

**Příloha E** (normativní)

**MĚŘENÍ BODŮ ŽBP TECHNOLOGIÍ GNSS**

**ZÁZNAM O ZMĚNÁCH**

Číslo	Účinnost od	Obsah	Datum	Opravit
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

## E.1 SPECIFIKACE

Tato příloha stanovuje postupy a metody měření, výpočtu a vyhodnocení měření technologií GNSS při pracích na ŽBP, kterými se určuje, případně ověřuje, polohová složka ŽBP. Technologií GNSS se zaměřují body PS-ŽBP, případně vybrané body SS-ŽBP, na základě:

- observačních podmínek obzor bez zákrytu a překážek pro příjem signálu z družic (nad úhlem 10°);
- stability a životnosti body ŽBP na objektech (mosty, propustky a jiné rozměrné bet. základy), základní těžké stabilizace i vhodně umístěné kamenné znaky, u kterých se předpokládá dlouhodobá životnost a časová stálost;
- konfigurace bodů ŽBP vhodný výběr bodů ŽBP pro měření technologií GNSS s ohledem na rozmístění bodů ŽBP.

U vybraných bodů ŽBP se technologií GNSS zaměří zeměpisné souřadnice v systému ETRS89 (v realizaci referenčního rámce ETRF2000), které jsou následně převedeny příslušným transformačním klíčem do S-JTSK, který poskytuje příslušný SŽBP.

## E.2 PODKLADY

Výchozí podklady jsou v závislosti na rozsahu měření technologií GNSS geodetické základy a platný transformační klíč. Podklady mohou být upřesněny v projektu ŽBP nebo SŽBP.

### E.2.1 Výchozí geodetické základy

#### E.2.1.1 Sítě permanentních stanic

Výchozím geodetickým základem pro určení polohových souřadnic vybraných bodů ŽBP v systému ETRS89 jsou sítě permanentních stanic GNSS těch poskytovatelů, kteří jsou zapojeni do nezávislého monitoringu permanentních stanic GNSS prováděného VÚGTK, v.v.i. a to za předpokladu, že daná stanice nebo síťová služba má řešení ověřeno a v pořádku.

Technologií GNSS lze pro účel měření na bodech ŽBP přijímat a vyhodnocovat signály z družicových systémů, které jsou podporovány danými poskytovateli sítí permanentních stanic (GPS, Glonass, Galileo, Beidou, případně další).

#### E.2.1.2 Stávající ŽBP

Navázání nové realizace ŽBP, kterou se určují souřadnice ŽBP, musí být provedeno technologií GNSS:

- v případě tvorby nového ŽBP na bodech navazujících platných ŽBP (viz čl. E.3.4),
- v případě údržby nebo obnovy stávajícího ŽBP na stávajících bodech ŽBP spolu s posouzením jejich přesnosti (viz příloha H).

### E.2.2 Transformační klíč

Při zaměřování bodů ŽBP technologií GNSS musí být vždy použit platný transformační klíč pro převod souřadnic ze systému ETRS89 do S-JTSK, který poskytuje a spravuje příslušný SŽBP.

## E.3 TECHNICKÉ POŽADAVKY

### E.3.1 Metody měření

Požadavky na metody měření, které se realizují podle požadavků na přesnost (čl. E.3.2) odpovídajícím přístrojovým vybavením (čl. E.3.5).

- 1) RTK – metoda určení absolutní polohy observovaného bodu v reálném čase pomocí připojení k základnové stanici (permanentní, vlastní) pomocí zvolené služby a řešení nabízeného poskytovateli permanentních sítí.
- 2) Rychlá statická – Metoda určení absolutní polohy observovaného bodu post-procesním zpracováním měření (v kanceláři) pomocí observačních dat ze základnové stanice (permanentní, vlastní). Výpočet se provádí z korekčních dat (ve formátu RINEX) po skončení měření.
- 3) Statická – dlouhá observace (> 2 hodiny) dle pravidel pro rychlou statickou metodu.

### E.3.2 Kritéria přesnosti

Pro měření technologií GNSS jsou základní kritéria uvedena v čl. 6.2 základního předpisu.

Dále jsou stanovena kritéria pro posouzení přesnosti provádění měření technologií GNSS na bodech ŽBP dle čl. E.3.2.1 a E.3.2.2, kdy Splnění těchto kritérií musí být protokolárně doložené v rámci dokumentace ŽBP.

#### E.3.2.1 Kritéria přesnosti při měření

Při měření v terénu musí být dodrženy pro danou metodu požadavky dle tabulky E.1, které musí být protokolovány v dokumentaci k zakázce.

**Tab. E.1 – Kritéria pro měření GNSS**

Metoda	RTK	rychlá statická	Statika
čas měření	≥ 5 min.	≥ 20 min.	≥ 120 min.
interval záznamu	1 s	10 s	10 s
počet družic	≥ 10	≥ 6	≥ 6
PDOP (GDOP)	≤ 2.0	≤ 4.0	≤ 4.0
počet opakování	3 x	2 x	1 x
rozestup měření (t)	1,5 h	2 h	-

Časový rozestup měření (t) se plánuje tak, aby byl mezi jednotlivými začátky observací na témže bodě časový rozestup  $\geq t$  (h). Pro dlouhodobé plánování obecně platí, že další měření nesmí být provedeny v čase vůči předchozím měřením v intervalu:  $< -t + n \times k ; n \times k + t >$ , kdy pro GPS  $n = 23,9333$  h, GLONASS  $n = 22,5000$  h, Galileo  $n = 28,1666$  h a BeiDou (Compass)  $n = 25,6666$  h, pro t (h) se volí u RTK metody 1,5, pro rychlou statiku 2, k = počet dní.

Úhel elevační masky se volí v rozmezí 10° - 15°. Pro statická data se volí obvykle úhel 10°, kdy při výpočtu lze zvýšením úhlu hodnoty úhlu elevační masky filtrovat získaná data.

#### E.3.2.2 Kritéria přesnosti po měření

Základním kritériem přesnosti je polohový rozdíl nezávislé dvojice měření ( $\Delta p$ ) nebo polohová odchylka od průměru při 3 a více měření ( $\Delta o$ ) na vybraném bodě ŽBP, kdy musí být pro všechny body splněno:

- $\Delta p \leq 18 \text{ mm}$
- $\Delta o \leq 15 \text{ mm}$

V případě nesplnění této podmínky je nutné provést další nezávislé měření na daném bodě.

### E.3.3 Ověření kvality služeb sítí permanentních stanic

U každého GNSS měření připojeného do sítě permanentních stanic se ověřuje kvalita služeb konkrétního použitého poskytovatele služeb v době daného měření a pro danou službu nebo permanentní stanici. Nezávislý monitoring permanentních stanic naleznete na stránkách: <http://oko.pecny.cz/monitor/>

Pro použití vybrané sítě permanentních stanic nebo konkrétní permanentní stanice musí být dané řešení v pořádku a ověřeno.

### E.3.4 Ověření homogenity navazujících ŽBP

Platí při tvorbě nového ŽBP, kdy se ověřuje homogenita navazujících ŽBP. Pro obnovu ŽBP platí požadavky na homogenitu uvedené v příloze H.

V oblasti s navazujícím ŽBP se ověří homogenita absolutní polohy stávajícího navazujícího ŽBP a nově zřizované pomocí technologie GNSS. Ověření je nutné provést minimálně na jednom bodě navazujícího ŽBP s vhodnými podmínkami pro observaci GNSS a s trvalou a pevnou stabilizací při použití platného transformačního klíče pro nově zřizované ŽBP.

Geometrický základ nově zřizovaného systému ŽBP je homogenní, pokud polohová odchylka mezi novými a původními souřadnicemi testovaného bodu v navazujícím úseku je menší než **30 mm** a příčná odchylka (ke koleji, směrově v místě styku trans. klíčů) menší než **20 mm**.

V případě, že dojde k překročení uvedených odchylek, je nutné provést nápravu a to buď úpravou transformačního klíče pro nově budované ŽBP nebo úpravou navazujících ŽBP tak, aby odchylky byly dodrženy.

### E.3.5 Přístrojové vybavení

GNSS dvoufrekvenční aparatura s platným kalibračním listem nebo platným protokolem ověření GNSS komplexu dle přílohy D, která umožňuje přijímat signály alespoň ze dvou globálních družicových systémů pro přesné určování polohy. Kalibračním listem nebo protokolem ověření musí být doloženo, že střední souřadnicová odchylka aparatury je  $\leq 5$  mm.

Pro centraci GNSS aparatury se používají jen ty pomůcky, které zaručují přesnost centrace  $\leq 2$  mm.

## E.4 TERÉNNÍ MĚŘENÍ

Měření, kterým se určují nebo kontrolují body ŽBP, musí být vždy připojeno do sítě permanentních stanic.

Měření lze realizovat více způsoby v závislosti na počtu používaných aparatur, konfigurace sítí permanentních stanic a podmínkách měření.

Výpočet se provádí v příslušném SW (polním nebo kancelářským) a zahrnuje určení absolutních zeměpisných souřadnic v systému ETRS89 a transformaci do S-JTSK.

Základní způsob určení polohy bodu ŽBP je měření metodou RTK a využití služby síťového výpočtu (VRS). V tabulce E.2 a dále pak v čl. E.4.1 a E.4.2 jsou popsány další možné řešení určení bodu ŽBP technologií GNSS.

Při měření lze zvolit službu příjmu a zpracování korekcí v závislosti na řešení daného poskytovatele sítí permanentních stanic a způsobu vyhodnocení:

- 1) **připojení k nejbližší nebo vybrané permanentní stanici** – řešení se volí pouze v případě, pokud stanice není vzdálená od místa observace více než **20 km**. Doporučeno volit v případě zhoršené kvality síťového řešení.
- 2) **virtuální referenční stanici (VRS)** – určení síťovým výpočtem z nejbližších permanentních stanic, kdy poloha virtuální referenční stanice musí být vždy generována tak, aby vzdálenost k observovanému bodu nepřekročila 10 km. Doporučuje se volit vhodného poskytovatele služeb podle místní polohy a konfigurace permanentních stanic.

**Tab. E.2 – Způsoby určení polohy bodu technologií GNSS**

Způsob vyhodnocení	Metoda měření a výpočetní služba	min. počet aparatur	způsob připojení (geometrický základ)
<b>V reálném čase</b>	<b>RTK</b> - síťové řešení (VRS) - nejbližší permanentní stanice	1	síť permanentních stanic CZEPOS, VRSNOW, TOPNET, GEOORBIT
<b>Po skončení prací</b>	<b>rychlá statická, statická</b> - síťové řešení (VRS) - nejbližší permanentní stanice	1	síť permanentních stanic CZEPOS, VRSNOW, TOPNET, GEOORBIT
<b>Kombinované metody</b>	<b>RTK, rychlá statická, statická</b> síťové řešení (VRS) - nejbližší permanentní stanice	2 a více	síť permanentních stanic CZEPOS, VRSNOW, TOPNET, GEOORBIT

#### E.4.1 Měření s vyhodnocením v reálném čase

Měření metodou RTK se provádí pouze při fixovaném řešení, kdy se aparatura nechá minimálně 30 sekund po fixaci ustálit (doporučeno 60 sekund a více). Poté se zahájí záznam dat, kdy se měření ukládá vždy jako vektor (s vazbou na základnu).

V případě, že měření nelze realizovat souvisle i s ohledem na splnění daných parametrů pro měření, doporučuje se observaci na bodě provádět statickými metodami.

#### E.4.2 Měření s vyhodnocením po skončení prací

Statická (rychlá statická) měření prováděné bez korekčních dat a bez připojení k sítím permanentních stanic, kdy se souřadnice měřeného bodu určují až po skončení měření (**postprocessing**). Výpočet se provádí až na základě korekčních dat stažených od příslušného poskytovatele těchto služeb.

Pro určení souřadnic se pro každou observaci na bodě volí:

- rozdílná konfigurace síťového řešení,
- různé permanentní stanice v případě většího počtu blízkých permanentních stanic (do 20 km) od místa observace,
- kombinace obou předchozích, pokud to konfigurace sítě permanentních stanic umožňuje.

Doporučuje se, aby pro postprocessing byla použita nadbytečná korekční data z více referenčních nebo permanentních stanic. Tím je zajištěna robustnost řešení a odstranění případných chyb při vyhodnocování.

#### E.4.3 Kombinované metody měření a vyhodnocení technologií GNSS

Při využití 2 a více aparatur GNSS lze využívat vlastní referenční stanici (základnu) nebo i sítě těchto stanic. Tyto metody slouží především pro zajištění vyšší vnitřní (relativní) přesnosti sítě, včetně dosažení vyšší přesnosti relativních převýšení roveru vůči vlastní referenční stanici (základně). Vzdálenost observovaného bodu (roveru) od vlastní referenční stanice by tudíž neměla překročit hodnotu jednotek kilometrů (maximální vzdálenost platí jako u VRS – viz kapitola E.4 bod 2).

Využití těchto metod je především v rámci budování vytyčovacích sítí a mikrosítí. Způsob použití a konfigurace kombinovaných metod měření technologiemi GNSS na ŽBP je vhodné konzultovat s příslušným SŽBP.

Jako vlastní referenční stanici (základnu) lze volit bod o známých souřadnicích (bod stávajícího ŽBP, státních bodových polí nebo VS) nebo bod, kterému se souřadnice určují.

V případě měření delšího úseku trati, kdy je potřeba pro měření většího počtu základen, se rozsah měření z jednotlivých základen volí tak, aby nebyl totožný s observacemi z jiné základny a tedy jednotlivé observace a základny musí být mezi sebou provázány a překrývat se.

##### E.4.3.1 Základna o známých souřadnicích

Využívají se body s trvalou stabilizací s měřenými souřadnicemi v systému ETRS89. Většinou se jedná o body státních bodových polí, případně lze využít body ŽBP nebo VS, u kterých byly původní souřadnice získány odpovídající předchozí observací na bodě.

Poloha bodů musí být ověřena observací statickou metodou na bodě (dle podmínek v čl. E.3.2), kdy polohová odchylka mezi nově určenými a původními hodnotami nesmí překročit 14 mm. Pokud polohová odchylka překročí stanovenou hodnotu, poloha bodu se určí znovu dle čl. E.4.3.2.

##### E.4.3.2 Základna bez známých souřadnic

Body s trvalou i dočasnou stabilizací, jejichž souřadnice v systému ETRS se určí statickou metodou (min. 2 h observace, doporučena 4–6 h observace). Výpočet je proveden připojením do sítě permanentních stanic dle podmínek uvedených v této příloze.

Provádí se pomocí metod měření, výpočetními službami a řešeními, které zprostředkovávají poskytovatelé sítí permanentních stanic.

## **E.5 VÝPOČET A ZPRACOVÁNÍ**

Výsledné souřadnice se vždy počítají průměrem ze všech měření na daném bodě (obvykle prostým průměrem, váženým lze použít jen v případě výpočtu v geodetickém výpočetním programu), kdy musí být splněna kritéria dle čl. E.3.2.2.

Konečné souřadnice v S-JTSK se získávají převodem zeměpisných souřadnic v systému ETRS89 příslušným transformačním klíčem, který stanovuje a předává SŽBP.

Zpracovatel protokolárně dokládá splnění kritérií přesnosti a požadavků dle čl. E.3.2 a E.3.3, případně E.3.4. Zpracování se provádí v souladu s provedeným terénním měřením.

## **E.6 FORMA PŘEDÁNÍ**

Elaborát měření a zpracování technologie GNSS, který je předáván příslušnému SŽBP, je součástí dokumentace ŽBP podle přílohy I (Dokumentace ŽBP).

Výsledný elaborátu GNSS měření musí obsahovat:

a) Popis měření a vyhodnocení technologie GNSS (v technické zprávě):

- informace o použité přístrojové technice,
- časové údaje měření a informace o průběhu samotného měření,
- použité metody měření,
- informace o použitých výpočetních programech a způsobu provedení výpočtu,
- jména osob podílejících se na realizaci GNSS měření a vyhodnocení.

b) Podklady

- platné transformační klíče pro danou lokalitu

c) měřená data GNSS

- originální soubory a projekty,
- editované soubory a projekty,
- protokoly měření s observačními parametry.

d) výpočetní protokoly

- protokoly výpočtu observací na bodech ŽBP (u statické a rychlé statické metody),
- protokoly splnění požadavku observací na bodech
- protokoly průměrování měření na bodech (deklarování splnění kritérií),
- seznam souřadnic (polohových a přibližných výšek) v S-JTSK a systému ETRS89 a Bpv určených bodů ŽBP.

**Ověřovací doložka konverze dokumentu**

Ověřuji pod pořadovým číslem **2816052**, že tento dokument, který vznikl převedením vstupu v listinné podobě do podoby elektronické, skládající se z **6** listů, se doslovně shoduje s obsahem vstupu.

Ověřující osoba: **Jiří RÖSCHL**

Vystavil: **Správa železnic, státní organizace**

Datum: **01.07.2022 08:15:02**



67afcd97-445c-42cc-817e-56c5e3846879