

# NÁSTROJ NA MONITOROVANIE KVALITY SIEŤOVÉHO RIEŠENIA POLOHOVÝCH SLUŽIEB KRAJÍN INICIATÍVY EUPOS<sup>®</sup>

## TOOL FOR EUPOS<sup>®</sup> COUNTRIES POSITIONING SERVICES NETWORK RTK QUALITY MONITORING

Karol Smolík<sup>1</sup>, Branislav Droščák<sup>2</sup>

### Abstract

Geodetic and Cartographic Institute Bratislava as an administrator of **SKPOS**<sup>®</sup> service is a leader of the working group on service quality monitoring within the **EUPOS**<sup>®</sup> initiative. One of the important tasks of this working group is creating a uniform tool for positioning services network's solution quality monitoring provided by partner organizations in their country, which are associated in the **EUPOS**<sup>®</sup> initiative. The task was solved by creating application, that works on the same principle as the **SKPOS**<sup>®</sup> network solution quality monitoring. The results of the monitoring services and stations show more than just the simple rendering deviation in real time.

### 1 Úvod

Geodetický a kartografický ústav Bratislava (GKÚ) ako správca služby **SKPOS**<sup>®</sup> je od roku 2014 lídrom pracovnej skupiny zameranej na monitorovanie kvality polohových služieb vytvorenej v rámci organizácie **EUPOS**<sup>®</sup>. Ide o neziskovú organizáciu združujúcu verejné inštitúcie krajín najmä zo strednej a východnej Európy poskytujúcich polohové služby využívajúce GNSS na svojich územiach. Jej cieľom je uľahčiť vytváranie a podporiť prevádzku multifunkčných pozemných systémov spresňujúcich GNSS merania na unifikovanom základe, konať ako európska organizácia zastupujúca hlas predstaviteľov verejných polohových služieb a spolupracovať s vedecko-výskumnými a inými medzinárodnými organizáciami pri rozvoji a hľadaní lepšieho využitia dát [1] [2].

Polohové služby jednotlivých členských krajín organizácie **EUPOS**<sup>®</sup> sú budované a prevádzkované na základe jednotných štandardov a umožňujú používateľom korektne pracovať v záväzných geodetických referenčných systémoch. Nakoľko samotní správcovia resp. prevádzkovatelia polohových služieb potrebujú poznať ich kvalitu, bol na 25. zasadnutí výkonného výboru **EUPOS**<sup>®</sup> v Rige ponúknutý zo strany GKÚ nástroj, ktorým by sa kvalita jednotlivých poskytovaných polohových služieb dala monitorovať. Jednohlasnou akceptáciou ponuky došlo k založeniu pracovnej skupiny venujúcej sa uvedenému monitoringu a za jej predsedu bol zvolený Ing. Branislav Droščák, PhD. z GKÚ.

Hlavnou úlohou pracovnej skupiny je nielen vytvorenie jednotného nástroja na monitorovanie kvality sieťového riešenia polohových služieb poskytovaných partnerskými organizáciami združenými v iniciatíve **EUPOS**<sup>®</sup>, ale aj jeho správa. Úlohu sa postupne darí plniť, pričom ako základ je použitá už vytvorená aplikácia „Monitoring kvality sieťového riešenia **SKPOS**<sup>®</sup>“ [1]. Dnes je do monitorovania zapojených viacero staníc zo šiestich partnerských

---

<sup>1</sup> Karol Smolík, Ing., Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, tel: +421 2 2081 6247, e-mail: karol.smolik@skgeodesy.sk

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

organizácii a získané výsledky ukazujú aj na viac ako iba na jednoduché vykresľovanie odchýlok.

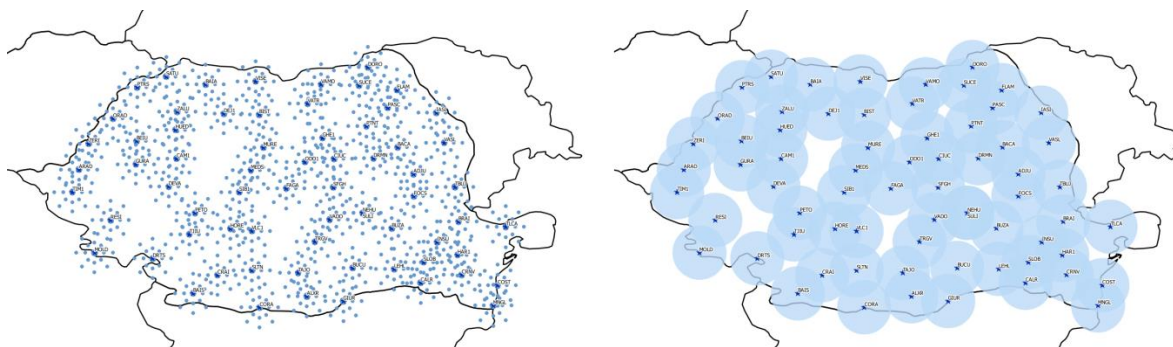
## 2 Aplikácia Monitoring kvality polohových služieb organizácie EUPOS<sup>®</sup>

### 2.1 Princíp aplikácie

Princíp aplikácie na monitorovanie kvality polohových služieb organizácie EUPOS<sup>®</sup> je založený na takmer identickom základe, ako aplikácia „Monitoring kvality sieťového riešenia SKPOS<sup>®cc</sup>“, ktorá bola vyvinutá na GKÚ v roku 2013 a podrobne popísaná v [3] alebo [4].

Základné charakteristiky aplikácie:

- monitorovanie kvality aplikáciou je nezávislé od monitoringov vykonávaných riadiacim softvérom služieb,
- monitorovanie je vykonávané virtuálnymi stanicami t.j. nie sú využívané fyzické monitorovacie permanentné stanice,
- testované základnice z údajov GNSS sú spracovávané open source softvérom RTKNAVI [5], ktorý simuluje reálne meranie roverom v teréne,
- plne funkčný monitoring monitoruje kvalitu sieťového riešenia po celom území monitorovanej krajiny,
- každá krajina je rozdelená na kruhové oblasti so stredom v permanentných stanicach,
- každá kruhová oblasť je monitorovaná nepretržite a to raz za hodinu, vždy iným náhodne zvoleným testovacím bodom (Obr. 1),
- dĺžka jedného testu (virtuálneho merania) trvá 2 minúty,
- výsledky sú dostupné on-line vo forme grafu odchýlok prostredníctvom webového rozhrania,
- celý monitoring je plne automatizovaný a nevyžaduje si nepretržitý zásah správcu.



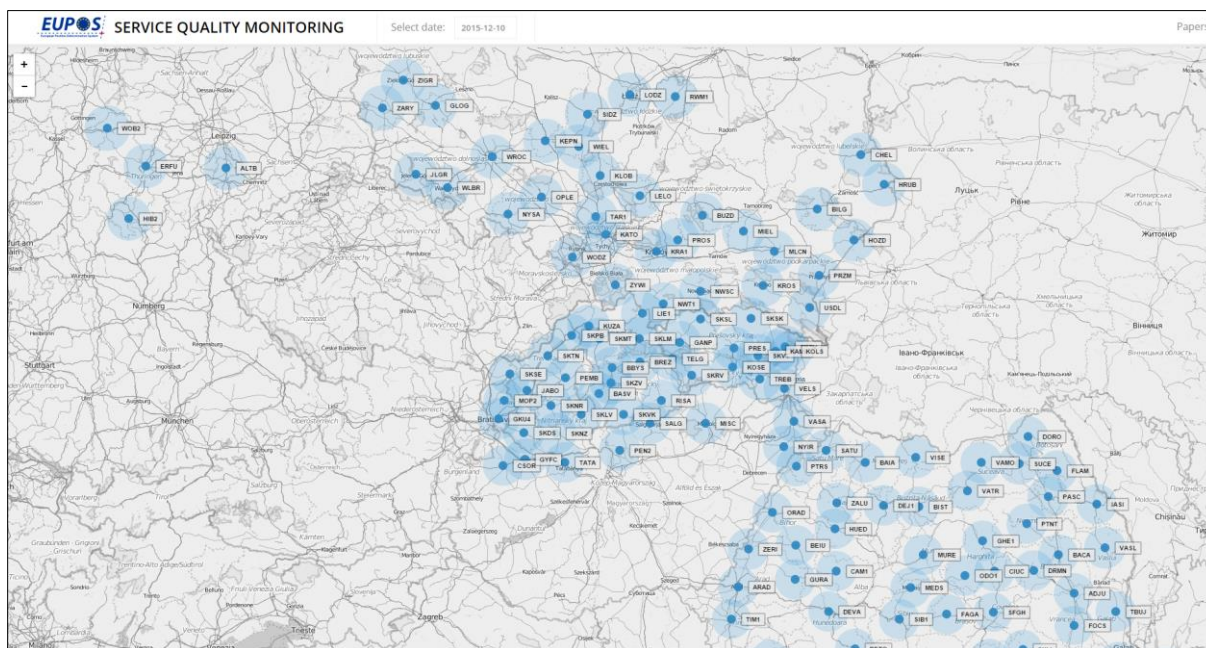
**Obr. 1** Ukážka rozdelenia Rumunska na kruhové oblasti (vpravo) s testovacími bodmi (vľavo)

Princíp monitoringu (výpočtu odchýlok):

Pomocou softvéru RTKNAVI je počítaná základnica pozostávajúca z virtuálnej referenčnej stanice (VRS), ktorej poloha je volená zadaním súradníc testovacieho bodu a najbližšej permanentnej stanice. Súradnice VRS, simulujúce meranie roverom v teréne, sú fixované a počítané sú súradnice permanentnej stanice, ktoré sú porovnávané s jej skutočnými (referenčnými) súradnicami. Z porovnania sú vypočítané odchýlky, ktoré reprezentujú v daný moment kvalitu sieťového riešenia v danej oblasti. Vypočítané hodnoty odchýlok sú následne graficky vizualizované zvlášť pre polohovú a zvlášť pre výškovú zložku.

## 2.2 Používateľské rozhranie

Výsledky z monitoringu sú dostupné pre správcov služieb, ale aj pre samotných používateľov prostredníctvom aplikácie s jednoduchým webovým rozhraním na adrese <http://monitoringEUPOS.gku.sk> (Obr. 2). Každému návštevníkovi je umožnené prezerať si veľkosti odchýlok reprezentujúce kvality sieťového riešenia polohovej služby bez nutnosti inštalácie ďalšieho softvéru alebo preberania akýchkoľvek súborov. Aplikácia je prispôbená aj pre zobrazovanie v mobilných zariadeniach. Grafické rozhranie aplikácie je vytvorené pomocou programovacích jazykov HTML, CSS a JavaScript. Serverová časť pracuje v jazyku PHP. Pre správcov služieb je navyše dostupné aj API, ktoré slúži na export dát z databázy do textového súboru, na ďalšie analýzy a prácu s dátami.



Obr. 2 Používateľské rozhranie webovej aplikácie

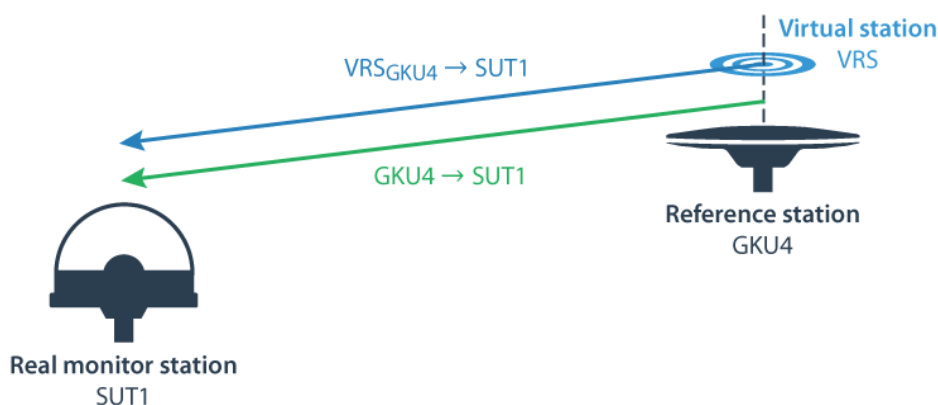
## 2.3 Overenie správnosti použitia virtuálnych monitorovacích staníc

Použitím virtuálnych monitorovacích staníc na monitorovanie kvality sieťového riešenia polohových služieb bola nastolená aj otázka, či takto získané odchýlky skutočne reprezentujú kvalitu sieťového riešenia, tak ako ju reprezentujú fyzické monitorovacie stanice. To bolo možné potvrdiť len vykonaním testov. Hypotéza znela: sú výsledky získané použitím virtuálnych monitorovacích staníc rovnaké ako výsledky získané fyzickými monitorovacími stanicami. Na overenie tejto hypotézy boli vykonané 3 nezávislé testy s použitím rôznych permanentných monitorovacích staníc v rôznych časových obdobiach [3] [6]:

1. Test pomocou šiestich monitorovacích staníc (na šiestich základniciach) nachádzajúcich sa na území Slovenska vykonaný v roku 2013. Monitorovacie stanice resp. základnice boli zvolené tak, aby pokrývali jednotlivé regióny Slovenska: západ, stred, východ, sever a juh. Test prebiehal počas piatich dní a dĺžky základníc dosahovali od 20 metrov do 32 kilometrov.
2. Test pomocou fyzickej monitorovacej stanice SUT1, nachádzajúcej sa vo vzdialenosti 4 kilometre od SKPOS<sup>®</sup> permanentnej stanice GKU4. Test prebiehal nepretržite od mája 2014 po dobu piatich mesiacov.

3. Test pomocou maďarskej permanentnej stanice NYIR, ktorá slúži ako fyzická monitorovacia stanica polohovej služby GNSSnet.hu [7]. Testovanie stále pokračuje. V tabuľke 1 nižšie, sú uvedené výsledky za prvý týždeň trvania testu.

Princíp testov spočíval v porovnaní výsledkov spracovaných základníc získaných prostredníctvom využitia fyzických resp. virtuálnych monitorovacích staníc a najbližšej permanentnej referenčnej stanice polohovej služby. Schéma princípu testovania je znázornená na príklade testu pomocou fyzickej monitorovacej stanice SUT1 na Obr. 3. V Tab. 1 nižšie sú uvedené získané priemerné hodnoty odchýlok v jednotlivých súradnicových zložkách zo všetkých troch testov.



**Obr. 3** Princíp overenia virtuálnych monitorovacích staníc

**Tab. 1** Priemerné hodnoty odchýlok získané testovaním

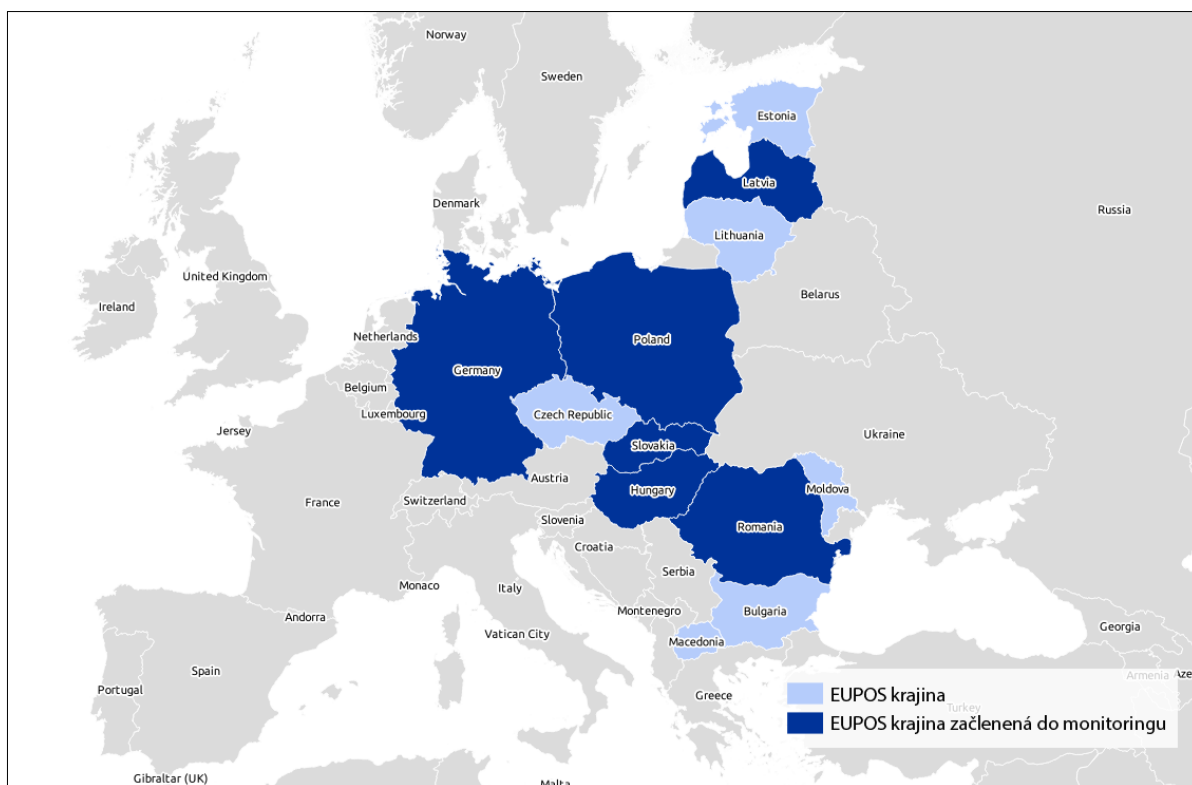
Základnica (Fyzická resp. virtuálna monitorovacia stanica – referenčná stanica)	Súradnicová zložka		
	n	e	u
<b>GKU1 – GKU4, JABO – MOP2, BBYS – SKZV, SKPB – KUZA, PRES – KOSE, SKMT – KUZA</b>	<b>0,4 cm</b>	<b>0,3 cm</b>	<b>0,5 cm</b>
<b>GKU4 – SUT1</b>	<b>0,6 cm</b>	<b>0,4 cm</b>	<b>1,0 cm</b>
<b>VRS – NYIR</b>	<b>0,6 cm</b>	<b>0,5 cm</b>	<b>2,0 cm</b>

Priemerné hodnoty odchýlok uvedené v tabuľke 1 získané z troch nezávislých testov len vo výnimočných prípadoch prekračujú hodnoty  $\pm 1$  cm a aj to len vo vertikálnej zložke pri testovaní maďarskej stanice NYIR. Ostatné hodnoty sú na úrovni milimetrov, čo preukazuje že použitie virtuálnych monitorovacích staníc je veľmi blízke použitiu fyzických t.j. reálnemu meraniu v teréne a tento rozdiel je zanedbateľný vzhľadom na deklarovanú presnosť polohových služieb, ktorá je v horizontálnej rovine na úrovni minimálne  $\pm 2$  cm.

### 3 Skúsenosti z prevádzky aplikácie

#### 3.1 Súčasný stav

V súčasnosti (december 2015) je do monitorovania kvality polohových služieb organizácie EUPOS<sup>®</sup> začlenených 151 permanentných staníc zo 6 krajín resp. ich polohových služieb. Ide o permanentné stanice služieb: SKPOS<sup>®</sup> (Slovensko), ASG-EUPOS (Poľsko), GNSSnet.hu (Maďarsko), ROMPOS (Rumunsko), SAPOS (Nemecko) a RIGA EUPOS (Lotyšsko) (vid'. Obr. 4). Jednotlivé polohové služby sú prevádzkované rôznymi typmi softvérov od troch rôznych výrobcov a to: Trimble Pivot Platform, Geo++ GNSMART a Leica Spider. Permanentné stanice sú taktiež vybavené rôznymi značkami prijímačov a antén. Zastúpené sú firmy: Trimble, Leica, Topcon, Javad a Astech. V databáze je doteraz uložených vyše 1,5 milióna riadkov.



Obr. 4 Krajiny zapojené do EUPOS<sup>®</sup> monitoringu služieb

#### 3.2 Výsledky monitoringu

V Tab. 2 nižšie sú uvedené základné informácie o jednotlivých monitorovaných polohových službách zaradených do monitoringu aj s výsledkami vo forme veľkosti odchýlok pre jednotlivé súradnicové zložky k dnešnému dňu. V poslednom stĺpci tabuľky, označených ako „EUPOS“, sa nachádzajú priemerné hodnoty zo všetkých služieb, vypočítané ako jednoduché aritmetické priemery. Hodnota „No fix“ v poslednom riadku tabuľky, predstavuje percentuálnu hodnotu počtu testovaní, pri ktorých nedošlo pri výpočte základníc k vyriešeniu ambiguit t.j. k dosiahnutiu fixného riešenia.

**Tab. 2** Základné informácie a výsledky *EUPOS*<sup>®</sup> monitoringu služieb

RTK Služba		SKPOS	ASG-EUPOS	GNSSnet.hu	ROMPOS	SAPOS	RIGA EUPOS	EUPOS
Softvér		Trimble Pivot Platform	Trimble Pivot Platform	Geo++ GNSMART	Leica Spider	Trimble Pivot Platform	Geo++ GNSMART	Σ
Dĺžka monitoringu		871 dní	481 dní	385 dní	349 dní	139 dní	31 dní	
Počet monitorovaných staníc		34	32	8	68	4	5	<b>151</b>
Počet hodnôt		624 004	193 989	65 192	480 333	4 931	3 711	<b>1 362 160</b>
Maximálna hodnota odchýlky	ne	49,9 cm	30,7 cm	42,4 cm	49,7 cm	13,0 cm	11,5 cm	
	u	49,8 cm	37,3 cm	47,6 cm	49,8 cm	39,2 cm	17,4 cm	
Priemerná hodnota odchýlky	ne	1,2 cm	1,0 cm	1,4 cm	1,4 cm	0,9 cm	1,2 cm	<b>1,2 cm</b>
	u	2,4 cm	1,3 cm	1,4 cm	2,7 cm	1,4 cm	1,4 cm	<b>1,8 cm</b>
No fix		17%	9%	19%	19%	11%	23%	<b>16%</b>

Výsledky uvedené v Tab. 2 dokazujú, že všetky monitorované služby pracujú správne a dokazujú centimetrovú presnosť u všetkých z nich. No poukazujú aj na fakt, že sieťové riešenie je v čase premenlivé, čomu nasvedčujú maximálne hodnoty vo veľkosti niekoľkých decimetrov. Preto je nutné aby používatelia služieb svoj meranie v teréne opakovali a vyhli sa tak prípadným nepresnostiam v určovaní správnych súradníc. Veľmi zaujímavé sú aj odlišné percentuálne hodnoty parametra „No fix“, čo si určite zaslúži v budúcnosti hlbšiu analýzu.

#### 4 Záver

Monitoring kvality polohových služieb organizácie *EUPOS*<sup>®</sup> poskytuje nezávislý nástroj na sledovanie a vzájomné porovnávanie kvality poskytovaných sieťových riešení v zapojených krajinách a umožňuje správcovi sietí, ale aj celej verejnosti túto kvalitu sledovať. Ide o vynikajúci nástroj na jednotnú a homogénnu kontrolu sieťových RTK služieb. Okrem toho účelu, môžu výsledky slúžiť na ďalšie analýzy a môžu odhaliť ďalšie zaujímavé fakty ako napr. závislosť ionosféry od veľkosti odchýlok alebo od počtu nefixovaných riešení. *EUPOS*<sup>®</sup> pracovná skupina na monitorovanie polohových služieb plánuje aj ďalej pracovať na zdokonaľovaní vyvinutého nástroja a pripojiť doňho ďalšie permanentné stanice. Výzvami do najbližšieho obdobia je aj detailnejšia analýza odchýlok v závislosti od typu prijímača, antény, softvéru, prípadne vzdialenosti permanentnej referenčnej stanice.

#### Literatúra

- [1] SKPOS web: webová stránka Slovenskej priestorovej observačnej služby. [online]. [cit. 9. december 2015]. Dostupné na: <<http://www.skpos.gku.sk>>
- [2] EUPOS web: webová stránka iniciatívy EUPOS. [online]. [cit. 9. december 2015]. Dostupné na: <<http://www.eupos.org>>

- [3] *SMOLÍK, K.: Monitoring kvality sieťového riešenia SKPOS v reálnom čase: diplomová práca. Bratislava, Stavebná fakulta STU, 2013. S.53. Dostupné na: <[http://www.gku.sk/docs/referaty/2013/Smolik\\_DP2013.pdf](http://www.gku.sk/docs/referaty/2013/Smolik_DP2013.pdf)>*
- [4] *DROŠČÁK, B. – SMOLÍK, K.: Nezávislé on-line monitorovanie kvality sieťového riešenia SKPOS. Geodetický a kartografický obzor, 2014, číslo 1. ISSN 1805-7446*
- [5] *RTKLIB web: webová stránka open source softvéru RTKLIB. [online]. [cit. 9. december 2015]. Dostupné na: <<http://www.rtklib.com>>*
- [6] *DROŠČÁK, B. – SMOLÍK, K.: Monitoring tool for EUPOS countries network RTK quality. In EUREF symposium 2015. Lipsko, Nemecko, 3-5. júna 2015. Dostupné na: <http://www.euref.eu/symposia/2015Leipzig/05-06-Droscak.pdf>*
- [7] *GNSSnet.hu web: webová stránka siete permanentných staníc GNSSnet.hu. [online]. [cit. 9. december 2015]. Dostupné na: <<http://www.gnssnet.hu>>*