jednou za hodinu. V roce 1967 Námořnictvo Spojených Států vyvinulo družici Timation, která ve svém vybavení jako první nesla do vesmíru přesné hodiny (na přesném určování času je GPS založen). Pozemní navigační systém Omega, založený na porovnávání fází signálu, byl v sedmdesátých letech 20. století prvním celosvětovým radiovým navigačním systémem (*Český kosmický portál, 2014*).

V roce 1969 byl vytvořen úřadem ministra obrany (OSD) USA program, Obranný navigační satelitní systém (DNSS), který měl za úkol vytvořit jeden společný systém pro nezávislý rozvoj jednotlivých vojenských služeb. OSD založil i Řídící výkonnou skupinu satelitní navigace, která byla pověřena zprovozněním DNSS a plánování jeho rozvoje. Z tohoto úsilí byla vytvořena koncepce systému NAVSTAR GPS (*Kaplan a Hegarty, 2006*). *Hrdina a kol (1995)* vysvětlují, že systém GPS (Global Positioning Systém) označovaný také jako NAVSTAR (Navigation System using Time And Range) je pasivní dálkoměrný systém. *Maršíková a Maršík (2007)* dále píší, že cílem tohoto systému je poskytovat vojenským složkám USA přesné informace o poloze, rychlosti pohybu a čase všech jejích objektů v jednotném celosvětovém referenčním systému, a to 24 hodin denně na kterémkoliv místě na Zemi a za jakéhokoliv počasí.

Práce na tomto programu byly rozděleny do tří fází. Prvá fáze probíhala v letech 1973-1979 a byla zaměřena na ověření systému. V rámci vývoje bylo vypuštěno 11 družic bloku I a probíhaly práce na trojrozměrné navigaci většinou na testovacím polygonu v Arizoně (Yuma Proving Ground) (*Schejbal a kol., 2004*). Všechny dosáhly operačního stavu. První družice tohoto bloku byla vypuštěna 22. února 1978. Projektovaná životnost družic byla tři roky, ale některé z nich pracovaly ještě po deseti letech (*Rapant, 2002*). V době vypouštění bloku I byla plánována poněkud jiná definitivní konfigurace a proto se tyto starší družice liší poněkud jinými parametry drah (jejich dráhy mají sklon k rovníku asi 63°) (*Mervart, 1994*). Výhodou těchto družic bylo, že jejich signály byly v plném rozsahu přístupné komukoliv (tzn. že na nich nebyly implementovány mechanismy jako je anti-spoofing nebo selektivní dostupnost) (*Rapant, 2002*).



Ve druhé fázi v letech 1979-1985 se budovala především řídicí střediska a firma Rockwell byla v prosinci 1980 vybrána pro vývoj 28 družic, tzv. bloku II (*Hrdina a kol., 1995*). V roce 1983 prezident Ronald Reagan vydal směrnici, která povolovala po dokončení využívat GPS volně k civilnímu použití (*Jin a kol., 2014*).

Ve třetí fázi v letech 1985-1994 byly vyrobeny a vypuštěny všechny družice bloku II. (*Schejbal a kol., 2004*). První družice bloku II byla vypuštěna v únoru 1989, doplňuje *Mervart (1994)*. Operační družice Bloku II a IIA (A-z angl. advanced – pokročilý) byly vlastně první operační družice. Bylo jich vyrobeno celkem 29. Byly vypouštěny s frekvencí šest za rok, první byla uvedena do operačního stavu 10. srpna 1989. Na těchto družicích byla poprvé zavedena selektivní dostupnost a šifrování P - kódu (*Rapant, 2002*). Počáteční operační schopnosti (IOC) pro GPS bylo dosaženo v prosinci 1993, kdy byla k dispozici kombinace 24 prototypů a vysílacích satelitů na určení polohy/určování času, které splnily stanovené předvídané přesnosti. GPS dosáhl plné operační schopnosti (FOC) na počátku roku 1995, kdy všech 24 družic bylo na místě a rozsáhlé testování pozemního řídicího segmentu a jeho interakce s konstelací družic bylo kompletní (*Kaplan a Hegarty, 2006*).

*Český kosmický portál (2014)* uvádí, že v roce 1996 americký prezident Bill Clinton oficiálně uznal důležitost GPS jak pro civilní tak pro armádní sektor a vydal směrnici (policy directive), ve které se GPS definuje jako systém dvojího využití. Také založil Správní orgán GPS (Interagency GPS Executive Board), pro správu GPS jako národního majetku. *Šebesta (2012)* dodává, že jeho úkolem je řízení vývoje systému a jeho směřování v souladu se zájmy národní bezpečnosti. Kromě toho tento úřad provádí i dohled nad zajištěním dostupnosti služeb systému GPS – NAVSTAR pro celosvětové mírové vědecké i komerční využití a podporuje mezinárodní spolupráci v dané oblasti. *Doušek a Matějčík (2005)* dále uvádí, že celý systém GPS byl zpočátku určen výlučně pro potřeby americké armády, dnes má rozsáhlé civilní využití a je používán v mnoha oborech. GPS slouží pro měřické účely, k pozemní, námořní i letecké navigaci, pro geofyzikální výzkumy, mapování, lokalizaci a navádění vozidel a pro celou řadu dalších aplikací.

GPS navigace nabízí dvě služby: otevřenou neboli civilní službu, známou jako standardní službu určování polohy (SPS) a omezenou neboli vojenskou službu, známou jako přesné určování polohy (PPS). PPS je k dispozici pouze pro uživatele s licencí od americké vlády, včetně USA a vojenských sil NATO a jejich dodavatelů

a jeho signály jsou kódovány (Groves, 2013). Rapant (2002) dále uvádí, že signály modulující první nosnou frekvenci L1 se označují jako signály standardní polohové služby (angl. Standard Positioning Service – SPS). Frekvence L2 je používána pro přesnou polohovou službu (angl. Precise Positioning Service – PPS) a umožňuje měřit zpoždění signálů při průchodu ionosférou. Je využívána jen speciálně vybavenými přijímači.

Systém původně vysílal dva signály C / A kód k dispozici pro civilní použití a přesnější šifrovaný P-kód vyhrazený pro vojenské účely (Jin a kol., 2014). Provozovatel GPS, tedy ministerstvo obrany USA, má možnost kdykoliv snížit přesnost tohoto systému tzv. selektivní dostupností (angl. Selective Availability – SA). Ta sníží přesnost C/A kódu tak, že pozemní přijímače mohou vypočítat svoji polohu s chybou až 100 m. Chybu vnesenou SA je možné téměř zcela eliminovat pomocí diferenčních korekcí, které mohou zvýšit přesnost určování polohy až na 1 m (Rapant, 2002). Nicméně selektivní dostupnost, nebo také výběrový přístup SA, lze relativně snadno obejít pomocí diferenční GPS (DGPS). Jinou možností, jak nepřátelským silám znemožnit použití GPS navigace na místní úrovni je aplikace technik rušení (Šebesta, 2012). Český kosmický portál (2014) dodává, že 2. května 2000 byla vypnuta "Selective Availability", což umožnilo civilním uživatelům přijímat plnohodnotný signál.

Od září roku 2005 byly na oběžnou dráhu vynášeny družice s dalšími navigačními signály pro PPS i SPS služby (viz dále). Po aplikaci vylepšení L-AII bylo v základní SPS službě dosaženo horizontální přesnosti určení polohy asi 3,8 m (pro  $1\sigma$ ), ve vertikální ose pak 6,2 m (pro  $1\sigma$ ). U PPS služby bylo dosaženo horizontální přesnosti určení polohy asi 1,2 m (pro  $1\sigma$ ) a vertikálně asi 1,9 m (pro  $1\sigma$ ). Předpokládá se, že modernizovaný systém s novými typy družic nabídne pro SPS službu podobnou přesnost jako pro současnou službu PPS (Šebesta, 2012).

Portál GPS.gov (2013) uvádí, že Spojené státy nemají v úmyslu znovu začít využívat selektivní dostupnost. V září 2007, americká vláda oznámila své rozhodnutí obstarat budoucí generace satelitů GPS, známé jako GPS III, bez funkce SA. Trvá na svém politickém rozhodnutí z roku 2000, a chce trvale odstranit zdroj nejistoty ve výkonu systému GPS, který vzbuzoval obavy civilních uživatelů GPS po celém světě. Rapant (2002) upřesňuje, že družice Bloku III budou představovat zcela novou generaci družic, které by měly splňovat požadavky, které budou na systém GPS

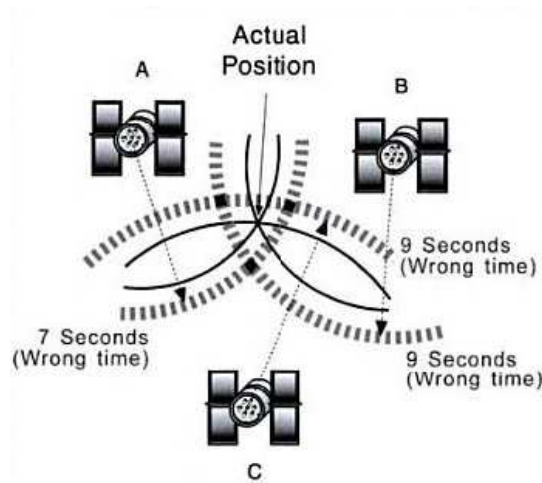
kladeny ve třetím desetiletí 21. století. Tyto družice se zatím nacházejí jen v úvahách konstruktérů a možná v podobě prvních náčrtků i na papíře. Zatím se rozbíhá diskuse o tom, jaké úkoly by měly plnit, jaké služby poskytovat atd.

V současné době GPS je plně funkční a splňuje kritéria stanovená v roce 1960 pro optimální polohový systém. Systém poskytuje přesné, kontinuální, celosvětové, trojrozměrné údaje o poloze a informace o rychlosti, uživatelům s příslušným přijímacím zařízením. GPS také šíří formu koordinovaného světového času (UTC). (*Kaplan a Hegarty, 2006*).

*Steiner a Černý (2006)* uvádí, že systém je založen na výpočtu vzdáleností mezi uživatelem na Zemi a družicemi na oběžných drahách ve výšce přibližně 20 000 km. *Doušek a Matějík (2005)* vysvětlují, že samotný princip určování polohy systémem GPS je následující: družice vysílá signály pro uživatele v podobě poměrně složitěho signálu. Každá družice vysílá zprávy o své poloze a přibližně polohy ostatních družic systému. K určení aktuální polohy přijímač počítá tzv. pseudovzdálenosti, což jsou vzdálenosti mezi přijímačem a viditelnými družicemi (družicemi nad obzorem). *Šebesta (2012)* pokračuje tak, že data a změřené pseudovzdálenosti jsou odesílány do navigačního počítače. Navigační počítač zpracovává navigační zprávy od jednotlivých družic definovaným algoritmem a počítá polohu, případně čas a rychlost. Podle aktuální situace volí vhodné družice pro měření (zpětná informace do měřicího přijímače pro synchronizaci dané družice generováním kopie jejího kódu). *Doušek a Matějík (2005)* dodávají, že výpočet pseudovzdálenosti vychází ze znalosti rychlosti šíření družicového signálu a z rozdílu času mezi vysláním a příjmem signálu. Termín pseudovzdálenost se zavádí proto, že je nutné zavádět další doplňující výpočty, které určení výsledné polohy dále zpřesňují.

Pro výpočet polohy je nutno zpracovat signál z minimálně tří družic. Pro výpočet polohy i s výškou je zapotřebí signál ze čtyř družic (*Steiner a Černý, 2006*). *Doušek a Matějík (2005)* pokračují, že příjem menšího počtu družic znemožňuje výpočet polohy, vyšší počet družic naopak určení polohy dále zpřesňuje. Výpočet se řeší prostorovým protínáním z délek – trilaterací.

Obr. č.2. Trilaterace



Zdroj : ( Rip a Hasik, 2002)

### Segmenty GPS

Systém GPS je tvořen třemi tzv. segmenty:

- kosmickým
- řídicím
- uživatelským

(Hrdina a kol, 1995)

#### *Kosmický segment*

Kosmický segment je tvořen 28 (z toho 4 záložními) cca 900 kg těžkými satelity na šesti oběžných drahách ve výšce cca 20 200 km s inklinací 55 stupňů (Schejbal a kol, 2004). Znamená to, že nad jakýmkoliv místem na Zemi je možnost příjmu z maximálně dvanácti družic, ostatní se v daný okamžik nachází nad protilehlou stranou Země (Steiner a Černý, 2006). Oběžné dráhy mají stálou polohu vůči Zemi. Oběžná doba družic je přibližně 12 hodin (přesněji 11 hodin a 58 minut – polovina siderického dne) (Rapant, 2002). Družice jsou řízeny a sledovány z několika stanovišť, která jsou umístěna rovnoměrně podél rovníku. Jelikož se nejedná o družice stacionární (zdánlivě nehybné vůči Zemi, používané například pro přenos televizních signálů), není třeba výhled na jih, ale obecně jen výhled na oblohu (Steiner a Černý, 2006). Družice jsou vybaveny velmi přesnými atomovými hodinami, radiovým vysílačem a řadou pomocných přístrojů. Družice vysílají radiový signál s velmi přesně definovanou frekvencí. Do signálu je

zakódován údaj družicových hodin. Po přijetí signálu pozemním přijímačem lze určit vzdálenost mezi přijímačem a družicí (Ratiborský, 1996).

### Pozemní segment

Původní řídicí segment OCS (Operational Control Segment) byl tvořen hlavním řídicím střediskem MCS (Master Control Station) na Schrieverově letecké základně v Colorado Springs v Coloradu. Pro nepřetržitý monitoring GPS družic sloužilo pět monitorovacích stanic rozmístěných přibližně rovnoměrně po obvodu Země, většinou poblíž rovníku, a to stanice na Havajských ostrovech, na atolu Kwajalein na Marshallových ostrovech, na ostrově Ascension ve středním Atlantiku, na ostrově Diego Garcia v Indickém oceánu a na základně v Colorado Spring. Možnost komunikace s GPS družicemi měly čtyři nahrávací (uploadovací) stanice umístěné na základnách spolu s monitorovacími stanicemi na Havajských ostrovech, Kwajaleinu, Ascensionu a ostrově Diego Garcia (Šebesta, 2012). GPS.gov (2014), upřesňuje, že stávající provozní řídicí segment zahrnuje hlavní řídicí stanici, alternativní hlavní ovládací stanici, 12 velitelských a kontrolních antén a 16 monitorovacích stanic.

Obr. č. 3. Pozemní segment GPS



Zdroj : ([www. GPS.gov](http://www.GPS.gov), 2015)

Monitorovací stanice provádějí neustále sběr dat z družic (výška, pozice, rychlost, celkový stav) a předávají je do hlavní řídicí stanice, ve které jsou vypočítávány přesné údaje o oběžných drahách a korekce času, které jsou třemi vysílacími stanicemi zpětně přenášeny do satelitů. Ty je pak vysílají do GPS

přijímačů. Pozemní antény monitorují a sledují satelity od horizontu po horizont a přenášejí na ně korekční informace (Schejbal a kol, 2004). Kaplan a Hegarty (2006) dále vysvětlují, že hlavní řídicí stanice (MCS) poskytuje kontinuálně GPS služby 24 hodin denně, 7 dní v týdnu a slouží jako kontrolní centrum pro operační mise GPS. Záložní MCS se nachází v dodavatelském objektu v Gaithersburgu v Marylandu a zajišťuje redundanci pro MCS.

### *Uživatelský segment*

Uživatelský segment je tvořen pasivními GPS přijímači, které poskytují uživatelům údaje o poloze, rychlosti a čase. (Schejbal a kol, 2004). Znamená to, že přístroj dokáže data z družice přijímat a zpracovávat, ale sám o sobě žádná data nevysílá. Není proto možné na dálku sledovat pozici běžného GPS přijímače, který je někde v terénu používán (Steiner a Černý, 2006). Takové přijímače vyrábí dnes řada firem, v různé velikosti a v různé ceně a pochopitelně s různou přesností informací o poloze a času (Maršíková a Maršík, 2007). Také mohou být vybaveny displejem, na kterém se uživatelé mohou zobrazit údaje o jeho poloze a rychlosti. U GPS přijímače se často uvádí počet kanálů, které značí počet družic od kterých je přijímač najednou schopen přijímat signály. Původně se jednalo o 4 až 5 kanálů, ale v současné době se tento počet zvýšil na standardních 12 až 20 kanálů (Český kosmický portál, 2014). Za součást uživatelského segmentu je možno považovat i všechny mezinárodní a národní skupiny a organizace vytvořené pro distribuování informací o GPS (Mervart, 1994).

### **2.1.2 Evropský globální družicový systém Galileo**

Navigační systém Galileo je plánovaný a v současné době budovaný autonomní civilní evropský globální družicový polohový systém, který by měl být obdobou amerického systému GPS – NAVSTAR a ruského GLONASS (Šebesta, 2012). Jeho výstavbu zajišťuje Evropská unie (EU) reprezentovaná Evropskou komisí (EC) a Evropskou kosmickou agenturou (ESA). GNSS Galileo měl být původně provozuschopný od roku 2010, dle nových plánů je nejbližší rok spuštění naplánován na rok 2018 (Český kosmický portál, 2014). Bartolomé a kol. (2015) upozorňují, že plný provoz systému Galileo se v současné době předpokládá na konec 2019. Charakteristickým znakem Galilea je to, že na rozdíl od GPS

a GLONASS, byl koncipován a vyvinut tak, že vždy zůstane pod civilní kontrolou (*European GNSS Agency, 2014*).

Počátkem 90. let zvažovala Evropa svůj přístup k problematice družicových polohových systémů a nejprve se zabývala myšlenkou vytvořit si vlastní systém (*Rapant, 2002*). Podnětem pro vývoj nového systému bylo především to, že současné systémy GPS a GLONASS jsou provozovány vojenskými složkami USA, resp. Ruska a jejich dostupnost může být v krizových situacích omezena či zcela vypnuta (*Šebesta, 2012*). Nicméně první ekonomická ohodnocení projektu a rovněž nejednotnost pohledu států EU výrazně oslabily tyto tendence a Evropa hledala alternativní cestu. Z technických i politických důvodů (snaha udržení nezávislosti na USA) se v první polovině 90. let prosazovala varianta podpory výstavby systému GLONASS (*Rapant, 2002*). I přesto všechno *Steiner a Černý (2006)* uvádějí, že při prvních jednáních o budoucím systému Galileo se Spojené státy zavázaly neomezit funkčnost GPS bez závažných obav o bezpečnost USA. Přes podobný závazek se Evropa rozhodla podpořit svou budoucí nezávislost na navigačních technologiích a systém Galileo vybudovat.

První počátky systému Galileo se datují do roku 1999, kdy různé koncepty evropských států byly sjednoceny v jeden celek, a v roce 2003 byla oficiálně zahájena první fáze vývoje systému (*Šebesta, 2012*). Jeho struktura, frekvence a design signálu byl vyvinut Pracovní skupinou evropské komise signálu Galileo (STF), která byla zřízena Evropskou komisí (EK) v březnu 2001. STF je složena z odborníků jmenovaných členskými státy Evropské unie (EU), oficiálními zástupci národních telekomunikačních úřadů a odborníky z Evropské kosmické agentury (ESA) (*Grewal a kol, 2007*).

Poté ESA v roce 2002 zahájila program GSTB-V1 (Zkušební Galileo Systém 1) zaměřený na rozvoj experimentální mise pozemního segmentu pro ověření Galileo navigace, určení integrity a výroby algoritmů na bázi surového měření shromážděného prostřednictvím celosvětové sítě GPS. V roce 2003 Evropská kosmická agentura zahájila vývoj dvou testovacích družic GIOVE-A a GIOVE-B (Galileo in-Orbit Validation Element), jako součást programu GSTB-V2 (Zkušební Galileo systém 2) (*Bartolomé a kol., 2015*).

První družice Galilea známá jako Galileo In - Orbit Validation Element - (GIOVE-A) byla vypuštěna 28. prosince 2005 na raketě Sojuz z kosmodromu Bajkonur v Kazachstánu. Ta pracovala v přenosech testovacích signálů. Druhá testovací družice GIOVE-B byla vypuštěna 26. dubna 2008. Ta pokračovala v užitečném zatížení. (Rao, 2010). Oba satelity byly původně určeny se životností cca 2 let, ale díky velmi dobrým výkonům na konci jejich životnosti. Byla jejich mise rozšířena. Satelit GIOVE-A pracoval více než 6 let na oběžné dráze, než byl definitivně vyřazen z provozu 30. června 2012. GIOVE-B byl odstaven z provozu 23. července 2012 (Bartolomé a kol.,2015).

Dne 21. října 2011 raketa Soyuz z Francouzské Guyany vynesla dva satelity, další dva následující dne 12. října 2012: tyto čtyři Galileo In-Orbit Validation (IOV) satelity představují v současné době na oběžné dráze provozní jádro pro všech 30 družic (European Space Agency, 2014). Umístěním na oběžné dráhy a zprovozněním všech čtyř družic dochází k završení prostřední fáze programu Galileo, tzv. fáze IOV (In Orbit Validation), která má za cíl ověřit technické charakteristiky navrhované architektury a signálů systému v reálných podmínkách kosmického prostoru (Český kosmický portál, 2014).

European GNSS Service centre (2014) píše, že zahájení fáze In-Orbit Validation (IOV) bude souběžně vést k nasazení fáze plné operační schopnosti (FOC) a k nasazení zbývající pozemní a kosmické infrastruktury. Obsahující milník s 18 satelity v provozu (čtyř satelitů IOV plusem 14 FOC satelitů) zprostředkuje počáteční operační schopnost (IOC).

Český kosmický portál (2014) dodává, že poté bude následovat fáze FOC (Full Operational Capability), jejímž cílem je vypustit zbylé družice (vesmírný segment Galileo bude mít na orbitech celkem 27 + 3 družic) a vybudovat příslušný pozemní kontrolní a řídicí systém tak, aby byl systém Galileo plně funkční v časovém horizontu 2019 / 2020.

### **Komponenty systému Galileo**

Globální složka systému GALILEO se skládá z vesmírného segmentu a pozemního segmentu (Český kosmický portál, 2014)



### *Kosmický segment*

Kosmický segment má být tvořen celkem 30 družicemi obíhajícími na středních oběžných drahách (výška oběžné dráhy cca 23 616 km). Družice budou rozmístěny pravidelně ve třech oběžných rovinách. (*Rapant, 2002*). *Bartolomé a kol., (2015)* dále píše a doplňuje, že nominální trajektorie, po níž budou obíhat funkční družice Galileo, bude kruhová dráha s poloměrem přibližně 29 600 km (ekvivalent k výšce 23 229 km nad zemským povrchem) s oběžnou dobou přibližně 14 hodin. Tato volba zajišťuje opakování cyklu skladby konstelace satelitů každých 17 oběžných dob (nebo 10 dní). *Český kosmický portál (2014)* uvádí, že každá z rovin dráhy bude svírat s rovinou rovníku úhel  $56^\circ$ , což umožní využívat navigační systém bez potíží až do míst ležících na  $75^\circ$  zeměpisné šířky. *Šebesta (2012)* ještě dodává, že velký počet družic, z nichž tři budou záložní, zajistí spolehlivou funkci systému, i když některá družice přestane správně pracovat.

### *Pozemní segment*

Srdcem pozemního segmentu Galileo budou dvě řídicí střediska. Každé řídicí centrum bude kontrolovat a plnit funkce, které jsou podporované segmentem pozemního kontrolního systému (GCS) a dále řídit letecké funkce, které podporuje specializovaný pozemní monitorovací segment (GMS). GCS se bude zabývat satelity a údržbou konstelace, zatímco GMS bude ovládat funkce navigačního systému. (*European GNSS Service centre, 2014*). *Český kosmický portál (2014)* popisuje, jak rada ministrů Evropské unie v roce 2010 definitivně potvrdila, že administrativní centrum navigačního systému Galileo bude sídlit v Praze. Stěhování z Bruselu do Prahy proběhlo v průběhu jara a léta 2012 a od 6. září je evropský družicový navigační systém řízen z budovy v pražských Holešovicích.

Během fáze IOV se GMS řídicí středisko nachází v Fucino v Itálii a GCS řídicí středisko v Oberpfaffenhofen v Německu. V budoucnu budou mít obě centra odpovídající zázemí a budou společně spolupracovat tak, že pro sebe budou jako zálohy pro synchronizaci real-time dat. V případě nefunkčnosti jednoho centra bude druhé bude moci kontinuálně pokračovat v činnosti. Telemetrické, sledovací a řídicí stanice jsou dvě, a to v Kiruna ve Švédsku a Kourou ve Francouzské Guyaně (*European Space Agency, 2014*).

## *Uživatelský segment*

Uživatelská část navigačního systému Galileo reprezentuje širokou škálu budoucích uživatelů. Pro různé úkoly budou využívány různé typy přijímačů s odlišnými funkcemi (Šebesta, 2012). Globální družicový navigační systém Galileo bude využívat mnoho nových metod a technologií a proto bude poskytovat mimořádný výkon při vysoké spolehlivosti. Vývoj hi-tech přijímačů, které budou v budoucnu využívat Galileo systém, stále pokračuje, nicméně je již hotov první prototyp (Český kosmický portál, 2014). Předpokládá se rovněž masivní rozvoj multistandardních přijímačů především pro kombinaci Galileo/GPS nebo Galileo/GPS/GLONASS. Systém Galileo rovněž nabídne služby s vysokou přesností pro uživatele autorizované vládami členských zemí EU (Šebesta, 2012).

### **Služby systému Galileo**

Systém má být současně schopen poskytnout další služby, které dnes GPS neposkytuje, a to například komerčních služeb, zajistit návratnost obrovských investic. Podle dostupných informací by Galileo měl poskytovat služby srovnatelné se současným GPS systémem bezplatně (Steiner a Černý, 2006). Grewal a kol, (2007) dodávají, že EU má v úmyslu v systému Galileo poskytovat čtyři navigační služby a jednu pro vyhledávání a záchranné služby (SAR)

Základní služba OS (Open Service) poskytuje zdarma základní signál podobný SPS C/A signálu u systému GPS (Šebesta, 2012). Nicméně u OS bude vyšší kvality, protože se bude skládat z šesti různých navigačních signálů na třech nosných frekvencích. Výkon OS bude přinejmenším stejný jako u modernizovaných GPS satelitů Block IIF, které se začaly spouštět v roce 2005 a u budoucí GPS III architektury systému, která je v současné době zkoumána (Grewal a kol, 2007). Dále Šebesta (2012) upřesňuje, že OS signály jsou vysílány v několika pásmech a nabízí se možnost různých kombinací: jednofrekvenční služba, kdy je ionosférická chyba eliminována pomocí modelů; dvoufrekvenční služba s možností eliminace ionosférické chyby; nebo dokonce trojfrekvenční služba, která využívá všechny OS signály dohromady a která může zajistit až decimetrovou přesnost určení polohy. Grewal a kol, (2007) dodávají, že OS aplikace bude zahrnovat použití kombinace signálů Galileo a GPS, a tím se zlepšení výkonnost v náročných prostředích, jako je městská zástavba a hustá vegetace.

Veřejně regulovaná služba (Public Regulated Service - PRS ) – dva šifrované signály, s kontrolovaným přístupem a dlouhodobou podporou, určené pro státem vybrané uživatele, především pro bezpečnostní složky státu (*Český kosmický portál, 2014*). Politika přístupu je prováděna přes šifrování PRS signálů a vkládáním přístupových klíčů. PRS bude přístupná pouze prostřednictvím přijímačů vybavených bezpečnostním PRS modulem a s vloženým platným PRS dešifrovacím klíčem (*Bartolomé a kol.,2015*).

Komerční služba (CS) slouží pro vývoj aplikací pro profesionální či obchodní účely díky zvýšeným výkonům a údajům s vyšší přidanou hodnotou oproti aplikacím otevřené služby (*European GNSS Service centre, 2014*). Uživatelé této služby budou platit poplatek za přidanou hodnotu. CS se provádí přidáním dalších dvou signálů do sady OS signálů. Dodatečné signály jsou chráněny obchodním šifrováním a ochrannými přístupovými klíči, které se používají v přijímači pro dekódování signálů (*Grewal a kol, 2007*). Součástí komerční služby bude nejen poskytování přesných navigačních signálů, ale také předávání různých zpráv od komerčních organizací. Předpokládá se, že takovými informacemi mohou být aktuální dopravní hlášení, regionální stav předpovědi počasí a jiné. Uživatel daných CS bude hradit poskytovatelům provozní poplatky (*Šebesta, 2012*).

Služba se zajištěnou bezpečností (SOL) Služba SOL bude pro zvýšení bezpečnosti obyvatelstva tím, že bude certifikovaná polohová přesnost, určená použitím certifikovaných navigačních přijímačů. Typickými uživateli SOL budou letecké společnosti a zaoceánské námořní společnosti (*Grewal a kol, 2007*). Tato služba bude k dispozici výhradně pro potřeby aplikací kritických z hlediska bezpečnosti lidí a případně dalších strategických aplikací, pro něž je společným jmenovatelem, že u nich nelze tolerovat jakýkoliv výpadek této služby nebo zhoršení jejích výkonových parametrů (*Rapant, 2002*).

Vyhledávací a záchranná služba (Search And Rescue service - SAR ) - služba nouzové lokalizace v rámci celosvětové družicové záchranné služby COSPAS-SARSAT s možností oboustranné komunikace (*Český kosmický portál, 2014*). Služba SAR je evropským příspěvkem k mezinárodnímu společnému úsilí v pátracích a záchranných službách. Tato služba bude provádět téměř v reálném čase příjem tíšňových zpráv z libovolného místa na Zemi, přesné určení místa (několik metrů), upřesňují *Grewal a kol.(2007)*.

### 2.1.3 Ruský globální navigační systém GLONASS

GLONASS (rusky: ГЛОНАСС - ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система, přepis do latinky: Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema) je družicový navigační systém provozovaný původně Sovětským svazem, nyní Ruskem (Šebesta, 2012). Hofmann-Wellenhof a kol.(2008) uvádí, že Globální navigační satelitní systém (GLONASS) je ruský protějšek GPS a je provozován ruskou armádou. Schejbal a kol.(2004) provoz systému upřesňují, že je řízen vládou Ruské federace prostřednictvím kosmických sil jako operátorem.

Plán pro vývoj systému GLONASS byl schválen v prosinci 1976 rozhodnutím centrální komise komunistické strany Sovětského svazu a radou ministrů SSSR. První dvě testovací a jedna provozní družice byly umístěny na oběžnou dráhu 12. října 1982. Celkově do roku 1991 bylo Sovětským svazem vypuštěno 44 provozních a 8 testovacích družic systému GLONASS. V roce 1991 bylo na oběžné dráze ve dvou rovinách dvanáct družic, což stačilo pro omezený provoz systému (Český kosmický portál, 2014). Systém GLONASS byl uveden do provozu zkouškami v roce 1993, do roku 1995 byla vypuštěna konstelace 24 satelitů. Systém zajišťoval nepřetržitou globální navigaci pro všechny typy uživatelů s různými úrovněmi požadavků na kvalitu navigačního signálu (Federal Space Agency, 2015). S tím Rao (2010) souhlasí a dodává, že i když plného souhvězdí satelitů bylo dosaženo v roce 1995, ekonomický kolaps, který následoval po pádu Sovětského svazu, vedl k tomu, že systém nebyl dostatečně financován a postupně degradoval na pouhých sedm funkčních družic v roce 2001. Šebesta (2012) dále píše, že v té době probíhala jednání o podpoře projektu ze strany Evropské unie s tím, že civilní signály systému GLONASS by mohly být použity pro evropský GNSS. V srpnu roku 2001 byl ruskou vládou schválen federální program "Globální navigační systém", podle něhož by měl být systém opět plně funkční v roce 2011. (Federal Space Agency, 2015) popisuje náplň programu takto: Podporuje vytvoření globálního navigačního systému pro určení souřadnic objektů s vysokým stupněm přesnosti a spolehlivosti, zavádění technologií družicové navigace do řízení informačního systému dopravy, zvýšení bezpečnosti v silniční dopravě v Rusku, významného snížení provozních nákladů a v perspektivě odchod od tradičních rádiových pozemních navigační zařízení. Šebesta (2012) ještě doplňuje, že pod tlakem ruského

prezidenta Putina a za spolupráce Ruska s Indií na systému GLONASS dosáhl kosmický segment plné operability FOC v roce 2008.

*Schejbal a kol. (2004)* uvádějí, že systém má dva typy navigačního signálu: navigační signál standardní přesnosti (SP) a velmi přesný navigační signál (HP). *Šebesta (2012)* to rozvádí, že autorizovaným uživatelem je armáda Ruské federace a vybrané vládní instituce využívají službu HP (High Positioning). Tito uživatelé mají zaručenu vyšší přesnost systému. Ostatní uživatelé, především civilní, mohou využívat službu SP (Standard Positioning).

## **Segmenty systému GLONASS**

### *Kosmický segment*

Systém GLONASS používá také 24 satelitů, ale ty jsou rozděleny přibližně rovnoměrně ve třech oběžných drahách (na rozdíl od šesti v GPS), každá po osmi satelitech (čtyři v GPS) (*Grewal a kol, 2007*). Družice obíhají po kruhových oběžných drahách se sklonem  $64,8^\circ$  ve výšce 19 130 km. Oběžná doba je okolo 11 hodin a 16 minut. Charakteristickým znakem GLONASS konstelace je její identické opakování rozmístění družic kolem Země každých osm dní (*Šebesta, 2012*). *Rapant (2002)* to dále upřesňuje, že družice jsou na každé oběžné dráze rozmístěny rovnoměrně co 45 stupňů. Pro dosažení lepšího pokrytí signály družic jsou družice v jednotlivých rovinách posunuty o 15 resp. 30 stupňů.

### *Pozemní segment*

Pozemní řízení systému GLONASS provádí centrum v Moskvě a síť telemetrických a sledovacích stanic se nachází na území Ruské federace (*Jin a kol., 2014*). Ovládací segment zajišťuje monitoring stavu konstelace satelitů GLONASS, korekce orbitálních parametrů a nahrávání navigačních dat (*Rao, 2010*).

*Rapant (2002)* vysvětluje, že takto uspořádaný kontrolní a řídicí segment je jistou nevýhodou systému GLONASS, neboť každá družice je zhruba 16 hodin denně mimo dosah kontrolního a řídicího segmentu. Tím je ztíženo monitorování stavu družic a snížena je i přesnost určování efemerid.

### *Uživatelský segment*

*Schejbal a kol. (2006)* popisují segment takto: uživatelský segment je podobně jako u systému GPS tvořen různými typy přijímačů, které poskytují

uživatelům údaje o poloze, rychlosti a čase. Ovšem Šebesta (2012) si všímá toho, že přijímače systému GLONASS nejsou komerčně zdaleka tak rozšířené jako přijímače GPS. Avšak v současnosti jsou na trhu běžně dostupné přijímače umožňující detekovat spolu s GPS i systém GLONASS a využívat oba systémy současně.

#### 2.1.4 Čínský navigační družicový systém BeiDou/Compass

Navigační systém Beidou (anglicky: Beidou Navigation System, fonetický přepis z mandarínštiny: bëidou daoháng xìtong) anebo také Satelitní navigační a polohový systém Beidou (anglicky: Beidou Satellite Navigation and Positioning System, fonetický přepis z mandarínštiny: bëidou wèixīng daoháng dìngwèi xìtong) je projekt Čínské lidové republiky s cílem vyvinout nezávislý družicový navigační systém (Český kosmický portál, 2014). Kaplan a Hegarty (2006) dále uvádějí, že čínský systém Beidou je program vícestupňové satelitní navigace, který je navržen tak, aby zajišťoval polohu a řízení správy vozového parku čínské armády a civilních uživatelů.

V roce 2000 Čína vytvořila navigační testovací systém Beidou, který učinil Čínu třetí zemí na světě, po Spojených státech a Rusku, která je schopna samostatně vyvinout takovýto systém. Testovací systém byl široce používán v oblastech jako je doprava, prevence lesních požárů, předpovědi katastrof, veřejné bezpečnosti a dalších, takže tvořil významnou výhodu v sociálních a ekonomických aspektech (Beidou.gov, 2012).

Hofmann-Wellenhof a kol.(2008) popisují princip tak, že Beidou - 1 je dvoucestný systém, takže signály jsou emitovány z uživatelského zařízení do satelitů a dále poslány do řídicího centra. Řídicí centrum transformuje měření délky doby vyslaného signálu do informace o poloze, kterou poté poskytne uživateli. Signál je pak poslán zpět z řídicího centra opět pomocí satelitů. Český kosmický portál, (2014) upozorňuje na to, že oproti systémům GPS, GLONASS a Galileo, které využívají družice pohybující se vzhledem k zemskému povrchu na střední oběžné dráze (tzv. MEO-Medium Earth Orbit), Beidou - 1 používá geostacionární družice. To znamená, že systém nepotřebuje tolik družic jako např. GPS, ale také to znamená, že signálem je pokryta pouze oblast, nad kterou je družice nastálo umístěna. Beidou - 1 je tedy v současné době funkční v oblasti vymezené těmito souřadnicemi:

70° až 140° východní délky a 5° až 55° severní šířky. Dále Šebesta (2012) píše o tom, že kosmický segment je založen na třech geostacionárních družicích. 30. října 2000 byla na geostacionární oběžnou dráhu vynesena družice BeiDou 1A. Družice BeiDou 1B následovala 20. prosince téhož roku. Satelity BeiDou 1A a 1B byly navrženy jako experimentální pro otestování technologie. Družice další generace BeiDou 2A byla vypuštěna na GEO orbitu v květnu 2003. Všechny tři družice zajistily platný operační stav systému. Na konci roku 2003 byl plně zprovozněn vojenský navigační signál, pro civilní uživatele byl systém dostupný od roku 2004.

Hofmann-Wellenhof a kol.(2008) píše, že Beidou - 1 je předchůdce satelitního navigačního systému Beidou - 2 / Compass. Šebesta (2012) dále rozlišuje systémy tak, že zatímco systém BeiDou (v čínské mandarínštině znamená souhvězdí Velké medvědice) je systémem regionálním, Compass je plánován jako systém globální (původní název globálního konceptu byl uváděn BeiDou-II)

Compass, někdy označovaný jako Beidou - 2 je systém schopný k poskytování služeb v asijsko-pacifické oblasti region od roku 2012 a měl by dosáhnout služeb globální úrovně kolem roku 2020. Compass může dosáhnout počátku operační schopnosti dříve než Galileo. Je to velmi pravděpodobné, protože v globálním měřítku se požadavek pro pokrytí v Asii zvyšuje (Januszewski, 2012). Podobně jako Galileo a GPS bude nabízet různé služby: standardní signál pro civilní uživatele a přesnější signál (šifrovaný) pro neveřejné využití (Jin a kol., 2014). Konečný Compass (Beidou - 2) se bude skládat z konstelace 24 MEO satelitů, 5 GEO satelitů a 5 družic na šikmé geosynchronní oběžné dráze (IGSO), když MEO satelity budou umístěny zhruba 21 500 km nad Zemí na třech oběžných drahách (Nurmi a kol., 2015). Pozemní část se bude skládat z několika stanic: včetně hlavní řídicí stanice, měřících a monitorovacích stanic. A uživatelská sekce bude obsahovat přijímače BeiDou systému a některé budou kompatibilní s ostatními družicovými navigačními systémy (Beidou.gov, 2012).

## 2.2 Regionální navigační systémy

Proto, aby se zvýšila nezávislost na ostatních velmocích a rozšířila se konkurence na stávajícím trhu s navigačními systémy se v některých zemích vyvíjejí regionální systémy, jako jsou například japonské QZSS a indické Gagan/IRNSS (Jin a kol., 2014).

### 2.2.1 Indický regionální navigační družicový systém IRNSS

IRNSS je autonomní regionální satelitní navigační systém, který vyvíjí ISRO (Indian Space Research Organization). Vláda Indie schválila projekt v květnu 2006 se záměrem, že systém má být dokončen a uveden do provozu v roce 2016 (*Earth Observation Portal, 2015*). *Indian Space Research Organisation (2015)* souhlasí a dodává, že první družice byla naplánována vyslat v roce 2013 a poslední, sedmá, družice je naplánována být na oběžné dráze do roku 2016.

*Earth Observation Portal (2015)* uvádí, že navrhovaný IRNSS systém se bude skládat ze sedmi satelitů a nosného pozemního segmentu. Tři družice budou umístěny v geostacionární oběžné dráze a zbývající čtyři v geosynchronní oběžné dráze nakloněné 29° vzhledem k rovníkové rovině. Takové uspořádání znamená, že všech sedm satelitů bude mít nepřetržitou rádiovou viditelnost s indickými řídicími stanicemi. *Jin a kol. (2014)* souhlasí a doplňuje, že plánovaný indický regionální navigační satelitní systém se bude skládat ze sedmi družic (z nichž tři budou geostacionární), které budou na podporu pozemního segmentu. *Indian Space Research Organisation (2015)* upřesňuje to, že systém je navržen tak, aby poskytoval přesné informace o poloze uživatelům v Indii, stejně jako v oblastech sahající až 1500 km od hranic, což je jeho primární oblast služby. *Kaul a Jakhul (2010)* dodávají, že systém je určen pro přesnost určování polohy menší než 20 m po celé Indii.

IRNSS bude poskytovat dva typy služeb, a to standardní poziční servis (SPS), který bude k dispozici všem uživatelům a omezené služby (RS), což je šifrovaná služba poskytovaná pouze oprávněným uživatelům (*Indian Space Research Organisation, 2015*). *Český kosmický portál (2014)* dodává, že všechny segmenty, vesmírné i pozemní, jakož i přijímače, byly sestrojeny v Indii, mj. díky zkušenostem nabytým Indií při spuštění systému GAGAN.



### 2.2.2 Japonský navigační družicový systém Quasi-Zenith (QZSS)

Quasi - Zenith satelitní systém je japonský regionální systém, skládající se ze tří satelitů ve vysoké eliptické oběžné dráze, která se bude týkat především oblasti mezi Japonskem a Austrálií (*Jin a kol., 2014*).

*Kajii (2003)* uvádí, že společné americko – japonské prohlášení o spolupráci při využívání globálního pozičního systému (GPS) standardní služby určování polohy bylo oznámeno 22. září 1998 prezidentem Clintonem a premiérem Kobuchi. Uvádí se, že použití GPS signálu je zdarma a bude se podporovat spolupráce při rozvoji jeho civilního využití.

Pro stabilní a vysoce přesné měření polohy je vhodné mít osm a více viditelných satelitů. QZSS bude mít od roku 2018 čtyři družice. Spolu s GPS tak celkem s osmi a více satelity pokryjí většinu území Japonska (*QZSS Services, 2015*). *Český kosmický portál (2014)* doplňuje, že QZSS tedy není určen k samostatnému fungování, nýbrž má sloužit jako systém doplňkový a zpřesňující k GPS a je založen na kooperaci mezi Japonskem a USA. QZSS může být chápán jako adekvátní systém evropskému systému EGNOS.

První Quasi-Zenith Satelit (QZS-1) byl zprovozněn 11. září 2010 a v současné době ho provozuje japonská agentura kosmických aktivit (JAXA). Vláda v září 2011 rozhodla, že se vytvoří čtyři satelity QZS a v budoucnu bude systém dokončen na sedm satelitů QZS. Tento systém je také považován za důležité politické rozhodnutí a je zanesen v základním plánu vesmírné politiky z ledna 2013 (*QZSS Services, 2015*).

*Kajii (2003)* doplňuje, že topografie Japonska zahrnuje mnoho horských oblastí a městských oblastí s mnoha budovami a úzkými cestami, které vytvářejí problémy pro satelitní mobilní komunikaci a určení stabilní polohy pomocí družic. Quasi - Zenith je adeptem na překonání těchto překážek. *Šebesta (2012)* dodává, že mimo navigačních služeb nabízí družice QZSS i komunikační datové a multimediální služby.

## 2.3 Rozšiřující vesmírný družicový systém (SBAS)

Hlavní motivací pro vznik SBAS byla potřeba přesného navigování při přistání letadel bez nutnosti samostatného systému, jako jsou stávající nástroje přistávacích systémů (ILSs) na každém letišti (*Grewal a kol, 2007*).

Koncept SBAS je založen na GNSS měření podle přesně umístěných referenčních stanic, které jsou rozmístěny v rámci celé Evropy. Chyby GNSS se pak přenesou do výpočetního střediska, které vypočítá diferenciální korekce a integritu zpráv, které jsou pak vysílány přes kontinent pomocí geostacionárních satelitů jako rozšíření nebo překrytí původních GNSS zpráv. SBAS zprávy jsou vysílány prostřednictvím geostacionárních družic, které jsou schopné pokrýt rozsáhlé území (*EGNOS, 2015*).

Nicméně GPS má zásadní omezení v tom, že vysílané opravy jsou dobré jen pro uživatele v omezeném území, v širším území jsou již opravy méně přesné. Zřejmě technickým vyřešením tohoto problému by bylo použít síť základnových stanic, z nichž každá by měla své vlastní komunikační spojení a sloužila by pouze pro určité území. To by však vyžadovalo obrovské množství základnových stanic a jejich přidružených komunikačních vazeb. Proto brzy bylo uznáno, že lepším řešením by bylo použít rozšiřující vesmírný systém (SBAS), ve kterém může několik satelitů vysílat datové korekce na velmi velké ploše. Takový systém může také provádět náročné výpočty, aby chyby byly relativně optimálně pozorovány a interpolovány z několika základních stanic tak, aby mohly být použity na větší vzdálenosti od každé stanice (*Grewal a kol, 2007*).

Příklady SBAS jsou americký rozšiřující systém (WAAS), evropský geostacionární navigační systém (EGNOS) nebo japonská multifunkční dopravní družice (MTSAT) a rozšiřující systém (MSAS). Tyto satelity rozšiřují stávající systémy na střední oběžné dráze (MEO), konstelace geostacionárních satelitů (GEO) nebo geosynchronní satelity (*Hofmann-Wellenhof a kol., 2008*).

*Šebesta (2012)* vysvětluje, že snaha budovat tyto systémy je zřejmá. K dispozici jsou dva plně funkční globální navigační systémy GPS – NAVSTAR a GLONASS, připravuje se ryze civilní systém Galileo, spuštěny jsou některé regionální navigační systémy. Na celém světě je tedy k dispozici kvalitní pokrytí navigačním signálem GNSS. *EGNOS (2015)* doplňuje, že rozšiřující vesmírný

družicový systém (SBAS) jako je EGNOS, doplní stávající globální navigační družicové systémy (GNSS). SBAS kompenzuje některé nevýhody GNSS, pokud jde o přesnost, integritu, kontinuitu a dostupnost. Šebesta (2012) dále pokračuje, že vytvořením referenční sítě stanic a sestavením SBAS systému v dané oblasti pak může být aktivována „družicová“ letecká (námořní, silniční aj.) navigace s vysokou přesností a spolehlivostí s poměrně nízkými náklady. Především pro dnešní civilní letectví s rychle narůstající hustotou provozu mají SBAS systémy nedocenitelný význam.

Všechny systémy jsou v souladu se společným globálním standardem, a proto jsou všechny kompatibilní (nejsou v rozporu s sebou) a interoperabilní (uživatel se standardním přijímačem může využívat stejnou úroveň služeb a výkonu, i když se nachází v místě s pokrytím EGNOS nebo WAAS) (EGNOS, 2015).

### **2.3.1 WAAS**

Prvním velkoplošným systémem SBAS zavedeným do provozu byl americký WAAS (Wide Area Augmentation System) (Šebesta, 2012). Ventura - Traveset a kol. (2015) uvádějí, že rozšiřující systém (WAAS) byl oficiálně v USA uveden do provozu v červenci 2003. Steiner a Černý (2006) uvádí, že zatímco běžná přesnost GPS přijímače se pohybuje při dobrém výhledu na oblohu okolo 7 – 10 metrů v poloze, přesnost při použití WAAS signálu se pohybuje okolo 1-3 metrů.

Jedním z iniciátorů zavedení WAAS je program leteckého úřadu Spojených států FAA (Federal Aviation Administration) o podpoře GPS ve třetí etapě jeho zavádění v civilním letectví jako výhradního navigačního prostředku. Později byl samotný systém WAAS definován jako součást systému GPS – NAVSTAR rozšiřující jeho operační parametry (Šebesta, 2012).

V současné době je satelitní pokrytí WAAS k dispozici v Severní Americe. Uživatelé GPS v Jižní Americe mohou signál WAAS přijímat, ale jejich signál není opraven, a tudíž se nezvýší přesnost jejich navigačního řešení (Rao, 2010).

### **2.3.2 CWAAS**

Kanadský systém CWAAS je v podstatě plán pro rozšíření pokrytí US WAAS do Kanady. Ačkoli signály satelitů GEO WAAS lze přijímat na velké rozloze kanadského území, byla potřeba pro dosažení korektních dat určit místa pro referenční stanice. V Kanadě bylo vyhodnoceno rozložení nejméně 11 takových míst.

Kanadské referenční stanice musí být propojeny s americkým systémem WAAS (*Grewal a kol, 2007*).

### 2.3.3 EGNOS

EGNOS (European Geostacinary Navigation Overlay Service) je prvním konkrétním projektem v Evropě v oblasti družicové navigace. V podstatě "pre-Galileo" systém, EGNOS využívá síť pozemních stanic a geostacionárních družic a přijímá, analyzuje a rozšiřuje a potom dále přenáší signály GPS, GLONASS a v budoucnosti i signály Galileo (*European GNSS Service centre, 2014*).

Jde o společný projekt Evropské kosmické agentury (ESA – European Space Agency), Evropské komise (EC) a Evropské organizace pro bezpečnost letecké navigace Eurocontrol. (*Schejbal a kol, 2004*). Po úspěšném dokončení vývoje, bylo vlastnictví EGNOS 1. dubna 2009 převedeno na Evropskou komisi. EGNOS je nyní řízen Evropskou komisí na základě smlouvy s provozovatelem se sídlem ve Francii, European Satellite Services Provider (*European Space Agency, 2014*).

Systém se skládá ze tří vysílacích kanálů na palubě geostacionárních družic nad východním Atlantikem a Evropou, spojené do sítě asi 40 pozemních stanic a čtyř řídicích center. Pozemní stanice EGNOS přijímají signály vysílané ze satelitů US GPS (*European Space Agency, 2009*). *Šebesta (2012)* dále upřesňuje a vysvětluje, že v systému jsou využity dva satelity komunikačního systému INMARSAT (International Maritime Satellite Organization) a jedna družice ESA Artemis. Geostacionární družice vracejí data zpět k Zemi k uživatelským přijímačům, které korekce využívají ke zpřesnění určení polohy. V moderních navigačních přijímačích i nižší cenové kategorie jsou algoritmy pro tyto korekce implementovány.

EGNOS poskytuje tři různé služby:

Otevřená služba (OS) volně dostupná pro všechny uživatele. Hlavním cílem EGNOS Otevřené služby je zvýšit přesnost dosažitelné polohy tím, že opraví několik zdrojů chyb GPS. Opravy přenášené EGNOS zejména přispívají ke zmírnění rozmezí zdrojů chyb spojených s družicovými hodinami, satelitní pozicí a ionosférickými vlivy (*Ventura - Traveset a kol., 2015*).

Služba vyšší bezpečnosti SoL (Safety of Life) rozšiřuje základní službu o integritní informace. Tato služba byla certifikována 2. 3. 2011 a oficiálně zpřístupněna pro využití při navigaci v letecké dopravě. Je certifikována z hlediska

mezinárodních standardů Mezinárodní organizace pro civilní letectví ICAO a pravidel „otevřeného nebe“ (Open Sky Regulations) (*Šebesta, 2012*).

Komerční služba "EGNOS Data Access Server" (EDAS) – Služba EDAS šíří data EGNOS v reálném čase prostřednictvím internetu a rozšiřuje tak možnosti pro šíření signálu EGNOS. EDAS by měl být součástí komplexního systému CDDS (Commercial Data Distribution System). Návrh architektury CDDS není dosud uzavřen, stejně tak není jasný obchodní model této služby (*Český kosmický portál, 2014*).

#### **2.3.4 SDCM**

Systém představuje SBAS protějšek k GPS WAAS a evropskému EGNOS (*Gibbons, 2009*). Vývoj rozšiřujícího GNSS je také důležitým úkolem při vývoji družicové navigace v Rusku. Ruský rozšiřující družicový systém (SBAS), systém pro diferenční korekce a monitoring (SDCM), který vstupuje do fáze zavádění. Hlavním rozdílem SDCM s ohledem na všechny ostatní SBAS je to, že je koncipován jako SBAS, který bude provádět monitorování integrity satelitů obou systémů GPS a GLONASS zároveň, zatímco zbytek současných SBAS poskytuje opravy a integritu pouze GPS satelitům (*Januszczewski, 2014*). To je důvod, proč některé aspekty interoperability a kompatibility s dalšími SBAS se stávají důležité (*Langley, 2011*).

Pomocí sítě pozemních referenčních stanic a geostacionárních satelitů, by SDCM mělo poskytovat real-time diferenční korekce s horizontální polohovou přesností 1-1,5 metrů a vertikální přesností 2-3 metry. Služba přesné polohy v reálném čase by měla fungovat do 200 km kolem základnových stanic (*Gibbons, 2009*). V současné době se SDCM pozemní segment skládá z 22 provozních monitorovacích stanic - 18 v Rusku, 3 v Antarktidě a jedna v Brazílii. Aspoň dalších 40 stanic je plánováno, 21 v Rusku a zbytek ve světě, ovšem s výjimkou Afriky a USA. Kosmická část se skládá z 3 satelitů, které jsou již na oběžné dráze, Luch - 5A (107 ° E) a Luch 5B (016 ° W) vysílali zkušební signál již dříve, třetí Luch - 5V (095 ° E), byl vypuštěn v roce 2014 (*Januszczewski, 2014*).

#### **2.3.5 SNAS**

Čína vyvíjí i vlastní verzi SBAS. I když informace o jejích systému jsou neúplná, alespoň 11 referenčních stanic bylo již instalováno kolem Pekingu v první fázi

programu a předpokládá se další expanze. Přijímače vyrobené Novatel.Inc Kanada byly dodány již pro fázi II (Grewal a kol, 2007).

### 2.3.6 GAGAN

ISRO buduje Geo - Augmented Navigation (GAGAN) rozšiřující satelitní systém, který se instaluje na 4 družice GEO-SAT. Jedná se o společný projekt mezi Správou letišť Indie a ISRO (Kaul a Jakhul, 2010). Hlavními cíli Gagan je poskytnout družicové navigační služby s přesností a integritou potřebné pro použití v civilním letectví, a poskytovat lepší řízení letového provozu nad indickým vzdušným prostorem. Systém bude interoperabilní s ostatními mezinárodními systémy SBAS a zajistit přeshraniční bezproblémovou navigaci (Indian Space Research Organisation, 2015).

Kaul a Jakhul (2010) doplňují, že smlouva o instalaci systémů pozemní podpory Gagan byla podepsána s americkou leteckou společností Raytheon. Raytheon již dodává pozemní systémy technologické podpory pro GPS ke zlepšení letového provozu a ostatní civilní navigaci. Raytheon vyvíjí hardware a software do systému a bude stavět osm referenčních stanic v různých městech, kromě Master Control střediska a vysílacích zařízení.

### 2.3.7 MSAS

Tento japonský SBAS byl uveden do leteckého provozu 27. září 2007. V současné době se vesmírný segment skládá ze dvou geostacionárních satelitů - MTSAT-1R na 140° v. d. a MTSAT-2 na 145°v.d. (Januszewski, 2012).

Princip tohoto systému je využití pozemních stanic, jejichž polohy jsou přesně známy. Stanice sbírají měření z družic GNSS a nebo z dalších senzorů na vytvoření regionální korekce mapy, která je odeslána zpět do družice a pak vysílána uživateli. To zvyšuje kvalitu vypočtené polohy a zmírňuje dopad některých chyb (většinou atmosférických) – tento neméně důležitý systém byl rovněž navržen tak, aby zvýšil integritu služby (Jin a kol., 2014).

Januszewski (2012) upozorňuje, že oblast pokrytí je omezena jen na Japonsko, protože v jiných částech východní Asie a Oceánie nejsou žádné referenční stanice.

## 2.4 Bodová pole ČR

Soubory bodů vytvářejí bodová pole, která se dělí podle účelu na polohové, výškové a tíhové bodové pole. Bod daného bodového pole může být současně i bodem jiného bodového pole (*Vyhláška 31/1995 Sb.*).

Geodetické body vyvábí bodová pole (BP) a geodetické sítě (GS). Jejich vznik a vývoj má v našich zemích mnoholetou tradici; počátky sítí, založených na vědeckých základech, spadají do 19. století. Každý z GB je označen číslem, popřípadě i názvem a může náležet do více bodových polí. Na předepsaném formuláři jsou vedeny jeho geodetické údaje, jejichž součástí je místopis (dříve tzv. topografie), umožňující vyhledávání v terénu (*Hánek a Koza, 1998*). *Ratiborský (2000)* dále pokračuje tím, že každé pole se dále dělí na základní a podrobné.

### 2.4.1 Polohové bodové pole

Polohové geodetické body jsou podkladem polohových měření, prováděných na fyzickém povrchu Země. Pro vyjádření výsledků měření v rovině (např. v mapě) slouží kartografická zobrazení, která převod zprostředkují. S nimi souvisí souřadnicové soustavy, které souřadnice  $y$ ,  $x$  jednoznačně definují polohu bodu (*Švec a Hánek, 2006*).

Polohové bodové pole obsahuje

a) základní polohové bodové pole, které tvoří

aa) body referenční sítě nultého řádu,

ab) body Astronomicko-geodetické sítě (závazná zkratka "AGS"),

ac) body České státní trigonometrické sítě (závazná zkratka "ČSTS"),

ad) body geodynamické sítě,

b) zhušťovací body,

c) podrobné polohové bodové pole.

(*Vyhláška 31/1995 Sb.*)

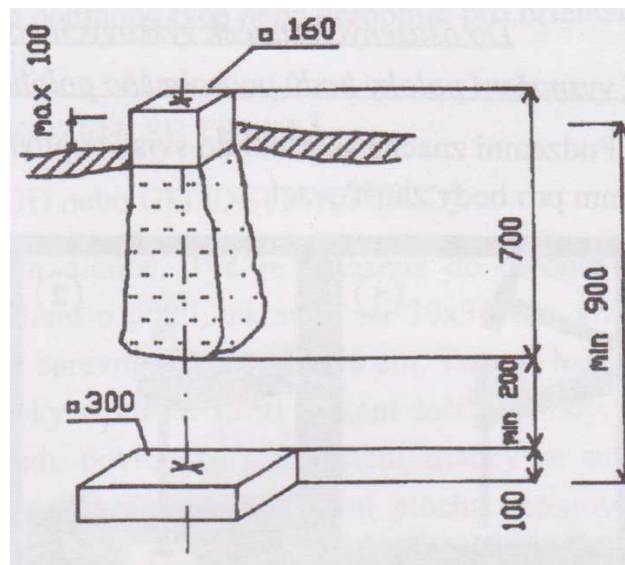
Body základní trigonometrické sítě se zahušťují dalšími body určenými výhradně měřeními úhlů. Tak se získávají trigonometrické sítě prvního, druhého až pátého řádu (*Doušek a Matějík, 2005*). Délky stran v trojúhelnících pátého řádu jsou v průměru 2,5 km dlouhé. To znamená, že na našem státním území je

na každých 2,5 km trigonometrický bod, jehož souřadnice (x, y) byly určeny s chybou ne větší než plus/mínus 2 cm (Maršík, 1997).

Body polohových polí se stabilizují trvalým způsobem, aby se na ně nebo z nich dalo připojit nové měření. Signály nebo postavení přístrojů mohou být buď centrické, nebo excentrické. (Ratiborský, 2005). Trigonometrické body (TB) se stabilizují v běžném terénu kamenem délky asi 0,8 m, jehož opracovaná hlava tvaru krychle o straně 0,2 m nese na horní ploše vytesaný úhlopříčný křížek. Tato povrchová značka je jištěna dvěma podzemními značkami. Obvykle to jsou kamenná a skleněná deska, vždy s křížkem na horní ploše, uložené asi 0,2 m pod značkou předcházející (Hánek a Koza, 1998).

Stabilizace zhušťovacích bodů (ZhB) je ve volném terénu provedena obdobně jako u TB. Ovšem je zde využita jen jedna podzemní značka viz.obrázek č.4.

Obr.č.4. Stabilizace zhušťovacího bodu



Zdroj : (Ratiborský, 2005)

Následující bodová pole nebyly v této práci využity, proto je zde uvádím jen informačně.

#### 2.4.2 Výškové bodové pole

Důležitým údajem o geodetických bodech, kromě polohy bodu, je znalost jejich výšky (Hánek a kol., 2008). Nadmořská výška (h) byla zvolena jako třetí souřadnice k určování polohy bodů na Zemi. Tento způsob určování polohy bodu třemi souřadnicemi ( $\varphi$ ,  $\lambda$ , h nebo x, y, h) je zcela postačující pro všechny praktické



i teoretické účely. Ovšem je nutno mít na paměti, že rovinné souřadnice ( $x$ ,  $y$ ) a nadmořská výška ( $h$ ) netvoří dohromady jeden prostorový pravoúhlý souřadnicový systém. Souřadnice ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ) nebo ( $x$ ,  $y$ ) a souřadnice ( $h$ ) jsou dva zcela nezávislé souřadnicové systémy (Maršík, 1997). Dosud závazným výškovým systémem ČR a SR je systém s označením Balt po vyrovnání se zkratkou Bpv, který je odvozen od vodočtu v ruském Kronštatu (Hánek a Koza, 1998).

### 2.4.3 Tíhové bodové pole

Obdobně jako v triangulaci a nivelaci bylo naše státní území postupně pokrýváno sítí trigonometrických a nivelačních bodů, tak také na našem státním území byla vytvářena postupně síť gravimetrických (tíhových) bodů. Tíhové body jsou v přírodě stabilizovány žulovými kvádry o rozměrech přibližně 60 x 60 x 60 cm. (Maršíková a Maršík, 2007)

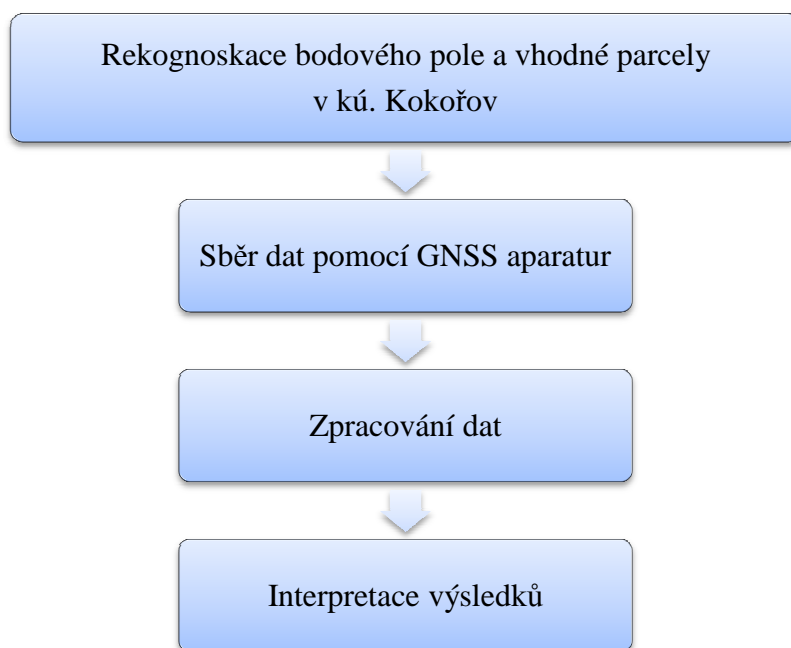
Tíhová bodová pole, včetně gravimetrické sítě, která tvoří ZTBP, slouží k vědeckým účelům (určování slapových jevů Země, zavádění výškových oprav), dodávají Hánek a Koza (1998).

### 3. Metodika práce

Cílem práce je provést ověření přesnosti vybraných GNSS aparatur. Nejprve bude provedena rekognoskace bodového pole a vhodné parcely v k.ú. Kokořov. V bodovém poli a v jednoznačně souřadnicově určené a v terénu stabilizované parcele bude proveden sběr dat pomocí zvolených GNSS aparatur. Následně bude provedena transformace souřadnic ze systému WGS – 84 do systému S – JTSK. Na takto upravených souřadnicích budou vypočteny polohové odchylky, které budou následně analyzovány.

Výsledkem této diplomové práce budou grafické, mapové a tabulkové výstupy, kde budou vyhodnoceny jednotlivé polohové odchylky zvolených GNSS aparatur. Nakonec bude zhodnocení vhodnost přístrojů pro potřeby zaznamenávání změn ve využití krajiny.

#### 3.1 Technologické schéma sběru a zpracování dat



Zdroj :*(vlastní zpracování)*

### 4. Praktická část práce

#### 4.1 Postup prací

Prvním úkolem této práci byla rekognoskace bodového pole ve zvoleném katastrálním území Kokořov. Pomocí mapy Bodová pole na Geoportálu na webových

stránkách [www.cuzk.cz](http://www.cuzk.cz) jsem provedl prvotní výběr vhodných bodů k zaměření. V daném katastrálním území a v jeho nejbližším okolí jsem zvolil celkem 7 bodů. Jedná se o zhušťovací body stabilizované kamenným mezníkem. Dne 19. 10. 2014 jsem provedl samotnou rekognoskaci jednotlivých bodů pomocí místopisů jednotlivých bodů. Jelikož téměř všechny body nebyly v poslední době využívány k měřickým pracím, bylo potřeba se řídit signalizačními tyčemi bodů a řádně prohledat okolí jejich bezprostřední okolí. Po vyhledání jsem z mezníku odstranil trávu, nános zeminy nebo náletové dřeviny z nejbližšího okolí, které by vadily pohodlnému měření na bodě.

Následovala fáze měření. To jsem zahajoval pomocí geodetické aparatury GNSS, následně jsem použil turistickou navigaci a na závěr jsem provedl měření aplikace v mobilním telefonu. Geodetické aparatura pocházela od americké firmy Trimble. Turistická navigace byla od firmy Garmin. Do mobilního telefonu Samsung jsem nainstaloval aplikaci MapFactor : GPS Navigator. Tyto měřické práce jsem prováděl ve dnech 24. 10., 25. 10. a 26. 10. 2014. Měření jsem opakoval ve všech uvedených dnech, vždy v jinou denní hodinu, aby pokaždé byla dosažena jiná konstelace satelitů.

Měření v geodetické GNSS aparatuře bylo ukládáno do interní paměti přístroje a následně exportováno a přesunuto na flashdisk pro další zpracování. Měření z turistické navigace a aplikace v mobilním telefonu bylo zapisováno do předem připraveného papírového zápisníku. Tento zápisník jsem si vytvořil při přípravných pracích. Hlavička protokolu je na obrázku č.5. Po ukončení měření byl protokol přepsán do digitální podoby a je součástí příloh této práce.

Obr. č. 5 Hlavička protokolu

| datum | bod | souřadnice |      | typ přístroje / aplikace |
|-------|-----|------------|------|--------------------------|
|       |     | s.š.       | v.d. |                          |
|       |     |            |      |                          |
|       |     |            |      |                          |
|       |     |            |      |                          |
|       |     |            |      |                          |
|       |     |            |      |                          |

Zdroj : (vlastní zpracování, 2015)

## 4.2 Popis katastrálního území Kokořov

Jako zájmovou lokalitu pro své experimentální měření jsem si zvolil katastrální území Kokořov. Tuto lokalitu jsem si vybral z důvodu, že v obci žiji a okolní území dokonale znám a pro mé měření bylo vyhodnoceno bodové pole jako vhodné. Obec se nachází v Plzeňském kraji, přibližně 30 km jižně od Plzně. Obec je jednou ze čtyř obecních částí ve správním obvodu městyse Žinkovy. Při posledním sčítání obyvatel v roce 2011 bylo v obci 90 obyvatel. V katastrálním území se nachází obec Kokořov, statek Žitín, dále osada Ovčín a část obce Březí. Celým územím prochází silnice II/230 a to na úseku Nepomuk – Přeštice. Dále zde prochází silnice III.třídy místního významu spojující obec s vedlejšími obcemi Žinkovy a Jarov. Jižním okrajem obce protéká řeka Úslava. Do této řeky přitéká několik bezejmenných potoků z celého území. Nejvýznamnější z nich je ze 2/3 regulovaný potok, který je levostranný přítok řeky, protékající středem obce a odvádějící vodu z velké části lesních a zemědělských pozemků nad obcí.

Obr. č.6. Mapa obce a okolí



Zdroj : ( [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz) )

Obec byla údajně založena rodem Kokořovců z Kokořova přibližně ve 12. století. První písemná zmínka je z roku 1379. Obec od počátku své existence vystupovala jako obec zemědělská s drobnými řemeslníky. Na konci 50. let 20. století zde bylo založeno Jednotné zemědělské družstvo. To po krátké samostatné činnosti bylo sloučeno do jednoho JZD společně se středisky v Žinkovech a Březí. Toto nové družstvo dostalo název JZD 40. výročí KSČ Březí a centrální středisko bylo na statku Žitín. V současnosti na území z velké části hospodaří zemědělské družstvo. O zbytek zemědělské půdy se dělí několik soukromých zemědělců.

Katastrální území má výměru 671,8318 ha. Komplexní pozemková úprava zde byla zahájena 15. 7. 2014.

### **4.3 Popis měření a přístrojového vybavení**

V této kapitole popisují jednotlivá měřická zařízení a postup měření s nimi. Měření probíhalo na všech zvolených bodech stejně.

#### **4.3.1 Geodetická aparatura GNSS Trimble R4-2 a Ranger**

Geodetická aparatura GNSS Trimble se skládá z GNSS roveru (přijímač) Trimble R4-2 a kontroleru (kontrolní jednotka) Trimble Ranger. Přijímač R4-2 přijímá signál ze systému GPS i Glonass a v budoucnosti je schopen přijímat signály systému Galileo i Beidou. Kontroler Ranger je vybavený softwarem Survey Controller verze 12.49. Tento kontroler disponuje kompletní alfanumerickou klávesnicí a dotykovým displejem. Aparatura je konstruována přímo pro zeměměřiče, veškeré transformační výpočty probíhají v kontrolní jednotce a software je schválen pro práce v katastru nemovitostí. Naměřená data jsou poté transformována do formátu souřadnic S-JTSK. Veškeré výstupní protokoly jsou v souladu s katastrální vyhláškou.

Foto č. 1. Měření pomocí aparatury Trimble



Zdroj : (vlastní zpracování, 2014)

Před začátkem měření je potřeba založit nový soubor, do kterého se naměřená data ukládají. Na úvodní obrazovce v kontroleru se zvolí z nabídky ikona Soubory. Poté se z nabízených položek zvolí Nový job. Zde se provede výběr místa, kam se soubor uloží a zvolí se název, v mém případě to bylo DP\_Klingr. V položce Vlastnosti se vybere souřadnicový systém, zóna, soubor rovinné dotransformace a zvolí se model geoidu. Tyto všechny položky se vybírají z předdefinovaných možností. Vše se potvrdí volbou Uložit. Obrazovka se vrací do záložky zakládání nového jobu a zde se kompletní založení nové zakázky potvrdí tlačítkem Akceptovat.

Objeví se opět úvodní obrazovka, na které se zvolí ikona Měření. Zde se vybere měřický styl. Já jsem chtěl primárně používat síť CZEPOS a na této GNSS aparatuře je styl sítě nazván jako CZEPOS JCU VRS3-MAX-GG. Tento měřický styl pracuje se sítí permanentních stanic CZEPOS, která je spravována a provozována Zeměměřickým úřadem. CZEPOS byl postupně uváděn do provozu od roku 2005. Síť poskytuje korekční data pro přesné určení polohy na území ČR a je zahrnuta v geodetických základech České republiky. CZEPOS celkem obsahuje 28 permanentních stanic na území ČR a dále je do systému zahrnuto 27 příhraničních stanic sítí GNSS našich sousedních států. 23 stanic je umístěno na budovách katastrálních úřadů nebo pracovišť a 5 stanic je nainstalováno na vědeckých nebo akademických pracovištích.

Po vybrání měřického stylu se vše potvrdí tlačítkem Spuštění měření. Poté se již zobrazí obrazovka, kde se zadává číslo bodu, výška přijímače popřípadě kód bodu. Po dosažení přenosu korekčních dat oznámí kontroler, že měření je zafixováno. Po této zprávě je možné spustit měření. V pravém dolním rohu displeje je tlačítko Měřit. Po stisknutí se objeví čas, po který je měření prováděno. Tlačítko Měřit se změní na Uložit. Po stisknutí tohoto tlačítka se měření na konkrétním bodě ukončí a uloží se do souboru. Pro ukončení veškerého měření je potřeba vrátit se na úvodní obrazovku. Stisknout ikonu Měření a z nabídky vybrat Konec GNSS měření.

Při měření dne 25. 10. 2014 v 11:25 na bodě 000920102460 došlo k výpadku nejbližší stanice CZEPOS v Plzni na budově Západočeské univerzity. Na přiloženém obrázku č. 7. je vidět nefunkčnost stanice. Obrázek byl pořízen na stránce [www.czepos.cuzk.cz](http://www.czepos.cuzk.cz) v sekci Kontrola kvality a položky Monitoring provozu služeb.

Obr. č. 7. Stav služby RTK a DGPS v Plzni

**aktuální stav služeb RTK a DGPS**

služby RTK a DGPS, závislé na výběru stanice

| n  | stanice | kód  | RTK funkční | DGPS funkční | testováno           |
|----|---------|------|-------------|--------------|---------------------|
| 23 | Praha   | CPRG | ANO         | ANO          | 25.10.2014 17:56:29 |
| 24 | Ostrava | VSBO | ANO         | ANO          | 25.10.2014 17:57:45 |
| 25 | Plzeň   | PLZE | NE          | NE           | 25.10.2014 17:59:01 |
| 26 | Pecný   | GOPE | ANO         | ANO          | 25.10.2014 18:00:17 |

Zdroj : ([www.czepos.cuzk.cz](http://www.czepos.cuzk.cz), 2014)

V tomto případě jsem nechtěl měření přerušovat a rozhodl jsem se měření dokončit na konkurenční síti referenčních stanic firmy Trimble. Zde bylo potřeba změnit měřický styl. V kontroleru je tento styl nazván VRS NOW CZ JCU. Trimble VRS Now Czech je služba, která dokáže uživatelům dodávat korekční data přes internet metodou real-time kinematic (RTK) v České republice. V této síti se nachází 25 stanic rozmístěných na území ČR a do sítě jsou ještě dodávána data z 8 stanic, které jsou zařazeny do sítě Trimble VRS Now Deutschland. Obdobný model sítě je firmou Trimble provozován například v Německu nebo v Anglii. Česká síť je od 1. 9. 2010 schválena pro práci v katastru a tím pádem není nutné provádět ověřovací měření na přípojovacích bodech. Je také zajištěna homogenita se sítí CZEPOS.

Jak píše *Hánek a kol. (2008)* při metodě RTK dochází k výpočtu korekcí v reálném čase. Vypočtené korekce jsou – rovněž v reálném čase – vysílány z referenční stanice na pohyblivý přijímač pomocí radiových nebo GSM modemů. Na větší vzdálenosti je také možné data přenášet mobilními telefony. Výhodou je získání souřadnic v reálném čase.

#### 4.3.2 Navigační přístroj Garmin Dakota 10

Měření pomocí Garmin Dakota 10 jsem prováděl ihned po měření s aparaturou Trimble. Tato outdoorová navigace je všestrannou GPS navigací, která se dá využít při turistice, geocachingu a dalších volnočasových aktivitách. Přístroj



nedisponuje žádným tlačítkem kromě tlačítka pro zapnutí a vypnutí. Celá obsluha se provádí na dotykovém displeji. Přístroj přijímá pouze signál GPS.

Při měření jsem postupoval postupně po těchto krocích. Po zapnutí přístroje se na dotykovém displeji objeví hlavní menu, kde se nachází všechny nástroje, které jsou v navigaci zabudovány. Pro moje měření jsem pouze využíval nástroj Družice (ikona stoupajícího grafu), který se nachází na úvodní obrazovce pod zobrazením kapacity baterií. Po stisknutí ikony se v horní části displeje objeví souřadnice bodu, nadmořská výška, grafické znázornění polohy využívaných satelitů a síly družicových signálů.

Foto č. 2. Měření pomocí Garmin Dakota 10



Zdroj : *(vlastní zpracování, 2014)*

Takto aktivovaný přístroj jsem umístil přímo na kamenný mezník měřeného bodu. Počkal jsem přibližně 30 vteřin a výsledné souřadnice v souřadnicovém systému WGS-84 jsem zapsal do připraveného zápisníku. Garmin disponuje vnitřní pamětí o kapacitě 850 MB, ale pro ukládání dat jsem jí nevyužil, jelikož se z uložených dat nevytváří žádný protokol.

#### **4.3.3 Samsung GT – S 5300 s aplikací MapFactor : GPS Navigator**

Tento dotykový smartphone patří do nejnižší výkonnostní třídy. Do této práce jsem ho vybral pouze z důvodu, že ho vlastním. V telefonu pracuje procesor s taktem



832 Mhz, operačním systémem je Android 2.3. Pro lokalizaci polohy je zde zabudovaný GPS čip.

Po měření s navigací Garmin, jsem na totéž místo umístil mobilní telefon se zapnutým GPS čipem a aplikací. Čip se zapíná na úvodní ploše mobilu ve výsuvné notifikační nabídce. Aplikaci MapFactor : GPS Navigator jsem pro práci vybral na webové službě Google play v bezplatné sekci. Vybíral jsem podle recenzí a hodnocení ostatních uživatelů. Aplikace nabízí jak klasické navigování do zvoleného cíle, kde využívá mapové podklady z OpenStreetMap, tak zde lze využít různé výpočty a simulace cest, odometr. Pro moje měření jsem využil funkci GPS info.

Foto. č. 3. Měření pomocí aplikace MapFactor : Navigator



Zdroj : (vlastní zpracování, 2014)

Po aktivování čipu a zapnutí aplikace se zobrazí úvodní obrazovka. Na této obrazovce se nachází 6 hlavních ikon a 3 ikony pro nastavení a vypnutí aplikace. V poslední řadě hlavních ikon se nachází Nástroje. Po kliknutí na tuto ikonu se objeví nabídka, ze které vybereme funkce GPS info. Tato funkce právě provádí měření zeměpisných souřadnic. Po uplynutí 30 vteřin jsem z displeje odečetl naměřené souřadnice a zapsal do zápisníku. Tato aplikace neumožňuje ukládání souřadnic do paměti telefonu.

#### **4.3.4 Měření parcely č. 1117/2 v k.ú.Kokořov**

Ve druhé části práce jsem prováděl měření plochy. Pro tuto část jsem opět rekognoskoval terén a zvolil jsem parcelu číslo 1117/2. Tato parcela se nachází

v intravilánu obce Kokořov. Vybral jsem ji z důvodu, že je v terénu trvale označena. Dva lomové body parcely jsou označeny plastovými mezníky a zbylé čtyři jsou označeny barvou na plotu.

Dne 27. 10. 2014 jsem provedl měření lomových bodů parcely. Měření jsem provedl ve dvou etapách s více než hodinovým odstupem. Tento postup jsem zvolil z důvodu obměny konstelace satelitů na obloze. Měření probíhalo obdobně jako u jednotlivých bodů s tím rozdílem, že jsem nejprve změřil všechny body GNSS aparaturou Trimble, poté turistickou navigací Garmin a následně smartphonem Samsung.

#### **4.4 Zpracování naměřených dat**

Pro exportování souboru s naměřenými daty v kontroleru Trimble Ranger je potřeba zvolit na základní obrazovce ikonu Soubory. Zde z uvedené nabídky vybrat import/export a poté zvolit export uživatelských formátů. Důležité je zvolit vhodný formát souboru. Z rolovací nabídky byla v tomto případě vybrána možnost Protokol měření GPS. Dále je potřeba věnovat pozornost položkám Název souboru, výpis použitých bodů, zaokrouhlení a Pouze GPS měřené body. Vše se potvrdí tlačítkem Akceptovat. Tím je soubor exportován a stačí pouze buď propojit kontroler kabelem s počítačem nebo připojit ke kontroleru flashdisk a přesunout soubor se souřadnicemi měřených bodů. Tento soubor měl v mém případě koncovku txt.

Jak jsem již výše uvedl naměřená data z Garmin Dakota 10 a aplikace MapFactor : Navigator jsem zapisoval do připraveného zápisníku. Pro další práci byla potřeba tyto zápisníky přepsat do digitální podoby v tabulkovém editoru MS Excel. Protokol z aparatury Trimble a zápisníky jsou uvedeny jako přílohy k této práci.

Souřadnice z GNSS aparatury byly automaticky v kontroleru transformovány do S-JTSK. Souřadnice z turistické navigace a aplikace byly ve formátu WGS – 84 v šedesátinné soustavě s minutami v desetinném tvaru ( $49^{\circ}29,833'$  s.š. a  $13^{\circ}30,398'$  v.d.).

Jak píše *Steinar a Černý (2006)* World Geodetic Systém 1984 je globální geocentrický geodetický systém, který slouží pro popis souřadnic kdekoliv na Zemi v jediném souřadnicovém systému. Původně byl systém definován Ministerstvem

obrany USA pro obranné účely a použití v GPS systému. Dnes se stává standardem pro uživatele GPS a běžné mapy na celém světě.

Pro další práci bylo potřeba tyto souřadnice převést z šedesátinné soustavy do desetinné. Pro to jsem využil jednoduchého přepočtu, kdy je výpočet proveden tak, že u naměřených souřadnic jsou ponechány stupně ve stejném tvaru a minuty jsou vyděleny 60. Následně jsou vypočtené hodnoty minut připočítány ke stupňům. Takto naměřené souřadnice jsou již v desetinné soustavě.

Vzor výpočtu:

$$49^{\circ}29,833' \text{ s.š.} = ( 49^{\circ} + 29,833' / 60 ) = 49,4972167^{\circ} \text{ s.š.}$$

$$13^{\circ}30,398' \text{ v.d.} = ( 13^{\circ} + 30,398' / 60 ) = 13,5066333^{\circ} \text{ v.d.}$$

Pro transformaci z WGS – 84 do S-JTSK byla využita online aplikace ConvertCoord od firmy CAD Studio a.s. Tato aplikace je dostupná na internetové stránce <http://www.cadstudio.cz/apps/convertcoord/default.asp>.

V aplikaci je potřeba zadávat souřadnice s desetinnou tečkou. Pro účely mé práce jsem souřadnice zaokrouhloval na 2 desetinná místa, tedy na centimetry. Souřadnice S-JTSK jsem poté kopíroval do tabulky č.1. Převodní tabulky všech bodů jsou uvedeny v přílohách práce. Z takto upravených souřadnic již bylo možné provést potřebné výpočty pro tuto práci.

Tab.č.1. Převodní tabulka

| 000920102730                     | WGS - 84     |              | Decimální převod |             | S-JTSK            |                  |
|----------------------------------|--------------|--------------|------------------|-------------|-------------------|------------------|
|                                  | s.š.         | v.d.         | s.š.             | v.d.        | X [m]             | Y [m]            |
| <b>Garmin<br/>Dakota 10</b>      | 49°29,483'   | 13°30,665'   | 49,4913833°      | 13,5110833° | <b>1099302,27</b> | <b>817112,86</b> |
|                                  | 49°29,483'   | 13°30,664'   | 49,4913833°      | 13,5110667° | <b>1099302,09</b> | <b>817114,05</b> |
|                                  | 49°29,484'   | 13°30,666'   | 49,4914000°      | 13,5111000° | <b>1099300,61</b> | <b>817111,39</b> |
| <b>MapFactor :<br/>Navigator</b> | 49°29,48593' | 13°30,64016' | 49,4914322°      | 13,5106693° | <b>1099292,44</b> | <b>817141,72</b> |
|                                  | 49°29,48158' | 13°30,66496' | 49,4913597°      | 13,5110827° | <b>1099304,86</b> | <b>817113,30</b> |
|                                  | 49°29,48324' | 13°30,66484' | 49,4913873°      | 13,5110807° | <b>1099301,80</b> | <b>817112,98</b> |

Zdroj : (vlastní zpracování, 2015)

Pro lepší orientaci v tabulkách a grafech jsem provedl barevné rozlišení jednotlivých typů navigací. Aparatura Trimble má modrou, Garmin Dakota 10 zelenou a aplikace MapFactor : Navigator má červenou barvu. Souřadnice naměřené pomocí aparatury Trimble jsou již automaticky transformovány do S-JTSK v kontroleru. Proto tyto souřadnice nejsou uvedeny v těchto převodních tabulkách.

Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) je pravoúhlá souřadnicová síť využívaná pro geodetické práce v civilním sektoru v České republice a na Slovensku. Tento systém je postaven na tzv. Křovákovo zobrazení, které vytvořil Josef Křovák v roce 1922. Toto zobrazení umožňuje zavést pravoúhlý souřadnicový systém, kde se v té době nově vzniklé Československo nachází v prvním kvadrantu a obě souřadnicové osy mají kladná znaménka. Tento fakt velmi usnadňuje souřadnicové výpočty. Kladná část osy X je směřována k jihu, kladná část osy Y k západu.

#### **4.5 Výpočet polohových odchylek**

Souřadnice zhušřovacích bodů jsem převzal z databáze bodových polí a lomové body parcely č. 1117/2 jsem převzal z katastru nemovitostí, konkrétně z kopie grafické části geometrického plánu pro oddělení části pozemku.

Mezi převzatými a naměřenými souřadnicemi jsem vypočetl souřadnicové rozdíly  $\Delta X$  a  $\Delta Y$ . Souřadnicové rozdíly jsem použil pro výpočet polohové odchylky  $\Delta$ .

Polohová odchylka se vypočte takto

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

Polohové odchylky jsem vypočetl pro každé dílčí měření jednotlivými GNSS aparaturami. Pro konkrétní přístroj na každém bodě jsem ještě zpracoval průměrnou hodnotu polohové odchylky, kterou jsem vypočetl pomocí aritmetického průměru jednotlivých polohových odchylek. Celé zpracování dat a následné výpočty jsem prováděl v tabulkovém editoru MS Excel. Tabulky s vypočtenými polohovými odchylkami jsou přílohami této práce.

Tab. č.2.  $\Delta X$  [m],  $\Delta Y$  [m],  $\Delta$  [m]

| číslo bodu           | X [m]             | Y [m]            |                        |                       |                                |
|----------------------|-------------------|------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| <b>000920102730</b>  | <b>1099301,56</b> | <b>817114,17</b> |                        |                       |                                |
| epocha měření        | X [m]             | Y [m]            | rozdíl $\Delta X$ [m]  | rozdíl $\Delta Y$ [m] | polohová odchylna $\Delta$ [m] |
| Garmin Dakota 10     |                   |                  |                        |                       |                                |
| 24.10.2015           | <b>1099302,27</b> | <b>817112,86</b> | -0,71                  | 1,31                  | 1,49                           |
| 25.10.2015           | <b>1099302,09</b> | <b>817114,05</b> | -0,53                  | 0,12                  | 0,54                           |
| 26.10.2015           | <b>1099300,61</b> | <b>817111,39</b> | 0,95                   | 2,78                  | 2,94                           |
|                      |                   |                  | Ø polohová odchylna[m] |                       | <b>1,66</b>                    |
| Trimble R4 - 2       |                   |                  |                        |                       |                                |
| 24.10.2015           | <b>1099301,57</b> | <b>817114,20</b> | -0,01                  | -0,03                 | 0,03                           |
| 25.10.2015           | <b>1099301,54</b> | <b>817114,22</b> | 0,02                   | -0,05                 | 0,05                           |
| 26.10.2015           | <b>1099301,54</b> | <b>817114,19</b> | 0,02                   | -0,02                 | 0,03                           |
|                      |                   |                  | Ø polohová odchylna[m] |                       | <b>0,04</b>                    |
| MapFactor: Navigator |                   |                  |                        |                       |                                |
| 24.10.2015           | <b>1099292,44</b> | <b>817141,72</b> | 9,12                   | -27,55                | 29,02                          |
| 25.10.2015           | <b>1099304,86</b> | <b>817113,30</b> | -3,30                  | 0,88                  | 3,41                           |
| 26.10.2015           | <b>1099301,80</b> | <b>817112,98</b> | -0,24                  | 1,19                  | 1,21                           |
|                      |                   |                  | Ø polohová odchylna[m] |                       | <b>11,21</b>                   |

Zdroj: (vlastní zpracování, 2015)

#### 4.6 Tvorba grafické části v ArcMap

Pro část práce, která je věnována měření plochy, jsem vyhotovil v software ArcMap dva grafické výstupy. Jedná se o znázornění změřené polohy jednotlivých lomových bodů parcely a následné deformace tvaru zjištěné plochy.

V programu ArcMap jsem si připojil rastrovou katastrální mapu ze stránky [geoportal.cuzk.cz](http://geoportal.cuzk.cz) ze záložky Síťové služby WMS server – Katastrální mapy. Následně jsem v MS Excel upravil souřadnice lomových bodů pro vložení do atributové tabulky. Jednotlivé listy sešitu se souřadnicemi jsem rozdělil podle typu navigace, se kterou jsem měřil a dále jsem rozlišil i etapy měření. Před souřadnicemi bylo potřeba vložit znaménko mínus pro zařazení do správného souřadnicového kvadrantu. Takto vytvořený soubor xls jsem poté vkládal postupně do prostředí ArcMap. Data jsem nahrával pomocí hlavní nabídky File – záložkou Add, funkcí Add XY Data. Tato funkce požadovala vybrat jednotlivé listy sešitu MS Excel, kde jsem rozlišoval typ navigace a etapu měření. Následovalo přesné vybrání sloupců v listu se souřadnicemi tak, aby odpovídaly příslušným souřadnicím v ArcMap. Poté již stačilo vše potvrdit tlačítkem OK. Takto nahané souřadnice bodů jsem v polygonovém shapefilu pospojoval dle jednotlivých typů navigací a vytvořil

dva výkresy s 1. a 2. etapou měření. Poté jsem v atributové tabulce pomocí funkce Calculate Geometry vypočetl jednotlivé výměry ploch.

Další analýzu provedl v MS Excel a zároveň jsem zjištěná data zpracoval do tabulek a grafu.

## 5. Výsledky a diskuze

Tuto kapitolu jsem rozdělil na dvě části. V první části se věnuji měření v bodovém poli a zhodnocuji polohové odchylky na jednotlivých bodech. V druhé části se věnuji změřené výměře a tvarové deformaci parcely č. 1117/2 v k.ú. Kokořov.

### 5.1 Bodové pole

Použité ZhB jsou zvýrazněny na obrázku. Tabulková část výsledků je uvedena v přílohách.

Obr. č. 8. Použité zhušťovací body

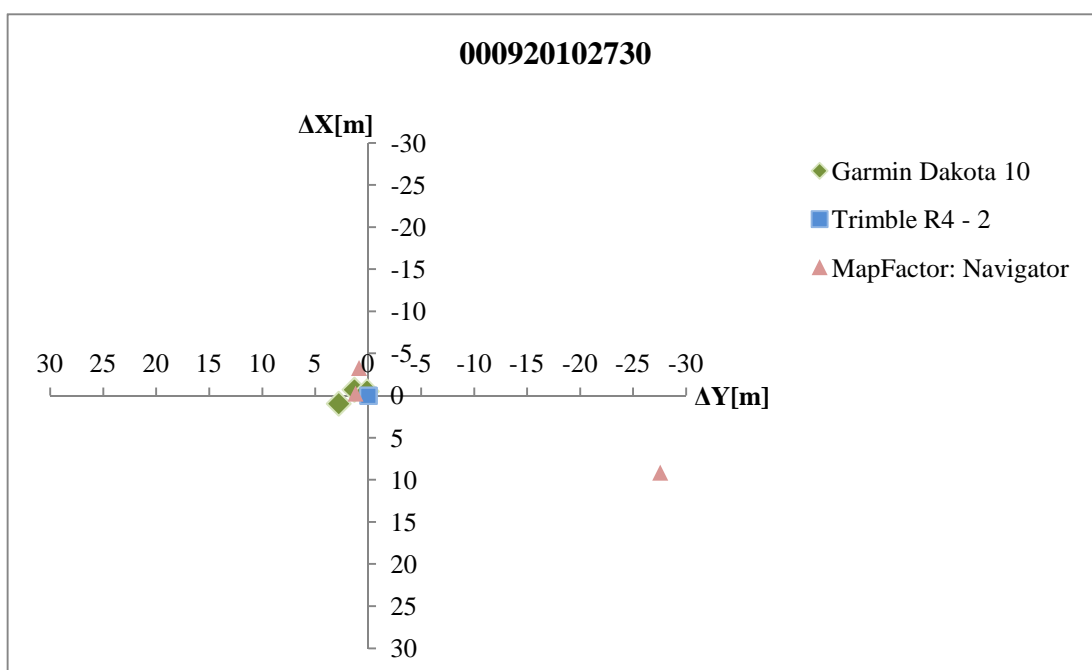


Zdroj : (vlastní zpracování, 2015)

### 5.1.1 Bod č. 000920102730

Na zhušťovacím bodě č. 000920102730 jsem vždy zahajoval jednotlivé epochy měření. Dne 24. 10. 2014 jsem zde naměřil pomocí aplikace MapFactor : Navigator největší polohovou odchylku 29,02 m. Takto velká nepřesnost u měření bodového pole se již za celé měření neopakovala. Průměrná polohová odchylka byla díky tomuto nepřesnému měření 11,21 m. Největší přesnosti zde podle očekávání dosáhla geodetická aparatura Trimble s průměrnou polohovou odchylkou 0,04 m. Garmin Dakota zde měl průměrnou polohovou odchylku 1,66 m.

Graf č. 1. ZhB č. 000920102730



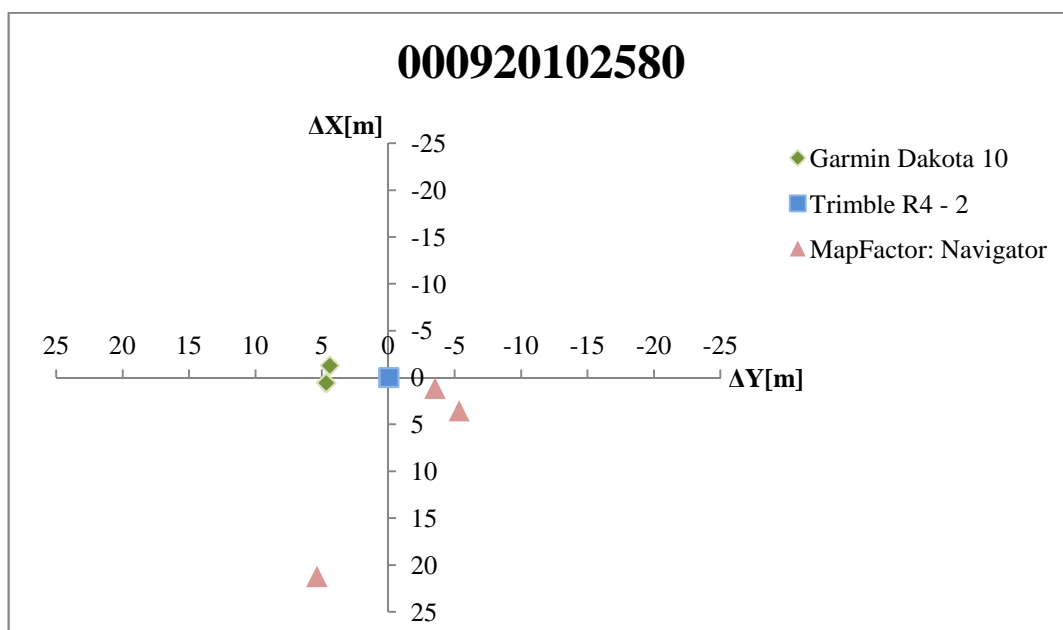
Zdroj: (vlastní zpracování, 2015)



### 5.1.2 Bod č. 000920102580

Na zhušťovacím bodě č. 000920102580 bylo nejpřesnější měření dosaženo aparaturou Trimble a to s průměrnou polohovou odchylkou 0,04 m. Turistická navigace Garmin zde dosáhla průměrné polohové odchylky 4,68 m. Největší rozptyl při měření opět dosáhla aplikace MapFactor : Navigator, která zde měla průměrnou polohovou odchylku 10,66 m. Nejhorší přesnosti dosáhla aplikace při měření 24. 10. 2014 a to s polohovou odchylkou 21,90 m.

Graf č. 2. ZhB č. 000920102580

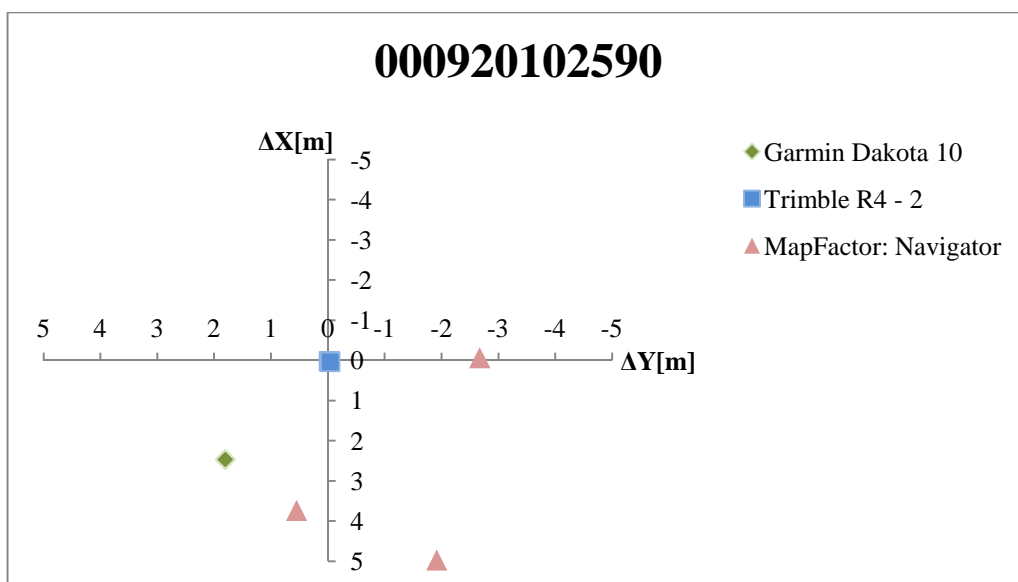


Zdroj: (vlastní zpracování, 2015)

### 5.1.3 Bod č. 000920102590

Na tomto ZhB č. 000920102590 již bylo i s aplikací ve smartphonu dosaženo zdaleka lepších výsledků než u předešlých bodů. Přisuzoval bych to lepší konstelaci družic, než při předchozích měřeních. Průměrná polohová odchylka navigace zde byla 3,93 m. Ovšem chtěl bych upozornit na celkovou rozptýlenost tohoto měření, kdy se polohová odchylka pohybovala od 2,67 m až po 5,33m. Opět nejlepší přesnosti zde dosáhla aparatura Trimble a to s průměrnou polohovou odchylkou 0,04m. Turistická navigace Garmin na tomto bodě naměřila všechny tři dny stejné výsledky. Průměrná polohová odchylka zde byla 3,06m.

Graf č. 3. ZhB č. 000920102590

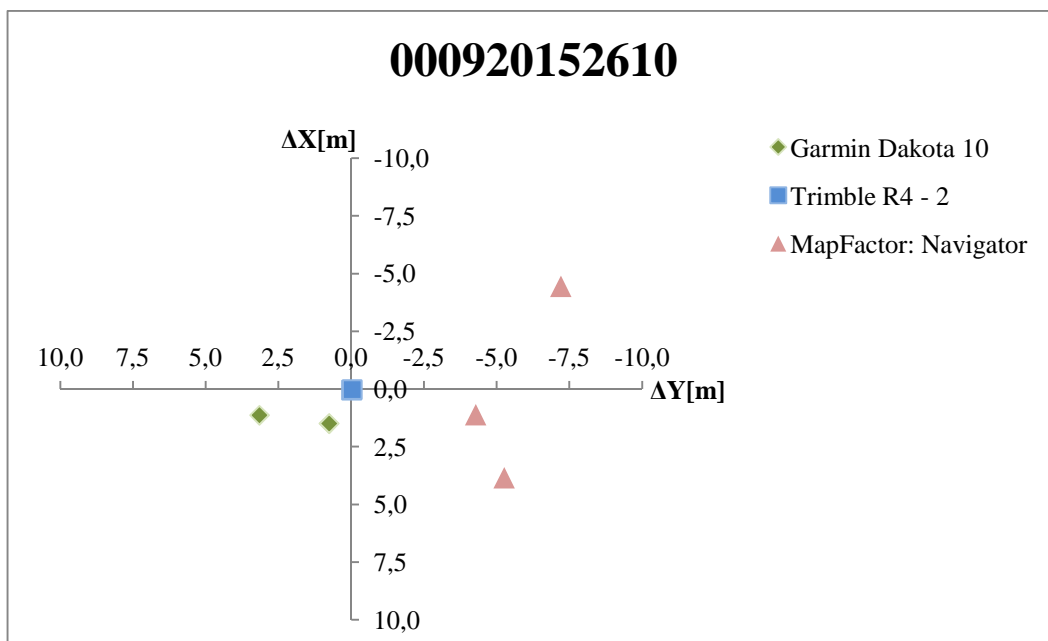


Zdroj: (vlastní zpracování, 2015)

#### 5.1.4 Bod č. 000920152610

Na ZhB č. 00092015610 bylo aparaturou Trimble dosaženo opět nejpreciznějšího měření. Průměrná polohová odchylka zde byla 0,05m. Souřadnice získaná z měření turistickou navigací Garmin se opět vyznačují do značné míry vyrovnaností. Měření z prvních dvou dnů dosahuje stejné polohové odchylky 1,68 m. Průměrná polohová odchylka je zde 2,24 m. U mobilní aplikace jsou dosaženy opět nejhorší výsledky a to v průměrné polohové odchylce 6,47 m.

Graf č. 4. ZhB č. 000920102610

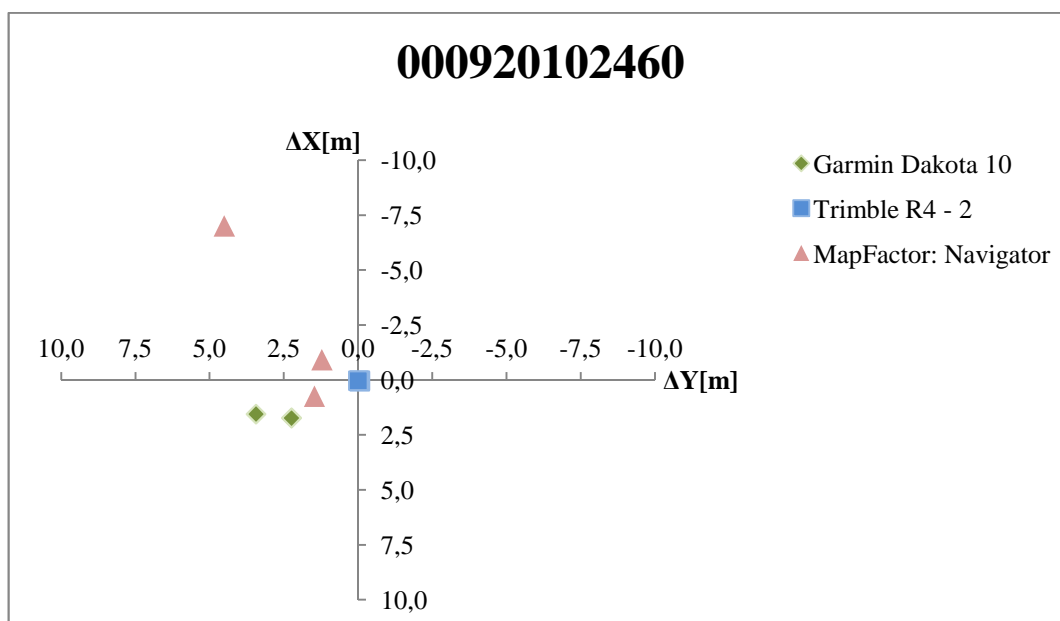


Zdroj: (vlastní zpracování, 2015)

### 5.1.5 Bod č. 000920102460

Na tomto ZhB č. 000920102460 bylo z celého měření dosaženo nejpřesnějších výsledků, když maximální průměrné polohové odchylky dosáhla mobilní aplikace MapFactor : Navigator a to 3,84 m. Turistická navigace Garmin měla průměrnou polohovou odchylku 3,15 m. Aparatura Trimble dosáhla průměrné polohové odchylky 0,05m. Nejlepší výsledky byly pravděpodobně dosaženy díky ideální poloze bodu bez stínění okolní vegetací.

Graf č. 5. č. ZhB 000920102460

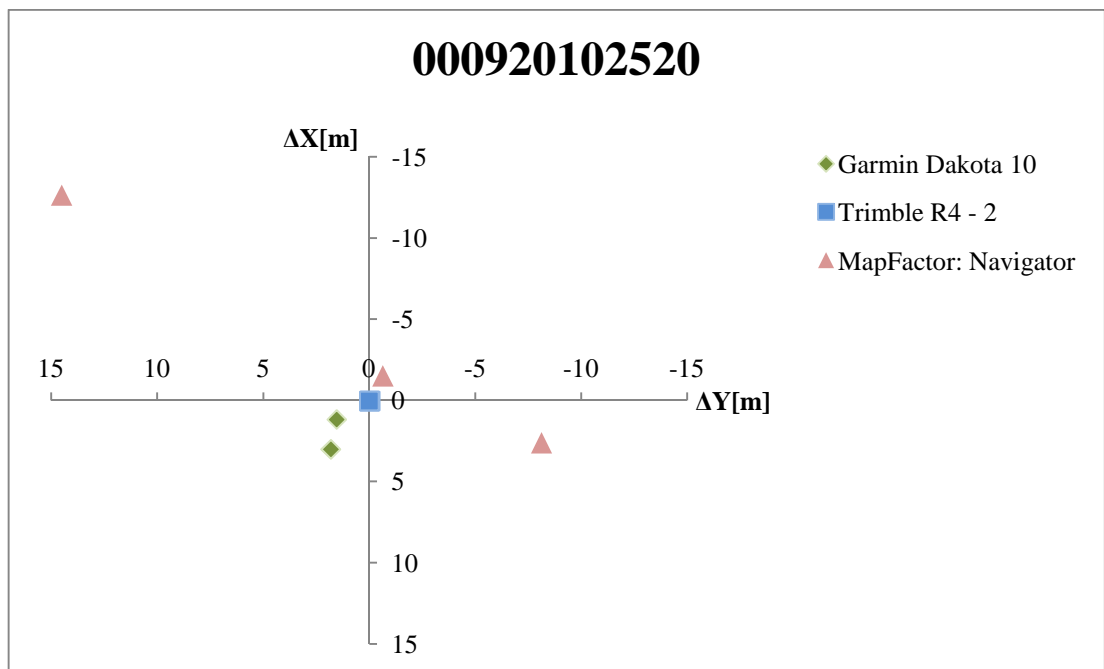


Zdroj: (vlastní zpracování, 2015)

### 5.1.6 Bod č. 000920102520

Na ZhB č. 000920102520 bylo opět dosaženo největší přesnosti u aparatury Trimble a to 0,05 m. Navigace Garmin zde dosáhla polohové odchylky 2,98m. U aplikace v mobilním telefonu je zde vidět velký rozptyl měření, kdy všechna tři měření se nachází v jiném kvadrantu. Průměrná polohová odchylka aplikace zde je 9,81 m.

Graf č. 6. ZhB č. 000920102460

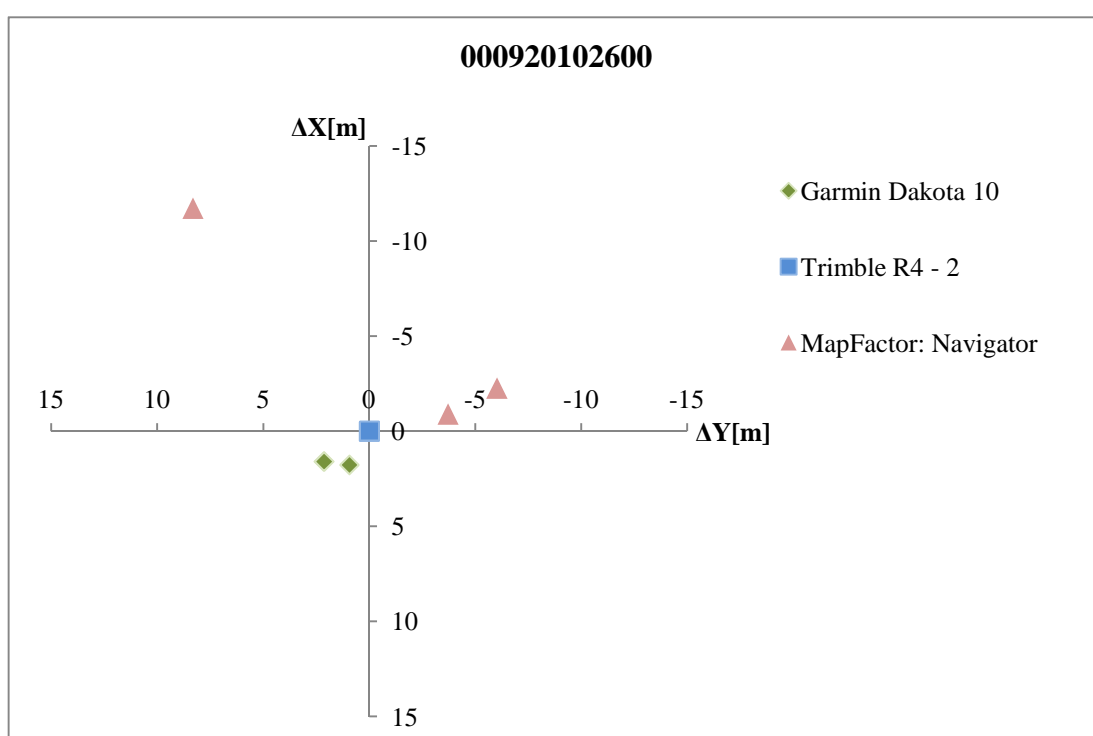


Zdroj: (vlastní zpracování, 2015)

### 5.1.7 Bod č. 000920102600

Na ZhB č. 000920102600 bylo dosaženo nejkvalitnějšího výsledku aparaturou Trimble R4-2, za celé měření průměrná polohová odchylka zde dosáhla hodnoty 0,01m. Turistická navigace Garmin Dakota 10 dosáhla vyrovnaných výsledků s průměrnou polohovou odchylkou 2,43 m. S mobilní aplikací MapFactor : Navigator byly naměřeny nejhorších výsledky. Měření zde dne 24. 10. 2014 bylo opět výrazně horší než ostatní měření. Toto měření dosáhlo polohové odchylky 14,38m, průměrná polohová odchylka aplikace zde potom byla 8,22 m.

Graf č. 7. ZhB č. 000920102600



Zdroj: (vlastní zpracování, 2015)

## 5.2 Parcela č. 1117/2 v k.ú. Kokořov

Pro tuto část práce byly vyhotoveny dvě přehledové mapy a dále byly zpracovány tabulky s polohovými odchylkami. Tabulky i mapy jsou součástí příloh k této práci.

Tab. č. 3. Porovnání výměr

| Výměra KN [m <sup>2</sup> ] | <b>1491</b>               |                                    |                           |                                    |
|-----------------------------|---------------------------|------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|
|                             | 1.etapa [m <sup>2</sup> ] | rozdíl oproti KN [m <sup>2</sup> ] | 2.etapa [m <sup>2</sup> ] | rozdíl oproti KN [m <sup>2</sup> ] |
| Garmin Dakota 10            | 1337                      | -154                               | 1300                      | -191                               |
| MapFactor : Navigator       | 1453                      | -38                                | 1850                      | 359                                |
| Trimble R4 - 2              | 1492                      | 1                                  | 1490                      | -1                                 |

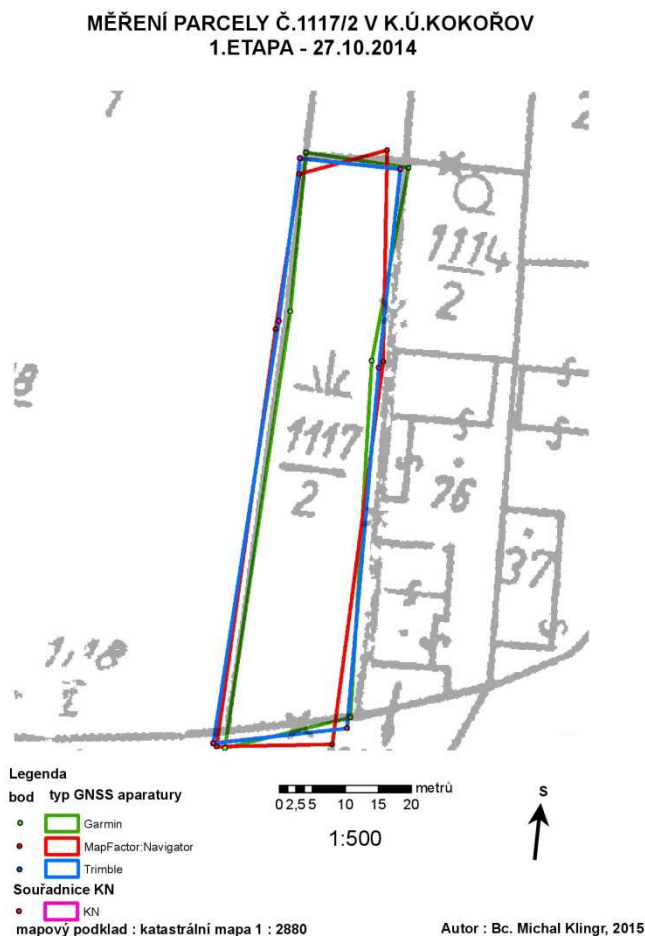
Zdroj: (vlastní zpracování, 2015)

### 5.2.1 1. etapa

Parcela č. 1117 / 2 má v katastru nemovitostí uváděnou výměru 1491 m<sup>2</sup>. Nejpresněji byla v první etapě zjištěna výměra ze zaměřených souřadnic aparaturou Trimble a to 1492 m<sup>2</sup>. Největší rozdíl oproti evidenci KN zde měla turistická navigace Garmin Dakota 10 a to o 154 m<sup>2</sup> méně než je skutečný stav. Pomocí souřadnic z aplikace MapFactor : Navigator byla vypočtena výměra o velikosti 1453 m<sup>2</sup> což je o 38 m<sup>2</sup> méně než KN.

V grafickém znázornění parcely je vidět, že hranice zjištěné pomocí aparatury Trimble takřka 100 % překrývají kresbu ze souřadnic vedených v KN. Kresba ze souřadnic turistické navigace de facto odpovídá tvaru v KN, ale výměru převyšuje skoro o 10 %. Největší tvarová deformace se jeví u plochy určené ze souřadnic aplikace MapFactor : Navigator, kde je nejvíce deformována pravá strana parcely.

Obr. č. 9. 1.etapa



Zdroj : (vlastní zpracování, 2015)

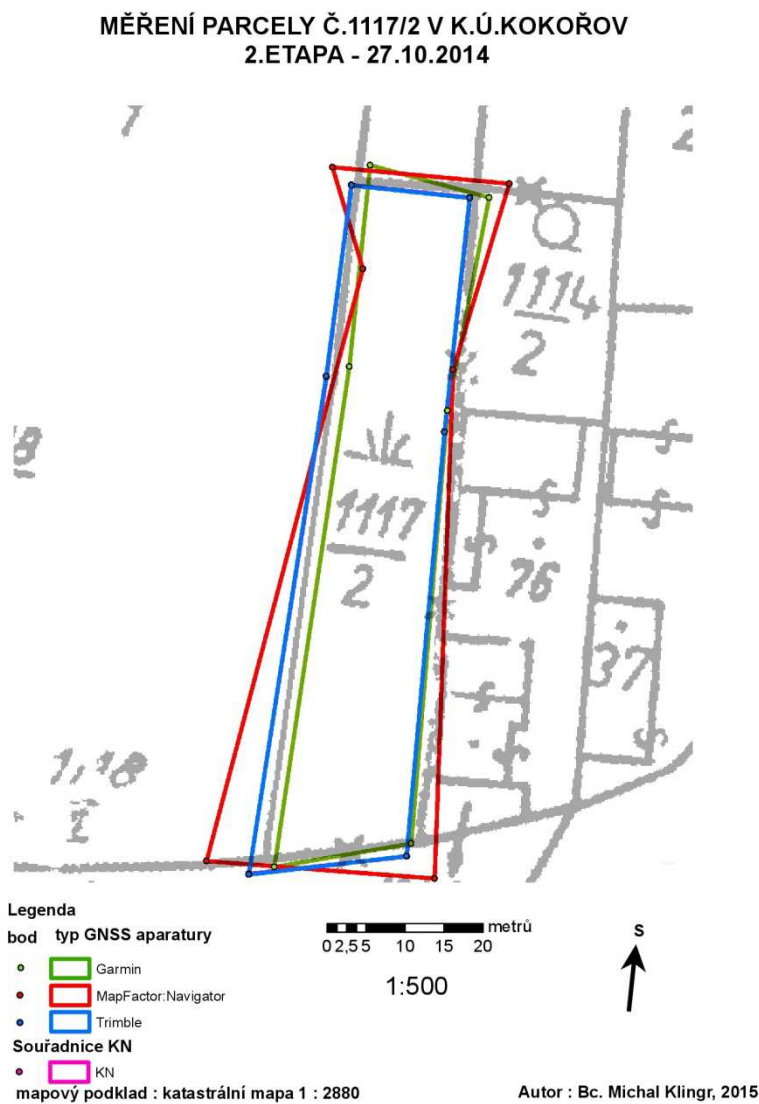
### 5.2.2 2.etapa

V 2. etapě došlo k výrazné změně tvaru parcely. Tato etapa byla měřena více než hodinu po 1. etapě. Je zde vidět velká změna i ve vypočítaných výměrách. Výměra ze souřadnic změřených aparaturou Trimble byla takřka stejná, oproti první etapě se zmenšila o 2 metry na 1490 m<sup>2</sup>. Výměra ze souřadnic měřených turistickou navigací Garmin Dakota 10 byla opět výrazně menší než je uváděná výměra v KN tedy 1300 m<sup>2</sup>. Výměra ze souřadnic aplikace MapFactor : Navigator měla hodnotu 1850 m<sup>2</sup>, což velmi přesahuje výměru uváděnou v KN, a to o 359 m<sup>2</sup>. V grafickém znázornění 2. etapy je vidět markantní deformace výměry ze souřadnic aplikace MapFactor : Navigator. U výměry ze souřadnic přístroje Garmin Dakota 10 je vidět zúžení na levé straně parcely, tím došlo ke zmenšení celé výměry o 191 m<sup>2</sup>. Geodetická aparatura Trimble R4-2 opět dosahuje nejpřesnějších výsledků



a překrývá kresbu ze souřadnic KN. Mapový podklad na výkresech je přebrán z WMS serveru – katastrální mapy.

Obr. č. 10. 2. etapa

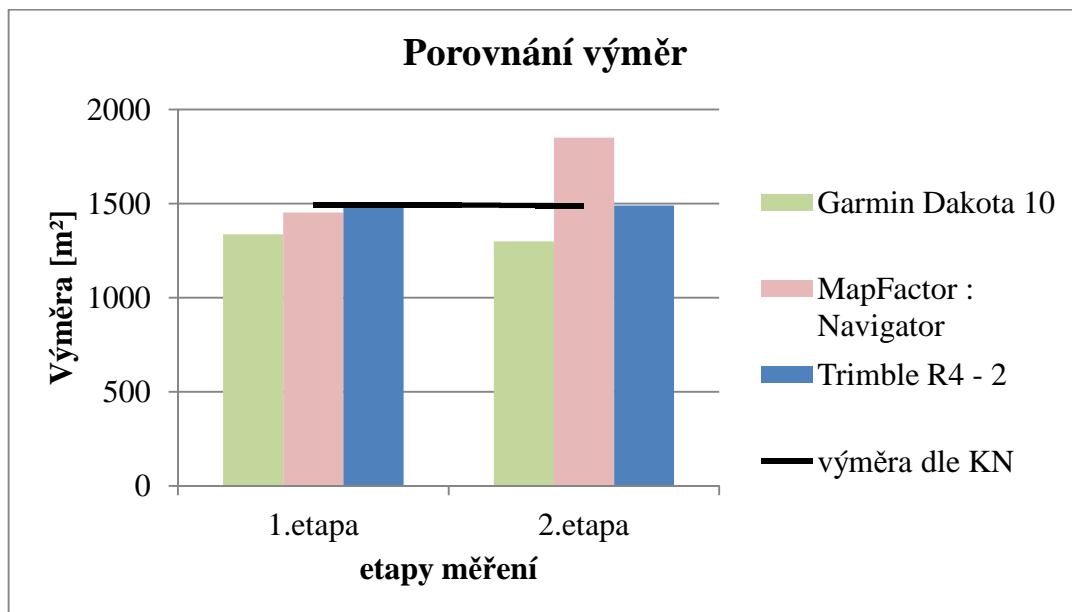


Zdroj : (vlastní zpracování, 2015)

Mapy z obou etap jsou v plném rozlišení jako přílohy k této práci.

## Porovnání obou etap

Graf č.8. Porovnání výměr



Zdroj: (vlastní zpracování, 2015)

V grafu č. 8 je vidět nevyrovnanost mobilní aplikace MapFactor : Navigator, kdy je v 1. etapě vypočtena menší výměra než jaká je uváděna v KN. Naproti v 2. etapě vypočtená výměra velmi převyšuje výměru vedenou v KN. Je zde také vidět přesnost a vyrovnanost výsledků od geodetické aparatury Trimble, kdy jsou rozdíly oproti KN jen 1 metr, což lze považovat za chybu ze zaokrouhlení. Výměry vypočtené ze souřadnic turistické navigace Garmin Dakota 10 jsou v obou případech menší než výměra KN.

### Celkové zhodnocení

V praktické části práce jsem porovnal tři různé GNSS aparatury, které by bylo možné využívat při zaznamenávání změn ve využití krajiny. Nejlepších výsledků dosáhla geodetická GNSS aparatura Trimble R2-4 s kontrolorem Trimble Ranger. Aparatura je pro tato měření zcela vyhovující, protože je přesně pro tyto účely vyrobena a je uzpůsobena pro práci v katastru nemovitostí. Nevýhodou této aparatury je zajisté vysoká pořizovací cena, která se pohybuje kolem 250 000 Kč. Další určitá nepraktičnost je velikost celé aparatury. Pro měřické práce v komplexní pozemkové úpravě je zcela odpovídající.

Turistická navigace Garmin Dakota 10 je vhodná pro málo přesné práce. Navigace může být vyhovující při terénním průzkumu území při komplexní pozemkové úpravě například pro zaznamenávání míst, kudy projektant procházel či zaznamenávání význačných prvků v krajině do digitální mapy. Pořizovací cena turistické navigace se pohybuje v rozmezí od 3000 Kč do 5000 Kč. Za kladnou stránku navigace lze považovat vysokou odolnost a skladnost přístroje. Přesnější měřické práce (zaměření skutečného stavu či vytyčování parcel) s tímto přístrojem nemohou být prováděny.

Aplikace MapFactor : Navigator je vhodná do všech mobilních telefonů s operačním programem Android a čipem GPS. V této práci byla testována ve smartphonu Samsung GT – S 5300. Tento mobilní telefon byl vyroben v roce 2012 a již ve své době patřil k nejnižší výkonnostní třídě. Tedy i GPS čip nedosahoval jistě nevyšších kvalit. V této práci se při měření s tímto přístrojem vyskytovaly neočekávané velké polohové rozdíly, tudíž hrozí nebezpečí špatně zaznamenané pozice, což se ovšem nemusí zjistit ihned v terénu. V dnešní době již tento smartphone není na trhu, v době uvedení na trh (červen 2012) byl k dostání za 2200 Kč. V současné době (duben 2015) se na trhu již nacházejí přístroje s daleko kvalitnějšími GPS čipy, než měl smartphone v této práci. Ovšem pořád musíme mít na paměti, že přístroje nejsou primárně určeny k navigaci. Proto použití těchto přístrojů spolu s aplikací je vhodné pouze pro orientační určení polohy.

V návaznosti na svou bakalářskou práci s názvem Analýza vývoje cestní sítě pro potřeby pozemkových úprav v katastrálním území Kokořov pomocí fotogrammetrických snímků bych jako nejvhodnější přístroj pro zjištění původních tras polních cest a pro realizaci terénního průzkumu doporučil navigaci Garmin Dakota 10, která vykazuje kvalitativně dostatečné výsledky pro provedení prvotních terénních průzkumů v rámci komplexní pozemkové úpravy.

## 6. Závěr

Ve své diplomové práci jsem se věnoval ověření přesnosti vybraných GNSS aparatur. V teoretické části jsem se zaměřil na popis a vývoj jednotlivých globálních navigačních systémů. Dále jsem se věnoval jejich rozšiřujícím systémům a regionálním navigačním systémům. Další kapitolou v teoretické části práce je Bodové pole České republiky. Část tohoto pole, které se nachází ve vybraném katastrálním území Kokořov, jsem využil pro praktickou část práce.

V praktické části práce jsem prováděl měření v polohovém bodovém poli a jednoznačně souřadnicově určené a v terénu stabilizované parcele v k.ú. Kokořov. Vybranými GNSS aparaturami byly Trimble R4-2 s kontrolorem Trimble Ranger, dále turistická navigace Garmin Dakota 10 a mobilní aplikace MapFactor : Navigator ve smartphonu Samsung GT – S 5300. Těmito aparaturami jsem získal data, která jsem následně analyzoval a určil jejich přesnosti. Z dosažených výsledků lze vyzorovat, že nejpřesnější data lze získat z geodetické aparatury Trimble, která je přímo pro tyto práce také určená. Turistická navigace Garmin Dakota 10 dosahuje uspokojivé kvality naměřených dat, ovšem nelze je využívat pro podrobné zaměřování v terénu nebo pro práci v katastru nemovitostí. Data naměřená pomocí Aplikace MapFactor:Navigator ve smartphonu Samsung měla velký rozptyl. Proto polohu určenou touto aplikací lze brát pouze jen jako informativní.

## 7. Přehled literatury a zdrojů

### 7.1 Knihy

1. BARTOLOMÉ, Javier Pérez, Xavier MAUFROID, Ignacio Fernández HERNÁNDEZ, José A. Lopéz SALCEDO a Gonzalo Seco GRANADOS. Overview of Galileo System. In: NURMI, Jari, Elena Simona LOHAN, Stephan SAND a Heikki HURSKAINEN. *Galileo positioning technology*. Dordrecht (Nizozemsko): Springer, 2015, s. 9-34. ISBN 978-94-007-1829-6
2. DEMPSTER, Andrew G a Steve HEWITSON. The “System of Systems” Receiver: an Australian Opportunity?. *International Global Navigation Satellite Systems Society: IGNSS Symposium 2007*. 2007. Dostupné z: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.68.9839>
3. DOUŠEK, František a Miroslav MATĚJÍK. *Geodézie*. II.přeraco. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2005, 310 s. ISBN 80-7157-913-0.
4. GIBBONS, Glen. Russia Building Out GLONASS Monitoring Network, Augmentation System. In: *Inside GNSS* [online]. 2011 [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: <http://www.insidegnss.com/node/1631>
5. GREWAL, Mohinder S, Lawrence R WEILL a Angus P ANDREWS. *Global positioning systems, inertial navigation, and integration*. druhé vydání. New York: John Wiley, 2007, 392 s. ISBN 13-978-0-476-04190-1.
6. GROVES, Paul D. *Principles of GNSS, Inertial, and Multisensor Integrated Navigation Systems*. 2nd Ed. Boston: Artech House, 2013. GNSS technology and applications. ISBN 978-1608070053.
7. HÁNEK, Pavel a Petr KOZA. *Geodezie pro SPŠ stavební*. 2., upr. vyd., v Sobotáles 1. Praha: Sobotáles, 1998, 272 s. ISBN 80-859-2047-6.
8. HÁNEK, Pavel, Pavel HÁNEK a Magdalena MARŠÍKOVÁ. *Geodézie pro obor Pozemkové úpravy a převody nemovitostí*. 2. vyd. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2008, 88 s. ISBN 978-80-7394-086-7.
9. HOFMANN-WELLENHOF, Bernhard, Herbert LICHTENEGGER a Elmar WASLE. *GNSS--global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more*. Wien: Springer, 2008, 516 s. ISBN 978-3-211-73012-6.

10. HRDINA, Zdeněk, Petr PÁNEK a František VEJRAŽKA. *Rádiové určování polohy: Družicový systém GPS*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995, 267 s. ISBN 80-010-1386-3.
11. JANUSZEWSKI, Jacek. Choice of the Final Number of Satellite Navigation and Based Augmentation Systems in the Immediate and Not Too Distant Future. In: MIKULSKI, Jerzy. *Telematics-Support for Transport*. Heidelberg: Springer, 2014, 146-155 s. ISBN 978-3-662-45316-2.
12. JANUSZEWSKI, Jacek. New satellite navigation systems and modernization of current systems, why and for whom?. *Scientific Journals*. Štětín: Maritime University of Szczecin, 2012, roč. 32, č. 104, s. 58-64.
13. JIN, Shuanggen, Estel CARDELLACH a Feigin XIE. *GNSS remote sensing: theory, methods and applications*. Dordrecht (Nizozemsko): Springer, 2014, 276 s. ISBN 978-940-0774-810.
14. KAJII, Makato. Complement and Augmentation of GPS from a Quasi - Zenith Orbith. In: ed. RYCROFT, Michael J. *Satellite navigation systems: policy, commercial, and technical interaction : proceedings of an international symposium, 26-28 May 2003, Strasbourg, France*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003, s. 37-45. ISBN 1402016786.
15. KAUL, Ranjana a Ram JAKHU. Regulation of Space Activities in India. In: ed. JAKHU, Ram. *National regulation of space activities*. 1st ed. New York: Springer, 2010, s. 153-198. ISBN 9789048190072.
16. LANGLEY, Richard B. Innovation: GLONASS. In: *GPS World: The Business & Technology of GNSS* [online]. 2009 [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: <http://gpsworld.com/innovation-ghlonass-11405/>
17. MARŠÍK, Zbyněk. *Základy geodezie a kartografie: (pro zemědělské inženýry)*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1997, 73 s. ISBN 80-704-0250-4.
18. MARŠÍKOVÁ, Magdalena a Zbyněk MARŠÍK. *Dějiny zeměměřictví a pozemkových úprav v Čechách a na Moravě v kontextu světového vývoje*. 1. vyd. Praha: Libri, 2007, 182 s. ISBN 978-80-7277-318-3.
19. MERVART, Leoš. *Globální polohový systém*. 1.vyd. Praha: ČVUT, 1994, 110 s. ISBN 80-01-01221-2.
20. NURMI, Jari, LOHAN, Elena Simona, SAND, Stephan, HURSKAINEN, Heikki. Introduction. In: NURMI, Jari, Elena Simona LOHAN, Stephan

- SAND a Heikki HURSKAINEN. *Galileo positioning technology*. Dordrecht (Nizozemsko): Springer, 2015, s. 323-358. ISBN 978-94-007-1829-6.
21. PETROVSKI, Ivan G. *GPS, GLONASS, Galileo and BeiDou for mobile devices: From Instant to Precise Positioning*. Cambridge: Cambridge University press, 2014, 312 s. ISBN 978-110-7035-843.
  22. RAO, Gottapu Sasi Bhushana. *Global Navigation Satellite Systems*. Nové Dillí ( Indie ) : Tata McGraw-Hill Education, 2010, 478 s. ISBN 978-0-07-070029-1.
  23. RAPANT, Petr. *Družicové polohové systémy*. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2002, 197 s. ISBN 80-248-0124-8.
  24. RATIBORSKÝ, Jan. *Geodézie (měření)*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1996, 209 s. ISBN 80-010-1418-5.
  25. RATIBORSKÝ, Jan. *Geodézie I (Polohopis)*. 1.vyd. Praha: ČVUT, 1995, 136 s. ISBN 80-010-1269-7.
  26. RATIBORSKÝ, Jan. *Geodézie 10*. Vyd. 1. Praha: ČVUT, Stavební fakulta, 2000, 234 s. ISBN 80-010-2198-X.
  27. RATIBORSKÝ, Jan. *Geodézie 20*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005, 133 s. ISBN 80-01-02635-3.
  28. RIP, Michael Russell a James M HASIK. *The precision revolution: GPS and the future of aerial warfare*. Annapolis, Md.: Naval Institute Press, 2002, 552 s. ISBN 15-575-0973-5.
  29. SCHEJBAL, Ctirad, Vladimír HOMOLA a František STANĚK. *Geoinformatika*. Košice: Pont, 2004, 229 s. ISBN 80-967-6118-8.
  30. STEINER, Ivo a Jiří ČERNÝ. *GPS od a do z*. 4., aktual. vyd. Praha: eNav, 2006, 264 s. ISBN 80-239-7516-1.
  31. ŠEBESTA, Jiří. *Globální navigační systémy*. Brno: VUT Brno, 2012, 130 s. ISBN 978-80-214-4500-0.
  32. ŠVEC, Mojmír a Pavel HÁNEK. *Stavební geodézie 10*. Vyd. 3. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2006, 175 s. ISBN 80-010-3403-8.
  33. TURNER, David. Compatibility and Interoperability of GPS and Galileo: A Continuum of Time, Geodesy, and Signal Structure Options for Civil GNSS Services. In: ed. RYCROFT, Michael J. *Satellite navigation systems: policy, commercial, and technical interaction : proceedings of an international*

*symposium, 26-28 May 2003, Strasbourg, France.* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003, s. 85-102. ISBN 1402016786.

34. *Understanding GPS: principles and applications.* 2nd ed. Editor Elliott D Kaplan, Christopher J Hegarty. Boston: Artech House, 2006, 703 s. ISBN 15-805-3894-0.
35. VENTURA - TRAVESET, Javier, Carlos LOPEZ DE ECHAZARRETA, Juan Pedro LAM a Didier FLAMANT. An Introduction to EGNOS: The European Geostationary Navigation Overlay System. In: NURMI, Jari, Elena Simona LOHAN, Stephan SAND a Heikki HURSKAINEN. *Galileo positioning technology.* Dordrecht (Nizozemsko): Springer, 2015, s. 323-358. ISBN 978-94-007-1829-6

## 7.2 Internetové zdroje

36. Agentura GSA - European GNSS Agency. *Český kosmický portál: Informační stránky Koordinační rady ministra dopravy pro kosmické aktivity* [online]. 2014 [cit. 2015-04-07]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/2-sekce/agentura-gsa/>
37. Americký družicový navigační systém NAVSTAR GPS. *Český kosmický portál: Informační stránky Koordinační rady ministra dopravy pro kosmické aktivity* [online]. 2014 [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/gnss-mimo-evropu/americky-navstar-gps/>
38. Control Segment. *GPS.gov: Official U.S. Government information about the Global Positioning System (GPS) and related topics* [online]. 2013 [cit. 2015-03-09]. Dostupné z: <http://www.gps.gov/systems/gps/control/>
39. Čínský navigační systém Beidou/Compass. *Český kosmický portál: Informační stránky Koordinační rady ministra dopravy pro kosmické aktivity* [online]. 2014 [cit. 2015-02-09]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/gnss-mimo-evropu/cinsky-beidou---compass/>
40. EGNOS - Evropská „podpurná“ geostacionární navigační služba. *Český kosmický portál: Informační stránky Koordinační rady ministra dopravy pro kosmické aktivity* [online]. 2014 [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/egnos/>



41. Egnos „open service“ available: A new era of European navigation begins today. *European Space Agency: Space for Europe* [online]. 2009 [cit. 2015-03-21]. Dostupné z: [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Navigation/EGNOS\\_Open\\_Service\\_available\\_a\\_new\\_era\\_for\\_European\\_navigation\\_begins\\_today](http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/EGNOS_Open_Service_available_a_new_era_for_European_navigation_begins_today)
42. EoPortal Directory. *Earth Observation Portal* [online]. 2000-2015 [cit. 2015-02-07]. Dostupné z: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/i/irnss>
43. GALILEO - Evropský globální navigační družicový systém. *Český kosmický portál* [online]. 2014 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/galileo/>
44. GALILEO - Evropský globální navigační družicový systém. *Český kosmický portál: Informační stránky Koordinační rady ministra dopravy pro kosmické aktivity* [online]. 2014 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/galileo/>
45. Galileo on the Ground. *European Space Agency: Space for Europe* [online]. 2014 [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Navigation/The\\_future\\_-\\_Galileo/Galileo\\_on\\_the\\_ground](http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/The_future_-_Galileo/Galileo_on_the_ground)
46. GALILEO signály a přijímače. *Český kosmický portál: Informační stránky Koordinační rady ministra dopravy pro kosmické aktivity* [online]. 2014 [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/gnss-systemy/galileo/komponenty-systemu-galileo/galileo-signaly-a-prijimace/>
47. GLONASS history. *Federal Space Agency: Information-analytical centre* [online]. 2015 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <https://glonass-iac.ru/en/guide/>
48. GNSS - Global Navigation Satellite System. *Český kosmický portál: Informační stránky Koordinační rady ministra dopravy pro kosmické aktivity* [online]. 2014 [cit. 2015-01-30]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/>
49. Indický IRNSS. *Český kosmický portál: Informační stránky Koordinační rady ministra dopravy pro kosmické aktivity* [online]. 2014 [cit. 2015-02-07]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/gnss-mimo-evropu/indicky-irnss/>
50. IRNSS Programme. *Indian Space Research Organisation* [online]. 2014 [cit. 2015-02-07]. Dostupné z: <http://isro.gov.in/irnss-programme>

51. Japonský Quasi-Zenith. *Český kosmický portál: Informační stránky Koordinační rady ministra dopravy pro kosmické aktivity* [online]. 2014 [cit. 2015-02-06]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/gnss-mimo-evropu/japonsky-quasi-zenith/>
52. Komponenty systému Galileo. *Český kosmický portál: Informační stránky Koordinační rady ministra dopravy pro kosmické aktivity* [online]. 2014 [cit. 2015-03-16]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/galileo/komponenty-systemu-galileo/>
53. *Mapy* [online]. 2015 [cit.2015-04-19].Dostupné z : <http://mapy.cz/#x=13.521229&y=49.500183&z=12>
54. Satellite navigation. *Indian Space Research Organisation* [online]. 2014[cit.2015-02-07].Dostupné z: <http://isro.gov.in/spacecraft/satellite-navigation>
55. Selective Availability. *GPS.gov: Official U.S. Government information about the Global Positioning System (GPS) and related topics* [online]. 2013 [cit. 2015-03-07]. Dostupné z: <http://www.gps.gov/systems/gps/modernization/sa/>
56. System Introduction: Development Process. *BeiDou.gov Navigation Satellite System* [online]. 2012 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.beidou.gov.cn/2012/12/14/20121214e14a946961514cce98ab04d876258343.html>
57. System Introduction: Survey. *BeiDou.gov Navigation Satellite System* [online]. 2012 [cit.2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.beidou.gov.cn/2012/12/14/201212142e8f29c30e0d464c9b34d6828706f81a.html>
58. The Galileo System. *European GNSS Service Centre* [online]. 2014 [cit. 2015-03-16]. Dostupné z: <http://www.gsc-europa.eu/galileo-overview/the-galileo-system>
59. What is EGNOS?. *European Global Navigation Satellite Systems Agency* [online]. 2014[cit.2015-03-17].Dostupné z: <http://www.gsa.europa.eu/egnos/what-egnos>
60. What is Galileo?. *European Space Agency: Space for Europe* [online]. 2014 [cit.2015-03-10]. Dostupné z: [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Navigation/The\\_future\\_-\\_Galileo/First\\_results](http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/The_future_-_Galileo/First_results)

61. What is SBAS?. *EGNOS: It's there. Use it.* [online]. 2014 [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: <http://egnos-portal.gsa.europa.eu/discover-egnos/about-egnos/what-sbas>
62. What is the Quasi-Zenith Satellite System (QZSS)?. *Quasi- Zenith Satellite System (QZSS)Services* [online]. 2013 [cit. 2015-02-06]. Dostupné z: <http://www.qzs.jp/en/services/index.html>
63. Why Galileo?. *European Global Navigation Satellite Systems Agency* [online]. 2014 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://www.gsa.europa.eu/galileo/why-galileo>

### **7.3 Právní předpisy**

64. Vyhláška 31/1995 Sb., kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění vyhlášky č. 212/1995 Sb., vyhlášky č. 365/2001 Sb., vyhlášky č. 92/2005 Sb. a vyhlášky č. 311/2009 Sb

## 8. Seznamy

### 8.1 Seznam zkratk

|         |  |  |
|---------|--|--|
| AGS     | Astronomicko-geodetická síť                          |  |
| AODC    | Určování a kontrola oběžné dráhy                     | Attitude and Orbit<br>Determination and Control      |
| BP      | Bodové pole  |  |
| CDDS    | Distribuční služba komerčních dat                    | Commercial Data Distribution<br>System               |
| CS      | Komerční služba                                      | Commercial Service                                   |
| CWAAS   | Kanadský rozšiřující systém                          | Canadian Wide Area<br>Augmentation System            |
| ČR      | Česká republika                                      |  |
| ČSTS    | Česká státní trigonometrická síť                     |  |
| DGPS    | Diferenční globální poziční systém                   | Differential Global Positioning<br>System            |
| DNSS    | Obraný navigační satelitní systém                    | Defense Navigation Satellite<br>System               |
| DOD     | Ministerstvo obrany USA                              | Department of Defense                                |
| DOT     | Ministerstvo dopravy USA                             | Department of Transportation                         |
| EC      | Evropská komise                                      | European Comise                                      |
| EDAS    | Služba šířící EGNOS data                             | Egnos Data Acces Server                              |
| EGNOS   | Evropská podpůrná geostacionární<br>navigační služba | European Geostationary<br>Navigation Overlay Service |
| ESA     | Evropská vesmírná agentura                           | European Space Agency                                |
| EU      | Evropská unie  | European Union                                       |
| FAA     | Federální letecký úřad                               | Federal Aviation Administration                      |
| FOC     | Plná operační schopnost                              | Full Operating Capability                            |
| GAGAN   | Geo - rozšiřující navigace                           | Geo - Augmented Navigation                           |
| GCS     | Pozemní kontrolní segment                            | Ground Control Segment                               |
| GDOP    | Geometrické řešení přesnosti                         | Geometric Dilution of Precision                      |
| GEO     | Geostacionární oběžná dráha                          | Geostationary Earth Orbit                            |
| GLONASS | Ruský globální navigační                             | Global Navigation                                    |

|          |   |  |
|----------|---|--|
|          | satelitní systém                              | Satellite System of Russia                     |
| GMS      | Pozemní monitorovací segment                  | Ground Mission Segment                         |
| GNSS     | Globální navigační satelitní systém           | Global Navigation Satellite System             |
| GPS      | Globální poziční systém                       | Global Positioning System                      |
| GS       | Geodetická síť                                |  |
| HP       | Přesná poloha                                 | High Positioning                               |
| IGSO     | Šikmá geosynchronní oběžná dráha              | Inclined Geosynchronous Orbit                  |
| IIMARSAT | Mezinárodní námořní satelitní organizace      | International Maritime Satellite Organization  |
| IOC      | Počáteční operační schopnost                  | Initial Operating Capability                   |
| IRNSS    | Indický regionální navigační satelitní systém | Indian Regional Navigation Satellite System    |
| JAXA     | Japonská národní vesmírná agentura            | The Japan Aerospace Exploration Agency         |
| JZD      | Jednotné zemědělské družstvo                  |  |
| K.Ú.     | Katastrální území                             |  |
| KN       | Katastr Nemovitostí                           |  |
| MCS      | Hlavní řídicí stanice                         | Master Control Station                         |
| MEO      | Střední oběžná dráha                          | Medium Earth Orbit                             |
| MSAS     | Multifunkční satelitní rozšiřující systém     | Multi-functional Satellite Augmentation System |
| NASA     | Národní úřad pro letectví a kosmonautiku      | National Aeronautics and Space Administration  |
| NATO     | Severoatlantická aliance                      | North Atlantic Treaty Organization             |
| OCS      | Řídicí kontrolní segment                      | Operationa Control Segment                     |
| OS       | Základní služba                               | Open services                                  |
| OSD      | Úřad ministra obrany USA                      | Office of the secretary of Defense             |
| PPS      | Přesná poziční služba                         | Precise Positioning Service                    |
| PRS      | Veřejně regulovaná služba                     | Public Regulated Service                       |
| QZSS     | Quasi Zenith Satellite Systém                 | Japonský navigační systém                      |
| RTK      | Přenos v reálním čase                         | Real-time Kinetic                              |
| SA       | Selektivní dostupnost                         | Selective Availability                         |

|        |  |  |
|--------|--|--|
| SAR    | Vyhledávací a záchranná služba                     | Search And Rescue service                        |
| SBAS   | Rozšiřující základní satelitní systémy             | Satellite Based Augmentation Systems             |
| SDCM   | System monitorování a diferenciálních korekcí      | System of differential correction and monitoring |
| S-JTSK | System - Jednotné trigonometrické sítě katastrální |  |
| SNAS   | Satelitní rozšiřující navigační systém             | Satellite Navigation Augmentation System         |
| SOL    | Služba vyšší bezpečnosti                           | Safety of Life                                   |
| SP     | Standardní poloha                                  | Standard Positioning                             |
| SPS    | Standardní poziční služba                          | Standard Positioning Services                    |
| SR     | Slovenská republika                                |  |
| SSSR   | Svaz sovětských socialistických republik           |  |
| STF    | Pracovní skupina pro signál Galileo                | Signal Task Force                                |
| TB     | Trigonometrický bod                                |  |
| TT&C   | Telemetrie, sledování a velení                     | Telemetry, tracking and command                  |
| USA    | Spojené státy americké                             | United States America                            |
| UTC    | Koordinovaný celosvětový čas                       | Universal Time Coordinated                       |
| WAAS   | Rozšiřující systém v USA                           | Wide Area Augmentation System                    |
| WGS 84 | Světový geodetický systém 1984                     | World Geodetic System 1984                       |
| ZhB    | Zhušťovací bod                                     |  |

## 8.2 Seznam obrázků

|  |          |
|--|----------|
| Obr. č. 1. Prvky satelitního navigačního systému | 13. str. |
| Obr. č. 2. Trilaterace                           | 20. str. |
| Obr. č. 3. Pozemní segment                       | 21. str. |
| Obr. č. 4. Stabilizace zhušťovacího bodu         | 40. str. |
| Obr. č. 5. Hlavička protokolu                    | 43. str. |
| Obr. č. 6. Mapa obce a okolí                     | 44. str. |
| Obr. č. 7. Stav služby RTK a DGPS v Plzni        | 47. str. |
| Obr. č. 8. Použité zhušťovací body               | 55. str. |
| Obr. č. 9. 1. etapa                              | 64. str. |
| Obr. č. 10. 2. etapa                             | 65. str. |

### **8.3 Seznam grafů**

|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| Graf č. 1. ZhB č. 000920102730 | 56. str. |
| Graf č. 2. ZhB č. 000920102580 | 57. str. |
| Graf č. 3. ZhB č. 000920102590 | 58. str. |
| Graf č. 4. ZhB č. 000920152610 | 59. str. |
| Graf č. 5. ZhB č. 000920102460 | 60. str. |
| Graf č. 6. ZhB č. 000920102520 | 61. str. |
| Graf č. 7. ZhB č. 000920102600 | 62. str. |
| Graf č. 8. Porovnání výměr     | 66. str. |

### **8.4 Seznam tabulek**

|   |          |
|---|----------|
| Tab. č. 1. Převodní tabulka                             | 51. str. |
| Tab. č. 2. $\Delta X$ [m], $\Delta Y$ [m], $\Delta$ [m] | 53. str. |
| Tab.č. 3. Porovnání výměr                               | 63. str. |

### **8.5 Seznam fotografií**

|  |          |
|--|----------|
| Foto. č. 1. Měření pomocí aparatury Trimble            | 45. str. |
| Foto. č. 2. Měření pomocí Garmin Dakota 10             | 48. str. |
| Foto. č. 3. Měření pomocí aplikace MapFactor:Navigator | 49. str. |

## 9. Přílohy

### 9.1 Místopisy použitých zhušťovacích bodů

13. 4. 2015

Polohové bodové pole - geodetické údaje o bodech základního polohového pole

**GEODETICKÉ ÚDAJE**  
zhušťovacího bodu

Kraj: Plzeňský kraj  
Okres: Plzeň-jih  
Obec: Žinkovy

Líst č.: 1/1  
Stav k: 1997

Vytvořeno pro web 02.04.2015

|       |        |
|-------|--------|
| TL    | 2010   |
| ZM-60 | 22-13  |
| SMO-5 | 080478 |

|                                 |           |               |               |                 |                |
|---------------------------------|-----------|---------------|---------------|-----------------|----------------|
| Číslo a název bodu              |           | 246           | Buč           |                 | 246            |
| Bod                             | Druh      | Y             | X             | Nadmořská výška |                |
| 246                             | ZHB       | 819546.43     | 1096961.14    | Bpv             | vztahuje se na |
|                                 |           |               |               | 599.89          | hranol         |
| ETRS-89                         |           | B             | L             | Helips          |                |
| 246                             |           | 49 30 32.2155 | 13 28 22.9953 | 646.83          | STATIC         |
| Orientace na body (v grádech) : |           |               |               |                 |                |
| Bod číslo :                     | Jižník    | Délka strany  | Bod číslo :   | Jižník          | Délka strany   |
| 21                              | 341.84975 | 1551.681      |               |                 |                |
| 29                              | 320.26510 | 7979.466      |               |                 |                |

Místopisný popis : Bod je na vrcholu stoupání (sedlo) polní cesty Žitín – Buč, 1,2 km jižně od kaple ve Svárkově.

Bod určen : 246 – GPS.

|                              |                       |                  |      |      |      |
|------------------------------|-----------------------|------------------|------|------|------|
| Bod                          | 246                   |                  |      |      |      |
| Břev. výška                  | 0.00                  | žula<br>16x16x64 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|                              | .85                   | žula<br>20x20x10 |      |      |      |
| Ochranný znak:<br>(druh,rok) | OT-1995,OT-1995       |                  |      |      |      |
| Kat.ozemí<br>Parcel.         | Březi u Žinkov<br>713 |                  |      |      |      |

|                        |                  |            |  |  |
|------------------------|------------------|------------|--|--|
| Rok<br>Organizace, rok | Bod              | 246        |  |  |
|                        | Zřizovatel       | 1997 Plzeň |  |  |
|                        | Určení YX        | 1997       |  |  |
|                        | Určení výšky     | 1997       |  |  |
|                        | [Pre]Stabilizace | 1995       |  |  |
| Rok                    | Údržba           | 1997       |  |  |
|                        | Obnova           |            |  |  |
| Poznámka :             |                  |            |  |  |



| GEODETICKÉ ÚDAJE   |                               |                  |               |                 |              |      |
|--|-------------------------------|------------------|---------------|-----------------|--------------|------|
| zhušřovceho bodu   |                               |                  |               |                 |              |      |
| Kraj: Plzeňský kraj  | Vytvořeno pro web: 02.04.2015 |                  |               |                 |              |      |
| Okres: Plzeň-jih   | Líst č.: 1/1                  |                  |               |                 |              |      |
| Obec: Žinkovy  | Stav k: 1997                  |                  |               |                 |              |      |
| TL   | 2010                          |                  |               |                 |              |      |
| ZM-50  | 22-13                         |                  |               |                 |              |      |
| SMO-5  | 080478                        |                  |               |                 |              |      |
| Číslo a název bodu   | 252                           | Na mlýnech       |               |                 |              | 252  |
| Bod  | Druh                          | Y                | X             | Nadmořská výška |              |      |
| 252  | ZHB                           | 818611.24        | 1097215.51    | 533.14          | hranol       |      |
| ETRS-89  |                               | B                | L             | Helips          | STATIC       |      |
| 252  |                               | 49 30 28.5764    | 13 29 10.8463 | 580.07          |              |      |
| Orientace na body (v gradech):   |                               |                  |               |                 |              |      |
| Bod číslo:   | Jižník                        | Delka strany     | Bod číslo:    | Jižník          | Delka strany |      |
| 21   | 374.55088                     | 753.151          |               |                 |              |      |
| 29   | 320.72905                     | 7011.834         |               |                 |              |      |
|  |                               |                  |               |                 |              |      |
| Místopisný popis: Bod je u polní cesty z Žitina do Jarova, 1.7 km JV od kaple ve Svárkově. |                               |                  |               |                 |              |      |
| Bod určen: 252 - GPS.  |                               |                  |               |                 |              |      |
| Bod  | 252                           |                  |               |                 |              |      |
| Bod. výška   | 0.00                          | žula<br>16x16x66 | 0.00          |                 | 0.00         | 0.00 |
| Bod. výška   | .91                           | žula<br>30x30x10 |               |                 |              |      |
| Ochranný znak:<br>(druh, rok)  | OT-1995                       |                  |               |                 |              |      |
| Katastrální<br>Parcel.čís.   | Kokořov<br>346/1              |                  |               |                 |              |      |
| 252  |                               |                  |               |                 |              |      |
| Bod  | 252                           |                  |               |                 |              |      |
| Organizace, rok  | Zřízení                       | 1997 KÚ Plzeň    |               |                 |              |      |
|  | Určení YX                     | 1997             |               |                 |              |      |
|  | Určení výšky                  | 1997             |               |                 |              |      |
|  | [Pre]Stabilizace              | 1995             |               |                 |              |      |
| Rok  | Údržba                        | 1997             |               |                 |              |      |
|  | Obnova                        |                  |               |                 |              |      |
| Poznámka:  |                               |                  |               |                 |              |      |



**GEODETICKÉ ÚDAJE**  
zhušřovacího bodu

Kraj: Plzeňský kraj  
Okres: Plzeň-jih  
Obec: Žinkovy

Vytvořeno pro web 02.04.2015

|       |        |
|-------|--------|
| TL    | 2010   |
| ZM-50 | 22-13  |
| SMO-5 | 080479 |

| Číslo a název bodu |      | 259                             |                    | Na dílech       |        |
|--------------------|------|---------------------------------|--------------------|-----------------|--------|
| Bod                | Druh | Y                               | X                  | Nadmořská výška |        |
| 259                | ZHB  | 818689.26                       | 1098878.97         | 519.46          | hranol |
| ETRS-89            |      | Orientace na body (v gradech) : |                    | Helips          |        |
| 259                |      | B<br>49 29 34.9547              | L<br>13 29 19.3027 | 566.36          | STATIC |
| Bod číslo :        |      | Jižník                          | Délka strany       | Bod číslo :     | Jižník |
| 22                 |      | 274.58563                       | 2512.858           | 271             |        |
| 29                 |      | 305.47558                       | 6746.359           |                 |        |

Místopisný popis : Bod je u asf. cesty Žinkovy – Žitín (dvůr), 1,0 km severně od kostela v Žinkovech.  
Původní č. 56.

Bod určen : 259 – GPS.

| Bod                          | 259              |                     |      |     |       |      |
|------------------------------|------------------|---------------------|------|-----|-------|------|
| Bod. údaje                   | 0.00             | žula<br>20x20x79    | 0.00 |     | 0.00  | 0.00 |
|                              | .93              | keram.<br>20x18x2,5 |      |     |       |      |
| Ochranný znak:<br>(druh,rok) | OT-1974          |                     |      |     |       |      |
| Kat.azemí<br>Parcel.čís.     | Žinkovy<br>1820  |                     |      |     |       |      |
| Rok                          | Organizace,rok   | Zřízení             | 1960 | ÚGK | Plzeň |      |
|                              | Určení YX        | 1997                |      |     |       |      |
|                              | Určení výšky     | 1997                |      |     |       |      |
|                              | [Pre]Stabilizace | 1960                |      |     |       |      |
|                              | Údržbo           | 1997                |      |     |       |      |
| Obnovo                       |                  |                     |      |     |       |      |
| Poznámka :                   |                  |                     |      |     |       |      |

**GEODETICKÉ ÚDAJE**  
zhušřovceého bodu

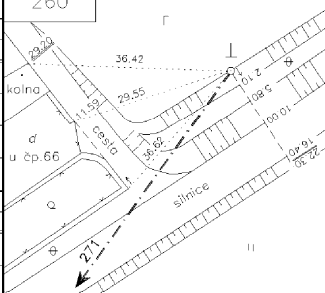
Kraj: Plzeňský kraj  
Okres: Plzeň-jih  
Obec: Žinkovy

Vytvořeno pro web 02.04.2015

List č.: 1/1  
Stav k: 1997

|       |        |
|-------|--------|
| TL    | 2010   |
| ZM-50 | 22-13  |
| SMO-5 | 080479 |

|                                 |          |                    |                    |                 |              |        |                |
|---------------------------------|----------|--------------------|--------------------|-----------------|--------------|--------|----------------|
| Číslo a název bodu              |          | 260                |                    | U drůbežárny    |              | 260    |                |
| Bod                             | Druh     | Y                  | X                  | Nadmořská výška |              | Bpv    | vztahuje se na |
|                                 |          |                    |                    | niv.            | hranol       |        |                |
| 260                             | ZHB      | 817736.55          | 1098678.25         | 454.64          |              |        |                |
| ETRS-89                         |          | B<br>49 29 45.9603 | L<br>13 30 04.6398 | Helips          | 501.52       | STATIC |                |
| Orientace na body (v gradech) : |          |                    |                    |                 |              |        |                |
| Bod číslo :                     | Jižník   | Délka strany       | Bod číslo :        | Jižník          | Délka strany |        |                |
| 271                             | 38.36714 | 1423.020           |                    |                 |              |        |                |



Místopisný popis : Bod je u silnice Žinkovy – Kokořov a je 1.4 km SV od kostela v Žinkovech. Pávodní č. 57.

Bod určen : 260 – GPS.

|                              |               |                  |      |  |      |  |      |
|------------------------------|---------------|------------------|------|--|------|--|------|
| Bod                          | 260           |                  |      |  |      |  |      |
| Bod. údaj                    | 0.00          | žula<br>16x16x75 | 0.00 |  | 0.00 |  | 0.00 |
|                              | .83           | žula<br>30x30x7  |      |  |      |  |      |
| Ochranný znak:<br>(druh,rok) | OT-1995       |                  |      |  |      |  |      |
| Kat.území<br>Parcel.čís.     | Kokořov<br>54 |                  |      |  |      |  |      |

|            |                  |         |                  |
|------------|------------------|---------|------------------|
| Rok        | Organizace, rok  | Zřízení | 1974 Geod. Plzeň |
|            | Určení YX        | 1997    |                  |
|            | Určení výšky     | 1997    |                  |
|            | [Pre]Stabilizace | 1974    |                  |
| Rok        | Údržba           | 1997    |                  |
|            | Obnova           |         |                  |
| Poznámka : |                  |         |                  |

## GEODETICKÉ ÚDAJE

zhušřovacího bodu

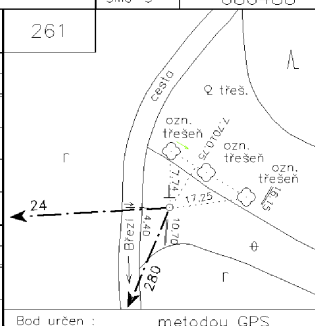
Kraj: Plzeňský kraj  
 Okres: Plzeň-jih  
 Obec: Žinkov

List č.: 1/1  
 Stav k: 2005

Vytvořeno pro web 02.04.2015

|       |        |
|-------|--------|
| TL    | 2015   |
| ZM-50 | 22-13  |
| SMO-5 | 080488 |

|  |                       |                  |               |                 |      |        |                |  |
|--|-----------------------|------------------|---------------|-----------------|------|--------|----------------|--|
| Číslo a název bodu   |                       | 261              |               | Panské          |      | 261    |                |  |
| Bod  | Druh                  | Y                | X             | Nadmořská výška |      | Bpv    | vztahuje se na |  |
|  |                       |                  |               | hranol          |      |        |                |  |
| 261  | ZHB                   | 820143.59        | 1097215.67    | 584.93          |      |        |                |  |
| ETRS-89  |                       | B L              |               | Helips          |      | STATIC |                |  |
| 261  |                       | 49 30 21.1903    | 13 27 55.5271 | 631.87          |      |        |                |  |
| Orientace na body (v gradech) :  |                       |                  |               |                 |      |        |                |  |
| Bod číslo :  |                       | Jižník           | Délka strany  | Bod číslo :     |      | Jižník | Délka strany   |  |
| 24   |                       | 102.46660        | 1027.741      |                 |      |        |                |  |
| 280  |                       | 18.31218         | 2199.603      |                 |      |        |                |  |
| Bod určen : metodou GPS  |                       |                  |               |                 |      |        |                |  |
| Místopisný popis : Bod je na JZ rohu třešňovky, 0,5 km severně od kaple v Březi. |                       |                  |               |                 |      |        |                |  |
| Bod určen : 261 - GPS,   |                       |                  |               |                 |      |        |                |  |
| Bod  | 261                   |                  |               |                 |      |        |                |  |
| Bod. údaje   | 0,00                  | žula<br>16x16x71 | 0,00          |                 | 0,00 |        | 0,00           |  |
|  | .91                   | žula<br>30x30x11 |               |                 |      |        |                |  |
| Ochranný znak:<br>(druh,rok)   | OT-2005               |                  |               |                 |      |        |                |  |
| Kat.azemí<br>Parcel.čís.   | Březi u Žinkov<br>820 |                  |               |                 |      |        |                |  |
|  |                       |                  |               |                 |      |        |                |  |
| Rok  | Bod                   |                  | 261           |                 |      |        |                |  |
|  | Organizace, rok       | Zřízení          | 1997 KÚ Plzeň |                 |      |        |                |  |
|  |                       | Určení YX        | 1997          |                 |      |        |                |  |
|  |                       | Určení výšky     | 1997          |                 |      |        |                |  |
|  |                       | [Pre]Stabilizace | 1995          |                 |      |        |                |  |
| Údržba   | 2005                  |                  |               |                 |      |        |                |  |
| Obnova   |                       |                  |               |                 |      |        |                |  |
| Poznámka :   |                       |                  |               |                 |      |        |                |  |



**GEODETICKÉ ÚDAJE**  
zhušřovčovací bodu

Kraj: Plzeňský kraj  
Okres: Plzeň-jih  
Obec: Žinkovy

Vytvořeno pro web: 02.04.2015

List č.: 1/1  
Stav k: 1997

|       |        |
|-------|--------|
| TL    | 2010   |
| ZM-50 | 22-13  |
| SMO-5 | 080469 |

| Číslo a název bodu              |      | 273           |               | Chrástky        |                |              |
|---------------------------------|------|---------------|---------------|-----------------|----------------|--------------|
| Bod                             | Druh | Y             | X             | Nadmořská výška |                |              |
|                                 |      |               |               | Bpv             | vztahuje se na |              |
| 273                             | ZHB  | 817114.17     | 1099301.56    | 491.84          | hranol         |              |
| ETRS-89                         |      | B             |               | L               |                |              |
| 273                             |      | 49 29 28.9973 | 13 30 39.8230 | 538.72          | STATIC         |              |
| Orientace na body (v gradech) : |      |               |               |                 |                |              |
| Bod číslo :                     |      | Jižník        | Délka strany  | Bod číslo :     | Jižník         | Délka strany |
| 272                             |      | 107.27524     | 1408.920      | 22              | 230.97454      | 1583.015     |
| 263                             |      | 275.43396     | 2552.202      |                 |                |              |

Místopisný popis : Bod je na vrcholu kopce, 0,7 km SV od kostela v Žinkovech.

Bod určen : 273 – GPS,

| Bod                          | 273             |                  |      |  |      |      |
|------------------------------|-----------------|------------------|------|--|------|------|
| Bod. údaje                   | 0.00            | žula<br>16x16x78 | 0.00 |  | 0.00 | 0.00 |
|                              | .98             | žula<br>20x20x9  |      |  |      |      |
| Ochranný znak:<br>(druh,rok) | OT-1995         |                  |      |  |      |      |
| Kat.území<br>Parcel.čís.     | Kokořov<br>1274 |                  |      |  |      |      |

| Bod             | 273              |               |  |  |  |
|-----------------|------------------|---------------|--|--|--|
| Organizace, rok | Zřízení          | 1997 KÚ Plzeň |  |  |  |
|                 | Určení YX        | 1997          |  |  |  |
|                 | Určení výšky     | 1997          |  |  |  |
|                 | [Pre]Stabilizace | 1995          |  |  |  |
| Rok             | Údržba           | 1997          |  |  |  |
|                 | Obnova           |               |  |  |  |
| Poznámka :      |                  |               |  |  |  |

## 9.2 Souřadnice lomových bodů parcely



## 9.3 Protokol GNSS Trimble

PROTOKOL GNSS (RTK) MĚŘENÍ

Firma: JU-ZF v Českých Budějovicích, katedra Krajinového managementu  
Branisovska 1645/31a

370 05 České Budějovice

Zakazka: DP\_Klingr

Meril:

Datum: 24.10.2014

Pristroj: Trimble R4-2, fw: 4.61, vyr. c.: 5238496940

Trimble Survey Controller SW: 12.49

Verze protokolu: 4.93

Body vypsány od (RRRRMMDD): 2011

Souradnicovy system: Pouzit transformacni modul zpsrenene globalni transformace Trimble 2013 verze 1.0 schvaleny CUZK pro mereni od 1.7.2012.

Zona: Krovak\_2013

Soubor rovinne dotransformace: KG2013

Vertikalni transformace

-----

Model kvazigeoidu: CR2005

-----

MERENE BODY

-----

| Cislo bodu     | Y          | X           | Z       | Presnost PDOP | Sit   | Pocet Antena | Datum | Zacatek | Doba | Kod bodu | XY    | Z     | sat. | vyska; od# | mereni | mereni[s] |
|----------------|------------|-------------|---------|---------------|-------|--------------|-------|---------|------|----------|-------|-------|------|------------|--------|-----------|
| 000920102730   | 817114.199 | 1099301.570 | 491.826 | 0.009         | 0.013 | 1.35         | 5     | 14      | 2.00 | SZ       | 24.10 | 13:54 | 30   |            |        |           |
| 000920102580   | 819426.076 | 1098131.246 | 527.463 | 0.009         | 0.016 | 1.57         | 5     | 15      | 2.00 | SZ       | 24.10 | 14:48 | 30   |            |        |           |
| 000920102590   | 818689.290 | 1098878.948 | 519.436 | 0.010         | 0.018 | 1.54         | 5     | 15      | 2.40 | SZ       | 24.10 | 15:14 | 30   |            |        |           |
| 000920152610   | 820143.605 | 1097215.623 | 584.879 | 0.008         | 0.012 | 1.93         | 5     | 13      | 2.00 | SZ       | 24.10 | 15:33 | 37   |            |        |           |
| 000920102460   | 819546.481 | 1096961.106 | 599.878 | 0.010         | 0.013 | 1.46         | 5     | 14      | 2.00 | SZ       | 24.10 | 15:51 | 31   |            |        |           |
| 000920102520   | 818611.278 | 1097215.477 | 533.159 | 0.010         | 0.012 | 1.36         | 5     | 14      | 2.00 | SZ       | 24.10 | 16:27 | 30   |            |        |           |
| 000920102600   | 817736.547 | 1098678.246 | 454.622 | 0.010         | 0.013 | 1.30         | 5     | 15      | 2.00 | SZ       | 24.10 | 16:56 | 30   |            |        |           |
| 000920102730.1 | 817114.221 | 1099301.544 | 491.821 | 0.010         | 0.018 | 1.58         | 5     | 12      | 2.00 | SZ       | 25.10 | 10:05 | 30   |            |        |           |
| 000920102590.1 | 818689.299 | 1098878.926 | 519.444 | 0.010         | 0.017 | 1.49         | 5     | 13      | 2.00 | SZ       | 25.10 | 10:31 | 31   |            |        |           |
| 000920102580.1 | 819426.116 | 1098131.265 | 527.507 | 0.015         | 0.021 | 1.79         | 5     | 10      | 2.60 | SZ       | 25.10 | 10:43 | 30   |            |        |           |
| 000920102460.1 | 819546.435 | 1096961.109 | 599.860 | 0.017         | 0.028 | 1.46         | 1     | 15      | 2.60 | SZ       | 25.10 | 11:25 | 30   |            |        |           |
| 000920152610.1 | 820143.625 | 1097215.643 | 584.871 | 0.011         | 0.020 | 1.63         | 1     | 15      | 2.00 | SZ       | 25.10 | 11:49 | 30   |            |        |           |
| 000920102520.1 | 818611.243 | 1097215.464 | 533.133 | 0.009         | 0.017 | 1.75         | 1     | 14      | 2.00 | SZ       | 25.10 | 12:00 | 30   |            |        |           |
| 000920102600.1 | 817736.555 | 1098678.258 | 454.559 | 0.009         | 0.015 | 1.45         | 1     | 15      | 2.00 | SZ       | 25.10 | 12:14 | 30   |            |        |           |
| 000920102730.2 | 817114.193 | 1099301.540 | 491.811 | 0.009         | 0.015 | 1.51         | 5     | 15      | 2.00 | SZ       | 26.10 | 14:05 | 31   |            |        |           |
| 000920102590.2 | 818689.277 | 1098878.954 | 519.466 | 0.012         | 0.014 | 1.30         | 5     | 15      | 2.00 | SZ       | 26.10 | 14:55 | 30   |            |        |           |
| 000920102580.2 | 819426.106 | 1098131.246 | 527.504 | 0.012         | 0.015 | 1.53         | 5     | 13      | 2.00 | SZ       | 26.10 | 15:09 | 30   |            |        |           |
| 000920152610.2 | 820143.610 | 1097215.629 | 584.881 | 0.011         | 0.013 | 1.44         | 5     | 13      | 2.00 | SZ       | 26.10 | 15:24 | 31   |            |        |           |
| 000920102460.2 | 819546.482 | 1096961.091 | 599.931 | 0.010         | 0.013 | 1.27         | 5     | 15      | 2.00 | SZ       | 26.10 | 15:41 | 30   |            |        |           |
| 000920102520.2 | 818611.257 | 1097215.471 | 533.173 | 0.009         | 0.012 | 1.26         | 5     | 16      | 2.00 | SZ       | 26.10 | 15:57 | 30   |            |        |           |
| 000920102600.2 | 817736.556 | 1098678.252 | 454.633 | 0.009         | 0.014 | 1.71         | 5     | 14      | 2.00 | SZ       | 26.10 | 16:16 | 30   |            |        |           |
| 2              | 817356.181 | 1098616.783 | 450.088 | 0.017         | 0.021 | 1.46         | 5     | 14      | 2.00 | SZ       | 27.10 | 14:39 | 5    |            |        |           |
| 1              | 817335.912 | 1098614.500 | 450.159 | 0.030         | 0.038 | 1.55         | 5     | 13      | 2.00 | SZ       | 27.10 | 14:46 | 5    |            |        |           |
| 3              | 817346.265 | 1098552.972 | 451.804 | 0.015         | 0.020 | 1.63         | 5     | 13      | 2.00 | SZ       | 27.10 | 14:53 | 5    |            |        |           |
| 4              | 817343.029 | 1098528.445 | 452.665 | 0.010         | 0.013 | 1.62         | 5     | 13      | 2.00 | SZ       | 27.10 | 14:55 | 5    |            |        |           |
| 5              | 817327.859 | 1098530.038 | 452.442 | 0.011         | 0.015 | 1.60         | 5     | 13      | 2.00 | SZ       | 27.10 | 14:58 | 5    |            |        |           |
| 6              | 817331.132 | 1098560.042 | 451.792 | 0.011         | 0.015 | 1.61         | 5     | 13      | 2.00 | SZ       | 27.10 | 15:01 | 5    |            |        |           |
| 6.1            | 817331.108 | 1098560.058 | 451.837 | 0.012         | 0.017 | 1.92         | 5     | 12      | 2.00 | SZ       | 27.10 | 16:18 | 5    |            |        |           |
| 5.1            | 817327.898 | 1098530.040 | 452.487 | 0.010         | 0.017 | 1.91         | 5     | 12      | 2.00 | SZ       | 27.10 | 16:22 | 5    |            |        |           |
| 4.1            | 817343.020 | 1098528.444 | 452.688 | 0.010         | 0.017 | 1.93         | 5     | 12      | 2.00 | SZ       | 27.10 | 16:23 | 5    |            |        |           |
| 3.1            | 817346.271 | 1098552.925 | 451.806 | 0.010         | 0.017 | 1.87         | 5     | 13      | 2.00 | SZ       | 27.10 | 16:24 | 5    |            |        |           |
| 2.1            | 817356.177 | 1098616.813 | 450.074 | 0.010         | 0.017 | 1.89         | 5     | 13      | 2.00 | SZ       | 27.10 | 16:25 | 5    |            |        |           |
| 1.1            | 817335.980 | 1098614.464 | 450.280 | 0.011         | 0.019 | 1.91         | 5     | 13      | 2.00 | SZ       | 27.10 | 16:28 | 5    |            |        |           |

-----

# Vyska anteny merena od: FC = fazoveho centra; SZ = spodku zavitu; SN = strednu narazniku

# Bod meren na: 1 = Trimble VRS NOW CZ; 2 = TOPNET; 3 = CZEPOS RTK

4 = Czeapos PRS/FKP; 5 = CZEPOS RTK3/MAX3; 6 = Neznama sit



## 9.4 Zázpisníky Garmin Dakota 10 a aplikace MapFactor:Navigator

| datum      | bod          | souřadnice   |              | typ přístroje / aplikace |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------|
|            |              | s.š.         | v.d.         |                          |
| 24.10.2014 | 000920102730 | 49°29,483´   | 13°30,665´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°29,48593´ | 13°30,64016´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 000920102580 | 49°29,922´   | 13°28,630´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°29,93408´ | 13°28,62803´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 000920102590 | 49°29,584´   | 13°29,323´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°29,58458´ | 13°29,32182´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 000920152610 | 49°30,354´   | 13°27,926´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°30,35477´ | 13°27,92078´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 000920102460 | 49°30,538´   | 13°28,385´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°30,53352´ | 13°28,38793´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 000920102520 | 49°30,477´   | 13°29,182´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°30,47067´ | 13°29,19434´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 000920102600 | 49°29,767´   | 13°30,079´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°29,77158´ | 13°30,06920´ | MapFactor:Navigator      |
| 25.10.2014 | 000920102730 | 49°29,483´   | 13°30,664´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°29,48158´ | 13°30,66496´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 000920102580 | 49°29,923´   | 13°28,627´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°29,92378´ | 13°28,62144´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 000920102590 | 49°29,584´   | 13°29,323´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°29,58229´ | 13°29,31965´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 000920152610 | 49°30,354´   | 13°27,926´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°30,35019´ | 13°27,92021´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 000920102460 | 49°30,538´   | 13°28,386´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°30,53650´ | 13°28,38449´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 000920102520 | 49°30,478´   | 13°29,182´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°30,47539´ | 13°29,18055´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 000920102600 | 49°29,767´   | 13°30,078´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°29,76768´ | 13°30,08211´ | MapFactor:Navigator      |
| datum      | bod          | souřadnice   |              | typ přístroje / aplikace |
|            |              | s.š.         | v.d.         |                          |
| 26.10.2014 | 000920102730 | 49°29,484´   | 13°30,666´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°29,48324´ | 13°30,66484´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 000920102590 | 49°29,584´   | 13°29,323´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°29,58504´ | 13°29,32789´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 000920102580 | 49°29,923´   | 13°28,627´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°29,92264´ | 13°28,62322´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 000920152610 | 49°30,354´   | 13°27,928´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°30,35339´ | 13°27,92192´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 000920102460 | 49°30,538´   | 13°28,385´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°30,53741´ | 13°28,38449´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 000920102520 | 49°30,478´   | 13°29,182´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°30,47699´ | 13°29,17391´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 000920102600 | 49°29,767´   | 13°30,079´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°29,76677´ | 13°30,08039´ | MapFactor:Navigator      |

| datum      | bod          | souřadnice   |              | typ přístroje / aplikace |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------|
|            |              | s.š.         | v.d.         |                          |
| 27.10.2014 | 059001300019 | 49°29,833´   | 13°30,398´   | Garmin Dakota 10         |
| 1.etapa    |              | 49°29,83063´ | 13°30,39625´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 059001300021 | 49°29,829´   | 13°30,383´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°29,82903´ | 13°30,38195´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 059001300028 | 49°29,865´   | 13°30,383´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°29,86336´ | 13°30,38149´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 059001300030 | 49°29,878´   | 13°30,382´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°29,87617´ | 13°30,38155´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 059001300031 | 49°29,878´   | 13°30,395´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°29,87915´ | 13°30,39202´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 059001300011 | 49°29,862´   | 13°30,394´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°29,86204´ | 13°30,39548´ | MapFactor:Navigator      |
| 27.10.2014 | 059001300019 | 49°29,833´   | 13°30,398´   | Garmin Dakota 10         |
| 2.etapa    |              | 49°29,83086´ | 13°30,40100´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 059001300021 | 49°29,830´   | 13°30,384´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°29,82971´ | 13°30,3768´  | MapFactor:Navigator      |
|            | 059001300028 | 49°29,865´   | 13°30,384´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°29,87183´ | 13°30,38389´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 059001300030 | 49°29,879´   | 13°30,383´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°29,87846´ | 13°30,37909´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 059001300031 | 49°29,878´   | 13°30,396´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°29,87915´ | 13°30,39791´ | MapFactor:Navigator      |
|            | 059001300011 | 49°29,863´   | 13°30,395´   | Garmin Dakota 10         |
|            |              | 49°29,86587´ | 13°30,39493´ | MapFactor:Navigator      |

## 9.5 Převodní tabulky z WGS-84 do S-JTSK

| 000920102730                 | WGS - 84     |              | Decimální převod |             | S-JTSK            |                  |
|------------------------------|--------------|--------------|------------------|-------------|-------------------|------------------|
|                              | s.š.         | v.d.         | s.š.             | v.d.        | X [m]             | Y [m]            |
| <b>Garmin Dakota 10</b>      | 49°29,483´   | 13°30,665´   | 49,4913833°      | 13,5110833° | <b>1099302,27</b> | <b>817112,86</b> |
|                              | 49°29,483´   | 13°30,664´   | 49,4913833°      | 13,5110667° | <b>1099302,09</b> | <b>817114,05</b> |
|                              | 49°29,484´   | 13°30,666´   | 49,4914000°      | 13,5111000° | <b>1099300,61</b> | <b>817111,39</b> |
| <b>MapFactor : Navigator</b> | 49°29,48593´ | 13°30,64016´ | 49,4914322°      | 13,5106693° | <b>1099292,44</b> | <b>817141,72</b> |
|                              | 49°29,48158´ | 13°30,66496´ | 49,4913597°      | 13,5110827° | <b>1099304,86</b> | <b>817113,30</b> |
|                              | 49°29,48324´ | 13°30,66484´ | 49,4913873°      | 13,5110807° | <b>1099301,80</b> | <b>817112,98</b> |
| 000920102580                 | WGS - 84     |              | Decimální převod |             | S-JTSK            |                  |
|                              | s.š.         | v.d.         | s.š.             | v.d.        | X [m]             | Y [m]            |
| <b>Garmin Dakota 10</b>      | 49°29,922´   | 13°28,630´   | 49,4987000°      | 13,4771667° | <b>1098132,53</b> | <b>819421,66</b> |
|                              | 49°29,923´   | 13°28,627´   | 49,4987167°      | 13,4771167° | <b>1098130,69</b> | <b>819421,38</b> |
|                              | 49°29,923´   | 13°28,627´   | 49,4987167°      | 13,4771167° | <b>1098130,69</b> | <b>819421,38</b> |
| <b>MapFactor : Navigator</b> | 49°29,93408´ | 13°28,62803´ | 49,4989013°      | 13,4771338° | <b>1098110,03</b> | <b>819420,68</b> |
|                              | 49°29,92378´ | 13°28,62144´ | 49,4987297°      | 13,4770240° | <b>1098127,72</b> | <b>819431,39</b> |
|                              | 49°29,92264´ | 13°28,62322´ | 49,4987107°      | 13,4770537° | <b>1098130,13</b> | <b>819429,58</b> |

|                                  |                 |              |                         |             |                   |                  |
|----------------------------------|-----------------|--------------|-------------------------|-------------|-------------------|------------------|
| <b>000920102590</b>              | <b>WGS - 84</b> |              | <b>Decimální převod</b> |             | <b>S-JTSK</b>     |                  |
|                                  | <b>s.š.</b>     | <b>v.d.</b>  | <b>s.š.</b>             | <b>v.d.</b> | <b>X [m]</b>      | <b>Y [m]</b>     |
| <b>Garmin<br/>Dakota 10</b>      | 49°29,584´      | 13°29,323´   | 49,4930667°             | 13,4887167° | <b>1098876,50</b> | <b>818687,46</b> |
|                                  | 49°29,584´      | 13°29,323´   | 49,4930667°             | 13,4887167° | <b>1098876,50</b> | <b>818687,46</b> |
|                                  | 49°29,584´      | 13°29,323´   | 49,4930667°             | 13,4887167° | <b>1098876,50</b> | <b>818687,46</b> |
| <b>MapFactor :<br/>Navigator</b> | 49°29,58458´    | 13°29,32182´ | 49,4930763°             | 13,4886970° | <b>1098875,24</b> | <b>818688,71</b> |
|                                  | 49°29,58229´    | 13°29,31965´ | 49,4930382°             | 13,4886608° | <b>1098879,04</b> | <b>818691,93</b> |
|                                  | 49°29,58504´    | 13°29,32789´ | 49,4930840°             | 13,4887982° | <b>1098874,00</b> | <b>818691,18</b> |
| <b>000920152610</b>              | <b>WGS - 84</b> |              | <b>Decimální převod</b> |             | <b>S-JTSK</b>     |                  |
|                                  | <b>s.š.</b>     | <b>v.d.</b>  | <b>s.š.</b>             | <b>v.d.</b> | <b>X [m]</b>      | <b>Y [m]</b>     |
| <b>Garmin<br/>Dakota 10</b>      | 49°30,354´      | 13°27,926´   | 49,5059000°             | 13,4654333° | <b>1097214,17</b> | <b>820142,83</b> |
|                                  | 49°30,354´      | 13°27,926´   | 49,5059000°             | 13,4654333° | <b>1097214,17</b> | <b>820142,83</b> |
|                                  | 49°30,354´      | 13°27,928´   | 49,5059000°             | 13,4654667° | <b>1097214,53</b> | <b>820140,44</b> |
| <b>MapFactor :<br/>Navigator</b> | 49°30,35477´    | 13°27,92078´ | 49,5059128°             | 13,4653463° | <b>1097211,83</b> | <b>820148,85</b> |
|                                  | 49°30,35019´    | 13°27,92021´ | 49,5058365°             | 13,4653368° | <b>1097220,12</b> | <b>820150,79</b> |
|                                  | 49°30,35339´    | 13°27,92192´ | 49,5058898°             | 13,4653653° | <b>1097214,56</b> | <b>820147,87</b> |
| <b>000920102460</b>              | <b>WGS - 84</b> |              | <b>Decimální převod</b> |             | <b>S-JTSK</b>     |                  |
|                                  | <b>s.š.</b>     | <b>v.d.</b>  | <b>s.š.</b>             | <b>v.d.</b> | <b>X [m]</b>      | <b>Y [m]</b>     |
| <b>Garmin<br/>Dakota 10</b>      | 49° 30,538´     | 13°28,385´   | 49,5089667°             | 13,4730833° | <b>1096959,41</b> | <b>819544,18</b> |
|                                  | 49° 30,538´     | 13°28,386´   | 49,5089667°             | 13,4731000° | <b>1096959,59</b> | <b>819542,99</b> |
|                                  | 49° 30,538´     | 13°28,385´   | 49,5089667°             | 13,4730833° | <b>1096959,41</b> | <b>819544,18</b> |
| <b>MapFactor :<br/>Navigator</b> | 49°30,53352´    | 13°28,38793´ | 49,5088920°             | 13,4731322° | <b>1096968,15</b> | <b>819541,92</b> |
|                                  | 49°30,53650´    | 13°28,38449´ | 49,5089417°             | 13,4730748° | <b>1096962,07</b> | <b>819545,21</b> |
|                                  | 49°30,53741´    | 13°28,38449´ | 49,5089568°             | 13,4730748° | <b>1096960,41</b> | <b>819544,96</b> |
| <b>000920102520</b>              | <b>WGS - 84</b> |              | <b>Decimální převod</b> |             | <b>S-JTSK</b>     |                  |
|                                  | <b>s.š.</b>     | <b>v.d.</b>  | <b>s.š.</b>             | <b>v.d.</b> | <b>X [m]</b>      | <b>Y [m]</b>     |
| <b>Garmin<br/>Dakota 10</b>      | 49°30,477´      | 13°29,182´   | 49,507950°              | 13,4863667° | <b>1097214,34</b> | <b>818609,71</b> |
|                                  | 49°30,478´      | 13°29,182´   | 49,5079667°             | 13,4863667° | <b>1097212,50</b> | <b>818609,43</b> |
|                                  | 49°30,478´      | 13°29,182´   | 49,5079667°             | 13,4863667° | <b>1097212,50</b> | <b>818609,43</b> |
| <b>MapFactor :<br/>Navigator</b> | 49°30,47067´    | 13°29,19434´ | 49,5078445°             | 13,4865723° | <b>1097228,16</b> | <b>818596,73</b> |
|                                  | 49°30,47539´    | 13°29,18055´ | 49,5079232°             | 13,4863425° | <b>1097217,03</b> | <b>818611,88</b> |
|                                  | 49°30,47699´    | 13°29,17391´ | 49,5079498°             | 13,4862318° | <b>1097212,91</b> | <b>818619,37</b> |
| <b>000920102600</b>              | <b>WGS - 84</b> |              | <b>Decimální převod</b> |             | <b>S-JTSK</b>     |                  |
|                                  | <b>s.š.</b>     | <b>v.d.</b>  | <b>s.š.</b>             | <b>v.d.</b> | <b>X [m]</b>      | <b>Y [m]</b>     |
| <b>Garmin<br/>Dakota 10</b>      | 49°29,767´      | 13°30,079´   | 49,4961167°             | 13,5013167° | <b>1098676,67</b> | <b>817734,42</b> |
|                                  | 49°29,767´      | 13°30,078´   | 49,4961167°             | 13,5013000° | <b>1098676,49</b> | <b>817735,62</b> |
|                                  | 49°29,767´      | 13°30,079´   | 49,4961167°             | 13,5013167° | <b>1098676,67</b> | <b>817734,42</b> |
| <b>MapFactor :<br/>Navigator</b> | 49°29,77158´    | 13°30,06920´ | 49,4961930°             | 13,5011533° | <b>1098666,52</b> | <b>817744,87</b> |
|                                  | 49°29,76768´    | 13°30,08211´ | 49,4961280°             | 13,5013685° | <b>1098675,98</b> | <b>817730,52</b> |
|                                  | 49°29,76677´    | 13°30,08039´ | 49,4961128°             | 13,5013398° | <b>1098677,34</b> | <b>817732,83</b> |
| <b>059001300019</b>              | <b>WGS - 84</b> |              | <b>Decimální převod</b> |             | <b>S-JTSK</b>     |                  |
|                                  | <b>s.š.</b>     | <b>v.d.</b>  | <b>s.š.</b>             | <b>v.d.</b> | <b>X [m]</b>      | <b>Y [m]</b>     |
| <b>Garmin<br/>Dakota 10</b>      | 49°29,833´      | 13°30,398´   | 49,4972167°             | 13,5066333° | <b>1098612,86</b> | <b>817335,40</b> |
|                                  | 49°29,833´      | 13°30,398´   | 49,4972167°             | 13,5066333° | <b>1098612,86</b> | <b>817335,40</b> |
| <b>MapFactor :<br/>Navigator</b> | 49°29,83063´    | 13°30,39625´ | 49,4971772°             | 13,5066042° | <b>1098616,89</b> | <b>817338,14</b> |
|                                  | 49°29,83086´    | 13°30,40100´ | 49,4971810°             | 13,5066833° | <b>1098617,32</b> | <b>817332,41</b> |

|                                  |                 |              |                         |             |                   |                  |
|----------------------------------|-----------------|--------------|-------------------------|-------------|-------------------|------------------|
| <b>059001300021</b>              | <b>WGS - 84</b> |              | <b>Decimální převod</b> |             | <b>S-JTSK</b>     |                  |
|                                  | <b>s.š.</b>     | <b>v.d.</b>  | <b>s.š.</b>             | <b>v.d.</b> | <b>X [m]</b>      | <b>Y [m]</b>     |
| <b>Garmin<br/>Dakota 10</b>      | 49°29,829′      | 13°30,383′   | 49,49715°               | 13,5063833° | <b>1098617,50</b> | <b>817354,41</b> |
|                                  | 49°29,830′      | 13°30,384′   | 49,4971667°             | 13,5064000° | <b>1098615,85</b> | <b>817352,94</b> |
| <b>MapFactor :<br/>Navigator</b> | 49°29,82903′    | 13°30,38195′ | 49,4971505°             | 13,5063658° | <b>1098617,26</b> | <b>817355,65</b> |
|                                  | 49°29,82971′    | 13°30,37680′ | 49,4971618°             | 13,5062800° | <b>1098615,09</b> | <b>817361,61</b> |
| <b>059001300028</b>              | <b>WGS - 84</b> |              | <b>Decimální převod</b> |             | <b>S-JTSK</b>     |                  |
|                                  | <b>s.š.</b>     | <b>v.d.</b>  | <b>s.š.</b>             | <b>v.d.</b> | <b>X [m]</b>      | <b>Y [m]</b>     |
| <b>Garmin<br/>Dakota 10</b>      | 49°29,865′      | 13°30,383′   | 49,4977500°             | 13,5063833° | <b>1098551,51</b> | <b>817344,51</b> |
|                                  | 49°29,865′      | 13°30,384′   | 49,4977500°             | 13,5064000° | <b>1098551,69</b> | <b>817343,31</b> |
| <b>MapFactor :<br/>Navigator</b> | 49°29,86336′    | 13°30,38149′ | 49,4977227°             | 13,5063582° | <b>1098554,25</b> | <b>817346,75</b> |
|                                  | 49°29,87183′    | 13°30,38389′ | 49,4978638°             | 13,5063982° | <b>1098539,16</b> | <b>817341,56</b> |
| <b>059001300030</b>              | <b>WGS - 84</b> |              | <b>Decimální převod</b> |             | <b>S-JTSK</b>     |                  |
|                                  | <b>s.š.</b>     | <b>v.d.</b>  | <b>s.š.</b>             | <b>v.d.</b> | <b>X [m]</b>      | <b>Y [m]</b>     |
| <b>Garmin<br/>Dakota 10</b>      | 49°29,878′      | 13°30,382′   | 49,4979667°             | 13,5063667° | <b>1098527,50</b> | <b>817342,12</b> |
|                                  | 49°29,879′      | 13°30,383′   | 49,4979833°             | 13,5063833° | <b>1098525,85</b> | <b>817340,65</b> |
| <b>MapFactor :<br/>Navigator</b> | 49°29,87617′    | 13°30,38155′ | 49,4979362°             | 13,5063592° | <b>1098530,78</b> | <b>817343,16</b> |
|                                  | 49°29,87846′    | 13°30,37909′ | 49,4979743°             | 13,5063182° | <b>1098526,14</b> | <b>817345,47</b> |
| <b>059001300031</b>              | <b>WGS - 84</b> |              | <b>Decimální převod</b> |             | <b>S-JTSK</b>     |                  |
|                                  | <b>s.š.</b>     | <b>v.d.</b>  | <b>s.š.</b>             | <b>v.d.</b> | <b>X [m]</b>      | <b>Y [m]</b>     |
| <b>Garmin<br/>Dakota 10</b>      | 49°29,878′      | 13°30,395′   | 49,4979667°             | 13,5065833° | <b>1098529,83</b> | <b>817326,60</b> |
|                                  | 49°29,878′      | 13°30,396′   | 49,4979667°             | 13,5066000° | <b>1098530,01</b> | <b>817325,41</b> |
| <b>MapFactor :<br/>Navigator</b> | 49°29,87915′    | 13°30,39202′ | 49,4979858°             | 13,5065337° | <b>1098527,20</b> | <b>817329,84</b> |
|                                  | 49°29,87915′    | 13°30,39791′ | 49,4979858°             | 13,5066318° | <b>1098528,25</b> | <b>817322,81</b> |
| <b>059001300011</b>              | <b>WGS - 84</b> |              | <b>Decimální převod</b> |             | <b>S-JTSK</b>     |                  |
|                                  | <b>s.š.</b>     | <b>v.d.</b>  | <b>s.š.</b>             | <b>v.d.</b> | <b>X [m]</b>      | <b>Y [m]</b>     |
| <b>Garmin<br/>Dakota 10</b>      | 49°29,862′      | 13°30,394′   | 49,4977000°             | 13,5065667° | <b>1098558,98</b> | <b>817332,19</b> |
|                                  | 49°29,863′      | 13°30,395′   | 49,4977167°             | 13,5065833° | <b>1098557,33</b> | <b>817330,72</b> |
| <b>MapFactor :<br/>Navigator</b> | 49°29,86204′    | 13°30,39548′ | 49,4977007°             | 13,5065913° | <b>1098559,17</b> | <b>817330,42</b> |
|                                  | 49°29,86587′    | 13°30,39493′ | 49,4977645°             | 13,5065822° | <b>1098552,06</b> | <b>817330,02</b> |

## 9.6 Výpočet polohové odchylky

| číslo bodu           | X [m]             | Y [m]            |                        |              |                        |
|----------------------|-------------------|------------------|------------------------|--------------|------------------------|
| <b>000920102730</b>  | <b>1099301,56</b> | <b>817114,17</b> |                        |              |                        |
| epocha měření        | X [m]             | Y [m]            | rozdíl ΔX[m]           | rozdíl ΔY[m] | polohová odchylka Δ[m] |
| Garmin Dakota 10     |                   |                  |                        |              |                        |
| 24.10.2015           | <b>1099302,27</b> | <b>817112,86</b> | -0,71                  | 1,31         | 1,49                   |
| 25.10.2015           | <b>1099302,09</b> | <b>817114,05</b> | -0,53                  | 0,12         | 0,54                   |
| 26.10.2015           | <b>1099300,61</b> | <b>817111,39</b> | 0,95                   | 2,78         | 2,94                   |
|                      |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>1,66</b>            |
| Trimble R4 - 2       |                   |                  |                        |              |                        |
| 24.10.2015           | <b>1099301,57</b> | <b>817114,20</b> | -0,01                  | -0,03        | 0,03                   |
| 25.10.2015           | <b>1099301,54</b> | <b>817114,22</b> | 0,02                   | -0,05        | 0,05                   |
| 26.10.2015           | <b>1099301,54</b> | <b>817114,19</b> | 0,02                   | -0,02        | 0,03                   |
|                      |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>0,04</b>            |
| MapFactor: Navigator |                   |                  |                        |              |                        |
| 24.10.2015           | <b>1099292,44</b> | <b>817141,72</b> | 9,12                   | -27,55       | 29,02                  |
| 25.10.2015           | <b>1099304,86</b> | <b>817113,30</b> | -3,30                  | 0,88         | 3,41                   |
| 26.10.2015           | <b>1099301,80</b> | <b>817112,98</b> | -0,24                  | 1,19         | 1,21                   |
|                      |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>11,21</b>           |
| číslo bodu           | X [m]             | Y [m]            |                        |              |                        |
| <b>000920102580</b>  | <b>1098131,26</b> | <b>819426,07</b> |                        |              |                        |
| epocha měření        | X [m]             | Y [m]            | rozdíl ΔX[m]           | rozdíl ΔY[m] | polohová odchylka Δ[m] |
| Garmin Dakota 10     |                   |                  |                        |              |                        |
| 24.10.2015           | <b>1098132,53</b> | <b>819421,66</b> | -1,27                  | 4,41         | 4,59                   |
| 25.10.2015           | <b>1098130,69</b> | <b>819421,38</b> | 0,57                   | 4,69         | 4,72                   |
| 26.10.2015           | <b>1098130,69</b> | <b>819421,38</b> | 0,57                   | 4,69         | 4,72                   |
|                      |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>4,68</b>            |
| Trimble R4 - 2       |                   |                  |                        |              |                        |
| 24.10.2015           | <b>1098131,25</b> | <b>819426,08</b> | 0,01                   | -0,01        | 0,01                   |
| 25.10.2015           | <b>1098131,27</b> | <b>819426,12</b> | -0,01                  | -0,05        | 0,05                   |
| 26.10.2015           | <b>1098131,25</b> | <b>819426,11</b> | 0,01                   | -0,04        | 0,04                   |
|                      |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>0,04</b>            |
| MapFactor: Navigator |                   |                  |                        |              |                        |
| 24.10.2015           | <b>1098110,03</b> | <b>819420,68</b> | 21,23                  | 5,39         | 21,90                  |
| 25.10.2015           | <b>1098127,72</b> | <b>819431,39</b> | 3,54                   | -5,32        | 6,39                   |
| 26.10.2015           | <b>1098130,13</b> | <b>819429,58</b> | 1,13                   | -3,51        | 3,68                   |
|                      |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>10,66</b>           |

| číslo bodu           | X [m]             | Y [m]            |                        |              |                        |
|----------------------|-------------------|------------------|------------------------|--------------|------------------------|
| <b>000920102590</b>  | <b>1098878,97</b> | <b>818689,26</b> |                        |              |                        |
| epocha měření        | X [m]             | Y [m]            | rozdíl ΔX[m]           | rozdíl ΔY[m] | polohová odchylka Δ[m] |
| Garmin Dakota 10     |                   |                  |                        |              |                        |
| 24.10.2015           | <b>1098876,50</b> | <b>818687,46</b> | 2,47                   | 1,80         | 3,06                   |
| 25.10.2015           | <b>1098876,50</b> | <b>818687,46</b> | 2,47                   | 1,80         | 3,06                   |
| 26.10.2015           | <b>1098876,50</b> | <b>818687,46</b> | 2,47                   | 1,80         | 3,06                   |
|                      |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>3,06</b>            |
| Trimble R4 - 2       |                   |                  |                        |              |                        |
| 24.10.2015           | <b>1098878,95</b> | <b>818689,29</b> | 0,02                   | -0,03        | 0,04                   |
| 25.10.2015           | <b>1098878,93</b> | <b>818689,30</b> | 0,04                   | -0,04        | 0,06                   |
| 26.10.2015           | <b>1098878,95</b> | <b>818689,28</b> | 0,02                   | -0,02        | 0,03                   |
|                      |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>0,04</b>            |
| MapFactor: Navigator |                   |                  |                        |              |                        |
| 24.10.2015           | <b>1098875,24</b> | <b>818688,71</b> | 3,73                   | 0,55         | 3,78                   |
| 25.10.2015           | <b>1098879,04</b> | <b>818691,93</b> | -0,07                  | -2,67        | 2,67                   |
| 26.10.2015           | <b>1098874,00</b> | <b>818691,18</b> | 4,97                   | -1,92        | 5,33                   |
|                      |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>3,93</b>            |
| číslo bodu           | X [m]             | Y [m]            |                        |              |                        |
| <b>000920152610</b>  | <b>1097215,67</b> | <b>820143,59</b> |                        |              |                        |
| epocha měření        | X [m]             | Y [m]            | rozdíl ΔX[m]           | rozdíl ΔY[m] | polohová odchylka Δ[m] |
| Garmin Dakota 10     |                   |                  |                        |              |                        |
| 24.10.2015           | <b>1097214,17</b> | <b>820142,83</b> | 1,50                   | 0,76         | 1,68                   |
| 25.10.2015           | <b>1097214,17</b> | <b>820142,83</b> | 1,50                   | 0,76         | 1,68                   |
| 26.10.2015           | <b>1097214,53</b> | <b>820140,44</b> | 1,14                   | 3,15         | 3,35                   |
|                      |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>2,24</b>            |
| Trimble R4 - 2       |                   |                  |                        |              |                        |
| 24.10.2015           | <b>1097215,62</b> | <b>820143,61</b> | 0,05                   | -0,02        | 0,05                   |
| 25.10.2015           | <b>1097215,64</b> | <b>820143,63</b> | 0,03                   | -0,04        | 0,05                   |
| 26.10.2015           | <b>1097215,63</b> | <b>820143,61</b> | 0,04                   | -0,02        | 0,04                   |
|                      |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>0,05</b>            |
| MapFactor: Navigator |                   |                  |                        |              |                        |
| 24.10.2015           | <b>1097211,83</b> | <b>820148,85</b> | 3,84                   | -5,26        | 6,51                   |
| 25.10.2015           | <b>1097220,12</b> | <b>820150,79</b> | -4,45                  | -7,20        | 8,46                   |
| 26.10.2015           | <b>1097214,56</b> | <b>820147,87</b> | 1,11                   | -4,28        | 4,42                   |
|                      |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>6,47</b>            |

| číslo bodu           | X [m]             | Y [m]            |                        |              |                        |
|----------------------|-------------------|------------------|------------------------|--------------|------------------------|
| <b>000920102460</b>  | <b>1096961,14</b> | <b>819546,43</b> |                        |              |                        |
| epocha měření        | X [m]             | Y [m]            | rozdíl ΔX[m]           | rozdíl ΔY[m] | polohová odchylka Δ[m] |
| Garmin Dakota 10     |                   |                  |                        |              |                        |
| 24.10.2015           | <b>1096959,41</b> | <b>819544,18</b> | 1,73                   | 2,25         | 2,84                   |
| 25.10.2015           | <b>1096959,59</b> | <b>819542,99</b> | 1,55                   | 3,44         | 3,77                   |
| 26.10.2015           | <b>1096959,41</b> | <b>819544,18</b> | 1,73                   | 2,25         | 2,84                   |
|                      |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>3,15</b>            |
| Trimble R4 - 2       |                   |                  |                        |              |                        |
| 24.10.2015           | <b>1096961,11</b> | <b>819546,48</b> | 0,03                   | -0,05        | 0,06                   |
| 25.10.2015           | <b>1096961,11</b> | <b>819546,44</b> | 0,03                   | -0,01        | 0,03                   |
| 26.10.2015           | <b>1096961,09</b> | <b>819546,48</b> | 0,05                   | -0,05        | 0,07                   |
|                      |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>0,05</b>            |
| MapFactor: Navigator |                   |                  |                        |              |                        |
| 24.10.2015           | <b>1096968,15</b> | <b>819541,92</b> | -7,01                  | 4,51         | 8,34                   |
| 25.10.2015           | <b>1096962,07</b> | <b>819545,21</b> | -0,93                  | 1,22         | 1,54                   |
| 26.10.2015           | <b>1096960,41</b> | <b>819544,96</b> | 0,73                   | 1,47         | 1,65                   |
|                      |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>3,84</b>            |
| číslo bodu           | X [m]             | Y [m]            |                        |              |                        |
| <b>000920102520</b>  | <b>1097215,51</b> | <b>818611,24</b> |                        |              |                        |
| epocha měření        | X [m]             | Y [m]            | rozdíl ΔX[m]           | rozdíl ΔY[m] | polohová odchylka Δ[m] |
| Garmin Dakota 10     |                   |                  |                        |              |                        |
| 24.10.2015           | <b>1097214,34</b> | <b>818609,71</b> | 1,17                   | 1,53         | 1,93                   |
| 25.10.2015           | <b>1097212,50</b> | <b>818609,43</b> | 3,01                   | 1,81         | 3,51                   |
| 26.10.2015           | <b>1097212,50</b> | <b>818609,43</b> | 3,01                   | 1,81         | 3,51                   |
|                      |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>2,98</b>            |
| Trimble R4 - 2       |                   |                  |                        |              |                        |
| 24.10.2015           | <b>1097215,48</b> | <b>818611,28</b> | 0,03                   | -0,04        | 0,05                   |
| 25.10.2015           | <b>1097215,46</b> | <b>818611,24</b> | 0,05                   | 0,00         | 0,05                   |
| 26.10.2015           | <b>1097215,47</b> | <b>818611,26</b> | 0,04                   | -0,02        | 0,04                   |
|                      |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>0,05</b>            |
| MapFactor: Navigator |                   |                  |                        |              |                        |
| 24.10.2015           | <b>1097228,16</b> | <b>818596,73</b> | -12,65                 | 14,51        | 19,25                  |
| 25.10.2015           | <b>1097217,03</b> | <b>818611,88</b> | -1,52                  | -0,64        | 1,65                   |
| 26.10.2015           | <b>1097212,91</b> | <b>818619,37</b> | 2,60                   | -8,13        | 8,54                   |
|                      |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>9,81</b>            |

| číslo bodu                    | X [m]             | Y [m]            |                        |              |                        |
|-------------------------------|-------------------|------------------|------------------------|--------------|------------------------|
| <b>000920102600</b>           | <b>1098678,25</b> | <b>817736,55</b> |                        |              |                        |
| epocha měření                 | X [m]             | Y [m]            | rozdíl ΔX[m]           | rozdíl ΔY[m] | polohová odchylna Δ[m] |
| Garmin Dakota 10              |                   |                  |                        |              |                        |
| 24.10.2015                    | <b>1098676,67</b> | <b>817734,42</b> | 1,58                   | 2,13         | 2,65                   |
| 25.10.2015                    | <b>1098676,49</b> | <b>817735,62</b> | 1,76                   | 0,93         | 2,00                   |
| 26.10.2015                    | <b>1098676,67</b> | <b>817734,42</b> | 1,58                   | 2,13         | 2,65                   |
|                               |                   |                  | Ø polohová odchylna[m] |              | <b>2,43</b>            |
| Trimble R4 - 2                |                   |                  |                        |              |                        |
| 24.10.2015                    | <b>1098678,25</b> | <b>817736,55</b> | 0,00                   | 0,00         | 0,00                   |
| 25.10.2015                    | <b>1098678,26</b> | <b>817736,56</b> | -0,01                  | -0,01        | 0,01                   |
| 26.10.2015                    | <b>1098678,25</b> | <b>817736,56</b> | 0,00                   | -0,01        | 0,01                   |
|                               |                   |                  | Ø polohová odchylna[m] |              | <b>0,01</b>            |
| MapFactor: Navigator          |                   |                  |                        |              |                        |
| 24.10.2015                    | <b>1098666,52</b> | <b>817744,87</b> | -11,73                 | 8,32         | 14,38                  |
| 25.10.2015                    | <b>1098675,98</b> | <b>817730,52</b> | -2,27                  | -6,03        | 6,44                   |
| 26.10.2015                    | <b>1098677,34</b> | <b>817732,83</b> | -0,91                  | -3,72        | 3,83                   |
|                               |                   |                  | Ø polohová odchylna[m] |              | <b>8,22</b>            |
| číslo bodu                    | X [m]             | Y [m]            |                        |              |                        |
| <b>059001300019</b>           | <b>1098614,48</b> | <b>817335,94</b> |                        |              |                        |
| epocha měření                 | X [m]             | Y [m]            | rozdíl ΔX[m]           | rozdíl ΔY[m] | polohová odchylna Δ[m] |
| 27.10.2014                    | X [m]             | Y [m]            | rozdíl ΔX[m]           | rozdíl ΔY[m] | polohová odchylna Δ[m] |
| Garmin Dakota 10              |                   |                  |                        |              |                        |
| 1.etapa                       | <b>1098612,86</b> | <b>817335,40</b> | 1,63                   | 0,54         | 1,71                   |
| 2.etapa                       | <b>1098612,86</b> | <b>817335,40</b> | 1,63                   | 0,54         | 1,71                   |
|                               |                   |                  | Ø polohová odchylna[m] |              | <b>1,71</b>            |
| Trimble R4 - 2                |                   |                  |                        |              |                        |
| 1.etapa                       | <b>1098614,50</b> | <b>817335,91</b> | -0,02                  | 0,03         | 0,04                   |
| 2.etapa                       | <b>1098614,46</b> | <b>817335,98</b> | 0,02                   | -0,04        | 0,04                   |
|                               |                   |                  | Ø polohová odchylna[m] |              | <b>0,04</b>            |
| aplikace MapFactor: Navigator |                   |                  |                        |              |                        |
| 1.etapa                       | <b>1098616,89</b> | <b>817338,14</b> | -2,41                  | -2,20        | 3,26                   |
| 2.etapa                       | <b>1098617,32</b> | <b>817332,41</b> | -2,84                  | 3,53         | 4,53                   |
|                               |                   |                  | Ø polohová odchylna[m] |              | <b>3,89</b>            |



| číslo bodu                    | souřadnice X,Y    |                  |                        |              |                        |
|-------------------------------|-------------------|------------------|------------------------|--------------|------------------------|
| <b>059001300021</b>           | <b>1098616,74</b> | <b>817356,19</b> |                        |              |                        |
| 27.10.2014                    | X [m]             | Y [m]            | rozdíl ΔX[m]           | rozdíl ΔY[m] | polohová odchylka Δ[m] |
| Garmin Dakota 10              |                   |                  |                        |              |                        |
| 1.etapa                       | <b>1098617,50</b> | <b>817354,41</b> | -0,76                  | 1,78         | 1,94                   |
| 2.etapa                       | <b>1098615,85</b> | <b>817352,94</b> | 0,89                   | 3,25         | 3,37                   |
|                               |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>2,66</b>            |
| Trimble R4 - 2                |                   |                  |                        |              |                        |
| 1.etapa                       | <b>1098616,78</b> | <b>817356,18</b> | -0,04                  | 0,01         | 0,04                   |
| 2.etapa                       | <b>1098616,81</b> | <b>817356,18</b> | -0,07                  | 0,01         | 0,07                   |
|                               |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>0,06</b>            |
| aplikace MapFactor: Navigator |                   |                  |                        |              |                        |
| 1.etapa                       | <b>1098617,26</b> | <b>817355,65</b> | -0,52                  | 0,54         | 0,75                   |
| 2.etapa                       | <b>1098615,09</b> | <b>817361,61</b> | 1,65                   | -5,42        | 5,67                   |
|                               |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>3,21</b>            |
| číslo bodu                    | X [m]             | Y [m]            |                        |              |                        |
| <b>059001300028</b>           | <b>1098552,99</b> | <b>817346,25</b> |                        |              |                        |
| 27.10.2014                    | X [m]             | Y [m]            | rozdíl ΔX[m]           | rozdíl ΔY[m] | polohová odchylka Δ[m] |
| Garmin Dakota 10              |                   |                  |                        |              |                        |
| 1.etapa                       | <b>1098551,51</b> | <b>817344,51</b> | 1,48                   | 1,74         | 2,29                   |
| 2.etapa                       | <b>1098551,69</b> | <b>817343,31</b> | 1,30                   | 2,94         | 3,21                   |
|                               |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>2,75</b>            |
| Trimble R4 - 2                |                   |                  |                        |              |                        |
| 1.etapa                       | <b>1098552,97</b> | <b>817346,27</b> | 0,02                   | -0,02        | 0,03                   |
| 2.etapa                       | <b>1098552,93</b> | <b>817346,27</b> | 0,06                   | -0,02        | 0,06                   |
|                               |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>0,05</b>            |
| aplikace MapFactor: Navigator |                   |                  |                        |              |                        |
| 1.etapa                       | <b>1098554,25</b> | <b>817346,75</b> | -1,26                  | -0,50        | 1,35                   |
| 2.etapa                       | <b>1098539,16</b> | <b>817341,56</b> | 13,83                  | 4,69         | 14,61                  |
|                               |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>7,98</b>            |
| číslo bodu                    | X [m]             | Y [m]            |                        |              |                        |
| <b>059001300030</b>           | <b>1098528,42</b> | <b>817343,05</b> |                        |              |                        |
| 27.10.2014                    | X [m]             | Y [m]            | rozdíl ΔX[m]           | rozdíl ΔY[m] | polohová odchylka Δ[m] |
| Garmin Dakota 10              |                   |                  |                        |              |                        |
| 1.etapa                       | <b>1098527,50</b> | <b>817342,12</b> | 0,92                   | 0,93         | 1,31                   |
| 2.etapa                       | <b>1098525,85</b> | <b>817340,65</b> | 2,57                   | 2,40         | 3,52                   |
|                               |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>2,41</b>            |
| Trimble R4 - 2                |                   |                  |                        |              |                        |
| 1.etapa                       | <b>1098528,45</b> | <b>817343,03</b> | -0,03                  | 0,02         | 0,04                   |
| 2.etapa                       | <b>1098528,44</b> | <b>817343,02</b> | -0,02                  | 0,03         | 0,04                   |
|                               |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>0,04</b>            |
| aplikace MapFactor: Navigator |                   |                  |                        |              |                        |
| 1.etapa                       | <b>1098530,78</b> | <b>817343,16</b> | -2,35                  | -0,11        | 2,36                   |
| 2.etapa                       | <b>1098526,14</b> | <b>817345,47</b> | 2,28                   | -2,42        | 3,32                   |
|                               |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>2,84</b>            |

| číslo bodu                    | X [m]             | Y [m]            |                        |              |                        |
|-------------------------------|-------------------|------------------|------------------------|--------------|------------------------|
| <b>059001300031</b>           | <b>1098530,02</b> | <b>817327,85</b> |                        |              |                        |
| 27.10.2014                    | X [m]             | Y [m]            | rozdíl ΔX[m]           | rozdíl ΔY[m] | polohová odchylka Δ[m] |
| Garmin Dakota 10              |                   |                  |                        |              |                        |
| 1.etapa                       | <b>1098529,83</b> | <b>817326,60</b> | 0,19                   | 1,25         | 1,26                   |
| 2.etapa                       | <b>1098530,01</b> | <b>817325,41</b> | 0,01                   | 2,44         | 2,44                   |
|                               |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>1,85</b>            |
| Trimble R4 - 2                |                   |                  |                        |              |                        |
| 1.etapa                       | <b>1098530,04</b> | <b>817327,86</b> | -0,02                  | -0,01        | 0,02                   |
| 2.etapa                       | <b>1098530,04</b> | <b>817327,90</b> | -0,02                  | -0,05        | 0,05                   |
|                               |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>0,04</b>            |
| aplikace MapFactor: Navigator |                   |                  |                        |              |                        |
| 1.etapa                       | <b>1098527,20</b> | <b>817329,84</b> | 2,82                   | -1,99        | 3,45                   |
| 2.etapa                       | <b>1098528,25</b> | <b>817322,81</b> | 1,77                   | 5,04         | 5,34                   |
|                               |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>4,40</b>            |
| číslo bodu                    | X [m]             | Y [m]            |                        |              |                        |
| <b>059001300011</b>           | <b>1098560,05</b> | <b>817331,11</b> |                        |              |                        |
| 27.10.2014                    | X [m]             | Y [m]            | rozdíl ΔX[m]           | rozdíl ΔY[m] | polohová odchylka Δ[m] |
| Garmin Dakota 10              |                   |                  |                        |              |                        |
| 1.etapa                       | <b>1098558,98</b> | <b>817332,19</b> | 1,07                   | -1,08        | 1,52                   |
| 2.etapa                       | <b>1098557,33</b> | <b>817330,72</b> | 2,72                   | 0,39         | 2,75                   |
|                               |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>2,13</b>            |
| Trimble R4 - 2                |                   |                  |                        |              |                        |
| 1.etapa                       | <b>1098560,04</b> | <b>817331,13</b> | 0,01                   | -0,02        | 0,02                   |
| 2.etapa                       | <b>1098560,06</b> | <b>817331,11</b> | -0,01                  | 0,00         | 0,01                   |
|                               |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>0,02</b>            |
| aplikace MapFactor: Navigator |                   |                  |                        |              |                        |
| 1.etapa                       | <b>1098559,17</b> | <b>817330,42</b> | 0,88                   | 0,69         | 1,12                   |
| 2.etapa                       | <b>1098552,06</b> | <b>817330,02</b> | 7,99                   | 1,09         | 8,06                   |
|                               |                   |                  | Ø polohová odchylka[m] |              | <b>4,59</b>            |

## 9.7 Deformace tvaru parcely

### MĚŘENÍ PARCELY Č.1117/2 V K.Ú.KOKOŘOV 1.ETAPA - 27.10.2014



#### Legenda


bod typ GNSS aparatury

-  Garmin
-  MapFactor:Navigator
-  Trimble

Souřadnice KN

-  KN

mapový podklad : katastrální mapa 1 : 2880

 metřů  
0 2,55 10 15 20

1:500



Autor : Bc. Michal Klingr, 2015

MĚŘENÍ PARCELY Č.1117/2 V K.Ú.KOKOŘOV  
2.ETAPA - 27.10.2014



**Legenda**

bod typ GNSS aparatury

- Garmin
- MapFactor:Navigator
- Trimble

**Souřadnice KN**

- KN

mapový podklad : katastrální mapa 1 : 2880

0 2,5 5 10 15 20 metrů

1:500



Autor : Bc. Michal Klingr, 2015