

# NIEKOĽKO POZNATKOV K SPRACOVANIU MERANÍ POSTPROCESINGOM S VYUŽITÍM **SKPOS**<sup>®</sup>

## A FEW REMARKS CONCERNING GNSS DATA POSTPROCESSING USING **SKPOS**<sup>®</sup>

Emília Havlíková<sup>1</sup>, Branislav Droščák<sup>2</sup>

### Abstract

Commercial surveyors used to send directly to Geodetic Control Analysis section situated at GKU their requests concerning the **SKPOS**<sup>®</sup> usage in the post processing mode. Sometimes, it is impossible for **SKPOS**<sup>®</sup> user to do RTK field measurements so he is forced to find another solution for precise point coordinates determination. One solution is to use static method and do the coordinate determination by post-processing using **SKPOS**<sup>®</sup> virtual RINEX files. Another solution is to use kinematic method with the same post-processing method. The article below describes both those methodologies and provides some advice about how to process data from static or kinematic measurement using **SKPOS**<sup>®</sup> VRS files and underlines requirements which the surveyor should follow.

### Kľúčové slová

**SKPOS**<sup>®</sup>, statická metóda, postprocesing, VRS.

## 1 ÚVOD

Na oddelenie Analýz geodetických základov na Geodetický a kartografický ústav Bratislava (ďalej GKÚ) prichádzajú od komerčných geodetov sporadicky žiadosti o pomoc pri riešení problémov súvisiacich s využitím technológií Globálnych navigačných družicových systémov (ďalej GNSS). Týkajú sa pripájania meraní na Slovenskú priestorovú observačnú službu (ďalej **SKPOS**<sup>®</sup>) mimo kinematického merania v reálnom čase (ďalej RTK). Najčastejšou z prichádzajúcich otázok je dopyt na postup v prípadoch, ak meranie nie je možné vykonať metódou RTK. V príspevku sme sa preto rozhodli načrtnúť niekoľko možností, ako takúto situáciu s využitím služby **SKPOS**<sup>®</sup> s výhodou riešiť. Zároveň ale upozorňujeme, že cieľom príspevku nie je podanie návodu ako vykonávať meranie v teréne, ale skôr poskytnúť niekoľko užitočných rád, ako používať alternatívne spôsoby merania a spracovania.

## 2 VYUŽITIE POSTPROCESINGOVÝCH METÓD

V teréne nastáva z času na čas situácia, kedy nie je možné určiť priestorové súradnice bodov metódou RTK. Stáva sa to napríklad v prípadoch, keď:

---

<sup>1</sup> Ing. Emília Havlíková, Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, 827 45 Bratislava, tel. +421 2 2081 6250, emilia.havlikova@skgeodesy.sk.

<sup>2</sup> Ing. Branislav Droščák, PhD., Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, 827 45 Bratislava, tel. +421 2 2081 6239, branislav.droscak@skgeodesy.sk.

- nie je dostupný signál žiadneho mobilného operátora, prostredníctvom ktorého sa je možné pripojiť do SKPOS<sup>®</sup> (napr. slabé pokrytie signálom v hraničných pásmach),
- merané body sú na miestach so zákrytom, teda nie je dostupný dostatočný počet družíc potrebných k spracovaniu meraní,
- polohová služba je z rôznych dôvodov nedostupná,
- modem používateľovho prijímača je pokazený, alebo nefunkčný,
- iné.

Vo všetkých týchto prípadoch je jedinou možnosťou, ako merať a určovať súradnice - využitie dodatočného spracovania údajov, tzv. postprocesing. Touto formou je možné spracovať merania vykonané statickou (rozumej ďalej v texte aj rýchlou statickou) metódou, alebo aj kinematickým spôsobom. V prípade dodatočného spracovania statických meraní hovoríme o statickom postprocessingu v prípade kinematických meraní o metóde postprocessing kinematics (ďalej PPK). Všetky postprocesingové spracovania sa vykonávajú po skončení meraní softvérom, ktorý poskytuje takmer každý významnejší výrobca prijímačov GNSS.

### 3 DODATOČNÉ SPRACOVANIE STATICKÝCH MERANÍ

#### 3.1 Statická metóda merania

Statická metóda je jednou z prvých metód používaných na presné merania s využitím GNSS. Metóda spočíva v kontinuálnom observovaní na bode, pričom dochádza k ukladaniu nameraných údajov do pamäte prijímača. Observácia na bode môže trvať, v závislosti od podmienok merania a požadovanej presnosti, niekoľko minút, hodín, prípadne niekoľko dní. V čase, keď nebola ešte k dispozícii polohová služba SKPOS<sup>®</sup>, potreboval zememerač pre použitie statickej metódy minimálne dve aparatúry GNSS. Jednou súpravou observoval na známom referenčnom bode, tzv. báze a druhou súpravou observoval na bodoch, ktorých súradnice potreboval určiť. Namerané dáta dodatočne spracoval postprocesingom. Dnes, keď sa vo veľkej miere používa metóda RTK s pripojením na službu SKPOS<sup>®</sup>, používanie statickej metódy takmer vymizlo. Z vlastných skúsenosti môžeme dokonca povedať, že noví používatelia služby SKPOS<sup>®</sup> takýmto spôsobom merania nepoznajú. Napriek týmto skutočnostiam si ale dovoľujeme povedať, že statická metóda a iné postprocesingové metódy, majú v geodézii stále svoje uplatnenie a to najmä v prípadoch, ktoré sme uviedli v predchádzajúcej kapitole.

##### 3.1.1 Odporúčania pri meraní statickou metódou

Zásady pri meraní statickou metódou na tvorbu podrobných geodetických bodov (ďalej PGB) sa nachádzajú v Prílohe č.1 vyhlášky 300/2009 Z.z. (UGKK, 2009). Z našich skúsenosti si dovoľíme uvedené informácie ešte rozšíriť a podmienky pre statické meranie definovať nasledovne:

- odporúčaná dĺžka observácie pri použití statickej metódy:
  - 20-30 minút observácie – ak sú kvalitné podmienky na meranie a body sú bez zákrytu,

- 30-50 minút observácie – ak je nad bodom zákryt, pričom je myslené kontinuálne neprerušené meranie s minimálnym počtom 4 prijímaných družíc,
- viac ako 60 minút observácie - ak je bod s veľkým zákrytom, alebo ak je požadovaná vyššia presnosť určenia bodu (stále predpokladáme kontinuálne neprerušené meranie s minimálnym počtom 4 prijímaných družíc),
- parameter PDOP by nemal prekročiť hodnotu 4. Zo skúsenosti platí, že čím je PDOP nižší, tým je vyššia presnosť výsledných súradníc,
- používať interval záznamu 5-10 sekúnd. Pri observácii dlhšej ako 40 minút a dobrých observačných podmienkach (bod je s malým, alebo žiadnym zákrytom), môže byť interval záznamu vyšší, napr. 15 sekúnd. Všeobecne platí, že čím je interval záznamu nižší, tým je väčší predpoklad, že výsledné súradnice budú spoľahlivejšie určené.

### 3.2 Využitie služby SKPOS® pri dodatočnom spracovaní statických meraní

Výhodou používania statickej metódy dnes v porovnaní s minulosťou je v tom, že úlohu aparatury GNSS, umiestňovanej na referenčnom bode, možno nahradiť virtuálnou referenčnou stanicou (ďalej VRS), ktorú je možnosť vygenerovať napr. v tvare RINEX z webového portálu služby SKPOS® ([www.skpos.gku.sk](http://www.skpos.gku.sk)) podľa vlastnej potreby. V teréne teda meračovi pre spracovanie statických údajov postprocesingom stačí iba jedna aparatura GNSS a v kancelárii postprocesingový softvér a založené konto umožňujúce generovanie dát z SKPOS®.

#### 3.2.1 Virtuálna referenčná stanica pre postprocesing

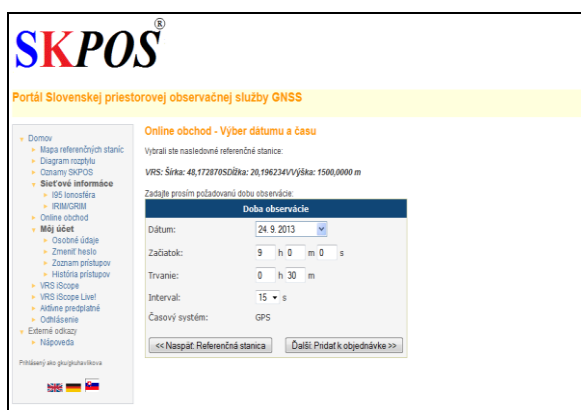
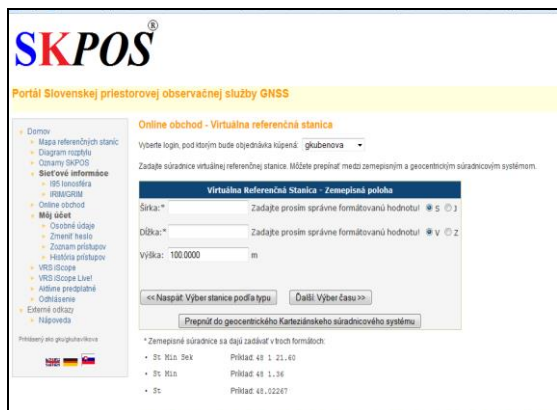
Prvým krokom, pri spracovaní údajov zo statického merania, je import dát z určovanej a referenčnej stanice do vhodného softvéru. Úlohu referenčnej stanice v tomto prípade plní virtuálna referenčná stanica (ďalej VRS pre PP), ktorú si každý zaregistrovaný používateľ SKPOS® má možnosť vygenerovať z portálu SKPOS® po prihlásení v záložke on-line obchod (obr.1). Polohu VRS pre PP spracovateľ určí podľa vlastnej úvahy a údaje ma možnosť vygenerovať v tvare RINEX 2.11, T02, DAT, alebo v iných formátoch.

The screenshot shows the SKPOS website interface. At the top left is the SKPOS logo. Below it is the text 'Portál Slovenskej priestorovej observačnej služby GNSS'. On the right is the GGU logo. The main content area is titled 'Online obchod - Prehľad'. Below this title is a 'Začať novú objednávku' button. A dropdown menu shows 'Disponibilné neshabané objednávky'. Below this is a table with the following columns: 'Id', 'Požadovaný čas (minutný čas)', 'Položky', 'Stav', 'Veľkosť súboru', and 'Akcia'.

Id	Požadovaný čas (minutný čas)	Položky	Stav	Veľkosť súboru	Akcia
17	16. 11. 2011 14:01:14	2	Objednané	129 KB	
21	21. 11. 2011 10:58:34	1	Objednané	1,2 MB	
33	7. 12. 2011 13:15:25	1	Objednané	20 KB	
56	25. 4. 2012 9:21:18	1	Objednané	945 KB	
64	27. 4. 2012 10:47:21	1	Objednané	578 KB	
65	27. 4. 2012 11:58:50	1	Objednané	2,1 MB	
67	27. 4. 2012 12:12:31	1	Objednané	3,0 MB	
110	17. 7. 2012 13:20:48	1	Objednané	1,4 MB	
122	23. 7. 2012 14:21:52	1	Objednané	132 KB	
123	23. 7. 2012 14:22:20	1	Objednané	110 KB	

Obr. 1 Záložka on-line obchodu portálu SKPOS®.

Polohu, dátum, dĺžku observácie a interval záznamu VRS pre PP volí spracovateľ v jednotlivých krokoch po spustení novej objednávky. Súradnice treba zadávať v priestorovom súradnicovom systéme ETRS89 (obr. 2).



**Obr. 2** Nastavenie VRS pre PP v záložke on-line obchod na portáli SKPOS®.

Zo skúseností odporúčame voliť VRS pre PP v univerzálnom tvare RINEX, aby mohol spracovateľ súbor bez problémov načítať do ľubovoľného postprocesingového softvéru, ale aj aby dokázal skontrolovať obsah vygenerovaných údajov. Bližšie informácie o formáte RINEX je možné získať z „nápovedy“ dostupnej na webovej stránke [www.skpos.gku.sk](http://www.skpos.gku.sk). Hlavička vygenerovaného RINEX súborov VRS pre PP obsahuje údaje najbližšej stanice SKPOS®, a ako výšku antény nad bodom má nastavenú hodnotu 0.000m. Tieto údaje netreba meniť. Ukážka súboru RINEX VRS pre PP vygenerovaného v rámci služby SKPOS® sa nachádza na Obr. 3.

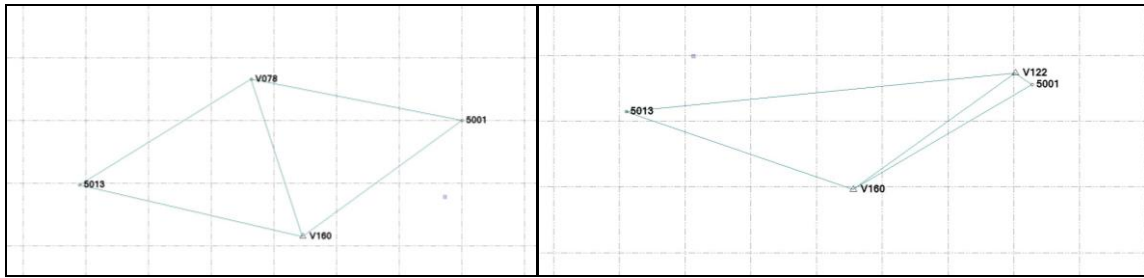
TPP	2.11	OBSERVATION DATA	M (MIXED)	RINEX VERSION / TYPE							
V078		Reference data	Shop 19-SEP-13 13:23	POW / RUN BY / DATE							
4074317.0841	1252277.8587	4728946.5147		MARKER NAME							
1	0.0000	0.0000		MARKER NUMBER							
14	C1	P1	L1	D1	S1	C2	P2	L2	D2	# / TYPE OF OBSERV	
1.000	S2	C3	L3	D3	S3					# / TYPE OF OBSERV	
0										INTERVAL	
16										RCV CLOCK OFFS APPL	
2013	08	01	14	30	00.0000000	GPS				LEAP SECONDS	
13	08	01	14	30	0.0000000	0	1560560616621625629631803R04R09R10R11	0.000000000		TIME OF FIRST OBS	
										END OF HEADER	
23867414.353					125424055.99316					-1345.480	42.400
23867421.382					97733190.04617					-1048.426	26.700
24034324.480					126301188.98715					3057.723	41.400
					98416619.33816					2382.641	21.300
22822157.848					119931271.59517					2992.754	47.200
					93452995.98717					2332.016	28.800
21293383.435					111897537.73517					1419.852	48.000
					87193056.57718					1106.379	36.000
23391316.797					122922193.62416					-3486.023	44.000
23391326.389					95783609.50517					-2716.383	27.000
23391327.723					-2609.229					46.800	
21167210.666					111234516.80617					-1942.141	49.600
21167216.321					86676334.92318					-1513.355	40.000
22828072.375					119962334.38617					-2774.445	49.000
22828078.725					93477199.25718					-2101.906	33.600

**Obr. 3** Ukážka vygenerovaného súboru VRS pre PP v tvare RINEX.

### 3.2.2 Zásady generovania virtuálnej referenčnej stanice pre postprocesing

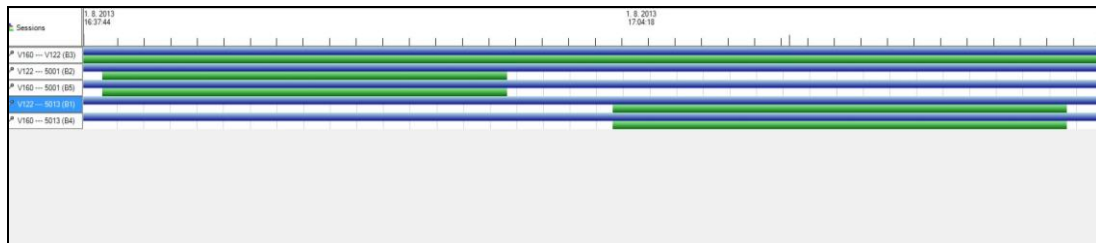
Pri generovaní VRS pre PP z portálu služby SKPOS® odporúčame dodržiavať z vlastných skúseností nasledovné zásady:

- pre každé spracovanie generovať minimálne dve VRS pre PP (zabezpečí sa tým vyššia spoľahlivosť spracovania určených bodov a v prípade spracovávania iba jedného určeného bodu môžeme použiť aj funkciu vyrovnania siete),
- vzdialenosť VRS pre PP od určených bodov voliť v rozmedzí 100m až 5 km,
- polohu VRS pre PP voliť tak, aby vytvárala s určenými bodmi vhodnú konfiguráciu napr. (obr.4 vľavo). V prípade nevhodne zvolenej konfigurácii (obr.4 vpravo) môže dôjsť k zníženiu kvality vypočítaných súradníc,



**Obr. 4** Správne (naľavo) a nesprávne (napravo) zvolené polohy VRS pre PP.

- čas a dĺžku virtuálneho RINEX súboru (VRS pre PP) voliť tak, aby začiatok a dĺžka observácie VRS pre PP bola totožná so začiatkom a dĺžkou observácie určovaného bodu. Tu si Vás dovoľíme upozorniť, že portál služby SKPOS<sup>®</sup> pracuje v systémovom čase GPS, takže časové údaje treba prepočítavať na GMT čas (GMT = SEČ+1hod resp. SEČL+2hod). V prípade, že určujete viac bodov v krátkom časovom období, odporúčame generovať súbory RINEX VRS pre PP tak, aby pokrývali celé obdobie naraz (obr. 5),



**Obr. 5** Príklad prekrytia virtuálneho súboru RINEX cez viacero meraní.

- interval záznamu VRS pre PP voliť rovnaký, ako je interval záznamu určovaného bodu, t.j. napr. 1, 5, 10, 15, 30 sekúnd,
- výšku VRS pre PP voliť približne rovnakú, ako je výška určovaného bodu. V prípade použitia významne odlišnej výšky môže dôjsť k značnej chybe v odhadnutej výškovej súradnici,
- v prípade, že sa určované body nachádzajú v blízkosti niektorej z permanentných staníc SKPOS<sup>®</sup>, je vhodné ako referenčný bod zvoliť túto stanicu.

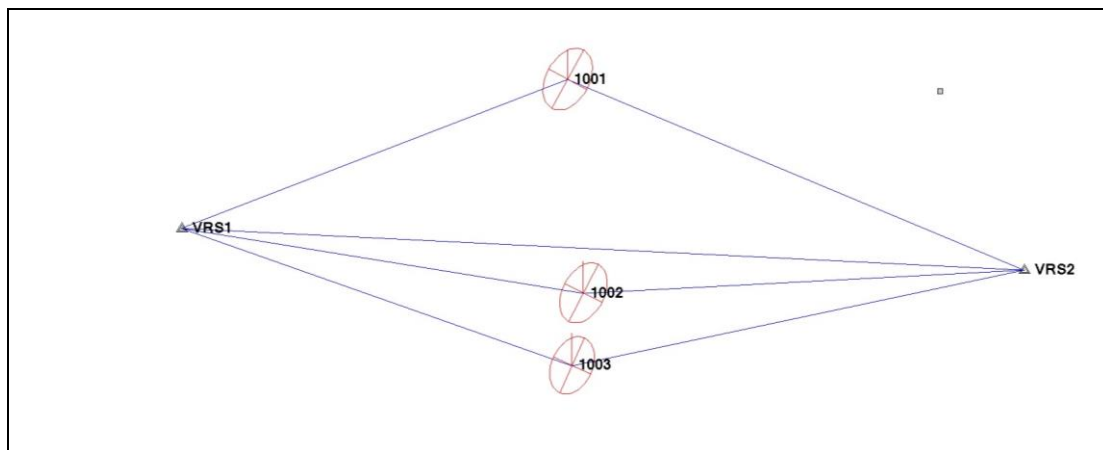
### 3.2.3 Pár poznatkov k spracovaniu základníc a vyrovnaniu siete

Po založení projektu v PP softvéri a importovaní všetkých observačných súborov z určených bodov a vygenerovaných virtuálnych súborov RINEX VRS pre PP, možno pristúpiť k vlastnému spracovaniu t.j. výpočtu základníc. Niektoré PP softvéry ponúkajú v tomto kroku možnosť voľby, a to výpočet iba nezávislých základníc alebo výpočet všetkých základníc napr. softvér Trimble Business Center (TRIMBLE, 2013). Pokiaľ plánujeme spracované základnice aj ďalej vyrovnávať ako sieť, tak odporúčame zvoliť výpočet všetkých základníc. Pri zvolení iba nezávislých základníc nebude možné sieť neskôr vyrovnávať.

Pri spracovávaní základníc je potrebné fixovať súradnice minimálne jedného generovaného bodu VRS pre PP. Týmto zabezpečíme, že súradnice všetkých bodov, už po spracovaní základníc, budú v platnej realizácii súradnicového systému ETRS89 v súlade s platnou legislatívou rovnako, ako fixovaný bod VRS pre PP. Ak by sme tento krok opomenuli,

vypočítané vektory by boli síce správne, ale súradnice bodov by neboli v ETRS89, čo by sa neskôr prejavilo pri vyrovnávaní siete ich posunom do ETRS89 chybovým hlásením.

K vyrovnaniu siete pristupujeme v prípade, že spracované základnice tvoria navzájom prepojenú štruktúru t.j. sieť. Pred samotným vyrovnaním siete je potrebné najprv skontrolovať prípadné chybové hlásenia a odstrániť z výpočtu chybné základnice. Následne pristúpime k vykonaniu vyrovnania tzv. voľnej siete, pričom ponecháme fixovaný rovnaký referenčný bod, ktorý bol použitý na fixovanie pri výpočte základníc. Po skontrolovaní výsledku a odstránení prípadných chýb odporúčame fixovať aj ďalšie body VRS pre PP. Výsledkom budú priestorové súradnice určených bodov v súradnicovom systéme ETRS89 aj s elipsami chýb (obr.6). Podľa elíps vieme posúdiť vnútornú presnosť určených bodov a rozhodnúť, či sú vypočítané súradnice vhodné pre účel ktorý potrebujeme.



**Obr. 6** Ukážka vyrovnanej siete z dvoma fixovanými referenčnými bodmi VRS.

## 4 DODATOČNÉ SPRACOVANIE KINEMATICKÝCH MERANÍ

Ďalšiu významnú metódu, ktorou je možné nahradiť meranie s RTK v prípade nemožnosti jeho on-line použitia (viď. príčiny uvedené v kapitole 2), predstavuje dodatočné spracovanie kinematických meraní. Ide o metódu, kedy je merač počas celého vykonávania merania v pohybe (meria tak akoby meral metódou RTK), avšak podmienkou je, že počas merania nesmie určitý (dostatočne dlhý) čas stratiť signál z družíc a musí mať v roveri zapnutý mód merania PPK. Potreba dostatočne dlhého neprerušeného signálu je z dôvodu zabezpečenia minimálneho času potrebného na výpočet ambiguit t.j. korektného spracovania meraní.

### 4.3 Odporúčania pre merania kinematickou metódou PPK

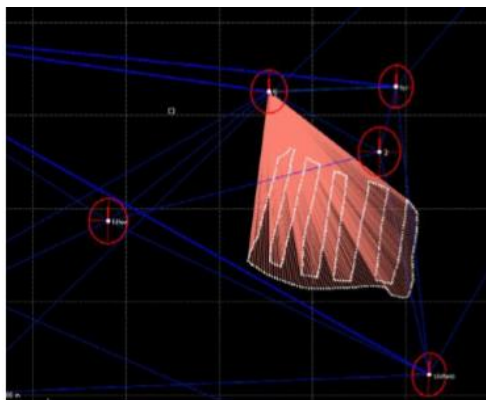
Zo skúseností s využívaním metódy PPK pri mapovaní, alebo určovaní PGB odporúčame nasledovné:

- observácie na jednotlivých bodoch vykonávať s rovnakou alebo väčšou dĺžkou ako pri používaní metódy RTK,
- nepretržitý signál udržiavať minimálne 20 min t.j. počas presunov medzi bodmi sa vyhýbať miestam, kde by mohlo dôjsť k strate signálu a zároveň udržiavať rover s anténou vo zvislej polohe (nenosiť anténu na pleci),
- používať sekundový interval záznamu tak ako pri RTK,

- v prípade možnosti začať meranie vždy na známom bode t.j. na bode so známymi súradnicami v systéme ETRS89. V prípade nutnosti takýto bod najprv pomocou statického merania určiť,
- podľa možnosti observovať na známych bodoch aj v priebehu merania PPK (takýto bod možno pri PP spracovaní fixovať, alebo kontrolovať na ňom kvalitu vykonaného merania),
- pri dlhšom meraní z času na čas (cca 1x za 30-50min) prerušiť PPK meranie a spustiť nové s cieľom určiť nové ambiguity.

#### 4.4 Metodika spracovania PPK meraní postprocesingovým softvérom

Postup pri spracovaní PPK meraní PP softvérom je rovnaký ako pri spracovaní údajov získaných statickou metódou. Najprv si pre oblasť v ktorom bolo vykonávané PPK meranie vygenerujeme z portálu služby SKPOS<sup>®</sup> VRS pre PP, ktoré následne spolu s „meračkou PPK“ načítame do vytvoreného projektu v PP softvéri. V ďalšom kroku spustíme spracovanie základníc a vyrovnanie siete, pričom zafixujeme referenčný bod VRS pre PP. Výsledkom je výpočet určených bodov so zobrazením chybových elíps, ale aj so zobrazením trajektórie, kadiaľ sa prijímač počas merania pohyboval (vid'. obr.7).



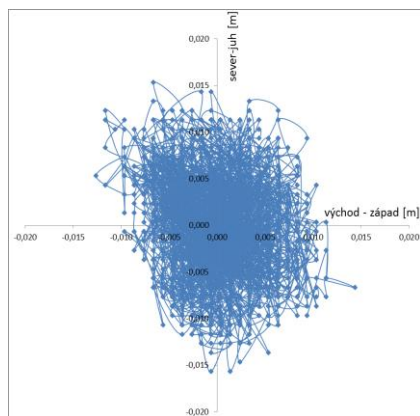
**Obr. 7** Ukážka spracovania merania PPK v postprocesingovom softvéry.

Čiastočnou nevýhodou metódy PPK je, že niektoré merané body nemusia mať požadovanú kvalitu a musia byť znovu zamerané, čo spracovateľ zistí až v kancelárii a nie v teréne.

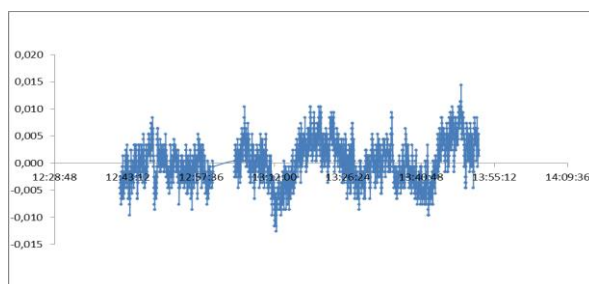
### 5 INÉ FORMY POUŽITIA POSTPROCESINGOVÉHO SOFTVÉRU

Medzi ďalšie formy použitia PP softvéru možno zaradiť výpočet resp. zobrazenie polohy určeného bodu v každej epoche merania statickou metódou. K takémuto použitiu PP softvéru pristupujeme v prípade, ak chceme presnejšie posúdiť kvalitu súradníc určeného bodu a potrebujeme skontrolovať priebeh merania.

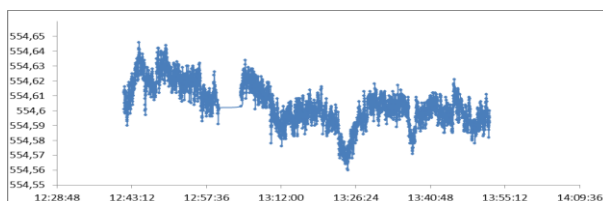
Postup výpočtu je podobný ako pri spracovaní merania statickou metódou (kapitola 3), pričom rovnako, ako v predchádzajúcich prípadoch, používame VRS pre PP vygenerovanú z portálu SKPOS<sup>®</sup>. Pri spracovaní namiesto výpočtu priestorových súradníc zadáme v PP softvéri možnosť výpočtu kinematického pohybu bodu počas observácie. Výsledkom je vykreslenie kontinuálnej krivky, ktorá predstavuje polohy určeného bodu v každej epoche merania vzťahnuté k referenčnej VRS (Obr. 8). Pohyb v jednotlivých súradnicových zložkách môžeme vykresliť aj zvlášť vid'. (Obr. 9), resp. (Obr. 10).



**Obr. 8** Zobrazenie pohybu antény v HZ rovine.



**Obr. 9** Polohové zmeny v súradnicovej zložke východ – západ v čase.



**Obr. 10** Polohové zmeny vo výškovej zložke v čase.

## 6 ZÁVER

Prezentovaný príspevok poukázal na viaceré možnosti využitia alternatívnych metód GNSS v prípadoch, kedy nie je možné merať všeobecne najobľúbenejšou metódou RTK. Používatelia služby **SKPOS**<sup>®</sup> môžu v takýchto prípadoch účinne nahradiť meranie RTK statickou, rýchlou statickou či kinematickou metódou, avšak s tým rozdielom, že výsledky merania nebudú mať k dispozícii on-line, ale až po dodatočnom spracovaní vhodným softvérom. S výhodou môžu pritom využiť generovanie VRS z portálu **SKPOS**<sup>®</sup>, ktoré im zabezpečí výsledky v potrebnom súradnicovom systéme ETRS89 a ktoré je v rámci registrácie k službe zadarmo.

## LITERATÚRA:

ÚGKK SR, 2011: Vyhláška Úradu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky č. 75/2011.

TRIMBLE, 2013: Trimble Business Center Tutorials, Trimble Navigation Limited, 2013.

[www.skpos.gku.sk](http://www.skpos.gku.sk) – webový portál Slovenskej priestorovej observačnej služby