

Stav budovania vertikálnej gravimetrickej základnice Gánovce – Lomnický štít

B. Droščák

*Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, 827 45 Bratislava.
branislav.droscak@skgeodesy.sk*

J. Kováčik

*Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, 827 45 Bratislava.
juraj.kovacik@skgeodesy.sk*

M. Borovský

*Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, 827 45 Bratislava.
martin.borovsky@skgeodesy.sk*

ABSTRAKT: V roku 2015 došlo k začatiu budovania novej vertikálnej gravimetrickej základnice v lokalite Vysokých Tatier, ktorá plnohodnotne nahradí bývalú, dnes už dlhodobo nefunkčnú, základnicu Lomnický štít, ktorá bola určená iba meraniami pomocou relatívnych gravimetrov. Nová základnica pozostáva v súčasnosti z piatich bodov, na ktorých boli a sú priebežne vykonávané merania absolútnymi gravimetrami značky FG5. Rozsah základnice umožní jej využitie pre výpočet a nastavenie kalibračnej konštanty relatívnych gravimetrov a overenie ich kvality a tým ich kalibráciu. Vertikálna gravimetrická základnica Gánovce – Lomnický štít bude zaradená aj medzi základnice plánovaného rezortného metrologického pracoviska budovaného v rámci rezortu ÚGKK SR, a bude tak k dispozícii širokému okruhu záujemcov využívajúcich relatívne gravimetrické prístroje.

1 ÚVOD

1.1 Gravimetrické základnice

V gravimetrii je z pohľadu metrologie potrebné a požadované pravidelne vykonávať kontrolu a overenie správnosti používaných prístrojov a pomôcok, v tomto prípade gravimetrov. Na kontrolu, preskúšanie správnej funkčnosti, ale napríklad aj určenie kalibračnej konštanty relatívnych gravimetrov slúžia gravimetrické základnice. Gravimetrické základnice pozostávajú z bezproblémovo dostupných stabilizovaných bodov, ktoré majú mať dostatočne presne určené hodnoty tiažového zrýchlenia, a ktoré majú mať medzi jednotlivými bodmi dostatočne veľký a presne určený tiažový rozdiel (pozn. optimálny tiažový rozdiel je minimálne 100 mGal). Na voľbu bodov a konfigurácie základníc s cieľom získania dostatočného tiažového rozdielu sa využívajú fyzikálne zákonitosti, t.j. body základníc sa volia buď v oblastiach s veľkým prevýšením (využíva sa známy fakt, že tiažové zrýchlenie s narastajúcou nadmorskou výškou klesá), alebo sa body volia približne v smere poludníkov (využíva sa fakt, že tiažové zrýchlenie sa zväčšuje s narastajúcou zemepisnou šírkou). Podľa toho, ktorý s týchto faktov prevláda sa základnice označujú za vertikálne alebo šírkové.

Prvé gravimetrické základnice sa začali zriaďovať na územiach štátov, ktoré začali budovať ich gravimetrické siete relatívnymi gravimetrami. Gravimetrické základnice slúžili na pravidelné kontroly a nastavenia konštant relatívnych gravimetrov využívaných pri meraní siete, čím vlastne udržiavali mierku celej siete. Neskôr, s rozvojom využívania absolútnych gravimetrov, začala byť mierka siete udržiavaná pomocou tzv. absolútnych bodov, t.j. bodov, ktorých tiažové zrýchlenie bolo určené absolútnym gravimetrom a gravimetrické základnice začali strácať jeden so svojich významov. Dnes vieme, že absolútne gravimetre sa bez relatívnych gravimetrov nezaobídu, najmä pre ich vysokú presnosť pri určovaní vertikálnych gradientov potrebných na vztiahnutie nameranej hodnoty tiažového zrýchlenia absolútnym gravimetrom na bod, alebo pri meraní tzv. excentrov absolútnych bodov alebo iných významných bodov siete, pri ktorých je využitie relatívnych gravimetrov výhodnejšie, efektívnejšie a vhodnejšie. Taktiež z pohľadu fi-

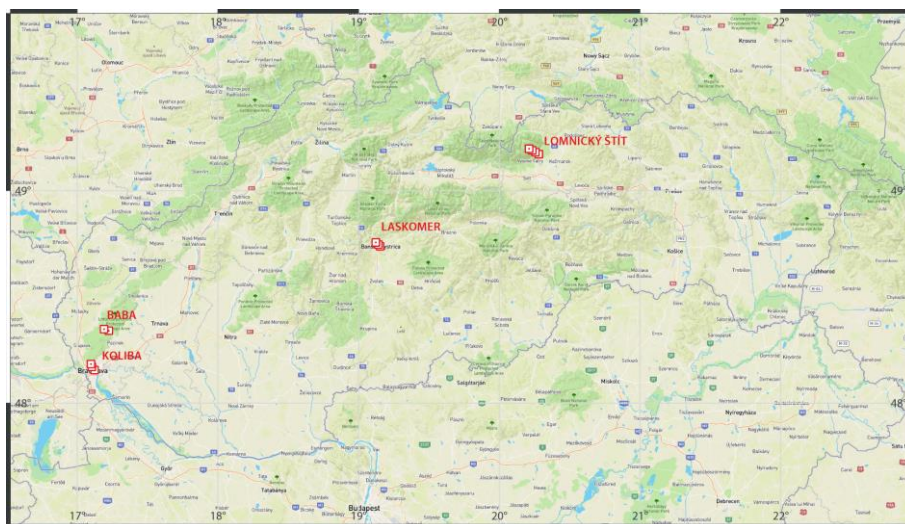
nančnej náročnosti sú oveľa častejšie v práci v gravimetrických sieťach využívané relatívne ako absolútne gravimetre. Z tohto pohľadu je preto zrejmé, že gravimetrické základnice pre relatívne gravimetre tu budú vždy.

Aby nebolo potrebné parametre resp. tzv. rozmer gravimetrickej základnice určovať vyrovnávaním vykonaných meraní relatívnymi gravimetrami, alebo ich dokonca odvodzovať od použitých relatívnych gravimetrov, prípadne ich určovať prenášaním rozmeru inej základnice, je najvhodnejšie určiť všetky jej body priamym meraním absolútnymi gravimetrami. Touto filozofiou sa vybral aj Geodetický a kartografický ústav Bratislava (ďalej GKÚ Bratislava), výsledkom čoho sú v posledných rokoch vykonávané aktivity pri budovaní novej vertikálnej gravimetrickej základnice v lokalite Vysokých Tatier medzi Gánovcami a Lomnickým štítom a meraní všetkých jej bodov absolútnymi gravimetrami.

2 HISTÓRIA GRAVIMETRICKÝCH ZÁKLADNÍ NA ÚZEMÍ SR

2.1 Gravimetrické základnice z územia SR v rámci gravimetrických základov – systém 1957

Prvé gravimetrické základne na území Slovenska boli vybudované v rámci Československa pri budovaní prvej modernej celoštátnej gravimetrickej siete I. a II. rádu. Išlo o budovanie Československých gravimetrických základov - systém 1957. Merania tejto siete boli vykonané v rokoch 1948 až 1954 Nöorgaardovým gravimetrom TNK 310 (Chudoba, 1954). Na kontrolu bol gravimeter TNK 310 každoročne pred zahájením a po skončení terénnych prác kontrolovaný na vertikálnych gravimetrických základniciach, spravidla v Prahe na Petříne a pri Liberci na základnici Ještěd. Na Slovensku boli za účelom kontroly gravimetrov vybudované taktiež štyri vertikálne gravimetrické základnice. Išlo o základnice Koliba (Bratislava), Baba (Pezinok), Laskomer (Banská Bystrica) a Lomnický štít (Tatranská Lomnica). Polohy základníc a základné informácie o nich sa nachádzajú na obr.1 a v tab.1. Na území dnešnej Českej republiky boli vtedy vybudované a využívané vertikálne gravimetrické základnice Výšina přátelství (Karlovy Vary), Barrandov (Praha), tá bola neskôr nahradená základnicou Petřín (Praha) a Ještěd (Liberec).



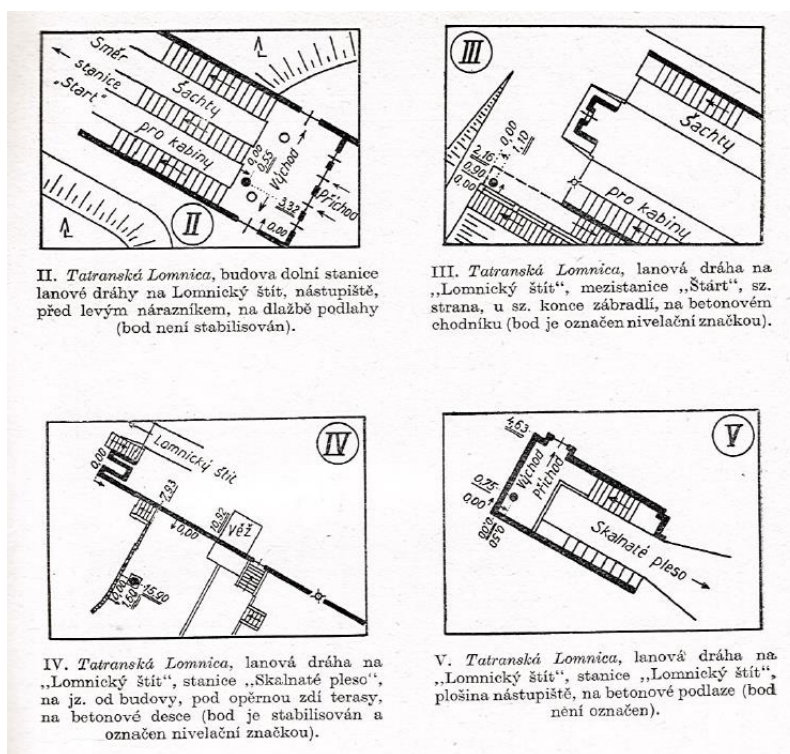
Obr. 1. Gravimetrické základnice z územia SR - systém 1957 (stav v roku 1957).

Zemepisné súradnice bodov základníc boli určované z máp mierky 1:75 000 a nadmorské výšky v systéme Balt 46, t.j. od výšok určených v jadranskom systéme sa odpočítalo 46 cm. Nadmorské výšky boli určené technickou niveláciou z najbližších bodov vtedajšej Československej jednotnej niveláčnej siete (Baba, Laskomer, Lomnický štít I, II, III), technickou niveláciou z miestnych niveláčnych sietí (Koliba), alebo technickou niveláciou z Československej jednotnej trigonometrickej siete (Lomnický štít IV, V, VI) (Chudoba a Šimon, 1958). Ku každému bodu existovali miestopisy. Ukážka miestopisov bodov vertikálnej gravimetrickej základnice Lomnický štít sa nachádza na obr.2. Tu stojí za zmienku, že nie všetky body základníc boli

aj fyzicky stabilizované meračskou značkou (spravidla nivelačnou), ale niektoré predstavovali iba polohu miesta zaznačenú v miestopise, na ktorom bol postavený gravimeter pri meraní, vid'. napríklad bod II na obr.2. Kompletne miestopisy bodov všetkých základníc aj s ďalšími potrebnými informáciami sa nachádzajú v katalógu gravimetrických bodov systému 1957 (Katalóg – systém 1957).

Tabuľka 1. Základné informácie o vertikálnych gravimetrických základniciach z územia SR - systém 1957 (Chudoba a Šimon, 1958).

Základnica	Dátum vybudovania (*prvého merania)	Počet bodov	Úseky	Prevýšenie (m)	Tiažový rozdiel (mGal)
Koliba (Bratislava)	1952*	3 (I, II, III)	I-II	+154,56	-26,12
			II-III	+107,89	-22,23
			I-III	+262,45	-48,35
Baba (Pezinok)	1952	2 (I, II)	I-II	+222,95	-41,89
Laskomer (Banská Bystrica)	1946*	4 (I, II, III, IV)	I-II	-4,88	+1,5
			II-III	+267,18	-51,55
			III-IV	-0,56	+0,21
			I-IV	+261,74	-49,84
Lomnický štít (Tatranská Lomnica)	1952	6 (I až VI)	I-II	+3,04	-0,58
			II-III	+254,75	-51,57
			III-IV	+609,13	-129,55
			IV-V	+857,74	-223,36
			V-VI	+11,80	-4,67
			I-VI	+1736,46	-409,73

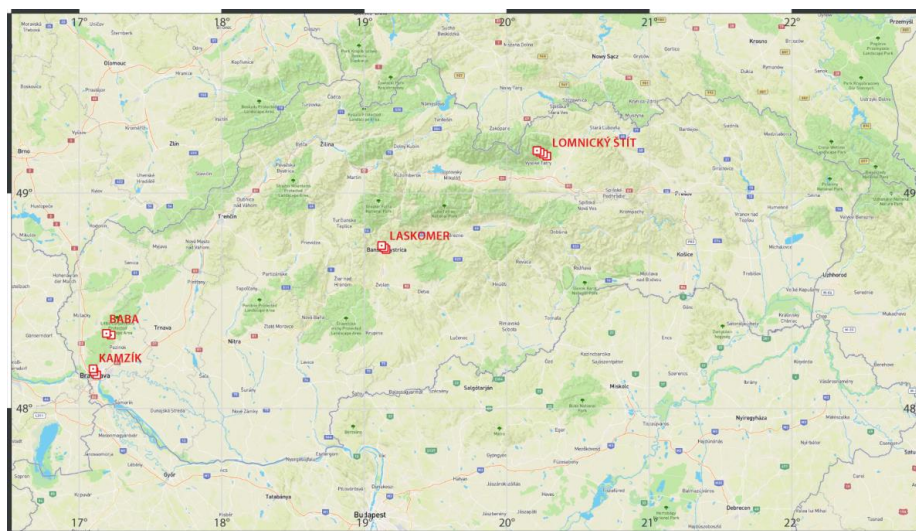


Obr. 2. Ukážka miestopisov bodov vertikálnej gravimetrickej základnice Lomnický štít – systém 1957 (Chudoba a Šimon, 1958).

2.2 Gravimetrické základnice z územia SR v rámci gravimetrických základov – systém 1964

Už v roku 1958, t.j. rok po vypublikovaní gravimetrických základov – systém 1957, bolo naplánované premeranie celej gravimetrickej siete Československa presnejším gravimetrom a jej zapojenie do medzinárodnej gravimetrickej siete. Dôvodom bolo najmä, že gravimeter TNK 310 použitý pri meraní siete systému 1957 meral podľa (Chudoba a Šimon, 1958) tiažové zrýchlenia väčšie asi o 0,3 mGal na 100 mGal. Po novom mala byť mierka z medzinárodnej siete do československej siete prenesená cez existujúce vertikálne gravimetrické základnice s veľkými tiažovými rozdielmi (Ještěd a Lomnický štít) vybudované ešte v rámci systému 1957 a prostredníctvom novovybudovanej šírkovkej základnice. Všetky tieto gravimetrické základnice tak mali slúžiť na pravidelné kalibrácie gravimetrov, čím mala byť udržiavaná a prenášaná mierka medzinárodnej siete do celých gravimetrických základov Československa. V rokoch 1958 až 1964 boli skutočne vykonané nové gravimetrické merania presnejšími relatívnymi gravimetrami typu Askania Gs 11 č. 153 a Gs 12 č. 129 a č.181 aj s prepojením na medzinárodnú gravimetrickú sieť. Súčasne s meraniami došlo v roku 1958 aj k vybudovaniu hlavnej šírkovkej základnice Hřensko – Dolní Dvořiště (celá je na území dnešnej ČR).

Nový gravimetrický systém dostal označenie 1964 a bol záväzný pre všetkých od roku 1966 (Katalóg – systém 1964). Do gravimetrických základov - systém 1964 boli zahrnuté aj body hlavnej šírkovkej základnice a všetky body ostatných 8 vertikálnych základníc vybudovaných ešte v rámci systému 1957. Polohy bodov a názvy gravimetrických základníc z územia SR v roku 1965 sa nachádzajú na obr.3.



Obr. 3. Gravimetrické základnice z územia SR - systém 1964 (stav v roku 1965).

Vertikálna gravimetrická základnica Lomnický štít spolu s českou vertikálnou gravimetrickou základnicou Ještěd boli zaradené v rámci systému 1964 medzi tzv. hlavné základnice a opakovane sa na nich vykonávali kontroly konštant všetkých použitých gravimetrov. Ostatné základnice boli považované iba ako pomocné a tieto boli zamerané počas budovania systému iba raz. Najviac meraní zo slovenských vertikálnych gravimetrických základníc tak bolo v rokoch 1958 až 1964 vykonaných na základnici Lomnický štít, konkrétne išlo o merania v rokoch 1958, 1959, 1961 a 1964. Základnice Kamzík, Baba a Laskomer (2x) boli merané iba v roku 1964 (Trager, 1967). Ukážka merania gravimetrom Gs12 č.129 na bodoch základnice Lomnický štít z roku 1961 sa nachádza na obr. 4.

Samostatným vyrovnaním v rámci systému 1964 boli určené tiažové rozdiely iba hlavnej šírkovkej základnice a vybraných úsekov vertikálnych gravimetrických základníc Ještěd a Lomnický štít. Vyrovnané hodnoty tiažových rozdielov týkajúce sa základnice Lomnický štít sú uvedené v tab.2.



Obr. 4. Ukážka merania na bodoch základnice Lomnický štít v roku 1961 (Trager, 1964).

Tabuľka 2. Vyrovnané hodnoty úsekov vertikálnej gravimetrickej základnice Lomnický štít v systéme 1964 (Katalóg – systém 1964).

Základnica	Úsek	Prevýšenie (m)	Tiažový rozdiel (mGal)
Lomnický štít	II-IV	863,90	180,59
	II-V	1722,17	403,83
	II-VI	1733,98	408,47

Hodnoty tiažových rozdielov medzi ostatnými bodmi a ostatných základníc možno vypočítať z vyrovnaných hodnôt uvedených v (Katalóg – systém 1964). Zemepisné súradnice bodov v katalógu (Katalóg – systém 1964) boli určené odpichnutím z topografických máp mierky 1:50000 (systém 1952) a výšky v systéme Bpv. Okrem iných prác bola v rámci budovania gravimetrických základov systému 1964 vykonaná aj revízia, údržba a doplnkové merania na všetkých bodoch vertikálnych gravimetrických základníc. Na gravimetrických základniciach z územia SR boli vykonané podľa (Trager, 1964) nasledovné úpravy:

- Základnica Koliba bola premenovaná na základnicu Kamzík, zrejme nakoľko došlo k premenovaniu reštaurácie vrcholového bodu z „Koliba“ na „Kamzík“ (viď miestopisy (Chudoba a Šimon, 1958) a (Katalóg – systém 1964)). Všetky body základnice boli prestabilizované, na bodoch II a III bol zameraný reliéf okolia a na všetkých bodoch základnice boli premerané blízke stavby.
- Oba body základnice Baba boli prestabilizované a na oboch bol zameraný reliéf okolia.
- Všetky body základnice Laskomer prešli údržbou a bol na nich taktiež zameraný reliéf (okrem bodu II) a premerané blízke stavby.
- Na bodoch I, II, III a V základnice Lomnický štít bola vykonaná údržba, bod VI bol prestabilizovaný. Bod IV bol zničený, a tak bol nahradený bodom IV.1.

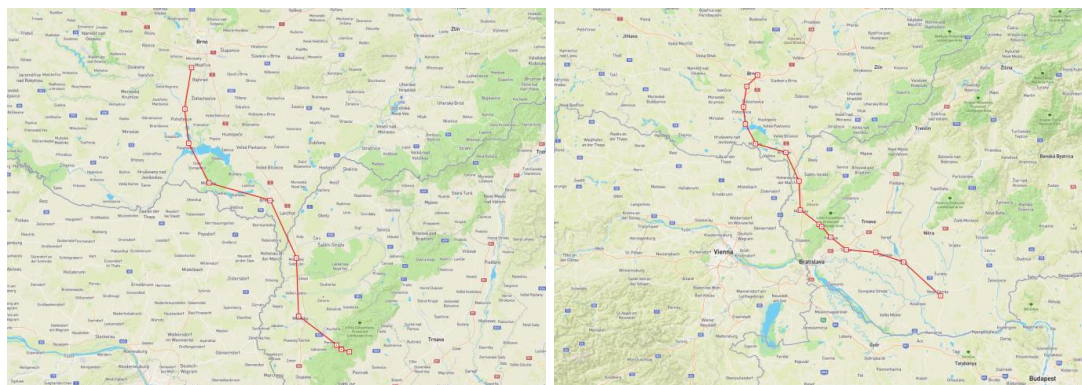
Práve časté ničenie gravimetrických bodov, a tým aj bodov gravimetrických základníc, ako bude uvedené aj nižšie v ďalšom texte, je smutnou ukážkou „bezzubosti“ legislatívy rezortu geodézie zachovať významné geodetické body v teréne dlhodobo. Pre zaujímavosť je ešte potrebné upozorniť na fakt, že na všetkých bodoch základníc došlo, ako je vyššie uvedené, k zameraniu reliéfu a premeraniu blízkych stavieb, ktoré napokon vstupovali do výpočtu opráv z reliéfu terénu a z vplyvu hmoty stavieb (Trager, 1967). Tie napríklad pri výpočtoch a vyrovnávaní tiažových rozdielov v systéme 1957 uvažované neboli.

2.3 Údržba a úpravy na bodoch gravimetrických základníc v rokoch 1964 - 1977

Československé gravimetrické základny – systém 1964 sa po novom podľa Smernice pre budovanie a udržiavanie československých gravimetrických základov (Smernice, 1971) delili na gravimetrické základnice a Československú štátnu gravimetrickú sieť, ktorá pozostávala zo základnej siete a siete hlavných a vedľajších tiažových ťahov. Gravimetrická základnica Lomnický štít bola zaradená medzi vedľajšie gravimetrické základnice. Ostatné gravimetrické základnice z územia Slovenska (obr.3) boli zaradené medzi pomocné (ich rozsah bol do 100 mGal) a boli odvodené z hlavnej šírrovej gravimetrickej základnice Hřensko – Dolní Dvořiště. Nové body systému 1964 sa stabilizovali žulovou, alebo betónovou doskou o rozmeroch 0,6 x 0,6 x 0,1 m s osadenou nivelačnou značkou na vymurovanom pilieri so základom v hĺbke 0,5 - 1,0 m pod terénom. Ochrana bodov sa zaisťovala výstražnou tabuľkou osadenou na budovách, alebo na ochrannej tyči. O zriadení bodu sa písomne upovedomil vlastník a mieste príslušný národný výbor. Pre dôležité body bolo odporúčané zriadiť a vyhlásiť chránené územie (pozn. na území Slovenska nebolo žiadne takého územie pre tiažový bod vyhlásené). Napriek týmto opatreniam dochádzalo opakovane k ničeniu bodov siete resp. základníc. Zmeny zistené pri kontrole a údržbe sa zaznamenávali do dodatkov. Z Dodatkov I (Dodatok I, 1978) a (Dodatek I, 1975) ku katalógu bodov československých gravimetrických základov – systém 1964 vydaných v roku 1975 resp. 1978 sa dozvedáme, koľko bodov gravimetrických základníc z územia Slovenska a Českej republiky bolo v rokoch 1965 až 1975 resp. 1978 zničených, zrušených alebo prestabilizovaných. Sumár a popis zmien na bodoch týkajúcich sa územia Slovenska je uvedený v tab.3.

Tabuľka 3. Prehľad zmien na bodoch gravimetrických základníc z územia SR v rokoch 1956 - 1977 (Dodatok I, 1978).

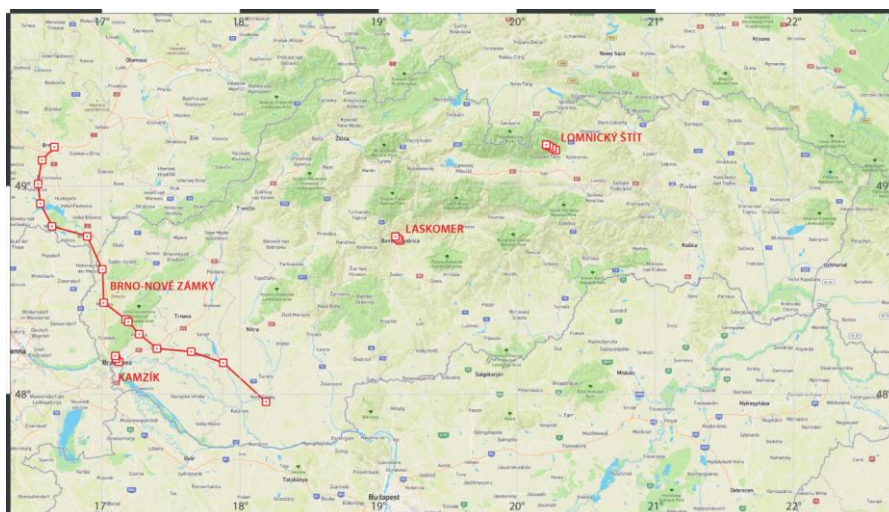
Základnica	Dotknutý bod	Popis zmeny
Kamzík	III Bratislava Vinohrady	Zničený a nahradený bodom III.1 Bratislava Koliba
Baba	I a II	Oba body zničené bez náhrady
Laskomer	-	-
Lomnický štít	I (Tatranská Lomnica) III (Štart) IV.1 (Skalnaté Pleso) Ia (Tatranská Lomnica)	Zrušený a nahradený bodom I.1 Zničený bez náhrady Zničený a nahradený bodom IV.2 Stabilizovaný nový bod
Želešice (ČR) – Baba (SR)	VIII Pernek – Baba I IX Pernek – Baba II	Stabilizovaný nový bod základnice Stabilizovaný nový bod základnice



Obr. 5. Gravimetrická základnica Želešice-Baba (vľavo) a Brno–Nové Zámky (vpravo).

V tab. 3 si môžete všimnúť, že územia Slovenska sa týka aj ďalšia, nová, gravimetrická základnica Želešice-Baba (obr.5 vľavo). Podľa (Lederer a kol.) išlo o gravimetrickú základnicu,

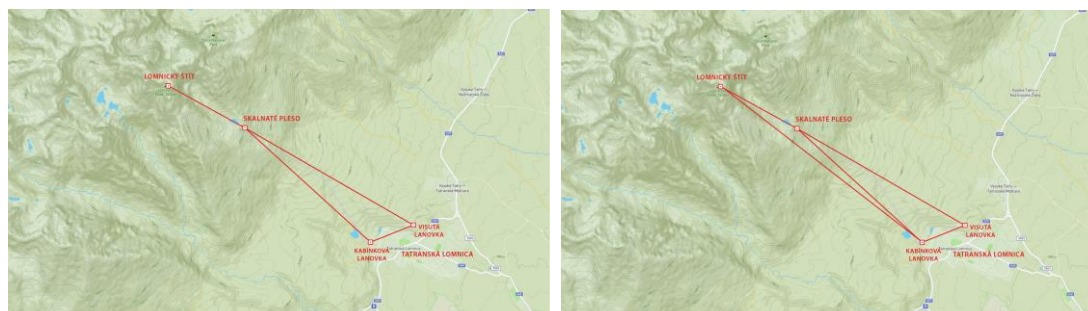
ktorá vznikla na žiadosť Geofyziky Brno pre potrebu overovania ich gravimetrov. V roku 1973 bola rozšírená a neskôr aj premenovaná na základnicu Brno – Nové Zámky. Základnica obsahovala 15 bodov a spájala body letísk Brno-Tuřany a Nové Zámky (obr. 5 vpravo). Pre smer západ – východ a malý výškový rozdiel nebola považovaná ani za šírkovú ani za výškovú gravimetrickú základnicu, aj preto bola v dodatkoch (Dodatok I, 1978) a (Dodatek I, 1975) zaradená medzi zhusťovacie body a body pre iné špeciálne účely. Grafický prehľad stavu gravimetrických základníc z územia SR z roku 1978 sa nachádza na obr.6. V tab. 3 je ešte jedna zaujímavosť a to, že vertikálna gravimetrická základnica Lomnický štít prešla nielen údržbou, ale aj modernizáciou a bola rozšírená (viac v kapitole 2.3.1).



Obr. 6. Gravimetrické základnice z územia SR - systém 1964 (stav v roku 1978).

2.3.1 Modernizácia gravimetrickej základnice Lomnický štít v roku 1976

V roku 1976 sa pracovníci geodetickej služby ČSSR rozhodli obnoviť a rozšíriť výškovú gravimetrickú základňu Lomnický štít. Cieľom rozšírenia gravimetrickej základnice bolo vyhovenie potrebám praxe t.j. umožniť spoľahlivé overovanie nových typov relatívnych gravimetrov Sharp a Worden. Ďalšími cieľmi bolo aj umožnenie vykonávania experimentálnych meraní na základnici pre vedecké účely (Gargalovič, 1977). Modernizácia a úpravy vykonané na bodoch základnice Lomnický štít v roku 1976 sú uvedené v tab.4. Z tabuľky je zrejmé, že základnica po roku obsahovala už iba 4 body, nakoľko ostatné boli zrušené, alebo zničené. Dostabilizovaním bodu Ia sa zmenil tvar základnice (obr.7), čo umožňovalo vykonávať na základnici merania malého a veľkého tiažového rozdielu s uzáverom do trojuholníka. To sa využívalo najmä pri gravimetroch Sharp pri observácii skrutkami malého a veľkého rozsahu (Gargalovič, 1977). V tab. 5 nižšie sú uvedené aj hodnoty tiažových rozdielov namerané gravimetrami Sharpe a Worden v roku 1977 (Gargalovič, 1977).



Obr. 7. Tvar základnice Lomnický štít v roku v roku 1977.

Tabuľka 4. Body gravimetrickej základnice Lomnický štít v roku 1977 (Gargalovič, 1977).

Číslo bodu základnice	Nové číslo bodu	Názov	Miesto	Rok stabilizácie	Poznámka
<i>I</i>	-	<i>Tatranská Lomnica</i>	<i>Pri budove visutej lanovky</i>	<i>1952</i>	<i>Bod zničený</i>
I.1	2061.01	Tatranská Lomnica	Pri budove visutej lanovky	1976	
Ia	2060	Tatranská Lomnica	Pri budove kabínkovej lanovky	1976	Nový bod
<i>II</i>	-	<i>Tatranská Lomnica</i>	<i>Budova visutej lanovky</i>	<i>1952 – nestabilizovaný</i>	<i>Bod zrušený</i>
<i>III</i>	-	<i>Štart</i>	<i>Budova visutej lanovky – stanica Štart</i>	<i>1952 – nestabilizovaný</i>	<i>Bod zrušený</i>
<i>IV</i>	-	<i>Skalnaté Pleso</i>	<i>Pri budove stanice lanovky</i>	<i>1952</i>	<i>Bod zničený</i>
<i>IV.1</i>	-	<i>Skalnaté Pleso</i>	<i>Pri budove stanice lanovky</i>	<i>1958</i>	<i>Bod zničený</i>
IV.2	2064.02	Skalnaté Pleso	Pri budove stanice kabínkovej lanovky	1976	
<i>V</i>	-	<i>Lomnický štít</i>	<i>Budova stanice lanovky</i>	<i>1952 – nestabilizovaný</i>	<i>Bod zrušený</i>
VI	2066	Lomnický štít	Pri budove stanice lanovky	1952	

Tabuľka 5. Tiažové rozdiely gravimetrickej základnice Lomnický štít v roku 1977 (Gargalovič, 1977).

Základnica	Dátum vybudovania / modernizácie	Počet bodov po modernizácii	Úseky	Tiažový rozdiel (mGal)
Lomnický štít (Tatranská Lomnica)	1952 / 1976	4	2060-2064.02	180,113
			2061.01-2064.02	181,403
			2064.02-2066	227,536
			2060-2061.01	1,265
			2061.01-2066	408,944

Z vedeckých aktivít sa modernizovaná gravimetrická základnica Lomnický štít využívala napríklad na testovanie vplyvu zmeny atmosférického tlaku vzduchu na meranie relatívnymi gravimetrami vid'. prácu (Gargalovič a kol. 1977).

2.4 Údržba a úpravy na bodoch gravimetrických základníc z územia SR v rokoch 1977 - 1992

Po zmodernizovaní základnice Lomnický štít v roku 1976 a vykonaní experimentálnych meraní aj za účasti maďarských gravimetrov (Gargalovič, 1977) a ďalších vedeckých meraní (Gargalovič a kol., 1977) sa základnica pravidelne nemerala. V roku 1987 došlo k jej jemnej úprave t.j. k rozšíreniu o nový bod v lokalite medzistanice Štart kabínkovej lanovky na Skalnaté Pleso s označením 2063.01 vid'. miestopis tiažového bodu Štart z roku 1987 (GÚ Štart, 1987). Základnica tak od tohto okamihu pozostávala z piatich bodov (tab.6). Bolo to v čase keď bola v rámci Československa a Maďarska činnosť v gravimetrických základoch sústredená na vybudovanie Jednotnej gravimetrickej siete (ďalej JGS). V rokoch 1982-1985 bola skupinou viacerých gravimetrov zameraná letecká sieť 18-bodov JGS. Táto sieť bola napojená na sedem absolútnych

bodov zameraných absolútnym gravimetrom GABL Inštitútu fyziky Zeme z Moskvy. Na území Slovenska bol zameraný bod Žilina (Marek a kol., 2006). Na ostatných gravimetrických základniciach údržba v tomto období buď neprebehla, alebo ak áno, tak sa o nej nepodarilo nájsť záznam. Celkovo môžeme povedať, že aktívne bola z územia Slovenska v tomto období využívaná iba základnica Brno-Nové Zámky, najmä zo strany českých kolegov z geofyziky Brno a Zeměměřického úřadu. Ostatné základnice ostali prakticky nevyužívané.

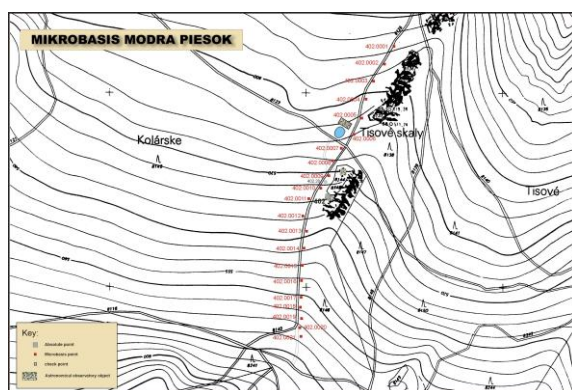
Tabuľka 6. Body gravimetrickej základnice Lomnický štít v roku 1987.

Číslo bodu	Názov	Miesto	Rok stabilizácie
2061.01	Tatranská Lomnica	Pri budove visutej lanovky	1976
2060	Tatranská Lomnica	Pri budove kabínkovej lanovky	1976
2063.01	Štart (nový bod)	Pri budove kabínkovej lanovky – stanica Štart	1985
2064.02	Skalnaté Pleso	Pri budove stanice kabínkovej lanovky	1976
2066	Lomnický štít	Pri budove stanice lanovky	1952

V dôsledku spoločenských zmien došlo po roku 1989 k nadviazaniu spolupráce v oblasti gravimetrie so západnými krajinami ako Rakúsko, Nemecko a USA vlastniacimi absolútne gravimetre a rozhodlo sa ísť cestou spresňovania a modernizácie JGS pomocou týchto meraní (Katalóg – systém 1995). Navyše 1.1.1993 došlo k rozdeleniu Československa, čo sa prejavilo potrebou nového definovania resp. vybudovania novej gravimetrickej základnice na Slovensku namiesto dovtedy používanej hlavnej šírkovvej základnice Hřensko - Dolní Dvořiště. Ešte pred tým, v roku 1992, došlo aj k obhliadke bodov gravimetrickej základnice Lomnický štít a ku gravimetrickému meraniu v lokalite Skalnatého plesa Katedrou geodetických základov Slovenskej technickej univerzity v Bratislave.

2.5 Gravimetrické základnice z územia SR v rámci gravimetrických základov – systém 1995

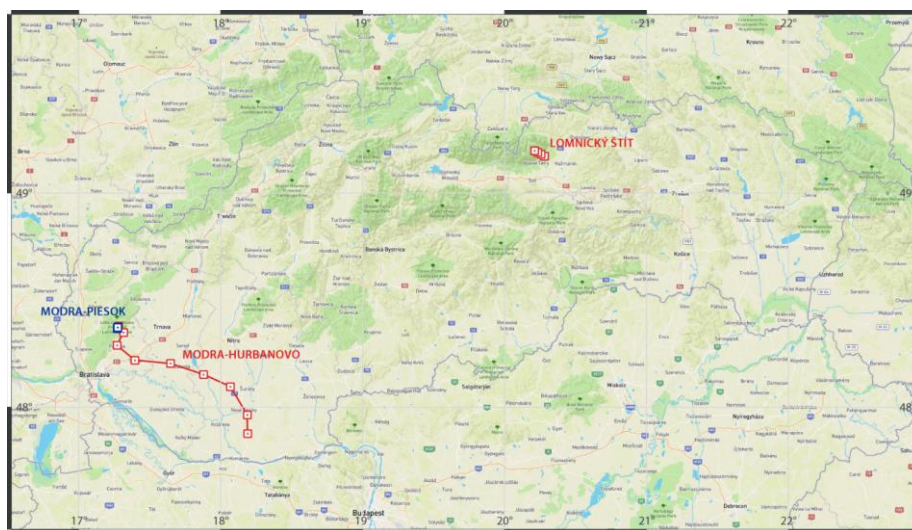
Po rozdelení Československa na dve samostatné republiky došlo na Slovensku v roku 1993 k potrebe zadefinovania novej gravimetrickej základnice. Namiesto hlavnej československej šírkovvej základnice Hřensko - Dolní Dvořiště bola hneď v roku 1993 pre Slovensko stanovená nová komparačná gravimetrická základnica Modra – Hurbanovo, ktorá vznikla úpravou základnice Brno - Nové Zámky. Nová základnica spájala absolútne body Modra a Hurbanovo a skladala sa z 10-tich bodov (obr.9): Modra ABS, Piesok, Harmónia, Pezinok, Senec, Sládkovičovo, Šaľa, Tvrdošovce, Nové Zámky aer. a Hurbanovo ABS (Katalóg – systém 1995). Povinnosť jej využívania pracovníkmi GKÚ sa spomína už aj v Metrologickom poriadku GKÚ z roku 1994 (Priam, 1994).



Obr. 8 Gravimetrická mikrozákladnica Modra-Piesok (vľavo) a ukážka jedného z jej bodov (vpravo).

V roku 1994 bola na Slovensku vybudovaná aj iná gravimetrická základnica, a to gravimetrická mikrozákladnica Modra-Piesok, ktorá sa nachádza v rovnomernej lokalite neďaleko Bratislavy. Tá pozostáva z 21 bodov stabilizovaných betónovými platňami s klincovou značkou s minimálnym rozstupom a tiažovým rozdielom veľmi blízkym 1 mGal, vhodným na kalibráciu mikrometrických skrutiek gravimetrov (obr.8).

V roku 1998 došlo konečne aj k ukončeniu prác v gravimetrickej sieti a k vypublikovaniu Katalógu bodov Štátnej gravimetrickej siete (ďalej ŠGS) – gravimetrický systém 1995. Do vyrovnania tiažových meraní vstúpili merania vykonané v rámci JGS z územia Českej republiky, Slovenska a Maďarska. Spracovanie a vyrovnanie prebiehalo etapovito v spracovateľských centrách každého zúčastneného štátu. Výsledkom bol katalóg hodnôt tiažových zrýchlení v gravimetrickom systéme 1995. Do výpočtov a vyrovnania bolo využitých 18 absolútnych bodov, pričom 7 z nich bolo z územia Slovenska. V poslednej etape výpočtu k nim boli pridané ešte ďalšie 3 absolútne body z územia Slovenska a merania vykonané relatívnymi gravimetrami La-Coste Romberg v rokoch 1995 až 1997. Z tejto poslednej etapy vyrovnania vykonanej v apríli 1998 boli vyňaté všetky tiažové body nachádzajúce sa na území Slovenska a splňujúce podmienku pravidelného a plošného rozmiestnenia, a tieto boli zostavené do Katalógu ŠGS – systém 1995 (Katalóg – systém 1995). Zemepisné súradnice bodov boli naďalej ako v systéme 1964 odvíchané z topografických máp 1:25000 (súradnicový systém 1952) a výšky určované v systéme Bpv. Do katalógu systému 1995 sa medzi body ŠGS z gravimetrických základníc dostala už iba nová komparačná základnica Modra – Hurbanovo. Body vertikálnej gravimetrickej základnice Lomnický štít a gravimetrickej mikrozákladnice Modra-Piesok boli zaradené iba medzi body podrobného tiažového bodového poľa pod pôvodnými číslami. Grafické zobrazenie stavu gravimetrických základníc na území SR v roku vydania katalógu systému 1995 t.j. v roku 1998 sa nachádza na obr. 9.



Obr. 9. Gravimetrické základnice z územia SR - systém 1995 (stav v roku 1998).

2.5.1 Využívanie gravimetrických základníc z územia SR a ich meranie v rokoch 1998-2010

Po roku 1998 a vypublikovaní katalógu ŠGS – systém 1995 sa na Slovensku pri všetkých gravimetrických prácach začal nový gravimetrický systém 1995 povinne používať. Gravimetrické práce sa v rámci rezortu geodézie vykonávali relatívnymi gravimetrami LaCoste Romberg najmä na bodoch geodetických základov, a to konkrétne na geodynamických bodoch (body ŠPS triedy B), vybraných bodoch ŠPS triedy C a vybraných bodoch 1. rádu ŠNS. V neskorších rokoch sa pristúpilo opäť aj k údržbe a premeriavaniu bodov ŠGS. Okrem týchto prác sa priebežne objednávali aj absolútne gravimetrické merania a zabezpečovalo sa premeriavanie a rozširovanie sietí absolútnych bodov t.j. 0. rádu ŠGS. V roku 2015 bolo na území Slovenska opakovane zameraných 13 absolútnych bodov. Na kontrolu a kalibráciu používaných relatívnych gravimetrov sa využívala komparačná základnica Modra - Hurbanovo, tak ako to vyžadoval aj metrologický poriadok GKÚ (Priam, 1994). Zamestnanci GKÚ Bratislava ju premeriavali

každoročne minimálne jeden krát. Zvyčajne to bolo pred zahájením terénnych prác. Okrem toho

v I
Hc
mē
ká
teľ
do
(2)

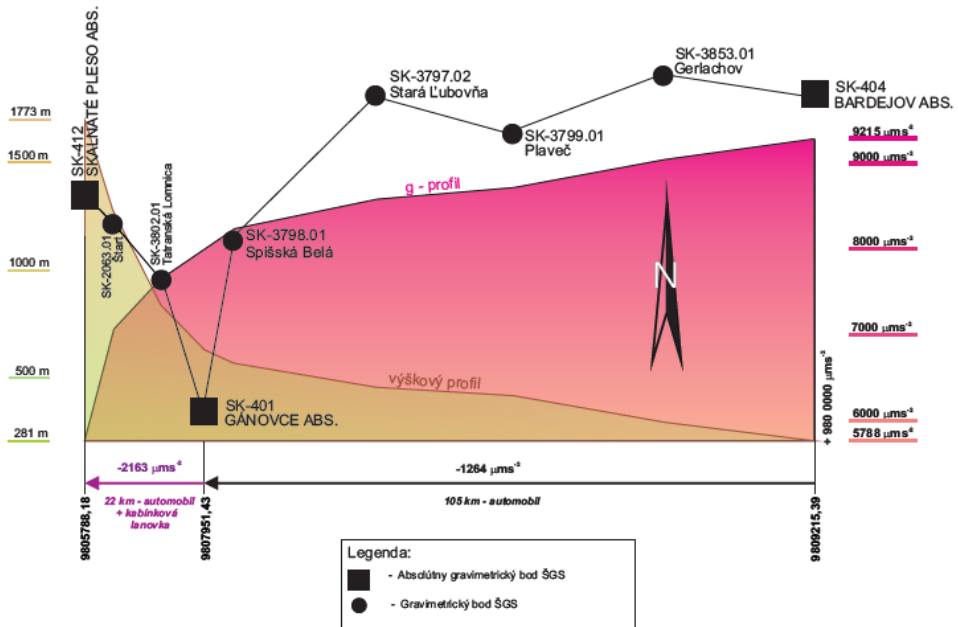
Slovenská gravimetrická základňa Bardejov - Gánovce - Skalnaté Pleso

2012

nu
vic
mi
na

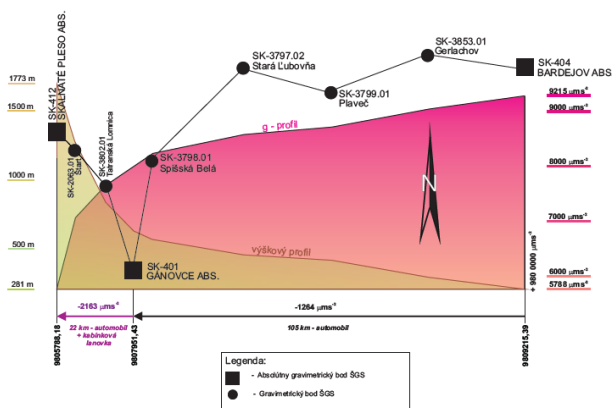
3

a k
vir
toľ
Lo
Ba
k r
Aľ
ch:



Slovenská gravimetrická základňa
Bardejov - Gánovce - Skalnaté Pleso

2012



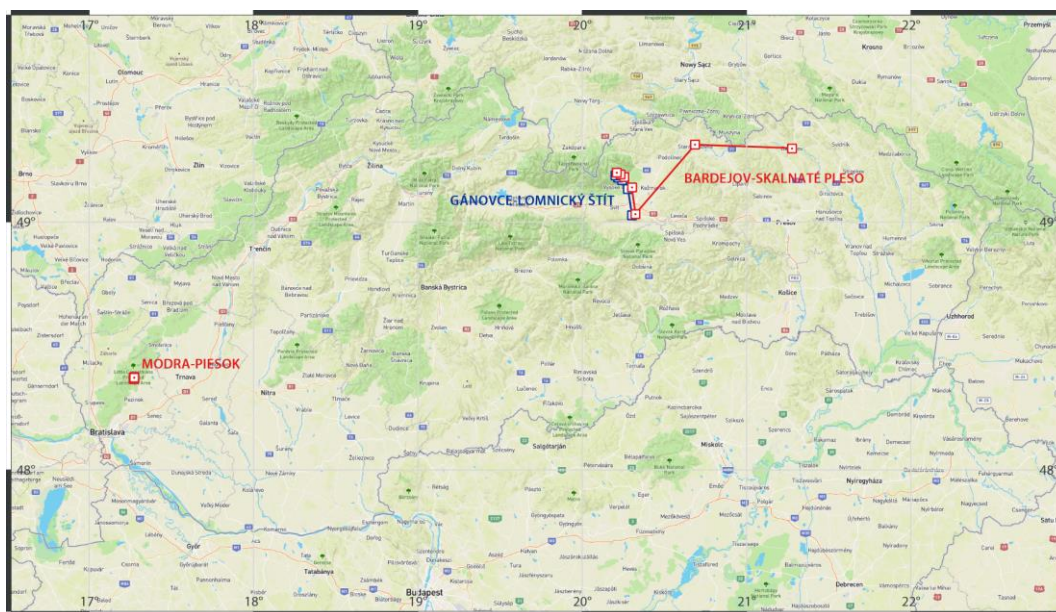
Obr. 10. Slovenská gravimetrická základnica - systém 1995 (stav v roku 2012).

Tabuľka 7. Približné tiažové rozdiely Slovenskej vertikálnej gravimetrickej základnice.

Základnica	Rok	Počet bodov	Úsek	Tiažový rozdiel (mGal)
Slovenská gravimetrická základnica	2010	6	Bardejov – Gánovce	126,4
Slovenská gravimetrická základnica	2011-2015	9	Bardejov – Skalnaté Pleso	345,4

3.2 Rozhodnutie vybudovať novú gravimetrickú základnicu

Skutočnosť, že v roku 2015 došlo k zničeniu jedného bodu stále neoficiálnej Slovenskej gravimetrickej základnice (bod Štart, vid'. kapitolu 2.5.1) bol pre pracovníkov rezortu geodézie, konkrétne odboru geodetických základov GKÚ Bratislava, impulzom na prehodnotenie koncepčného zámeru týkajúceho sa záujmu dobudovať gravimetrickú základnicu Bardejov – Skalnaté Pleso (Konceptcia 2016-2020) do budúca. Mimochodom dokument „Hlavné smery rozvoja na úseku geodézie, kartografie a katastra na roky 2016 – 2020“, ako je po novom koncepcia oficiálne nazvaná, počíta s úlohou nutnosti úpravy legislatívy s cieľom lepšej ochrany bodov geodetických základov, kam sú zaradené aj body gravimetrických základníc, aj so zabezpečením ich metrologickej nadväznosti. Výsledkom prehodnotenia koncepčného zámeru bolo jeho malé poopravenie pozostávajúce po novom z dvoch fáz. V prvej fáze má ísť o vybudovanie kompaktnejšej základnice pod názvom Vertikálna gravimetrická základnica Gánovce - Lomnický štít a v druhej fáze o jej rozšírenie až po Bardejov (obr.11) (Droščák, Mališ, 2017). Všetky body základnice majú byť určené meraniami absolútnymi gravimetrami a rozsah základnice nemá vyhovovať iba požiadavkám výrobcov gravimetrov (minimálne 100 mGal), ale aj požiadavke, že nová základnica má pokrývať čo najväčší rozsah tiažových zrýchlení merateľných na území Slovenska. Aj preto bolo rozhodnuté vybudovať novú základnicu opäť na mieste, kde aj historicky základnica vždy bola t.j. v Tatrách a rozšíriť ju až po Bardejov, kde zo skúsenosti vieme, že je namerané jedno z najvyšších hodnôt tiažového zrýchlenia v rámci Slovenska. Do budúca sa počíta aj s udrzaním mikrozakladnice Modra-Piesok. Ako by mala vyzerat' mapa gravimetrických základníc do budúca je vyobrazené na obr.11.



Obr. 11. Grafické zobrazenie bodov gravimetrických základníc plánovaných do budúca.

3.3 Súčasný stav budovania vertikálnej gravimetrickej základnice Gánovce – Lomnický štít

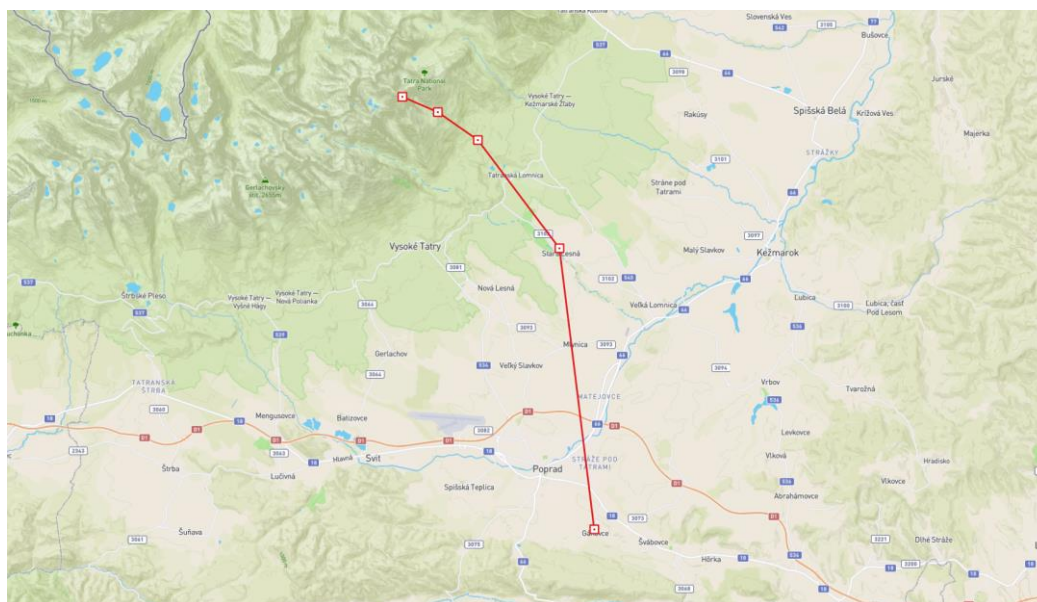
Vertikálna gravimetrická základnica Gánovce – Lomnický štít začala byť nanovo budovaná od roku 2015. Oficiálne sa dostala do plánu aktivít odboru Geodetických základov GKÚ Bratislava Vykonávacím projektom z roku 2016, kde jej dobudovanie figurovalo aj medzi prioritami na rok 2016 (Vykonávací projekt 21/2016). Základnica sa skladá z piatich bodov: Gánovce, Stará Lesná, Štart, Skalnaté Pleso a Lomnický štít, pričom všetky sú určené meraním absolútnym gravimetrom. Body základnice sú stabilizované betónovými kvádrmi o rozmeroch 1,3 x 1,3 x 1,3 m s klincovou značkou (obr. 12), okrem bodov Lomnický štít, kde je použitý iba geokliniec v podlahe a Skalnaté Pleso, kde je taktiež použitý iba geokliniec v pilieri. Základné informácie o bodoch základnice sú uvedené v tab.8 a jej grafické vyobrazenie sa nachádza na obr.13.



Obr. 12. Ukážka stabilizácie bodu Stará Lesná gravimetrickej základnice Gánovce – Lomnický štít.

Tabuľka 8. Body gravimetrickej základnice Lomnický štít v roku 1987.

Číslo bodu	Názov	Miesto	Rok stabilizácie
SK-401	Gánovce	V budove SHMÚ Gánovce	1993
SK-420	Stará Lesná	V areáli astronomického ústavu SAV	2016
SK-418	Štart	V garáži budovy pôvodnej visu-tej lanovky – stanica Štart	2016
SK-412	Skalnaté Pleso	V budove astronomického ob-servatória SAV	2005
SK-419	Lomnický štít	V budove stanice lanovky	2016



Obr. 13. Vertikálna gravimetrická základnica Gánovce – Lomnický štít.

Absolútne merania na štyroch bodoch základnice boli vykonané absolútnym gravimetrom FG5X-251 VÚGTK Zdiby v mesiaci október 2016 (Protokol 02, 2017) a marec 2017 (Protokol 03, 2017) (obr.12) a jeden bod základnice bol meraný absolútnym gravimetrom FG5-230 Poli-

technikou Warsawa v septembri 2016. Na všetkých bodoch zmeraných VÚGTK Zdiby boli zároveň po absolútnom meraní určené aj vertikálne tiažové gradienty. Do výpočtu presných hodnôt tiažového zrýchlenia boli uvažované korekcie z variácie slapového zrýchlenia, z účinku anomálnych vzdušných hmôt, zo zmeny odstredivého zrýchlenia v dôsledku pohybu pólu vzhľadom k pólu IERS, na definované miesto pomocou vertikálneho tiažového gradientu, z gravitačného efektu vplyvu vlastnej hmoty prístroja, z difrakcie laserového lúča, z odchýlky od vertikality, z veľkosti interferenčných prúžkov a zo systematických odchýlok gravimetra (Protokol 02, 2017). Základné parametre základnice z predbežného spracovania sú uvedené v tab.9.

Tabuľka 9. Tiažové rozdiely gravimetrickej základnice Gánovce - Lomnický štít (predbežné výsledky).

Základnica	Dátum vybudovania	Počet bodov	Úseky	Tiažový rozdiel (mGal)
Gánovce – Lomnický štít	2016-2017	5	Gánovce – Stará Lesná	17,1
			Stará Lesná – Štart	68,2
			Štart – Skalnaté Pleso	133,3
			Skalnaté Pleso – Lomnický štít	221,4
			Gánovce - Lomnický štít	440,1

Polohové súradnice všetkých bodov základnice budú mať presne určené súradnice s centimetrovou presnosťou v systéme ETRS89 a výšky budú určené v Bpv metódou VPN z bodov Štátnej nivelačnej siete, okrem bodu Lomnický štít, na ktorom sa zvažuje vykonanie určenia presnej výšky trigonometricky z bodov ŠNS dotiahnutých na Skalnaté pleso. Všetky body budú mať v zmysle štandardov aj excentrické body, ktoré sú práve v tomto období budované.

3.4 Slovenská gravimetrická základnica Bardejov – Lomnický štít

Slovenská gravimetrická základnica Bardejov – Lomnický štít (obr.11), má podľa dokumentu (Droščák a Mališ, 2017) vyzeráť nasledovne: základnica sa má skladať zo 7-ich bodov s možnosťou doplnenia ešte jedného, pričom všetky majú byť určené meraním absolútnym gravimetrom a majú mať určené hodnoty vertikálnych gradientov. Základnica má slúžiť na kontrolu relatívnych gravimetrov a na určovanie konštanty gravimetrov. Jej výhoda a zmysel voči vertikálnej gravimetrickej základnici Gánovce – Lomnický štít, ktorá bude jej súčasťou, bude v rozsahu, ktorý by mal pokrývať až 97% celkového možného rozsahu tiažových rozdielov merateľných na povrchu na území Slovenska. Malou nevýhodou základnice bude jej dĺžka (z pohľadu vzdialenosti medzi bodmi), ktorá bude určite znamenať väčšiu náročnosť jej merania.

4 ZÁVER

Súčasným zámerom rezortu geodézie je dobudovať vertikálnu gravimetrickú základnicu Gánovce - Lomnický štít a oficiálne ju zaradiť aj medzi základnice spravované metrologickými pracoviskami rezortu, ktorých vytváranie je v súčasnosti taktiež riešené. Moderne vybudovaná základnica, ktorá svojim rozsahom významne prekračuje štandardy, má slúžiť nielen pracovníkom rezortu vykonávajúcich gravimetrické merania, ale aj vedeckým a odborným pracovníkom špecializovaných ústavov, akademickej obce, prípadne komerčných inštitúcií využívajúcich pri práci relatívne gravimetrické prístroje naplňať zákon o metrologii t.j. umožniť im na území Slovenska vykonávať povinné preskúšanie a kalibrácie gravimetrických prístrojov.

LITERATÚRA

Chudoba, V. 1954. O Československých gravimetrických základoch. In Práce geofyzikálneho ústavu Čes-

- koslovenské akademie věd, No 13, *Geofyzikální sborník 1954*, NČSAV, Praha 1954.
- Chudoba, V. a Šimon, Z. 1958. Československé vertikální tíhové základny, Měřítka a posun gravimetrické sítě I. a II. řádu. In *Práce geofyzikálního ústavu Československé akademie věd, No 73, Geofyzikální sborník 1958*, NČSAV, Praha 1958.
- Katalog gravimetrických bodů I. a II. Řádu. ÚSGK-GTÚ, KRÚ, Praha 1957.
- Katalog bodů Československých gravimetrických základů – Systém 1964. ÚSGK-GTÚ, KRÚ, Praha 1965.
- Katalóg bodov Štátnej gravimetrickej siete – gravimetrický systém 1995. GKÚ Bratislava - ÚGKK SR, Bratislava 1998.
- Trager, L. 1967. Československé gravimetrické základy – Systém 1964. Závěrečná technická zpráva. XXXIV. ÚSGK. Praha 1967.
- Směrnice pro budování a udržování československých gravimetrických základů. ČÚGK, Praha 1971.
- Dodatok I - Katalóg bodov Československých gravimetrických základov – Systém 1964. SÚGK, GÚ, Bratislava 1978.
- Gargalovič, L. Jakubcová I., Kubáčková L., Pick, M. 1977. Vplyv zmeny atmosférického tlaku na meranie gravimetrickými prístrojmi Šarp a Worden. GS ČSSR. Bratislava 1977.
- Gargalovič, L. 1977. Výšková základňa Lomnický štít. Interná technická správa. GS ČSSR. Bratislava 1977.
- Priam, Š. 1994. Metrologický poriadok geodetického a kartografického ústavu Bratislava. Interný predpis. GKÚ Bratislava, 1994.
- Lederer M., Nesvadba O. a Pálinkáš V (ešte nepublikované). Gravimetrické základy ČR.
- Marek, J., Nejedlý, A., Priam, Š. 2006. Geodetické základy – historický prehľad. SSGK-GKÚ Bratislava. 2006.
- Miestopis tiažového bodu Štart výškovej základne. 1987. GÚ Bratislava, 1988.
- CG5 Scintrex Autograv System – Operation manual (ver.8). Dostupné na http://scintrexltd.com/wp-content/uploads/2017/02/CG-5-Manual-Ver_8.pdf
- Hlavné smery rozvoja na úseku geodézie, kartografie a katastra nehnuteľností na roky 2016 – 2020, ÚGKK SR. Dostupné na http://www.skgeodesy.sk/files/slovensky/ugkk/koncepcie/hlavne-smery-rozvoja-rezortu_schvalene-29_6_2016.pdf.
- Vykonávací projekt 21/2016. Kontrakt o realizácii geodetických, kartografických a katastrálnych služieb a plnení edičného plánu ÚGKK SR na rok 2017. ÚGKK SR – GKÚ Bratislava. Dostupné na http://www.gku.sk/files/gku/o-ustave/dokumenty/kontrakt_2017.pdf.
- Droščák, B., Mališ, M. 2017. Návrh štruktúry a činnosti metrologických pracovísk v rámci rezortu ÚGKK SR (interný materiál).