

NOVÝ NÁSTROJ NA MONITOROVANIE KVALITY SIEŤOVÉHO RIEŠENIA **SKPOS**[®]

NEW TOOL FOR MONITORING OF THE **SKPOS**[®] NETWORK SOLUTION

Ing. Karol Smolík¹, Ing. Branislav Droščák, PhD.²

Abstract

The aim of the Slovak real time positioning service (**SKPOS**[®]) is to provide the basic background for doing correct measurements in national ETRS89 realization to all GNSS equipped users. For that purpose, it is very important, especially for service provider, to know the quality of the whole service or its particular parts. This is why the Geodetic and Cartographic Institute Bratislava decided to create an application which will solve the requested information about quality. The application was created as a result of Eng. Smolik's diploma thesis and from the 1st October 2013 is on the **SKPOS**[®] web page available for all. Presented paper below describes the process of the application creation and its main principles.

Kľúčové slová

SKPOS, RTKLIB, monitoring kvality sieťového riešenia

1 ÚVOD

Slovenská priestorová observačná služba (ďalej **SKPOS**[®]) je oficiálne prístupná širokému spektru používateľov od konca roku 2006. V súčasnosti je najvyužívanejšou službou v rámci geodetických základov a svojim používateľom je k dispozícii 24 hodín denne. So svojou infraštruktúrou permanentných staníc globálnych navigačných družicových systémov (ďalej GNSS) reprezentuje aktívne geodetické základy Slovenska a predstavuje fundamentálnu časť Štátnej priestorovej siete t.j. národnú realizáciu Európskeho terestrického referenčného systému 1989 (ďalej ETRS89). Podľa ods. (2), §4 zákona NR SR č. 215/1995 sa Geodetický a kartografický ústav Bratislava (ďalej GKÚ) zaväzuje poskytovať kvalitné, moderné a dostupné služby pre používateľov využívajúcich GNSS prijímače pri práci v národných geodetických referenčných systémoch. Táto úloha je realizovaná prostredníctvom **SKPOS**[®], a práve preto je z pohľadu správcu služby potrebné poznať jej kvalitu resp. kvalitu ňou poskytovaných subslužieb. GKÚ Bratislava sa preto rozhodol vytvoriť nástroj na nezávisle monitorovanie kvality poskytovaného sieťového riešenia využívaného pri meraní metódou RTK (kinematické meranie v reálnom čase), pričom táto úloha bola riešená v rámci

¹ Ing. Karol Smolík, Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, 827 45, tel. 02 2081 6250, karol.smolik@skgeodesy.sk.

² Ing. Branislav Droščák, PhD., Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, 827 45, tel. 02 2081 6239, branislav.droscek@skgeodesy.sk.

diplomovej práce Ing. Smolíka. Výsledkom bolo vytvorenie aplikácie s názvom „Monitoring kvality sieťového riešenia SKPOS[®]“, ktorá je dostupná od 1.10.2013 všetkým cez webovú stránku služby (www.skpos.gku.sk). Predkladaný článok nižšie sa tak venuje popisu tvorby a charakterizovaniu základných princípov chodu uvedenej aplikácie.

2 DEFINOVANIE POŽIADAVIEK A MOŽNOSTI MONITOROVANIA SIEŤOVÉHO RIEŠENIA

Správca služby SKPOS[®] ako prvé zadefinoval základné požiadavky, ktoré by mal požadovaný nástroj na monitorovanie kvality sieťového riešenia spĺňať a tie boli nasledovné:

- monitorované musí byť celé územie Slovenska,
- monitorovanie musí byť automatizované,
- výsledky majú byť dostupné pre používateľov služby prostredníctvom web stránky,
- ak je to možné, tak sa vyhnúť budovaniu množstva reálnych monitorovacích staníc,
- ak je to možné, tak sa vyhnúť drahým softvérovým riešeniam.

Na základe uvedených požiadaviek boli preto zhodnotené obe v súčasnosti dostupné možnosti monitorovania kvality sieťového riešenia polohových služieb t.j. monitoring pomocou fyzickej monitorovacej stanice a monitoring pomocou virtuálneho riešenia.

2.1 Monitoring pomocou fyzickej monitorovacej stanice

Metóda využívajúca tento typ monitoringu je založená na fyzickom umiestnení monitorovacej stanice v teréne. Princíp spočíva v tom, že prijímač umiestnený na monitorovacej stanici sa neustále pripája do polohovej služby a počíta súradnice z korekčných dát zo sieťového riešenia. Získané rozdiely vypočítaných súradníc od referenčných hodnôt monitorovacej stanice následne charakterizujú presnosť sieťového riešenia v danom čase a lokalite. Nevýhodou tohto riešenia sú vysoké ekonomické náklady na zriadenie monitorovacích staníc, potreba obstarania monitorovacieho softvéru a nemožnosť monitorovania väčšieho záujmového územia malým počtom monitorovacích staníc.

2.2 Monitoring pomocou virtuálneho riešenia

Princíp druhej metódy je založený na generovaní virtuálnej referenčnej stanice (ďalej len VRS) pre ľubovoľnú polohu v rámci záujmovej oblasti a následnom počítaní základnice tvorenej VRS a najbližšou fyzickou permanentnou stanicou polohovej služby. Do výpočtu vstupujú vygenerované korekcie pre VRS a skutočné observačné dáta z permanentnej stanice. VRS v tomto prípade slúži ako báza (jej súradnice sú známe) a počítané sú súradnice permanentnej stanice. Rozdiely medzi vypočítanými a referenčnými súradnicami sú kritériom kvality služby. Výhodou tejto metódy je, že je možné monitorovať veľké záujmové územie, a to bez nutnosti fyzického umiestňovania aparátúr GNSS v teréne. Z tohto jasne vyplývajú nižšie ekonomické náklady na zriadenie monitoringu. Nevýhodou metódy je, že monitoring je založený na virtuálnom princípe t.j. jeho výsledky sa môžu od skutočných líšiť. Viac o oboch metódach sa môžete dočítať v práci (Smolík, 2013).

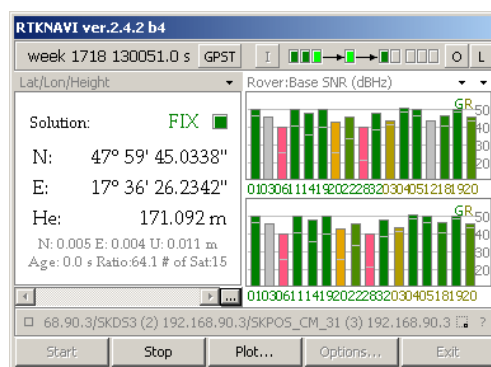
3 MONITORING KVALITY SIEŤOVÉHO RIEŠENIA SKPOS[®]

Na základe vyššie zadefinovaných požiadaviek a naštudovaných informácií o výhodách jednotlivých typov monitoringu bolo rozhodnuté pre účely monitorovania kvality sieťového riešenia polohovej služby SKPOS použiť metódu monitoringu pomocou virtuálneho riešenia.

Za jadro vytvoreného monitorovacieho nástroja bol zvolený program RTKNAVI zo softvérového balíčka RTKLIB (RTKLIB web, 2013). Detailný popis a charakteristika celého monitoringu sa nachádza v (Smolík, 2013), preto pre účely tohto príspevku vyberieme iba tie najdôležitejšie časti.

3.1 Program RTKNAVI

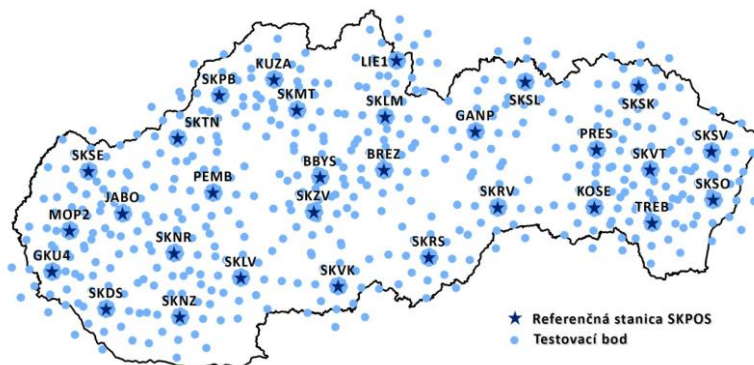
RTKNAVI je jeden z aplikačných programov open source softvérového balíčka RTKLIB, slúžiaci na spracovanie dát GNSS v reálnom čase. Pomocou programu RTKNAVI je počítaná základnica tvorená generovanou VRS a zvolenou referenčnou stanicou SKPOS[®]. Ako vstupné dáta do spracovania sa používajú observačné dáta z jednotlivých permanentných staníc aj s navigačnými správami a ako báza sú použité VRS korekčné dáta generované pre polohy testovacích bodov SKPOS_CM_31 službou (Ferianc et al., 2012). Prostredie programu RTKNAVI spracúvajúceho jednu takúto základnicu je zobrazené na obr.1.



Obr. 1 Prostredie programu RTKNAVI spracúvajúceho základnicu VRS – SKDS.

3.2 Voľba testovacích bodov

Testovacie body predstavujú súradnice pre ktoré sa generuje VRS zo sieťového riešenia. Slovensko je rozdelené na územia kruhového tvaru so stredom v referenčných stanicach. V rámci každého územia sú testovacie body volené vo vzdialenosti: 2 km, 11 km alebo 20 km. Azimut testovacej základnice nadobúda hodnoty: 0°, 45°, 90°, ..., 315°. Interval 45° bol zvolený preto, aby bolo kombináciou vzdialenosti a azimutov dosiahnutých 24 polôh testovacieho bodu v rámci jedného územia (Obr. 2). Každé územie je testované raz za hodinu vždy inou kombináciou vzdialenosti a azimutu v rámci jedného dňa. Tieto kombinácie sú náhodne generované pre každé územie a každý deň. Taktiež poradie testovania území v rámci jednej hodiny je generované náhodne (funkciou random).

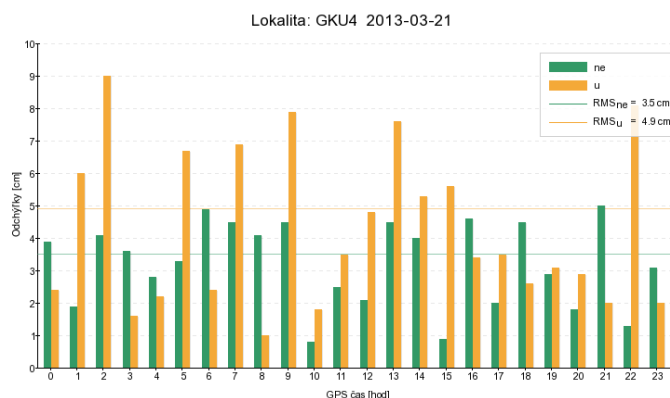


Obr. 2 Polohy testovacích bodov počas jedného dňa.

Každé testovanie (meranie) trvá 120 epoch (2 minúty) – čas odporúčaný pre určovanie polohy podrobných geodetických bodov (PGB) RTK metódou, stanovený vyhláškou Úradu geodézie, kartografie a katastra SR č. 75/2011 (ÚGKK SR, 2011).

3.3 Štatistické spracovanie

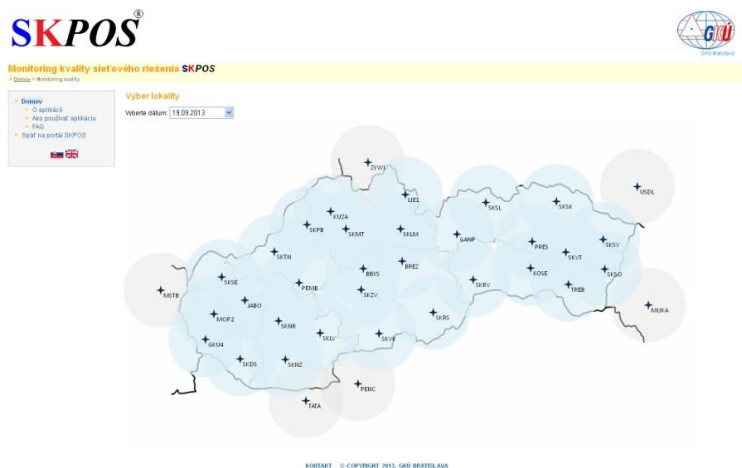
Z nameraných hodnôt sú ponechané hodnoty, v ktorých bolo dosiahnuté fixné riešenie a Grubbsovým testom sú vylúčené odľahlé hodnoty. Z výsledných hodnôt je určený priemer elipsoidických súradníc, ktoré sú transformované do lokálneho topocentrického súradnicového systému s počiatkom v referenčnej polohe referenčnej stanice. Výsledkom testovania sú odchýlky v polohe a výške pre každú testovaciu oblasť s hodinovým intervalom. Vzorová ukážka výsledku štatistického spracovania jedného dňa sa nachádza na obr. 3.



Obr. 3 Ukážka grafického znázornenia odchýlok v polohe a vo výške.

3.4 Automatizácia riešenia a grafické rozhranie pre používateľov

Celý monitoring pracuje automatizovane bez zásahu správcu služby. Všetky procedúry sú riadené softvérom napísaným v skriptovacom nástroji AutoHotkey (AutoHotkey web, 2013). Výsledky monitoringu sú dostupné všetkým používateľom pomocou webovej aplikácie na webovej stránke služby (www.skpos.gku.sk). Používateľ si tak môže prezerať veľkosti odchýlok bez nutnosti inštalácie ďalšieho softvéru alebo prevzatia akýchkoľvek súborov. Grafické rozhranie je vytvorené pomocou jazykov HTML a CSS, dynamické prvky kombináciou jazyka PHP a metódy AJAX (Obr. 4).



Obr. 4 Grafické rozhranie pre používateľov služby.

3.5 Overenie správnosti virtuálneho riešenia

Ako už bolo spomenuté v kapitole 2.2, nevýhodou vytvorenej aplikácie na monitoring je, že riešenie je založené na virtuálnom princípe t.j. získané výsledky sa môžu líšiť od hodnôt získaných skutočným meraním. Na potvrdenie správnosti výstupov z monitoringu bola preto aplikácia podrobená dvom testom zameraným na:

- **overenie správnosti virtuálneho riešenia:** porovnanie virtuálneho riešenia s fyzickými monitorovacími stanicami v rôznych častiach Slovenska a s rôznymi dĺžkami základníc.
- **overenie správnosti výpočtového softvéru:** porovnanie výsledkov merania softvéru RTKNAVI so softvérom zabudovaným priamo v prijímači.

Oba testy preukázali, že zvolené virtuálne riešenie je veľmi blízke skutočnému meraniu v teréne. Napríklad, odchýlky virtuálneho riešenia od výpočtu priamej základnice prekročili hodnoty ± 1 cm len vo výnimočných prípadoch. Tak isto druhý test preukázal, že softvér RTKNAVI pracuje správne a ním dosiahnuté odchýlky sú zanedbateľné oproti deklarovanej presnosti **SKPOS**. Podrobnejšie informácie o vykonaných testoch a veľkosti jednotlivých odchýlok je možné nájsť v (Smolík, 2013).

4 SKÚSENOSTI Z NASADENIA MONITORINGU DO PREVÁDZKY

Monitoring kvality sieťového riešenia **SKPOS**[®] bol spustený do testovacej prevádzky 1. júla 2013. Počas tejto fázy boli sledované jednak veľkosti odchýlok, ako aj správny chod celej aplikácie. V kapitolách nižšie si vás preto dovoľíme oboznámiť s prvými poznatkami a skúsenosťami získanými z tejto fázy nasadenia.

4.1 Prvé výsledky z monitoringu sieťového riešenia **SKPOS**[®]

Nižšie prezentované čísla odpovedajú spracovaniu údajov charakterizujúcich kvalitu sieťového riešenia **SKPOS**[®] z obdobia 01.07.2013 – 15.09.2013. Spolu bolo vyhodnotených 46 388 hodnôt, pričom priemerná hodnota absolútnych odchýlok v polohe dosiahla 1,1cm a vo výške 2,3cm (viď. Tab. 1). Tieto hodnoty sú v súlade s očakávaniami, nakoľko presnosť služby **SKPOS**[®] je všeobecne charakterizovaná hodnotami 2cm – 4cm.

Tab. 1 Vyhodnotenie prevádzky monitoringu počas testovacej fázy

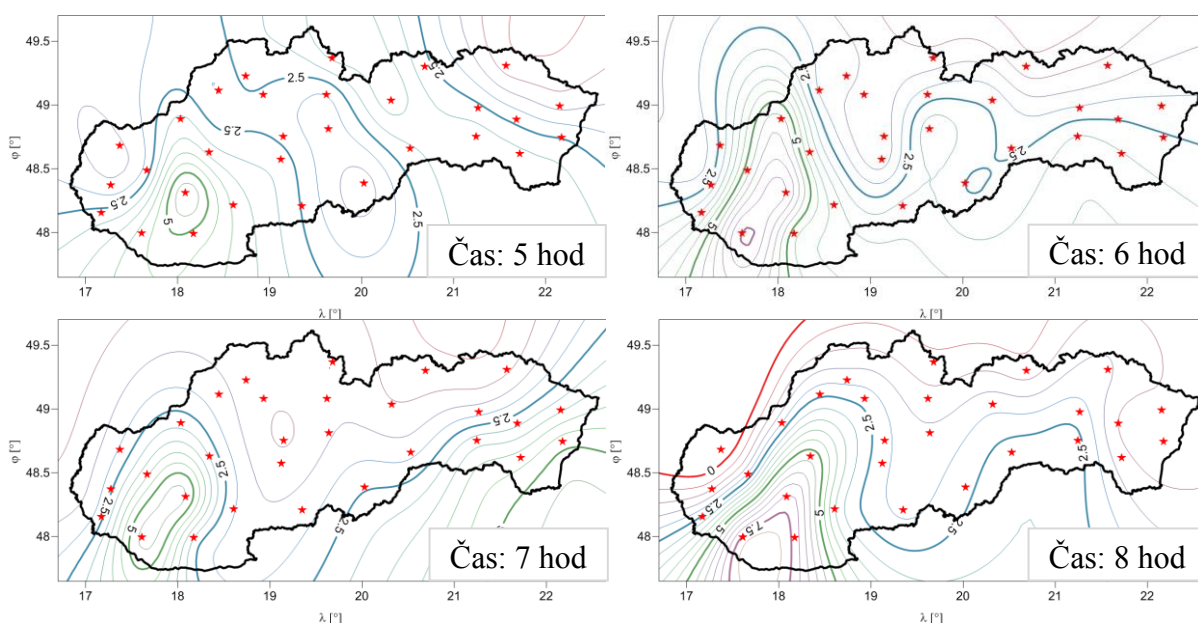
	ne [cm]	u [cm]
Počet hodnôt	46 388	46 388
Maximálna hodnota	19,4	19,3
Priemer	1,1	2,3
Stredná chyba	1,54	2,90

Ďalej môžeme konštatovať, že presnosť sieťového riešenia je v čase premenlivá, čomu nasvedčujú niektoré odľahlé hodnoty, ktoré vysoko prevyšujú priemerné hodnoty (viď. položku maximálne hodnoty v tab.1). Aj na základe tohto faktu môžeme užívateľom služby **SKPOS** jednoznačne odporučiť, aby svoje RTK meranie opakovali s určitým časovým odstupom, čím sa jednoznačne môžu vyhnúť prípadnému chybnému určeniu súradníc. Ďalej bolo analýzou údajov z testovacej fázy zistené, že pri spracovániach dlhších základníc v rámci monitoringu nie vždy dôjde k dosiahnutiu fixného riešenia t.j. k spoľahlivému vyriešeniu

ambiguit. Tento fakt sa prejavuje vo veľkej miere najmä cez deň, preto ho pripisujeme vplyvu ionosféry. Na základe tejto skúsenosti bol preto upravený pôvodný návrh zvolených dĺžok základníc (pôvodné dĺžky boli skrátene). Nové základnice tak dosahujú hodnoty 2 km, 11 km a 20 km.

4.2 Sledovanie priebehu odchýlok v čase

Výstupy z monitoring nám umožňujú sledovať okrem veľkosti odchýlok aj ich priebeh v čase. Ako príklad sledovania zmien odchýlok v čase boli pre deň 19.4.2013 vytvorené mapy izočiar (Obr. 5). Takéto informácie nám môžu významne napomôcť k lepšiemu porozumeniu správania sa sieťového riešenia v čase. Napríklad na (Obr. 2) ja jasne vidieť, že odchýlky sa počas dňa menia plynulo. Zo skúsenosti vieme, že plynulý priebeh odchýlok prevláda vo väčšine dní, no vo výnimočných prípadoch majú odchýlky aj premenlivý alebo skokový charakter.



Obr. 5 Priebeh odchýlok v zložke u, čas: 5 hod – 8 hod.

Iný poznatok, ktorý je možné sledovať je porovnanie veľkostí polohových odchýlok počas dňa a noci, pričom práve v noci predpokladáme menšie hodnoty hlavne kvôli nižšej aktivite ionosféry. Z (Tab. 2), kde sú uvedené priemerné hodnoty odchýlok pre slnečnú a nočnú časť dňa z viac ako dvojmesačného sledovania, je tento predpoklad zrejмый. Zaujímavé ale je, že veľkosť výškovej odchýlky zostáva počas oboch častí dňa nezmenená.

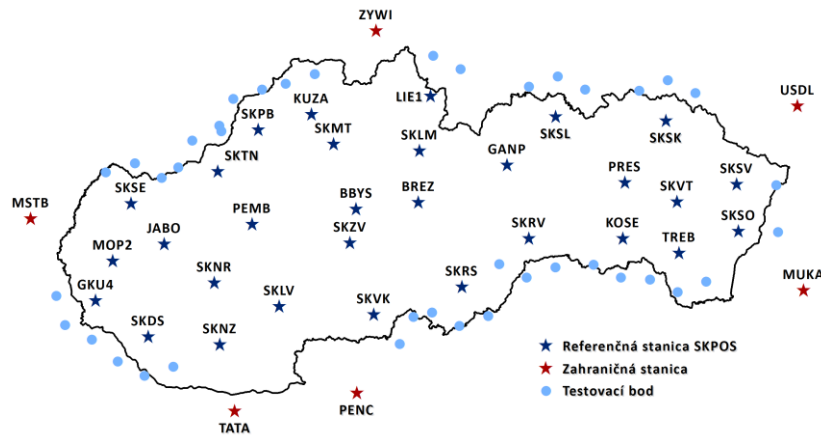
Tab. 2 Priemer odchýlok počas slnečnej a nočnej časti dňa

	Priemer ne [cm]	Priemer u [cm]
Slnečná časť dňa	1,3	2,3
Nočná časť dňa	0,9	2,3

4.3 Analýza odchýlok z pohraničných oblastí

Existuje predpoklad, že kvalita sieťového riešenia v okrajových oblastiach siete nie je rovnaká ako vo vnútri siete, ale o niečo horšia, čo potvrdil aj výsledok testu publikovaný v (Droščák,

2011). Na overenie tohto predpokladu bola otestovaná priemerná hodnota vypočítaná z odchýlok testovacích bodov nachádzajúcich sa v pohraničných oblastiach Slovenska, s ktorých boli vylúčené body na ktoré má vplyv zahraničná stanica pripojená do sieťového riešenia SKPOS® (Obr. 6).



Obr. 6 Pohraničné testovacie body.

Výsledná priemerná hodnota odchýlok testovacích bodov na okraji siete dosiahla pre polohovú zložku ne 2,1cm a pre výškovú zložku u 2,3cm. Ak porovnáваме tieto priemerné hodnoty odchýlok s odchýlkami všetkých testovacích bodov (Tab. 1), môžeme jednoznačne potvrdiť, že kvalita sieťového riešenia v okrajových územiach je o niečo horšia ako vo vnútri siete. Taktiež môžeme dodať, že tento efekt sa výraznejšie prejavuje v polohovej odchýlke, pričom výšková odchýlka ostáva v okrajových lokalitách rovnaká ako je priemer z celej siete.

4.4 Vylepšenia aplikácie

V procese tvorby a testovania monitoringu bola zistená závislosť poskytovaných korekcií zo sieťového riešenia s výškou virtuálnej referenčnej stanice (VRS), nakoľko softvér RTKNAVI odosiela v originálnej NMEA správe polohu pre generovanie VRS s nulovou výškou, čím dochádzalo k systematickým chybám vo výške počítaných bodov. Táto chyba bola eliminovaná implementáciou digitálneho výškového modelu SRTM do softvéru RTKNAVI. Teraz je tak pre každú polohu testovacieho bodu pomocou bilinéarnej interpolácie určená aj reálna výška, ktorá spolu s polohou vstupuje do odosielanej NMEA správy.

Druhé vylepšenie aplikácie na základe získaných poznatkov z prevádzky vychádzalo z faktu, že napriek tomu, že celý monitoring pracuje úplne automatizovane, teda nie je nutný žiadny zásah správcu do jeho chodu, môžu nastať nepredvídateľné udalosti, akými je napr. výpadok stanice a pod. o ktorých by administrátor mal vedieť. Práve preto bol vytvorený systém varovania, ktorý raz za hodinu vykoná kontrolu uložených dát a odhalí všetky prípadné problémy, ako napr. spomínaný výpadok stanice, prípadne nemožnosť sa pripojenia používateľov do siete, či prekročenie stanovených kritických odchýlok. Všetky zistené informácie sú následne prostredníctvom e-mailu odosielané administrátorovi, a ten tak môže v prípade potreby operatívne zakročiť.

5 ZÁVER

Monitoring kvality sieťového riešenia SKPOS® umožňuje správcovi siete, ale aj jej používateľom, nezávisle sledovať kvalitu poskytovaného sieťového riešenia iným nástrojom ako reprezentuje riadiaci softvér služby. Používatelia sú tak od 1.10.2013 obohatení

o zaujímavé informácie, ktoré doteraz nemali k dispozícii. Okrem hlavného účelu aplikácie, ktorým je monitorovanie kvality sieťového riešenia služby, nám aplikácia monitoringu poskytuje aj ďalšie zaujímavé informácie týkajúce sa fungovania a prevádzky služby ako sledovanie závislosti odchýlok od času, dňa/noci či ročného obdobia. Prvé výsledky z prevádzky monitoringu sú plne v súlade s očakávanými hodnotami a deklarovanou presnosťou SKPOS[®], no potvrdzujú aj fakt, že sieťové riešenie je v čase premenlivé, a preto je nutné, aby používatelia služby svoje merania s určitým odstupom opakovali a vyhli sa tak prípadným nepresnostiam v určovaní správnych súradníc. Vo vývoji monitorovacieho nástroja sa plánuje aj naďalej pokračovať a obohacovať ho o ďalšie vylepšenia, o ktorých Vás budeme určite priebežne oboznamovať. Po drobných úpravách by bolo možné nástroj monitoringu použiť aj na monitorovanie iných permanentných sietí a rozšíriť tak ešte viac možnosti jeho použitia.

LITERATÚRA

AutoHotkey web, 2013: Webová stránka open source skriptovacieho nástroja AutoHotkey. [online]. [cit. 10.9.2013]. Dostupné na internete: <<http://www.autohotkey.com>>.

Droščák, B., 2011: Preparations for the introduction of foreign permanent stations into SKPOS. In: *International Symposium on Global Navigation Satellite Systems, Space-Based and Ground-Based Augmentation Systems and Applications*, Berlín, Nemecko, 10 - 11 Október 2011.

Ferianc, D. – Beňová, E. – Bolech, V. – Droščák, B. – Roháček, M., 2012: Geodetické základy Slovenska v roku 2012. In *Odborný seminár 60 rokov pôsobenia Katedry geodetických základov*. Kočovce: Stavebná fakulta, STU v Bratislave.

RTKLIB web, 2013: Webová stránka open source softvéru RTKLIB. [online]. [cit. 10.9.2013]. Dostupné na internete: <<http://www.rtklib.com>>.

Smolík K., 2013: *Monitoring kvality sieťového riešenia SKPOS v reálnom čase*: diplomová práca. Bratislava: Stavebná fakulta STU, 2013. 53 s.

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

www.skpos.gku.sk – webový portál Slovenskej priestorovej observačnej služby.