

T A
Č R

Tento projekt je financován se státní podporou
Technologické agentury ČR
v rámci programu BETA2

www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost



Souhrnná výzkumná zpráva shrnující výsledky řešení projektu TITSCUZK704

Konečný uživatel výsledků: **Český úřad zeměměřický a katastrální**
Pod sídlištěm 1800/9, 182 11 Praha 8 Kobylisy

Název projektu: Zvýšení přesnosti a spolehlivosti určení tíhového zrychlení na absolutních tíhových bodech v ČR

Číslo projektu: TITSCUZK704

Řešitel projektu: Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i., Ústecká 98, 250 66 Zdíby

Doba řešení: 1. 1. 2019 – 31. 12. 2021

Důvěrnost a dostupnost: veřejně přístupný

Informace o autorském týmu:

doc. Ing. Jakub Kostecký, Ph.D.

Ing. Vojtech Pálinkáš, Ph.D.

Ing. Miloš Vaňko, Ph.D.

Další informace o projektu:

Cílem projektu je vytvoření metodiky pro určení vertikálních gradientů tíhového zrychlení (zejm. za účelem přenosu hodnoty tíhového zrychlení z referenčního bodu absolutního gravimetru do úrovně stabilizace tíhového bodu). Dalším cílem je vytvoření metodiky pro stanovení sezónních změn tíhového zrychlení (zejm. na základě experimentálně ověřených hydrologických vlivů) a vytvoření metodiky pro jednotné zpracování absolutních tíhových měření (se zahrnutím jak stávajících, tak nově zjištěných přístrojových oprav i z lokálního vlivu okolního prostředí).

Úvod

Tento dokument je jedním z výstupů řešení projektu TITSCUZK704 „Zvýšení přesnosti a spolehlivosti určení tíhového zrychlení na absolutních tíhových bodech v ČR“ programu BETA2 Technologické agentury ČR. Je výstupem 11. kvartálu řešení projektu. Jeho cílem je shrnout výsledky řešení projektu.

1 Shrnutí výsledků opakovaných relativních měření vertikálního gradientu tíhového zrychlení na vybraných absolutních tíhových bodech

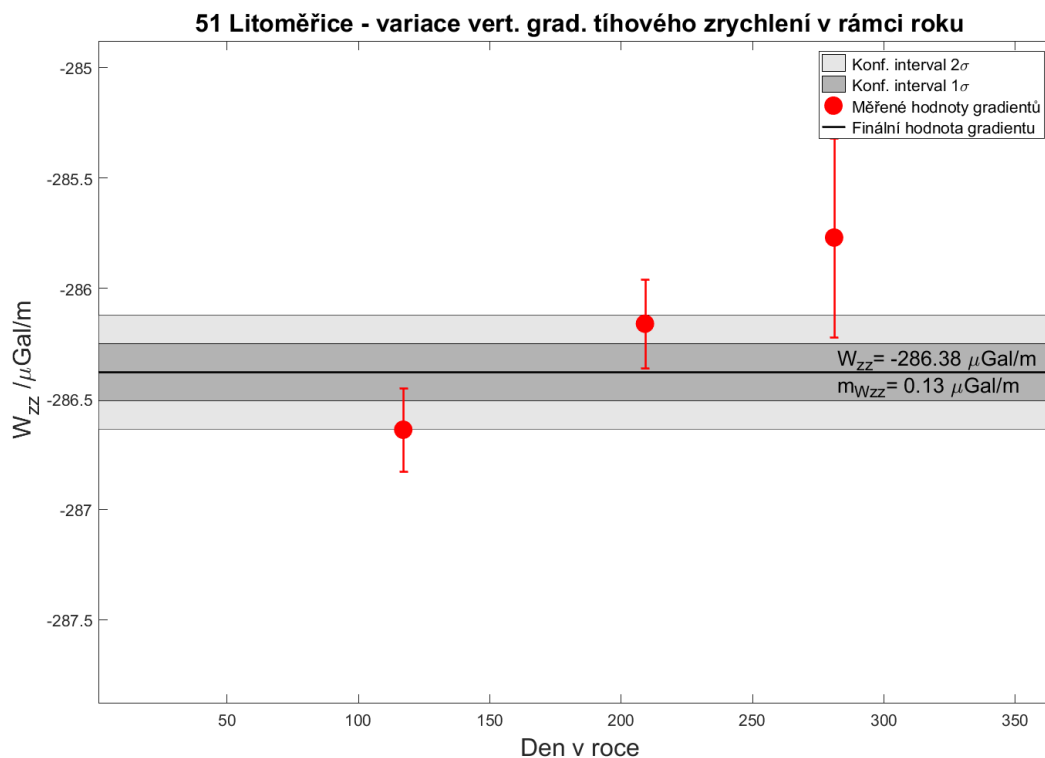
V Tabulce 1 jsou shrnuty výsledné hodnoty změn tíhového zrychlení s výškou (vertikální gradienty) na vybraných absolutních bodech na podkladě měření a výsledků zpracovaných ve zprávách (*Val'ko a Kostecký 2020a, Val'ko a Kostecký 2020b, Val'ko a Kostecký 2020c a Val'ko a Kostecký 2021*). Vyjma bodu 64 Brno-VUT je změna tíhového zrychlení na všech bodech vyjádřena lineární funkcí, na bodě 64 Brno-VUT pak kvadratickou funkcí.

Tabulka 1 – Finální hodnoty změn tíhového zrychlení s výškou (gradientů) na vybraných absolutních bodech

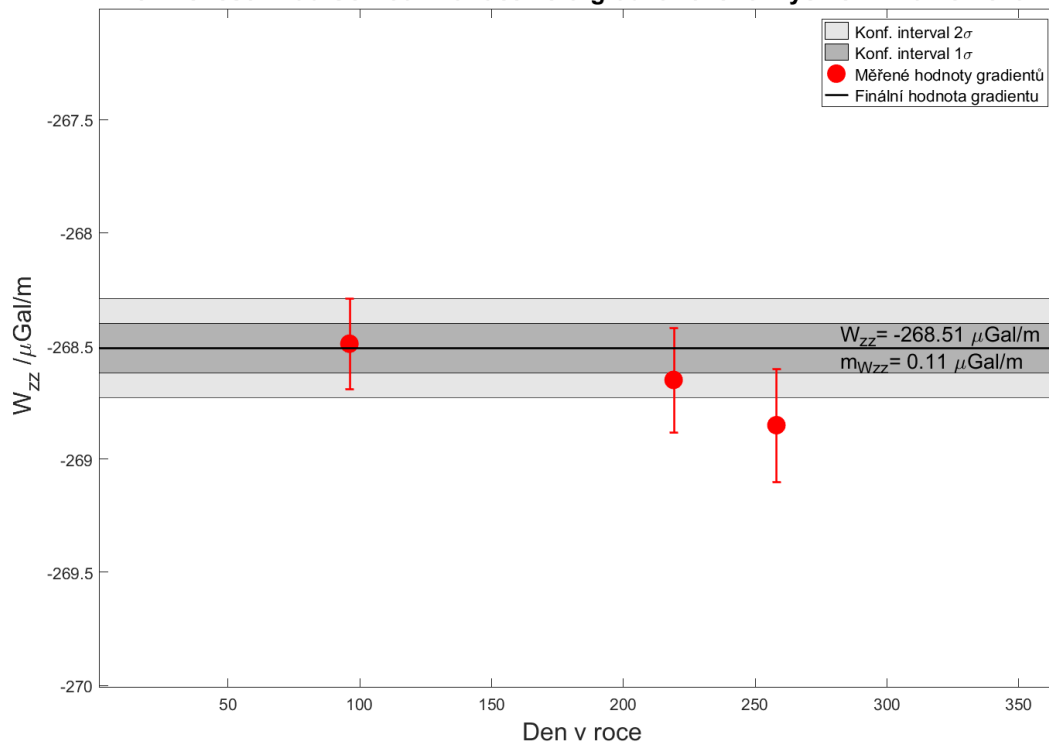
Bod	Jaro	Léto	Podzim	Vertikální gradient
51 Litoměřice	$W_{zz} = -286,64 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,20 \mu\text{Gal/m}$ 27.4.2020	$W_{zz} = -286,16 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,21 \mu\text{Gal/m}$ 28.7.2020	$W_{zz} = -285,77 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,46 \mu\text{Gal/m}$ 8.10.2019	$W_{zz} = -286,38 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,14 \mu\text{Gal/m}$
52 Benešov nad Černou	$W_{zz} = -268,49 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,22 \mu\text{Gal/m}$ 6.4.2020	$W_{zz} = -268,65 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,24 \mu\text{Gal/m}$ 7.8.2019	$W_{zz} = -268,85 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,26 \mu\text{Gal/m}$ 15.9.2020	$W_{zz} = -268,51 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,11 \mu\text{Gal/m}$
53 Kraslice	$W_{zz} = -244,03 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,20 \mu\text{Gal/m}$ 28.4.2020	$W_{zz} = -244,29 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,21 \mu\text{Gal/m}$ 29.7.2020	$W_{zz} = -245,23 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,53 \mu\text{Gal/m}$ 9.10.2019	$W_{zz} = -244,38 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,12 \mu\text{Gal/m}$
58.10 Plzeň-NTIS	$W_{zz} = -284,46 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,17 \mu\text{Gal/m}$ 28.4.2020	$W_{zz} = -284,69 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,21 \mu\text{Gal/m}$ 29.7.2020	$W_{zz} = -285,15 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,32 \mu\text{Gal/m}$ 9.10.2019	$W_{zz} = -284,78 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,15 \mu\text{Gal/m}$
60 Svitavy	$W_{zz} = -295,83 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,20 \mu\text{Gal/m}$ 29.4.2020	$W_{zz} = -295,95 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,30 \mu\text{Gal/m}$ 3.6.2021	$W_{zz} = -295,76 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,24 \mu\text{Gal/m}$ 15.10.2019	$W_{zz} = -295,97 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,15 \mu\text{Gal/m}$
62 Jihlava	$W_{zz} = -285,38 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,22 \mu\text{Gal/m}$ 7.4.2020	$W_{zz} = -284,69 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,31 \mu\text{Gal/m}$ 8.8.2019	$W_{zz} = -285,31 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,22 \mu\text{Gal/m}$ 14.9.2020	$W_{zz} = -285,28 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,13 \mu\text{Gal/m}$
64 Brno-VUT	$W_{zz} = -278,80 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 1,26 \mu\text{Gal/m}$ $W_{zzz} = 10,30 \mu\text{Gal/m}^2$ $m_{zzz} = 0,83 \mu\text{Gal/m}^2$ 7.4.2020	$W_{zz} = -278,60 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 1,02 \mu\text{Gal/m}$ $W_{zzz} = 10,87 \mu\text{Gal/m}^2$ $m_{zzz} = 0,69 \mu\text{Gal/m}^2$ 4.6.2021	$W_{zz} = -278,32 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,85 \mu\text{Gal/m}$ $W_{zzz} = 11,53 \mu\text{Gal/m}^2$ $m_{zzz} = 0,53 \mu\text{Gal/m}^2$ 16.10.2019	$W_{zz} = -278,91 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,69 \mu\text{Gal/m}$ $W_{zzz} = 11,25 \mu\text{Gal/m}^2$ $m_{zzz} = 0,46 \mu\text{Gal/m}^2$
65 Kunžak	$W_{zz} = -351,34 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,42 \mu\text{Gal/m}$ 24.3.2020	$W_{zz} = -350,85 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,47 \mu\text{Gal/m}$ 2.6.2021	$W_{zz} = -351,00 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,28 \mu\text{Gal/m}$ 14.9.2020	$W_{zz} = -350,96 \mu\text{Gal/m}$ $m_{zz} = 0,15 \mu\text{Gal/m}$

Grafy níže znázorňují výsledky vertikálních gradientů v jednotlivých obdobích roku. Finální hodnoty (v Tabulce 1 a grafech) představují souhrnné zpracování všech měření (ze všech období roku)

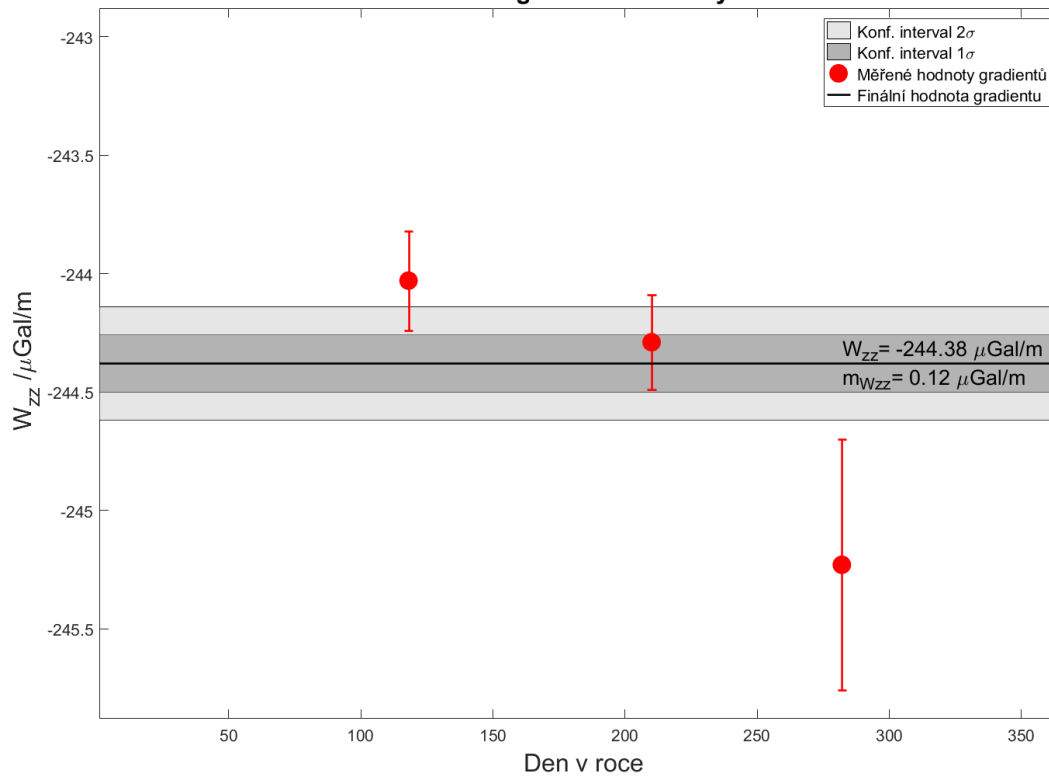
dohromady. Při souhrnném zpracování došlo k vyloučení jiného počtu odlehlých měření než při zpracování jednotlivých etap a z toho důvodu finální výsledky neodpovídají průměru jednotlivých etap.



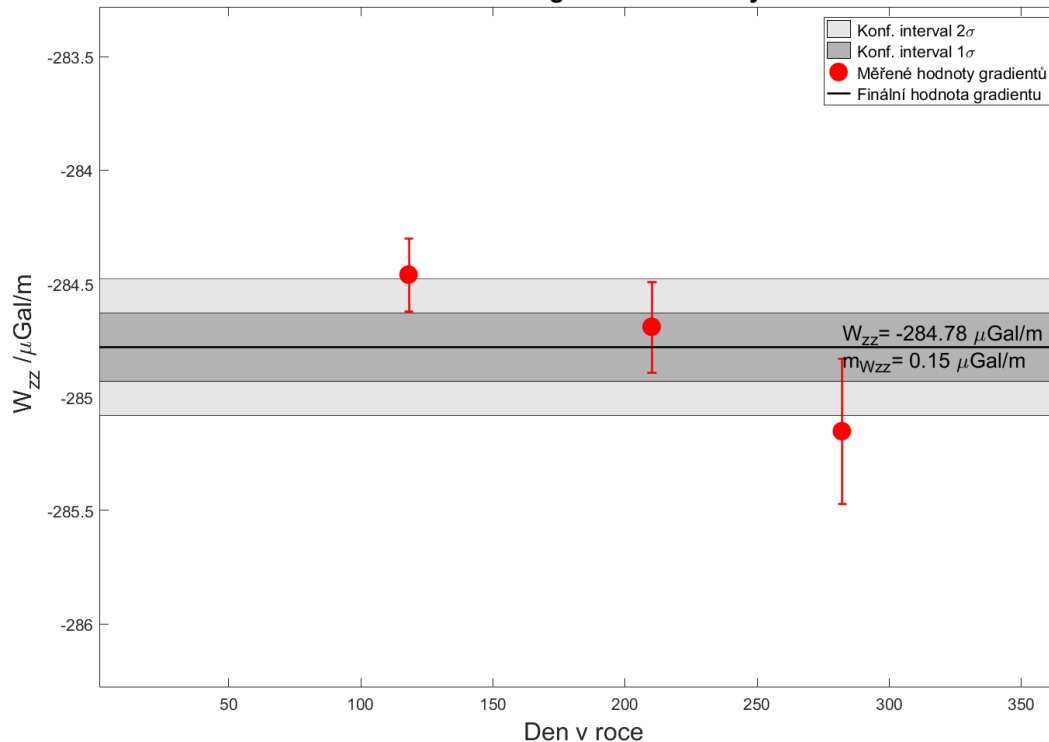
52 Benešov nad Černou - variace vert. grad. tíhového zrychlení v rámci roku



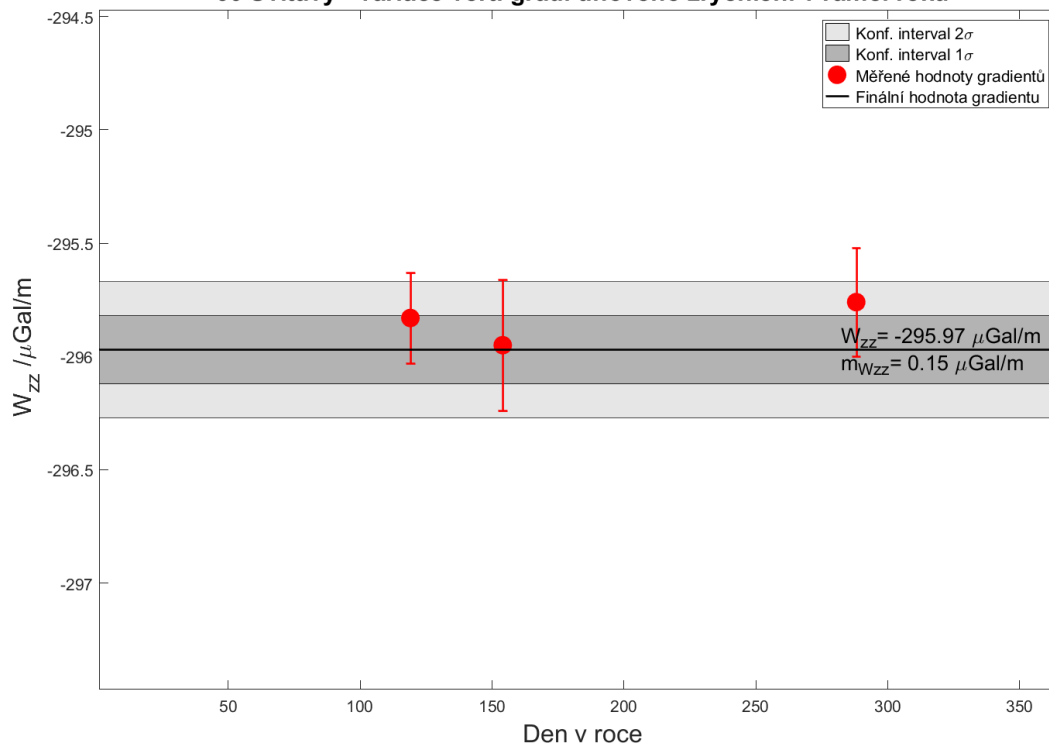
53 Kraslice - variace vert. grad. tíhového zrychlení v rámci roku



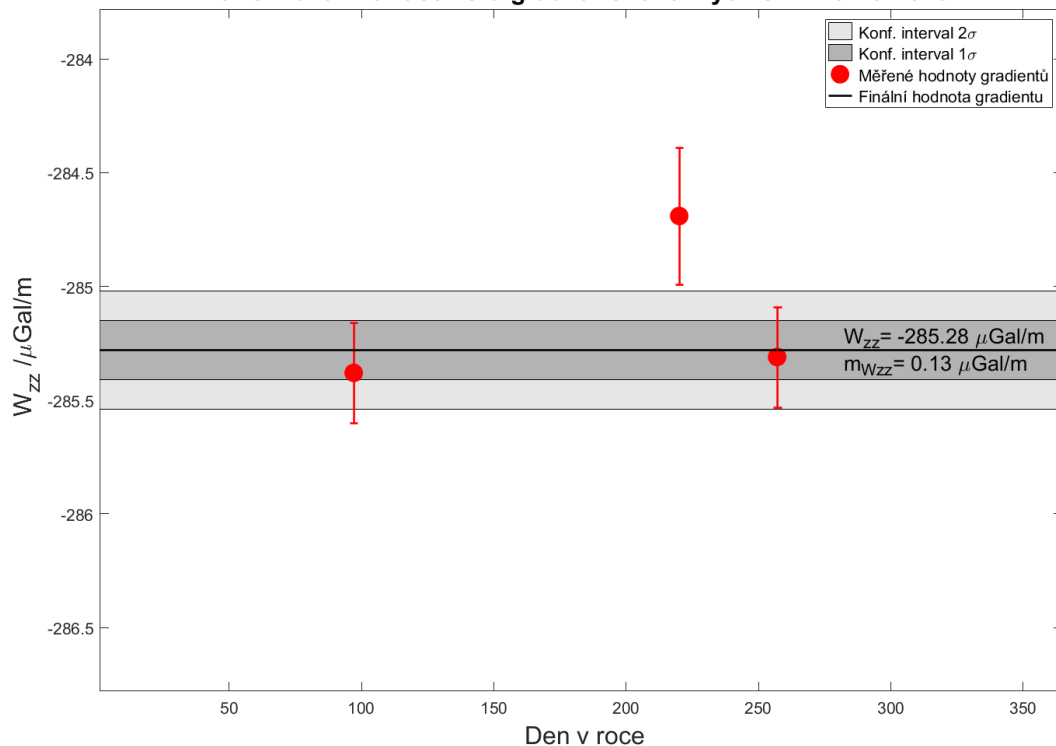
58.10 Plzeň-NTIS - variace vert. grad. tíhového zrychlení v rámci roku



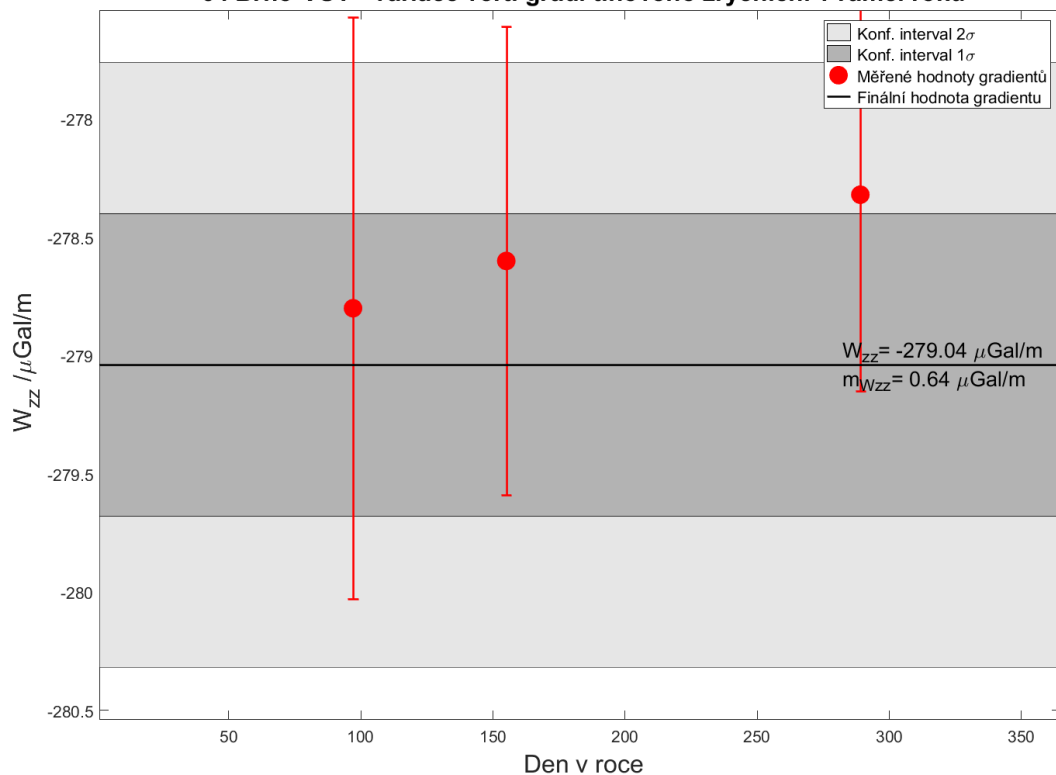
60 Svitavy - variace vert. grad. tíhového zrychlení v rámci roku



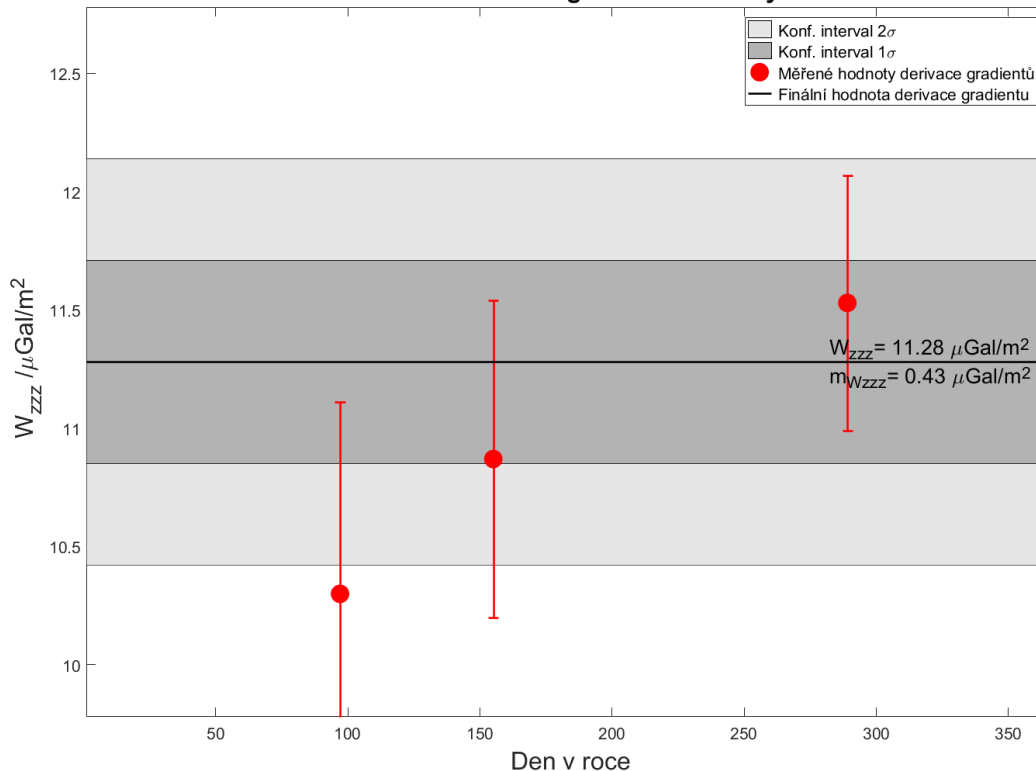
62 Jihlava - variace vert. grad. tíhového zrychlení v rámci roku



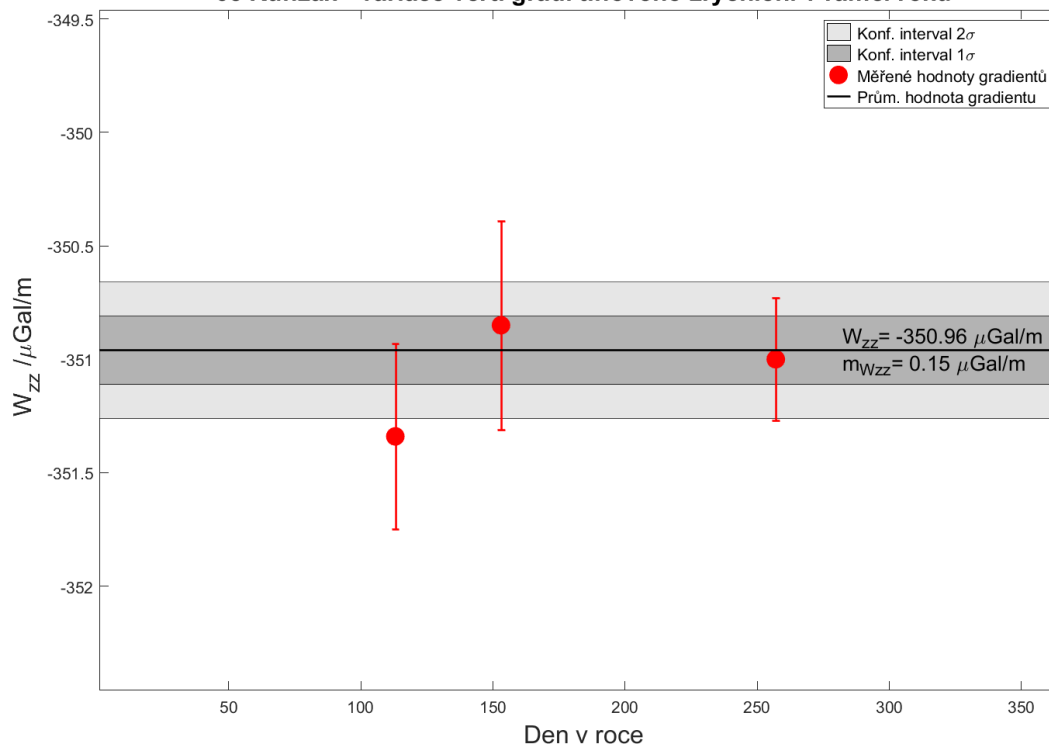
64 Brno-VUT - variace vert. grad. tíhového zrychlení v rámci roku



64 Brno-VUT - variace derivace vert. grad. tíhového zrychlení v rámci roku



65 Kunžak - variace vert. grad. tíhového zrychlení v rámci roku



Maximální rozdíl W_{zz} mezi etapami je 1,2 $\mu\text{Gal}/\text{m}$ na bodě 53 Kraslice. Z grafů je patrné, že rozptyl výsledků je na všech bodech v rámci dvojnásobku středních chyb měření, tím pádem lze konstatovat, že nebyla zjištěna sezónní variace vertikálních gradientů, která by byla statisticky prokazatelná.

Tabulka 2 – Porovnání finálních hodnot změn tíhového zrychlení s výškou (gradientů) s výsledky v (Lederer a Pálinkáš 2011) a (Lederer 2016)

Bod	Vertikální gradient	Předchozí výsledek	Rozdíl
51 Litoměřice	$W_{zz} = -286,38 \mu\text{Gal}/\text{m}$ $m_{zz} = 0,14 \mu\text{Gal}/\text{m}$	$W_{zz} = -286,3 \mu\text{Gal}/\text{m}$ $m_{zz} = 0,9 \mu\text{Gal}/\text{m}$	$\Delta W_{zz} = -0,08 \mu\text{Gal}/\text{m}$
52 Benešov nad Černou	$W_{zz} = -268,51 \mu\text{Gal}/\text{m}$ $m_{zz} = 0,11 \mu\text{Gal}/\text{m}$	$W_{zz} = -268,7 \mu\text{Gal}/\text{m}$ $m_{zz} = 0,9 \mu\text{Gal}/\text{m}$	$\Delta W_{zz} = +0,19 \mu\text{Gal}/\text{m}$
53 Kraslice	$W_{zz} = -244,38 \mu\text{Gal}/\text{m}$ $m_{zz} = 0,12 \mu\text{Gal}/\text{m}$	$W_{zz} = -244,5 \mu\text{Gal}/\text{m}$ $m_{zz} = 0,9 \mu\text{Gal}/\text{m}$	$\Delta W_{zz} = +0,12 \mu\text{Gal}/\text{m}$
58.10 Plzeň-NTIS	$W_{zz} = -284,78 \mu\text{Gal}/\text{m}$ $m_{zz} = 0,15 \mu\text{Gal}/\text{m}$	$W_{zz} = -284,9 \mu\text{Gal}/\text{m}$ $m_{zz} = 0,5 \mu\text{Gal}/\text{m}$	$\Delta W_{zz} = +0,12 \mu\text{Gal}/\text{m}$
60 Svitavy	$W_{zz} = -295,97 \mu\text{Gal}/\text{m}$ $m_{zz} = 0,15 \mu\text{Gal}/\text{m}$	$W_{zz} = -295,7 \mu\text{Gal}/\text{m}$ $m_{zz} = 0,9 \mu\text{Gal}/\text{m}$	$\Delta W_{zz} = -0,27 \mu\text{Gal}/\text{m}$
62 Jihlava	$W_{zz} = -285,28 \mu\text{Gal}/\text{m}$ $m_{zz} = 0,13 \mu\text{Gal}/\text{m}$	$W_{zz} = -285,7 \mu\text{Gal}/\text{m}$ $m_{zz} = 0,9 \mu\text{Gal}/\text{m}$	$\Delta W_{zz} = +0,42 \mu\text{Gal}/\text{m}$
64 Brno-VUT	$W_{zz} = -278,91 \mu\text{Gal}/\text{m}$ $m_{zz} = 0,69 \mu\text{Gal}/\text{m}$ $W_{zzz} = 11,25 \mu\text{Gal}/\text{m}^2$ $m_{zzz} = 0,46 \mu\text{Gal}/\text{m}^2$	$W_{zz} = -278,6 \mu\text{Gal}/\text{m}$ $m_{zz} = 4,8 \mu\text{Gal}/\text{m}$ $W_{zzz} = 9,9 \mu\text{Gal}/\text{m}^2$ $m_{zzz} = 2,9 \mu\text{Gal}/\text{m}^2$	$\Delta W_{zz} = -0,31 \mu\text{Gal}/\text{m}$ $\Delta W_{zzz} = +1,35 \mu\text{Gal}/\text{m}$
65 Kunžak	$W_{zz} = -350,96 \mu\text{Gal}/\text{m}$ $m_{zz} = 0,15 \mu\text{Gal}/\text{m}$		

Z Tabulky 2 je patrné, že nově určené vertikální gradienty jsou ve velmi dobré shodě s výsledky z předchozích měření na bodech 51 Litoměřice, 52 Benešov nad Černou, 53 Kraslice, 60 Svitavy a 62 Jihlava publikovaných v (Lederer a Pálinkáš 2011). Maximální rozdíl je $\Delta W_{zz} = +0,42 \mu\text{Gal}/\text{m}$ na bodě 62 Jihlava, což je rozdíl podstatně menší než předpokládaná standardní nejistota určení (1 $\mu\text{Gal}/\text{m}$). Také shoda výsledků s výsledky předchozích měření na bodech 58.10 Plzeň-NTIS a 64 Brno-VUT z interního dokumentu (Lederer 2016) je dobrá. Na bodě 64 Brno-VUT byl průběh změny tíhového zrychlení s výškou určen s menší nejistotou.

2 Shrnutí výsledků opakovaných absolutních měření tíhového zrychlení na vybraných absolutních tíhových bodech

V rámci řešení projektu byla od roku 2019 provedena série opakovaných absolutních tíhových měření na šesti bodech, jejichž výsledky byly zpracovány podle metodiky (Pálinkáš a Val'ko 2021). Tato metodika byla zároveň použita pro nové zpracování již v minulosti provedených absolutních měření na těchto šesti bodech.

Souhrn finálních výsledků je uveden v Tabulce 3 a to pro 1) efektivní pozici volného pádu, která je vztažena k tíhovému bodu pomocí tzv. instrumentální efektivní výšky h_{ins}^* , 2) v referenční výšce, která

je v gravimetrické síti ČR na vrcholu značky tíhového bodu $h_{ref}=0,000$ m. Pro přepočet tíhového zrychlení z efektivní pozice volného pádu na značku tíhového bodu bylo u všech bodů uvažováno s lineární změnou g s výškou, která byla vyjádřena příslušným vertikálním gradientem tíhového zrychlení. U nově zřízeného tíhového bodu 58.10 Plzeň NTIS byla hodnota gradientu převzata z výsledků měření provedených v rámci tohoto projektu. Hodnoty pro gradienty na dalších bodech byly převzaty z (Lederer a Pálinkáš 2011), protože rozdíly s hodnotami stanovenými v rámci tohoto projektu byly menší než $0,5 \mu\text{Gal/m}$.

V případě, že byl gravimetr při měření opatřen HS5 systémem, standardní nejistota tíhového zrychlení v efektivní výšce byla stanovena hodnotou $2,19 \mu\text{Gal}$ na základě (Pálinkáš 2018). V případě starších měření, kdy HS5 systém nebyl nainstalován, byl k nejistotě připočten příspěvek $1,0 \mu\text{Gal}$ a celková nejistota tak dosahuje $2,40 \mu\text{Gal}$. Pro stanovení nejistoty v referenční výšce ($0,000$ m) byl připočten další příspěvek $1,0 \mu\text{Gal}$ k celkové nejistotě, který vyjadřuje přesnost transferu g z efektivní pozice volného pádu na značku tíhového bodu. Hodnota $1,0 \mu\text{Gal}$ byla zvolena jednak z důvodu velmi dobré shody dosažených hodnot gradientů z opakovaných měření v minulosti (do $0,5 \mu\text{Gal/m}$) a také s ohledem na prokázanou vhodnost modelu uvažující lineární změnu g s výškou, kdy v žádném z měřených úrovní nebyla průměrná odchylka od lineárního průběhu větší než $0,5 \mu\text{Gal}$.

Tabulka 3 - Souhrn výsledků absolutních tíhových měření na šesti bodech

51 Litoměřice, $W_{zz}=-286,3 \mu\text{Gal/m}$						
Gravimetr	Číslo kampaně	Datum	MJD	h_{ref}^{ins} h_{ref} [m]	$g @ h_{ref}^{ins}$ $g @ h_{ref}$ [μGal]	u [μGal]
FG5-215	22	20020715	52471,1	1,2299 0,0000	981076053,0 981076405,2	2,40 2,60
FG5-215	335	20101005	55475,0	1,2264 0,0000	981076060,6 981076411,7	2,40 2,60
FG5X-251	X034	20160518	57526,9	1,2701 0,0000	981076047,1 981076409,8	2,40 2,60
FG5X-251H	X116	20191021	58777,9	1,2670 0,0000	981076049,8 981076413,1	2,19 2,41
FG5X-251H	X125	20200309	58917,9	1,2690 0,0000	981076046,5 981076409,6	2,19 2,41
FG5X-251H	X135	20200707	59037,8	1,2682 0,0000	981076045,2 981076408,5	2,19 2,41
FG5X-251H	X139	20200907	59099,8	1,2690 0,0000	981076050,9 981076414,1	2,19 2,41
FG5X-251H	X154	20210301	59274,9	1,2683 0,0000	981076047,1 981076409,8	2,19 2,41

52 Benešov nad Černou, $W_{zz}=-268,7 \mu\text{Gal/m}$						
Gravimetr	Číslo kampaně	Datum	MJD	h_{ref}^{ins} h_{ref} [m]	$g @ h_{ref}^{ins}$ $g @ h_{ref}$ [μGal]	u [μGal]
FG5-215	25	20020729	52485,2	1,2263 0,0000	980779324,4 980779653,9	2,40 2,60

FG5-215	337	20101007	55476,9	1,2259 0,0000	980779328,6 980779658,0	2,40 2,60
FG5X-251	X032	20160512	57520,8	1,2719 0,0000	980779317,1 980779658,9	2,40 2,60
FG5-215H	544	20190725	58689,8	1,2269 0,0000	980779327,5 980779657,2	2,19 2,41
FG5X-251H	X124	20200304	58912,9	1,2710 0,0000	980779317,8 980779659,3	2,19 2,41
FG5X-251H	X148	20201021	59143,9	1,2699 0,0000	980779319,3 980779660,5	2,19 2,41
FG5X-251H	X162	20210414	59318,9	1,2702 0,0000	980779318,4 980779659,8	2,19 2,41

53 Kraslice, $W_{zz} = -244,5 \mu\text{Gal/m}$						
Gravimetr	Číslo kampaně	Datum	MJD	h_{ref}^{ins} [m]	$g @ h_{ref}^{ins}$ $g @ h_{ref}$ [μGal]	u [μGal]
FG5-215	76	20040614	53171,2	1,2705 0,0000	980951896,5 980952207,1	2,40 2,60
FG5-215	336	20101006	55475,9	1,2711 0,0000	980951899,3 980952210,0	2,40 2,60
FG5X-251H	X117	20191022	58778,9	1,2695 0,0000	980951896,0 980952206,4	2,19 2,41
FG5X-251H	X126	20200310	58918,9	1,2697 0,0000	980951895,6 980952206,1	2,19 2,41
FG5X-251H	X136	20200708	59038,9	1,2701 0,0000	980951899,6 980952210,1	2,19 2,41
FG5X-251H	X140	20200908	59100,9	1,2705 0,0000	980951896,5 980952207,1	2,19 2,41
FG5X-251H	X155	20210302	59275,9	1,2711 0,0000	980951899,3 980952210,0	2,19 2,41

58.10 Plzeň NTIS, $W_{zz} = -284,8 \mu\text{Gal/m}$						
Gravimetr	Číslo kampaně	Datum	MJD	h_{ref}^{ins} [m]	$g @ h_{ref}^{ins}$ $g @ h_{ref}$ [μGal]	U [μGal]
FG5-215	444	20140923	56923,9	1,2229 0,0000	980962029,5 980962377,8	2,40 2,60
FG5X-251	X013	20150420	57132,9	1,2668 0,0000	980962020,5 980962381,3	2,40 2,60
FG5-215	464	20151124	57351,0	1,2225 0,0000	980962030,5 980962378,7	2,40 2,60
FG5-215	472	20160314	57462,0	1,2233 0,0000	980962031,8 980962380,2	2,40 2,60
FG5X-251	X033	20160517	57526,0	1,2680 0,0000	980962017,6 980962378,7	2,40 2,60
FG5X-251	X046	20160914	57645,6	1,2678 0,0000	980962016,9 980962378,0	2,40 2,60

FG5X-251H	X107	20181023	58414,9	1,2680 0,0000	980962016,8 980962377,9	2,19 2,41
FG5X-251H	X118	20191023	58779,9	1,2677 0,0000	980962016,1 980962377,1	2,19 2,41
FG5X-251H	X127	20200311	58919,9	1,2666 0,0000	980962017,4 980962378,1	2,19 2,41
FG5X-251H	X141	20200909	59101,9	1,2672 0,0000	980962019,7 980962380,7	2,19 2,41
FG5X-251H	X156	20210303	59276,9	1,2677 0,0000	980962014,9 980962376,0	2,19 2,41

60 Svitavy, $W_{zz}=-295,7 \mu\text{Gal/m}$						
Gravimetr	Číslo kampaně	Datum	MJD	h^*_{ins} h_{ref} [m]	$g @ h^*_{ins}$ $g @ h_{ref}$ [μGal]	U [μGal]
FG5-215	80	20040623	53180,0	1,2267 0,0000	980971929,1 980972291,8	2,40 2,60
FG5-215	338	20101012	55481,9	1,2253 0,0000	980971949,8 980972312,1	2,40 2,60
FG5-215H	542	20190723	58687,9	1,2263 0,0000	980971919,8 980972282,4	2,19 2,41
FG5X-251H	X122	20200302	58910,9	1,2701 0,0000	980971911,4 980972287,0	2,19 2,41
FG5X-251H	X132	20200602	59002,9	1,2698 0,0000	980971909,6 980972285,1	2,19 2,41
FG5X-251H	X146	20201019	59141,9	1,2703 0,0000	980971927,5 980972303,2	2,19 2,41
FG5X-251H	X157	20210309	59282,9	1,2708 0,0000	980971938,8 980972314,6	2,19 2,41

62 Jihlava, $W_{zz}=-285,7 \mu\text{Gal/m}$						
Gravimetr	Číslo kampaně	Datum	MJD	h^*_{ins} h_{ref} [m]	$g @ h^*_{ins}$ $g @ h_{ref}$ [μGal]	U [μGal]
FG5-215	77	20040616	53173,0	1,2254 0,0000	980898397,4 980898747,5	2,40 2,60
FG5-215	375	20111003	55837,9	1,2248 0,0000	980898399,3 980898749,3	2,40 2,60
FG5-215H	543	20190724	58688,8	1,2242 0,0000	980898395,5 980898745,2	2,19 2,41
FG5X-251H	X123	20200303	58911,9	1,2700 0,0000	980898385,6 980898748,5	2,19 2,41
FG5X-251H	X133	20200603	59003,9	1,2698 0,0000	980898383,6 980898746,4	2,19 2,41
FG5X-251H	X147	20201020	59142,9	1,2695 0,0000	980898384,1 980898746,8	2,19 2,41
FG5X-251H	X161	20210413	59317,9	1,2704 0,0000	980898386,0 980898748,9	2,19 2,41

Důležitou informací u absolutních měření jsou hodnoty zavedených přístrojových korekcí, za účelem redukce systematických jevů. V Tabulce 4 je uveden přehled těchto korekcí zavedených do výsledků v Tabulce 3.

Tabulka 4 - Přehled zavedených přístrojových korekcí pro jednotlivé gravimetry

	SAC [μGal]	DC [μGal]	Vert C [μGal]	Eotv C [μGal]	FG5 C	Cable C [μGal]	Offset [μGal]
FG5-215	-1,73	2,70	0,23	0,43	0.023*(285-Fr)	-0,67	0,00
FG5-215H	-1,73	2,70	LaTerral	LaTerral	gravity	-0,67	0,00
FG5X-251	-1,18	2,70	0,99	0,75	0.023*(250-Fr)	-0,77 / -0,32	2,25
FG5X-251H	-1,18	2,70	LaTerral	LaTerral	gravity	-0,77 / -0,32	2,25

Vysvětlivky:

SAC - korekce z vlivu vlastní hmoty přístroje.

DC - korekce z difrakce laserového svazku.

Vert C - korekce z odklonu laserového svazku od vertikality, při uvedení „LaTerral“ byla korekce určena samostatně pro každé měření.

Eotv C - korekce z Eötvösova zrychlení, při uvedení „LaTerral“ byla korekce určena samostatně pro každé měření.

FG5 C - korekce FG5 měřicího systému, při uvedení „gravity“ byla korekce určena ze simultánního měření s HS5 systémem. V případě nepoužití tohoto systému byla korekce určována empiricky na základě vztahu, kde je za proměnnou „Fr“ dosazena hodnota velikosti interferenčních proužků během měření.

Cable C - korekce z elektronické disperze v koaxiálním kabelu s hodnotou závislou na použité délce kabelu.

Offset - systematická odchylka gravimetru od referenční hodnoty.

3 Stanovení sezónních změn tíhového zrychlení na vybraných absolutních tíhových bodech podle připravené metodiky

Podle metodiky (Kostecký a Pálinkáš 2021) byla provedena analýza časových řad výsledků absolutních měření tíhového zrychlení – viz kapitulu 2 – redukovaných do výšky 1,25 m nad stabilizací absolutního bodu (pro eliminaci nejistoty v určení vertikálního gradientu) s cílem určení sezónních změn a trendů (zpracována měření z rozsahu většího jak 4 roky). Výsledky určení trendů a amplitud sinového a kosinového členu harmonické funkce popisující sezónní změny spolu se statistickými parametry jsou v Tabulkách 5. Hodnota g_0 je vztažena k epoše $t_0=1.1.2000$.

Tabulky 5 – Výsledky stanovení sezónních změn – analýza trendů a ročních harmonických funkcí

Bod	51 Litoměřice			
Parametr	Hodnota	u	m	q
g_0	981076051,03 μGal	2,52 μGal	2,98 μGal	
D	0,116 $\mu\text{Gal}/\text{rok}$	0,091 $\mu\text{Gal}/\text{rok}$	0,107 $\mu\text{Gal}/\text{rok}$	1,082
S_1	2,48 μGal	0,84 μGal	1,00 μGal	2,489
S_2	1,27 μGal	0,60 μGal	0,71 μGal	1,811
m_0	1,18 μGal			
u_{gt}	2,19 μGal			
Amplituda	2,79 μGal	0,91 μGal	1,07 μGal	2,608
Fáze maxima g	27,5 den	10,15 den	11,98 den	
q_{krit}	2,7764			

Bod	52 Benešov nad Černou			
	Hodnota	u	m	q
g_0	980779319,22 μGal	2,61 μGal	2,09 μGal	
D	0,216 $\mu\text{Gal}/\text{rok}$	0,099 $\mu\text{Gal}/\text{rok}$	0,079 $\mu\text{Gal}/\text{rok}$	2,182
S_1	1,58 μGal	0,99 μGal	0,80 μGal	1,596
S_2	-0,02 μGal	0,65 μGal	0,52 μGal	0,031
m_0	0,80 μGal			
u_{gt}	2,01 μGal			
Amplituda	1,58 μGal	0,99 μGal	0,79 μGal	1,596
Fáze maxima g	364,27 den	23,89 den	19,11 den	
q_{krit}	3,1824			

Bod	53 Kraslice			
	Hodnota	u	m	q
g_0	980951897,81 μGal	2,61 μGal	1,47 μGal	
D	0,228 $\mu\text{Gal}/\text{rok}$	0,097 $\mu\text{Gal}/\text{rok}$	0,055 $\mu\text{Gal}/\text{rok}$	2,351
S_1	1,96 μGal	0,89 μGal	0,50 μGal	2,202
S_2	1,16 μGal	0,61 μGal	0,35 μGal	1,902
m_0	0,56 μGal			
u_{gt}	1,92 μGal			
Amplituda	2,28 μGal	1,01 μGal	0,56 μGal	2,257
Fáze maxima g	31,04 den	9,74 den	5,45 den	
q_{krit}	3,1824			

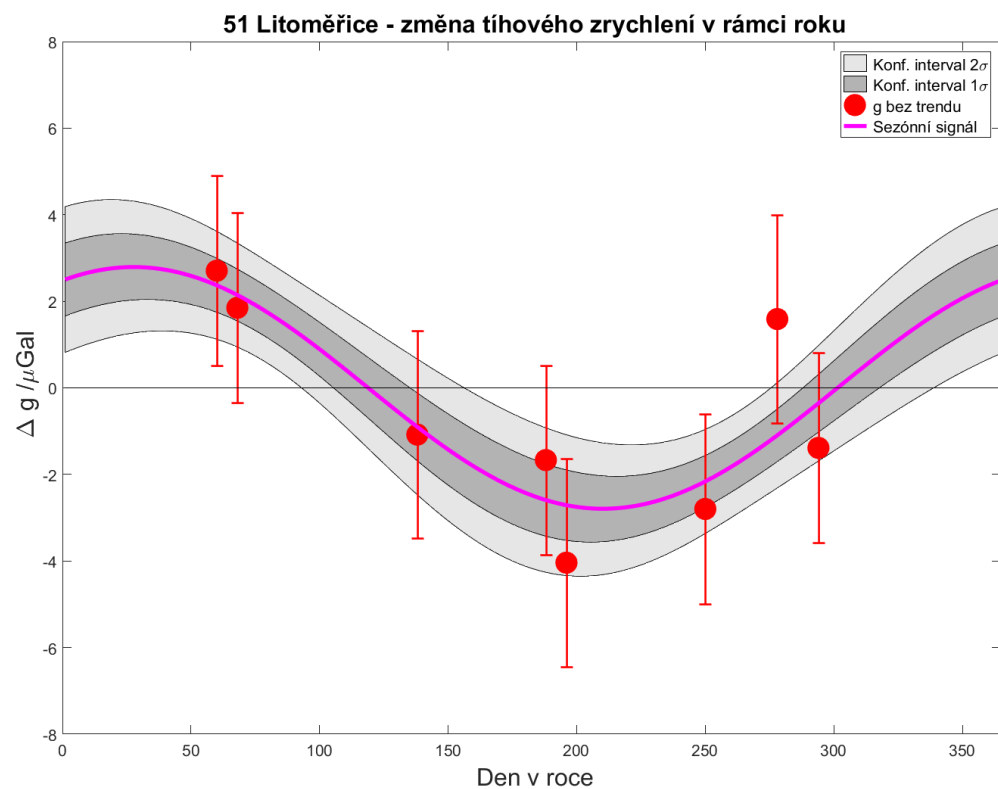
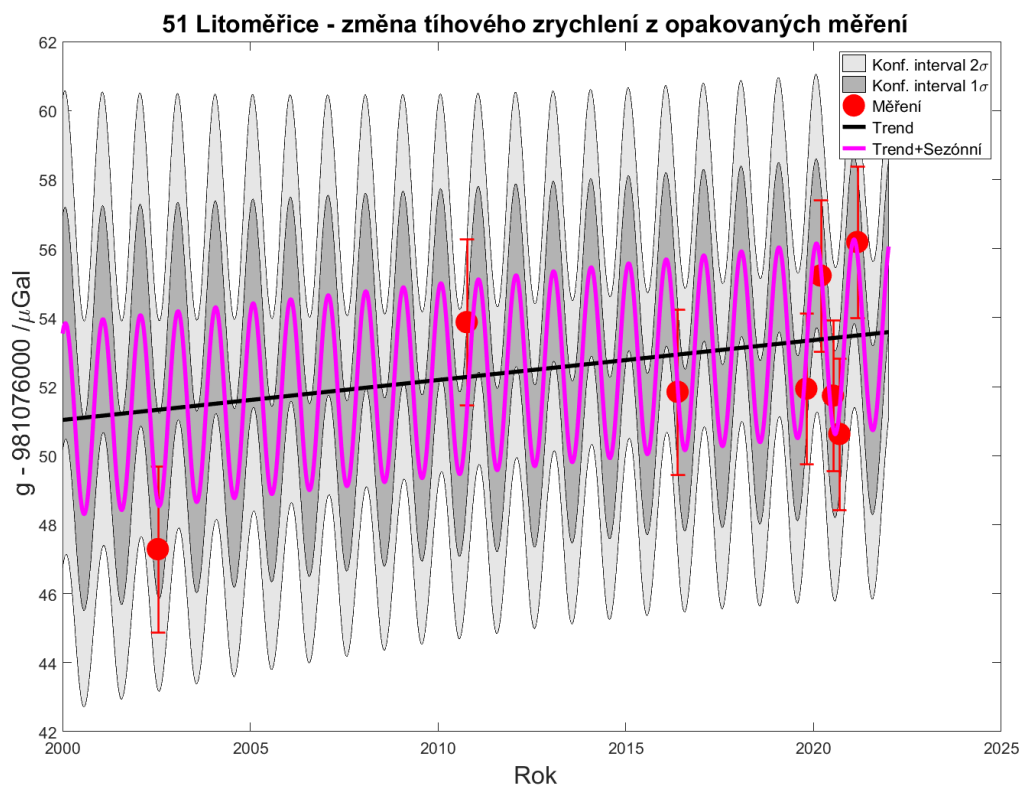
Bod	58.10 Plzeň-NTIS			
	Hodnota	u	m	q
g_0	980962025,22 μGal	3,93 μGal	2,10 μGal	
D	-0,131 $\mu\text{Gal}/\text{rok}$	0,190 $\mu\text{Gal}/\text{rok}$	0,101 $\mu\text{Gal}/\text{rok}$	0,690
S_1	1,23 μGal	1,01 μGal	0,54 μGal	1,218
S_2	1,68 μGal	0,46 μGal	0,24 μGal	3,652

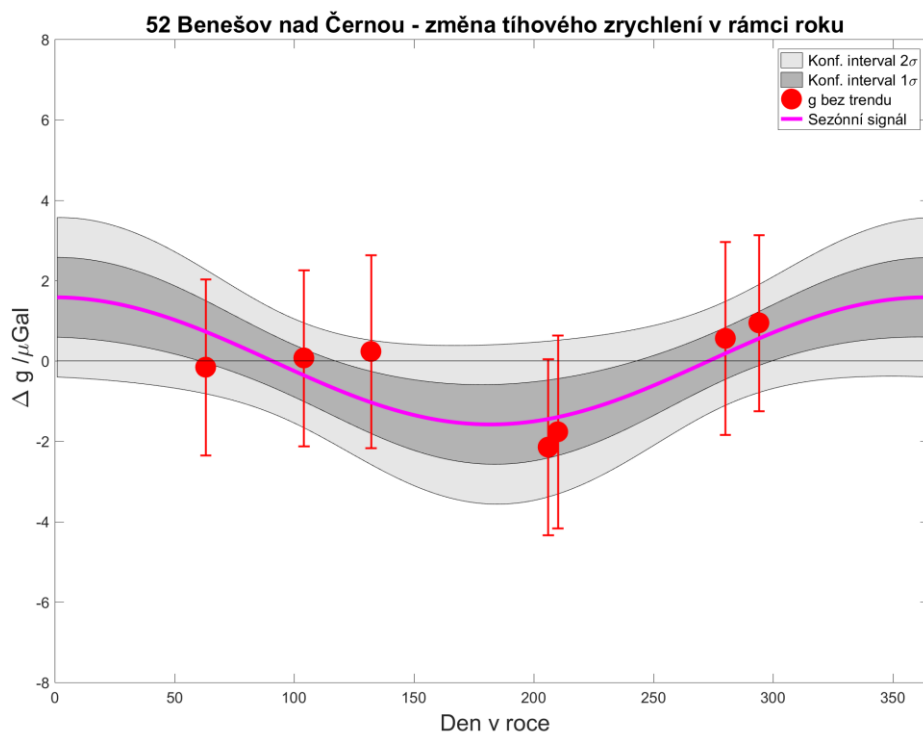
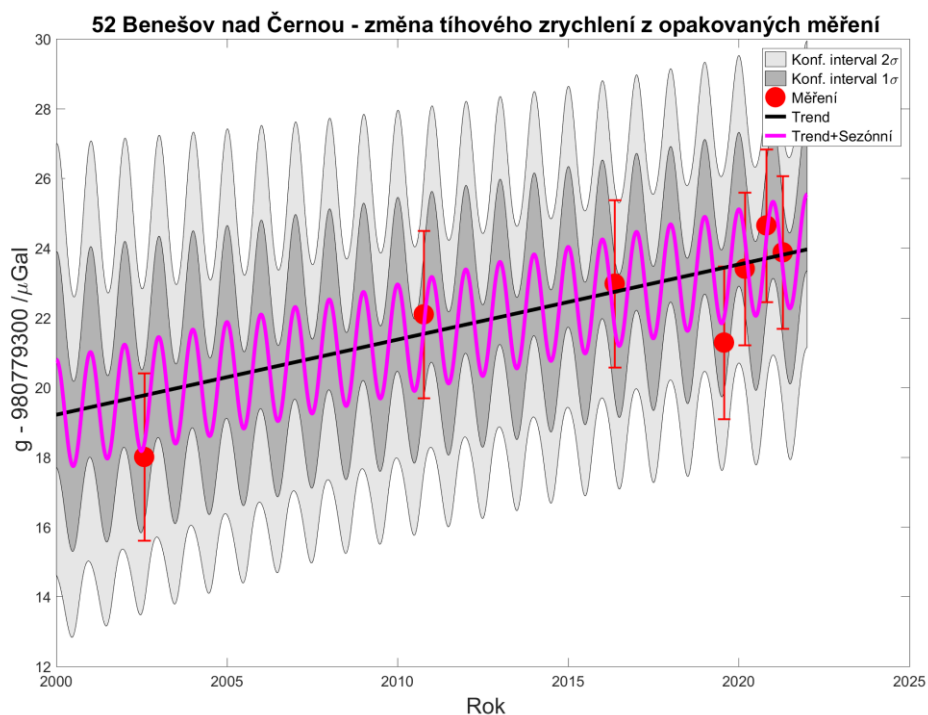
m_0	0,53 μGal			
u_{gt}	1,91 μGal			
<i>Amplituda</i>	2,08 μGal	0,85 μGal	0,45 μGal	2,447
<i>Fáze maxima g</i>	54,54 den	39,00 den	20,67 den	
q_{krit}	2,3646			

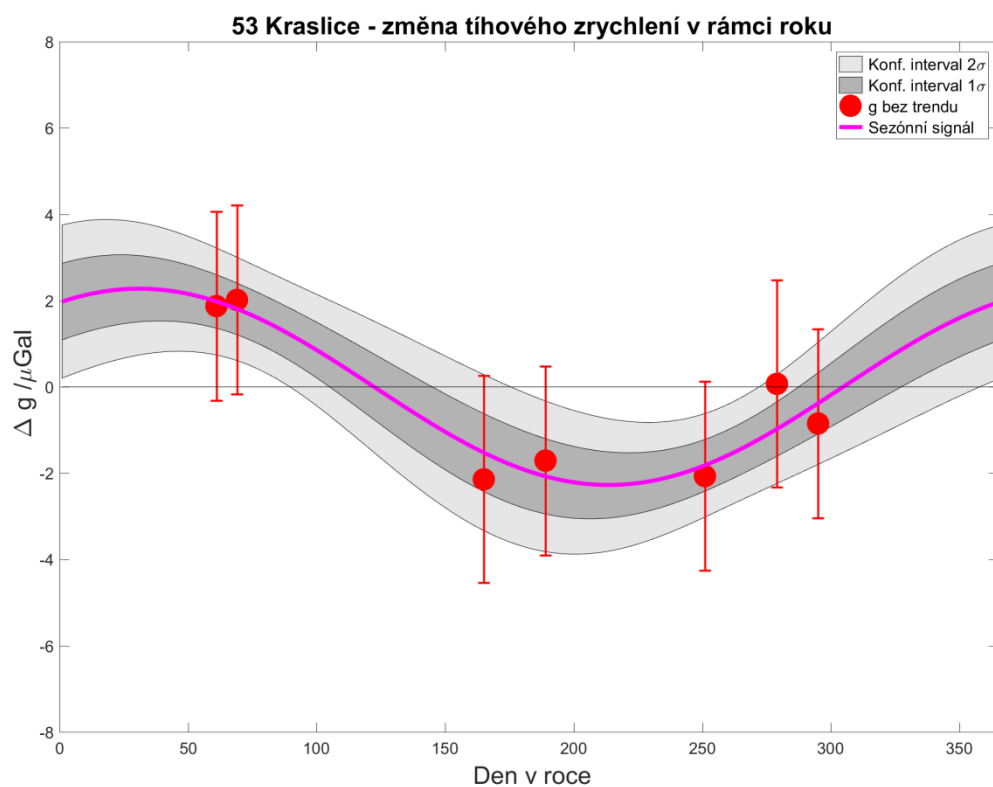
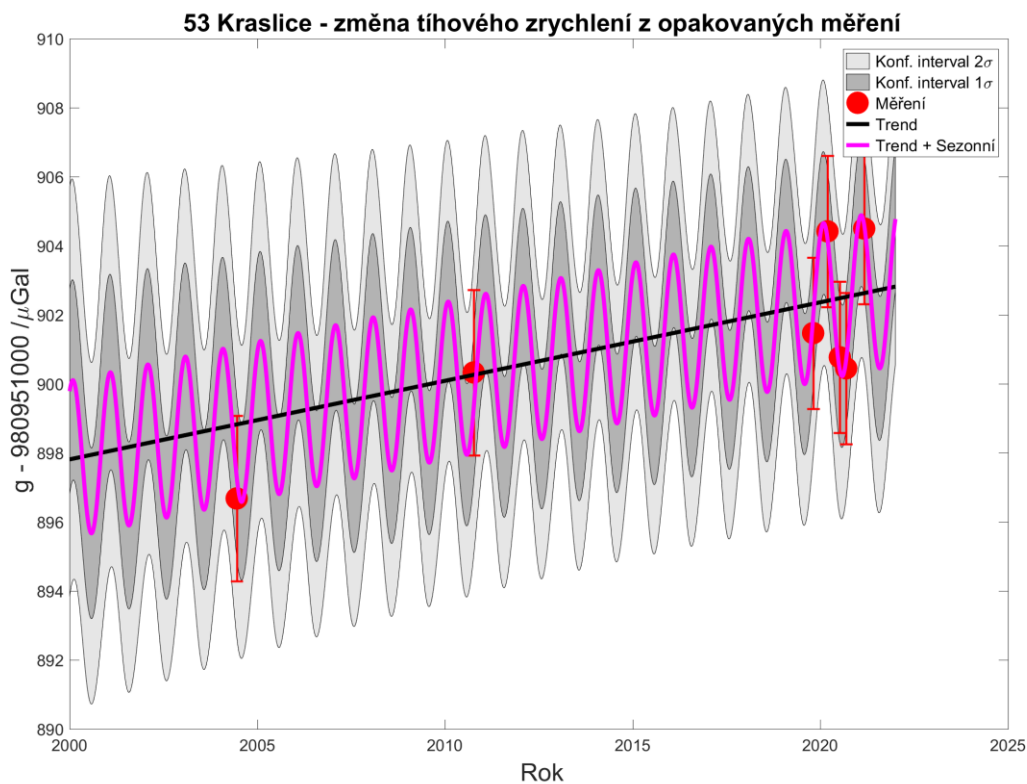
Bod	60 Svitavy			
	Hodnota	u	m	q
g_0	980971939,96 μGal	2,62 μGal	27,51 μGal	
D	-0,613 $\mu\text{Gal}/\text{rok}$	0,099 $\mu\text{Gal}/\text{rok}$	1,033 $\mu\text{Gal}/\text{rok}$	0,593
S_1	14,22 μGal	0,79 μGal	8,25 μGal	1,722
S_2	-2,39 μGal	0,66 μGal	6,94 μGal	0,345
m_0	10,49 μGal			
u_{gt}	10,65 μGal			
<i>Amplituda</i>	14,42 μGal	0,79 μGal	8,29 μGal	1,739
<i>Fáze maxima g</i>	355,46 den	2,64 den	27,69 den	
q_{krit}	3,1824			

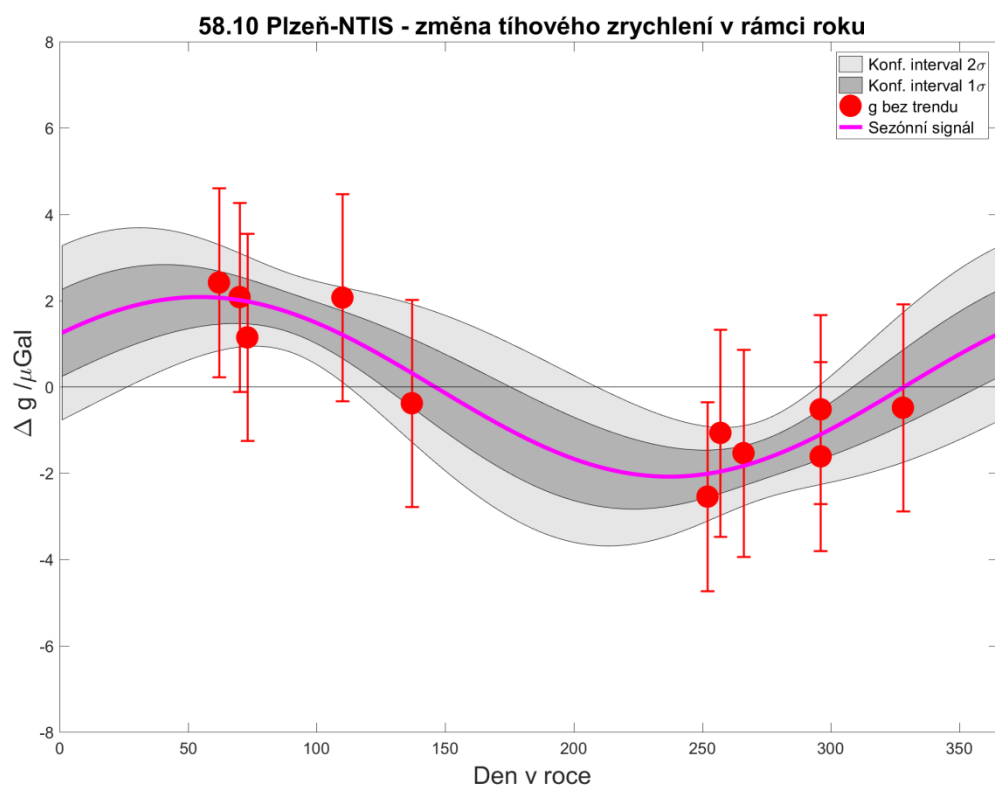
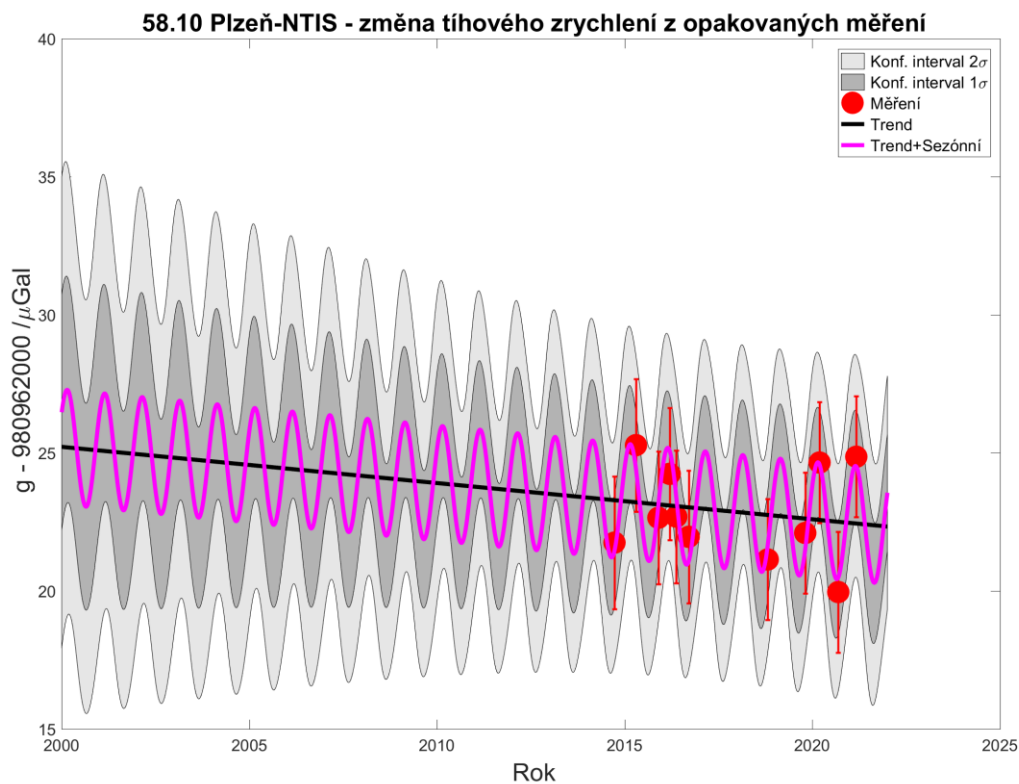
Bod	62 Jihlava			
	Hodnota	u	m	q
g_0	980898393,10 μGal	2,67 μGal	2,35 μGal	
D	-0,133 $\mu\text{Gal}/\text{rok}$	0,100 $\mu\text{Gal}/\text{rok}$	0,088 $\mu\text{Gal}/\text{rok}$	1,330
S_1	1,81 μGal	0,87 μGal	0,77 μGal	2,081
S_2	0,89 μGal	0,65 μGal	0,57 μGal	1,369
m_0	0,88 μGal			
u_{gt}	2,02 μGal			
<i>Amplituda</i>	2,04 μGal	0,93 μGal	0,82 μGal	2,172
<i>Fáze maxima g</i>	26,18 den	15,74 den	13,85 den	
q_{krit}	3,1824			

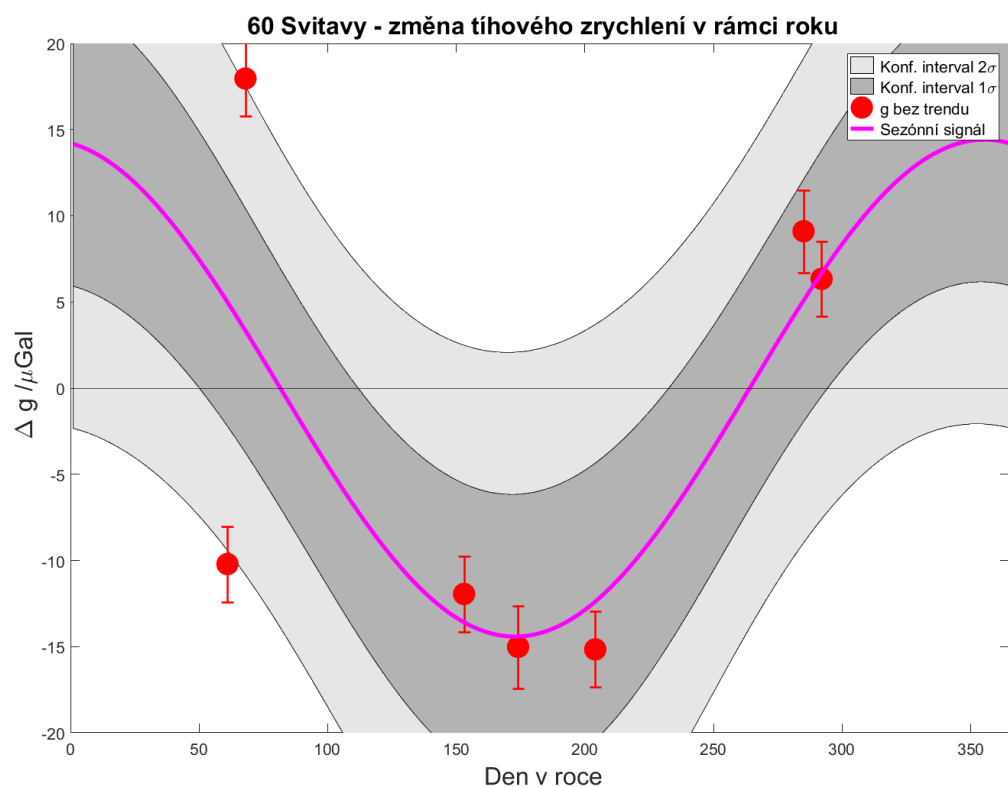
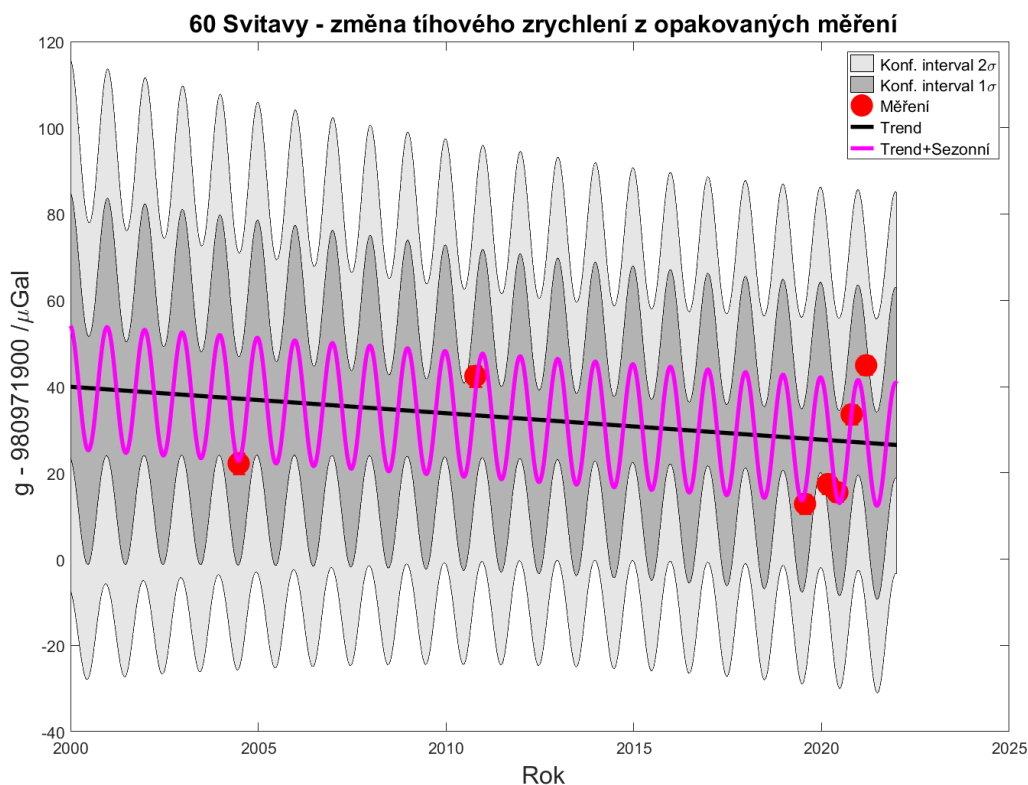
Grafy níže znázorňují pro každou stanici časové řady tíhových zrychlení (pro grafické posouzení trendů) a výsledky tíhových zrychlení v jednotlivých obdobích roku (pro grafické znázornění sezónních změn).

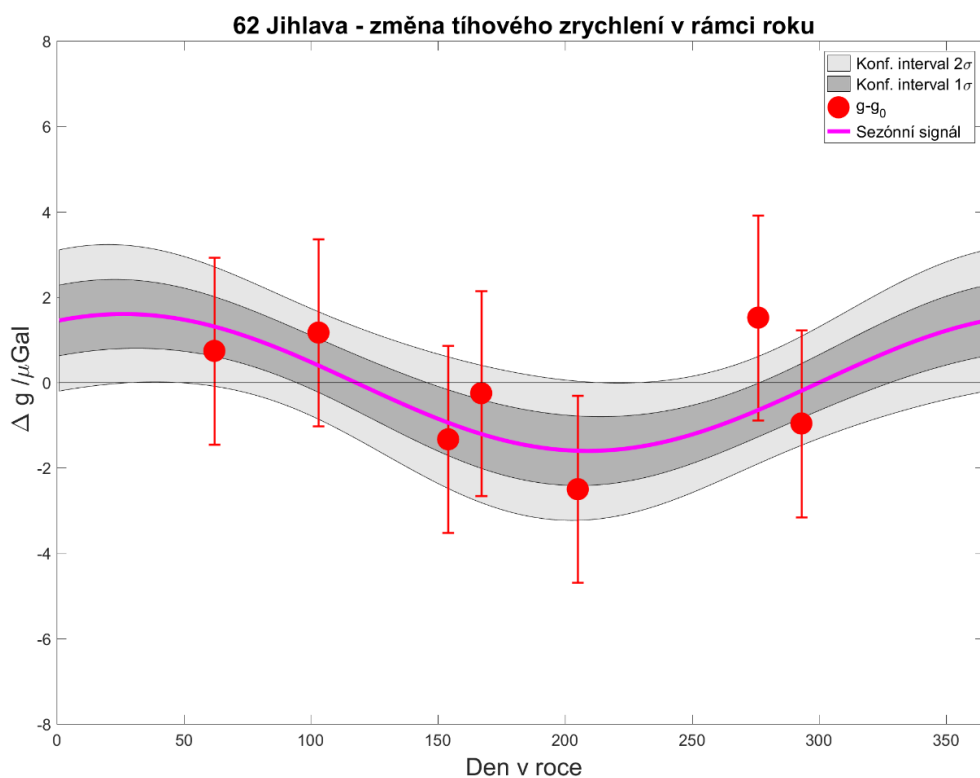
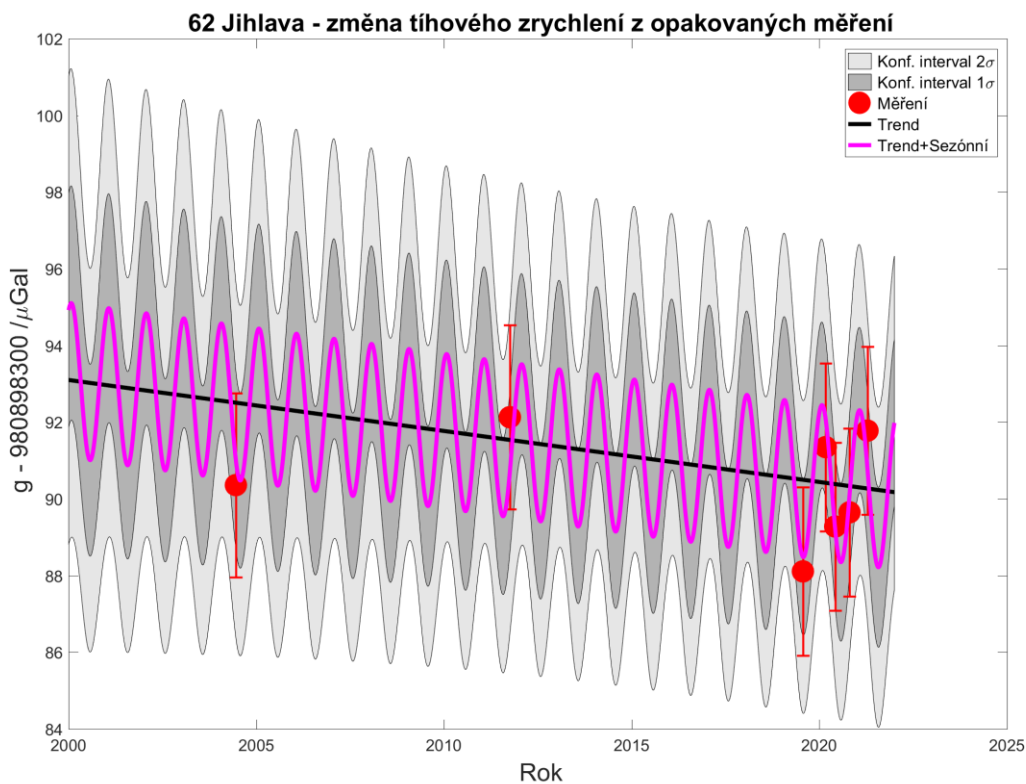












Z porovnání hodnot q s kritériem q_{krit} vyplývá, že na žádné stanici nebyl na hladině významnosti 5 % prokázán trend. Ale na stanicích 52 Benešov nad Černou a 53 Kraslice nebyla kritická hodnota testovacího kritéria překročena pouze těsně a bylo by tedy vhodné do nejpozději 5 let provést opakované absolutní měření na těchto bodech. Delší časový interval a větší počet nadbytečných měření zajistí možnost věrohodnějšího úsudku ohledně významnosti možného trendu.

Dalším krokem je podle metodiky (Kostecký a Pálinský 2021) analýza časových řad výsledků absolutních měření s určením sezónních změn bez trendů. Výsledky jsou v Tabulkách 6.

Tabulky 6 – Výsledky stanovení sezónních změn – analýza ročních harmonických funkcí

Bod	51 Litoměřice			
	Hodnota	u	m	q
g_0	981076053,15 μGal	1,90 μGal	2,55 μGal	
S_1	2,87 μGal	0,79 μGal	1,06 μGal	2,710
S_2	1,38 μGal	0,59 μGal	0,80 μGal	1,738
m_0	1,34 μGal			
u_{gt}	2,28 μGal			
Amplituda	3,18 μGal	0,84 μGal	1,13 μGal	2,814
Fáze maxima g	26,04 den	9,39 den	12,58 den	
q_{krit}	2,5706			

Bod	52 Benešov nad Černou			
	Hodnota	u	m	q
g_0	980779323,09 μGal	1,91 μGal	2,86 μGal	
S_1	2,44 μGal	0,91 μGal	1,36 μGal	1,800
S_2	0,50 μGal	0,61 μGal	0,91 μGal	0,546
m_0	1,49 μGal			
u_{gt}	2,37 μGal			
Amplituda	2,49 μGal	0,92 μGal	1,37 μGal	1,818
Fáze maxima g	11,74 den	13,84 den	17,49 den	
q_{krit}	2,7764			

Bod	53 Kraslice			
	Hodnota	u	m	q
g_0	980951901,99 μGal	1,90 μGal	2,79 μGal	
S_1	2,68 μGal	0,83 μGal	1,22 μGal	2,191
S_2	1,17 μGal	0,61 μGal	0,90 μGal	1,303
m_0	1,47 μGal			
u_{gt}	2,36 μGal			
Amplituda	2,92 μGal	0,87 μGal	1,28 μGal	2,281
Fáze maxima g	23,91 den	10,84 den	15,93 den	
q_{krit}	2,7764			

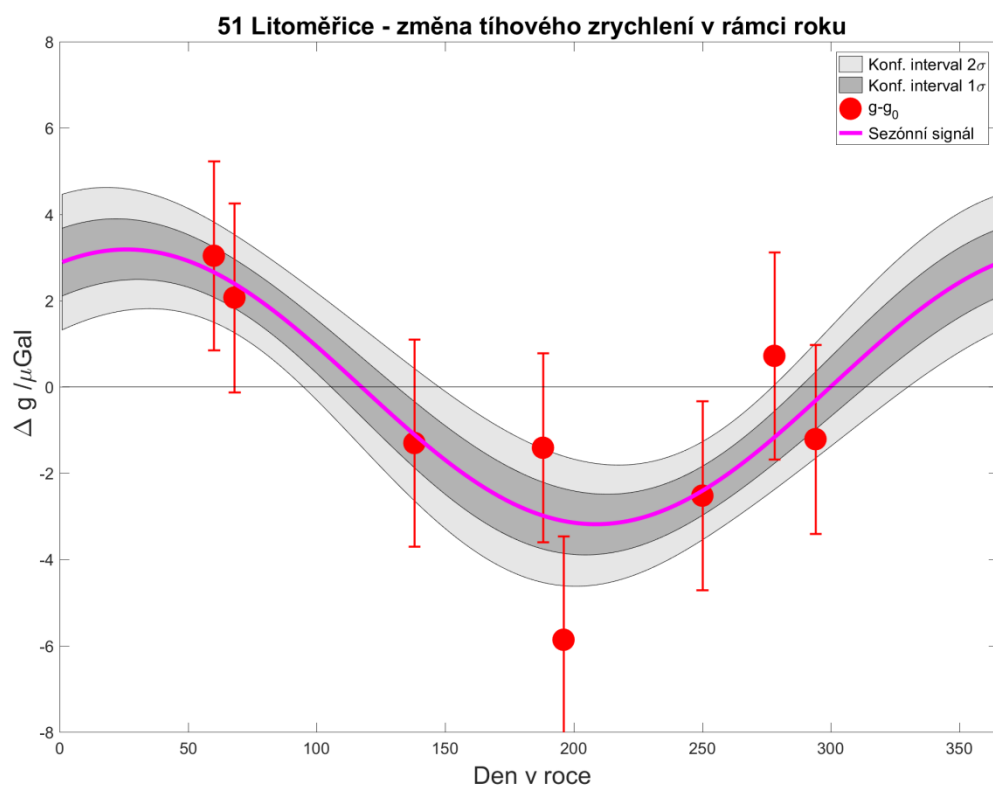
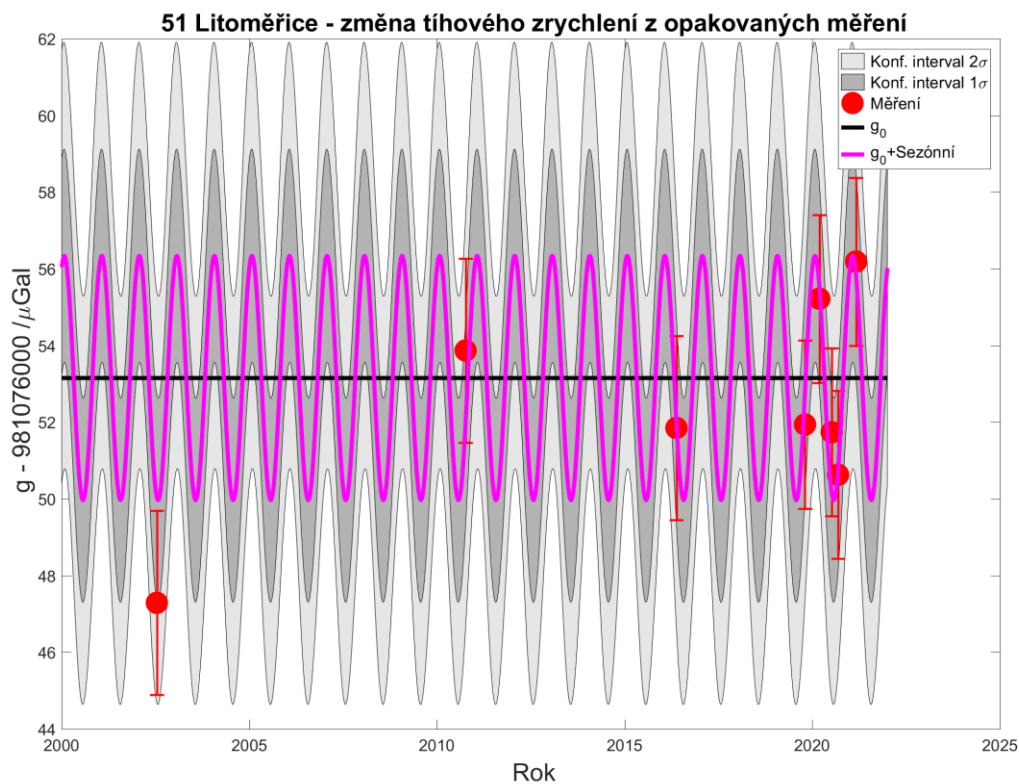
Bod	58.10 Plzeň-NTIS			
	Hodnota	u	m	q
g_0	980962022,83 μGal	1,89 μGal	1,12 μGal	
S_1	1,03 μGal	0,97 μGal	0,58 μGal	1,062
S_2	1,68 μGal	0,46 μGal	0,27 μGal	3,652
m_0	0,59 μGal			
u_{gt}	1,93 μGal			
Amplituda	1,97 μGal	0,48 μGal	0,28 μGal	4,104
Fáze maxima g	59,30 den	34,63 den	20,43 den	
q_{krit}	2,3060			

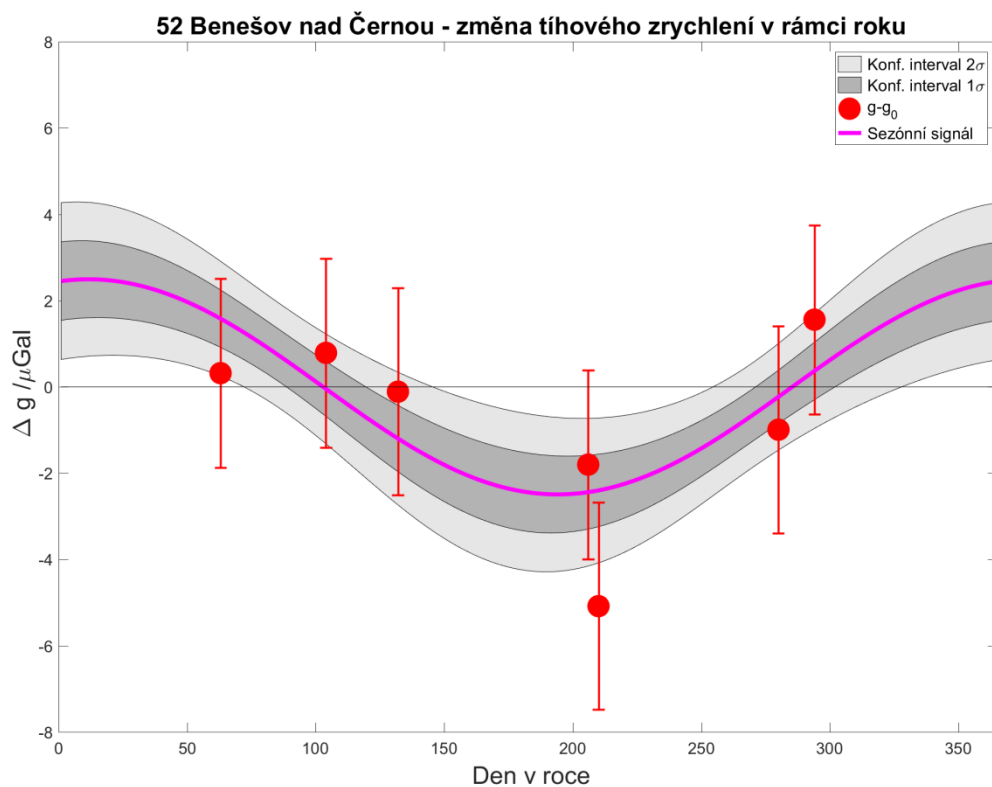
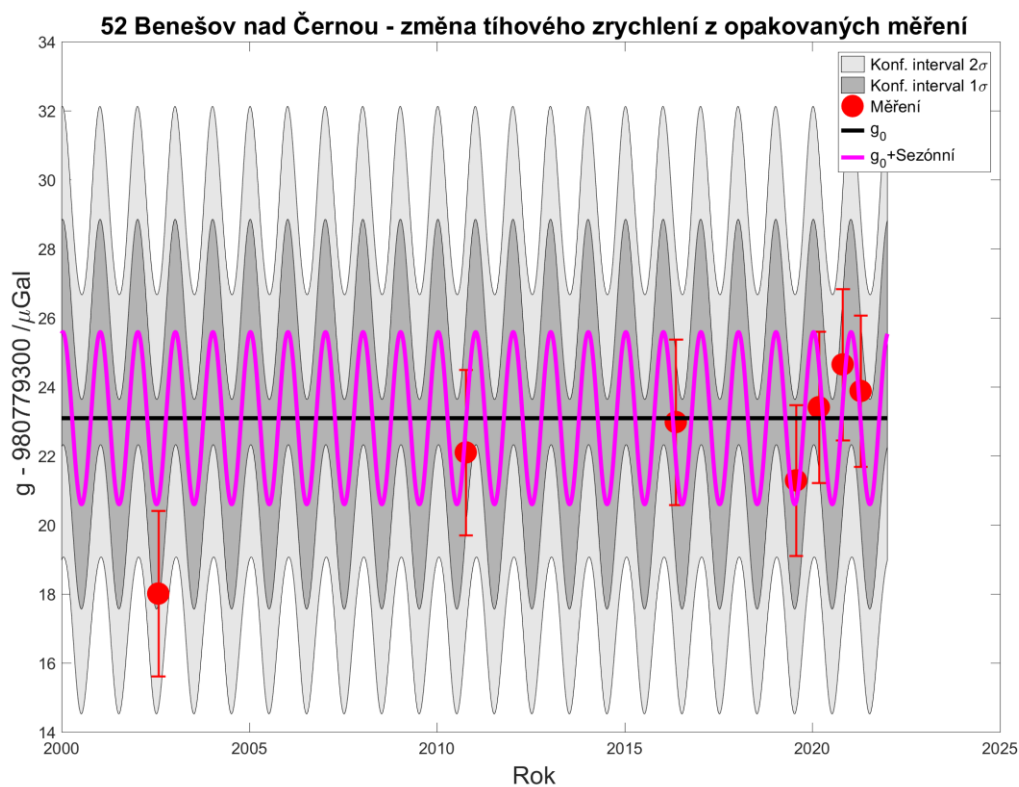
Bod	60 Svitavy			
	Hodnota	u	m	q
g_0	980971928,75 μGal	1,90 μGal	21,13 μGal	
S_1	12,70 μGal	0,75 μGal	8,30 μGal	1,530
S_2	-3,30 μGal	0,65 μGal	7,15 μGal	0,462
m_0	11,09 μGal			
u_{gt}	11,24 μGal			
Amplituda	13,12 μGal	0,76 μGal	8,42 μGal	1,558
Fáze maxima g	350,23 den	2,84 den	31,50 den	
q_{krit}	2,7764			

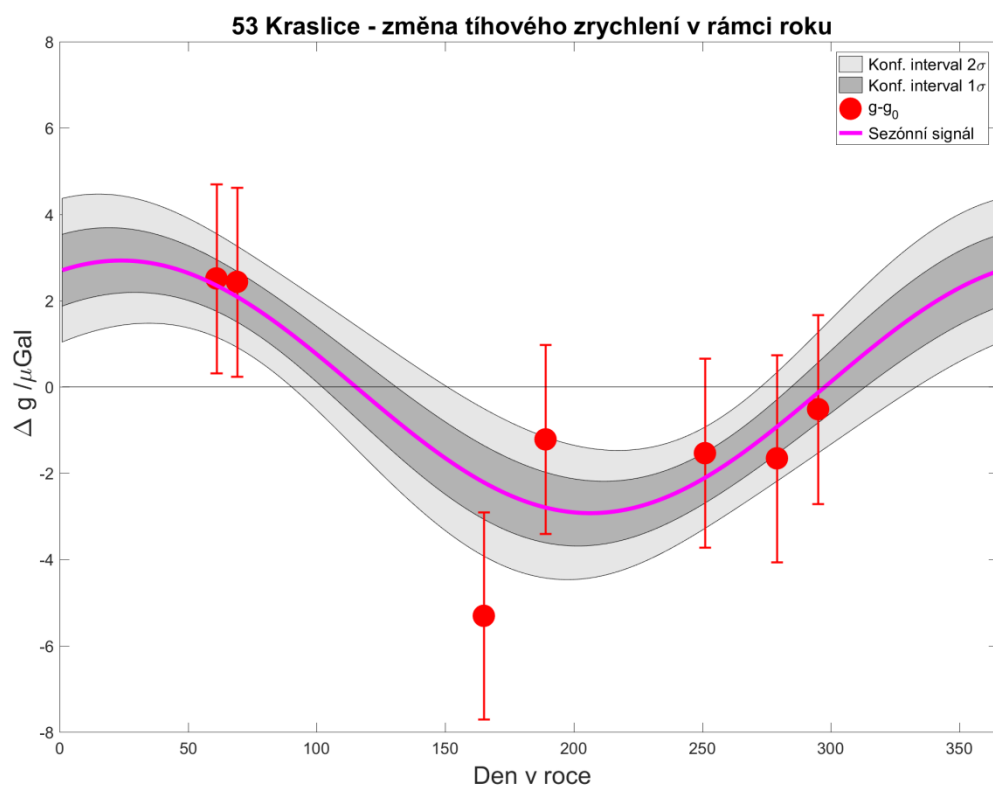
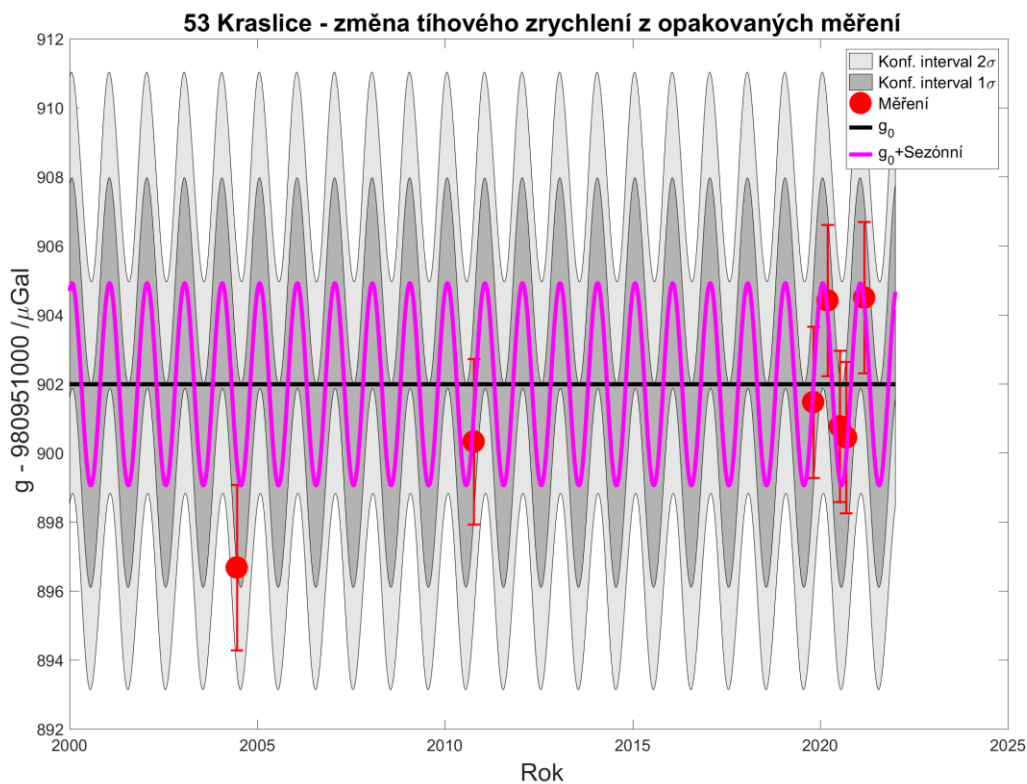
Bod	62 Jihlava			
	Hodnota	u	m	q
g_0	980898390,61 μGal	1,92 μGal	2,24 μGal	
S_1	1,44 μGal	0,83 μGal	0,97 μGal	1,490
S_2	0,70 μGal	0,63 μGal	0,74 μGal	0,953
m_0	1,17 μGal			
u_{gt}	2,18 μGal			
Amplituda	1,60 μGal	0,88 μGal	1,03 μGal	1,553
Fáze maxima g	26,29 den	20,09 den	23,51 den	
q_{krit}	2,7764			

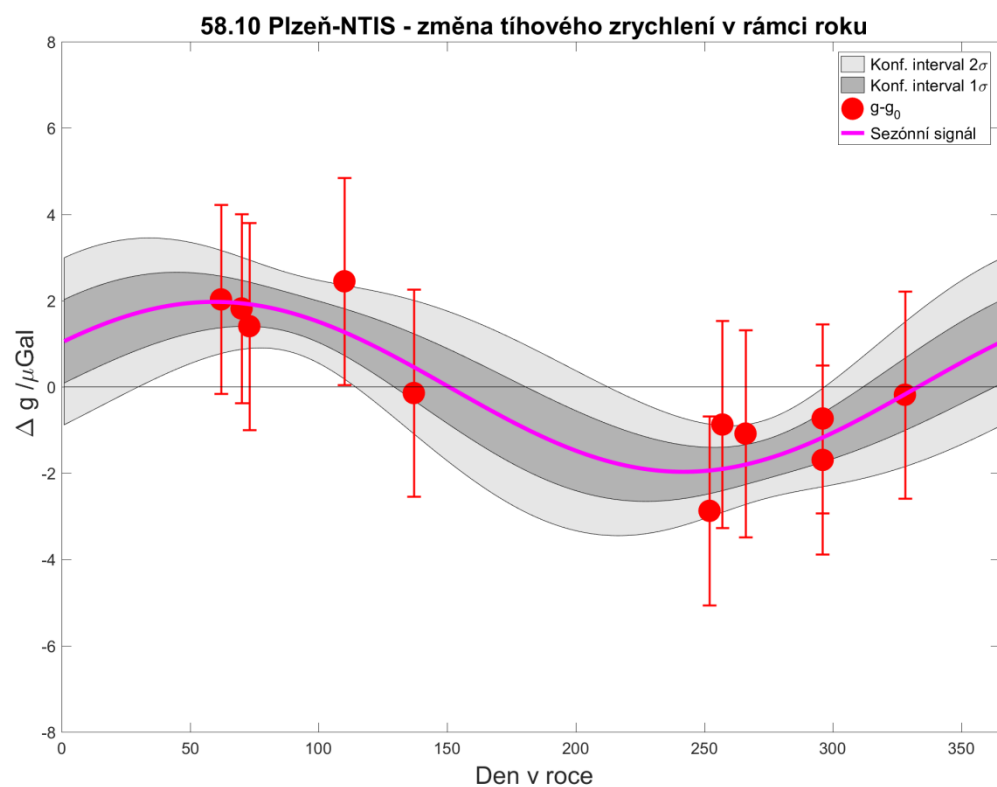
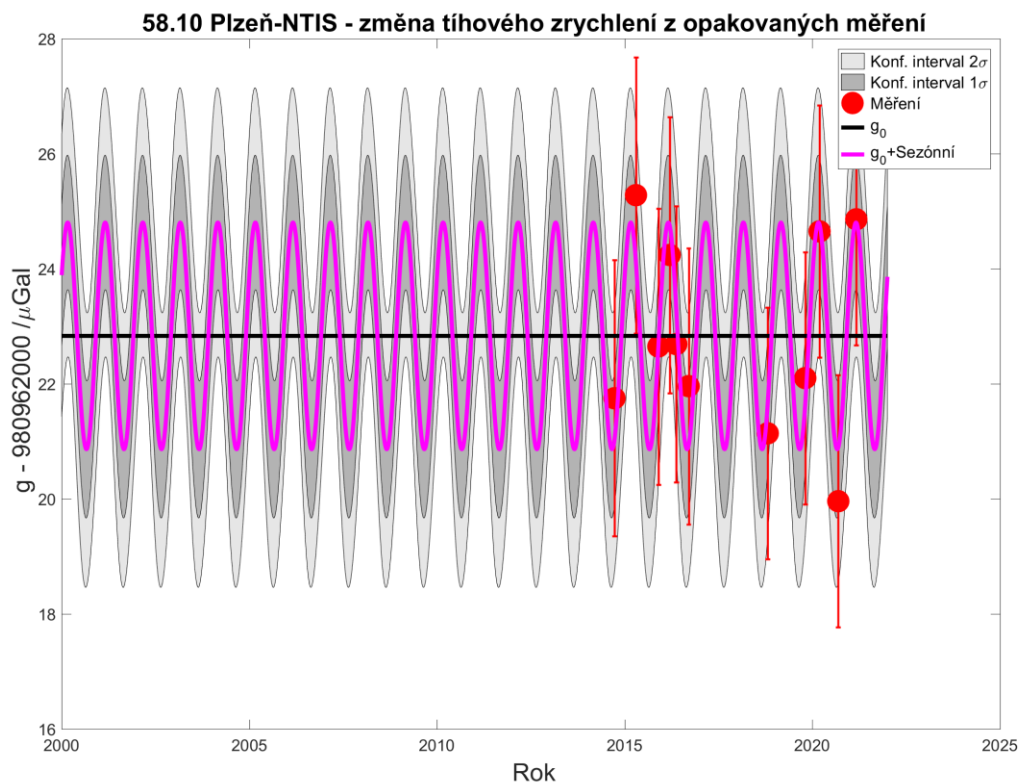
Poznámka: žluté podbarvení indikuje zamítnutí nulové hypotézy, tj. prokázání statistické významnosti (s 95 % pravděpodobností) parametrů sezonních změn.

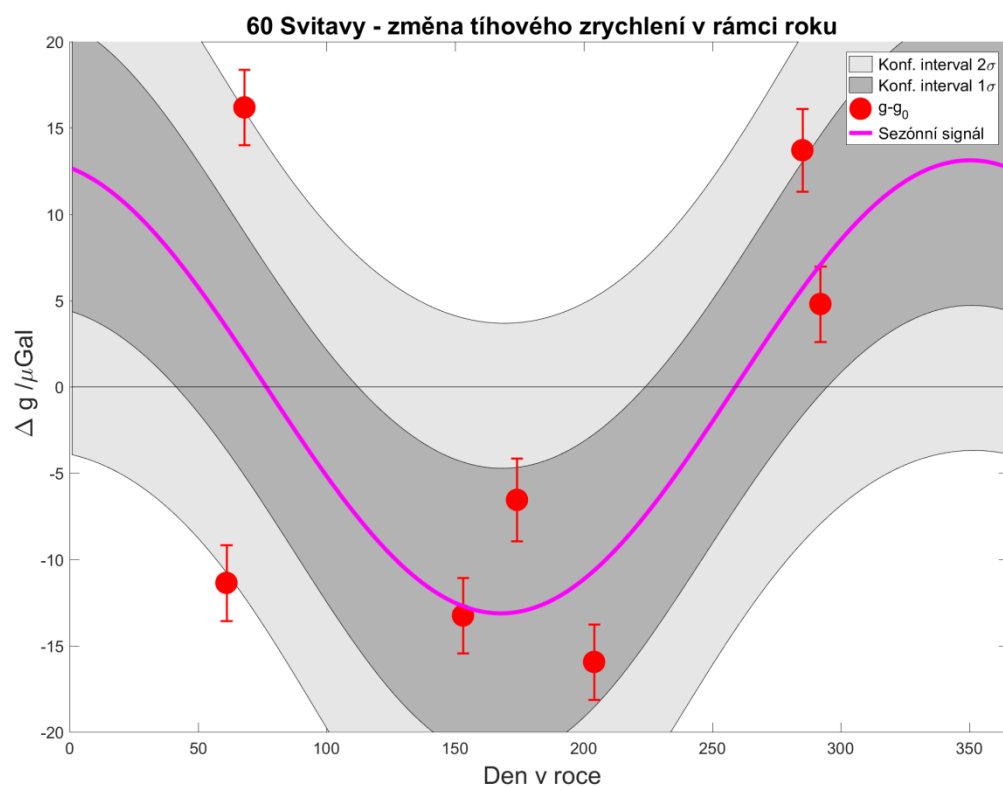
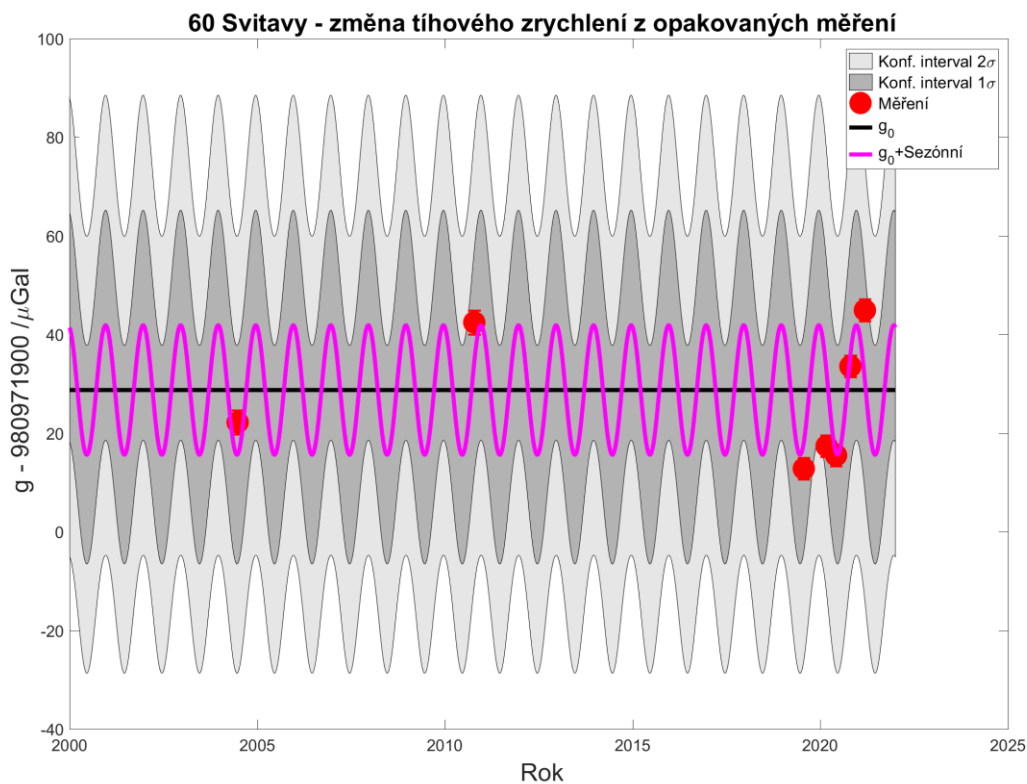
Grafy níže znázorňují pro každou stanici časové řady tíhových zrychlení a výsledky tíhových zrychlení v jednotlivých obdobích roku (pro grafické znázornění sezónních změn).

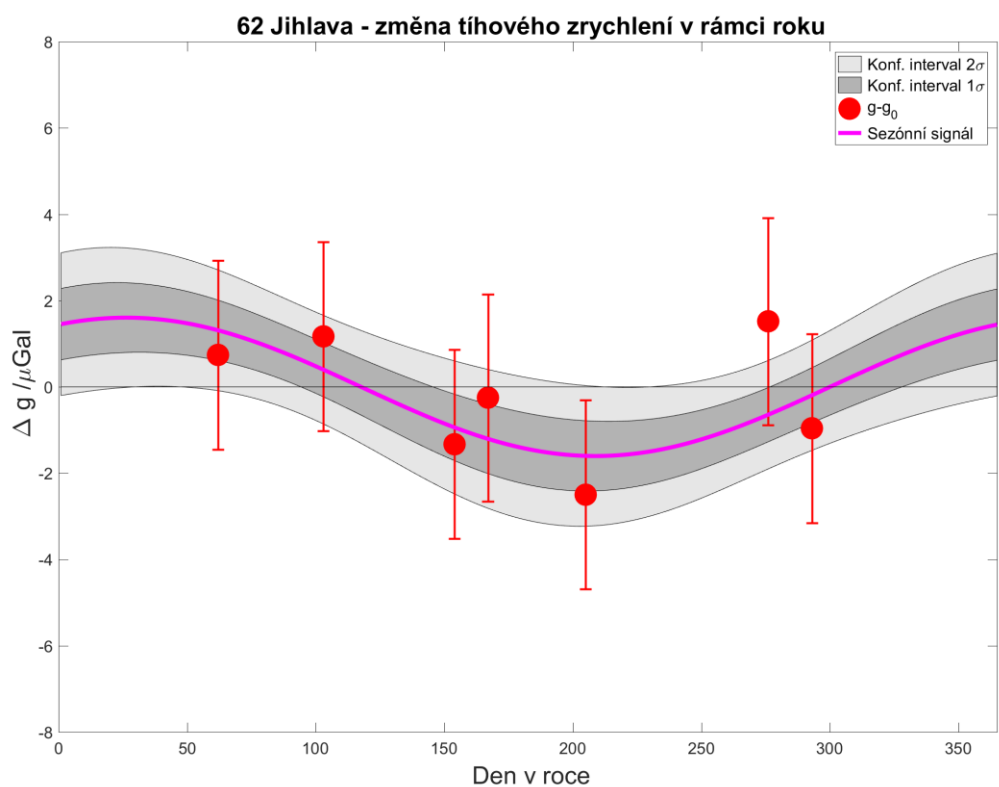
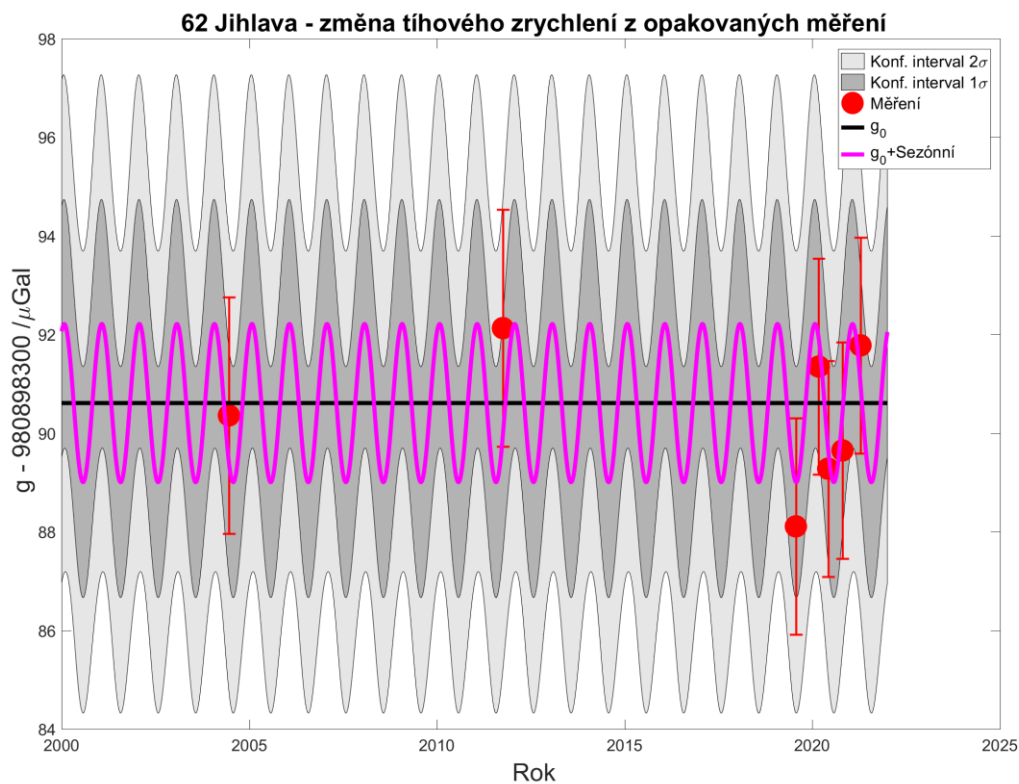












Na všech bodech byla vypočtena hodnota maxim g v zimních a jarních měsících, což dobře odpovídá předpokladům o změně tíhového zrychlení vlivem hydrologických vlivů pro stanice v úrovni blízké okolnímu zemskému povrchu. Tato skutečnost demonstruje velmi dobrou citlivost provedených absolutních měření.

Z porovnání hodnot q s kritériem q_{krit} vyplývá, že pouze na stanicích 51 Litoměřice a 58.10 Plzeň-NTIS byly na hladině významnosti 5 % prokázány sezónní změny aproximovatelné harmonickou funkcí. Na ostatních čtyřech stanicích prokázány nebyly (tj. ani pro jednu z amplitud S_1 či S_2 nebylo q větší než q_{krit}).

Dalším krokem je podle metodiky (Kostecký a Pálinská 2021) analýza časových řad výsledků absolutních měření s určením pouze průměrné hodnoty g_0 (a její charakteristiky přesnosti). Výsledky jsou pro čtyři stanice v Tabulkách 7.

Tabulky 7 – Analýza výsledků – průměrných hodnot g_0

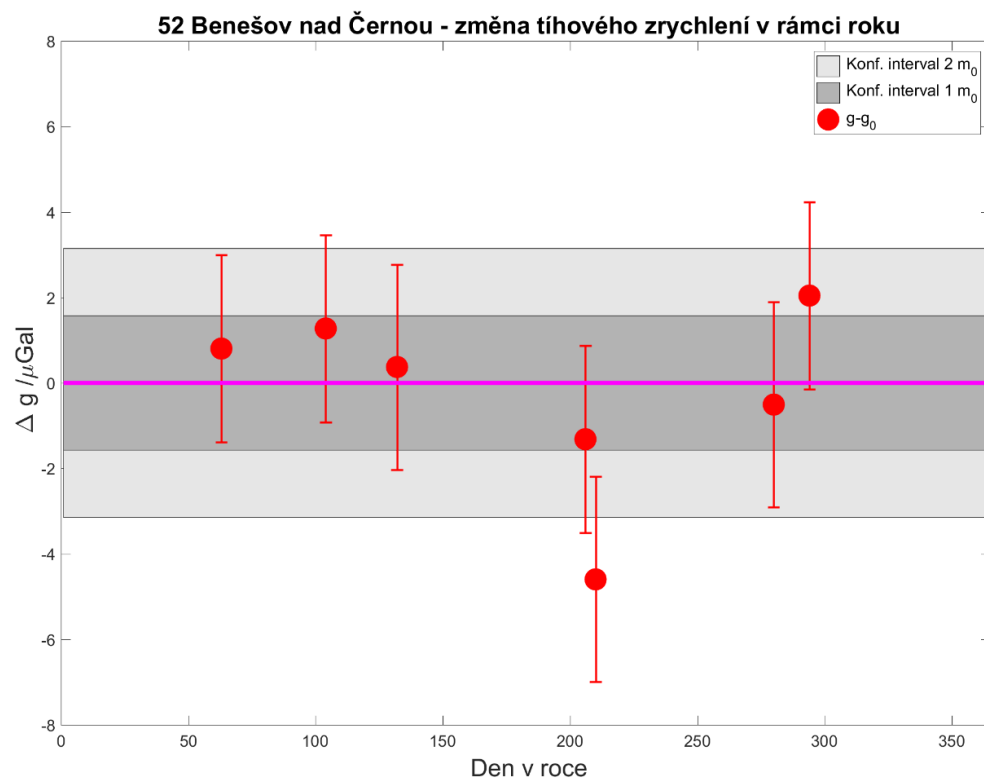
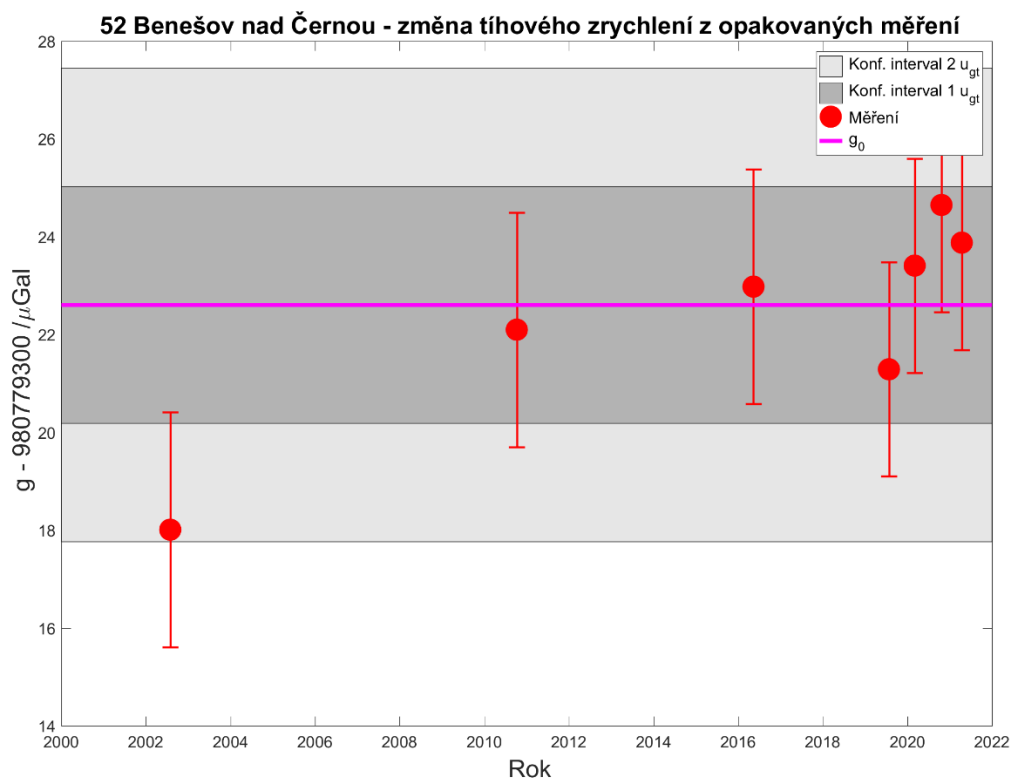
Bod	52 Benešov nad Černou			
	Hodnota	u	m	q
g_0	980779322,61 μGal	1,91 μGal	3,00 μGal	
m_0	1,57 μGal			
u_{gt}	2,42 μGal			

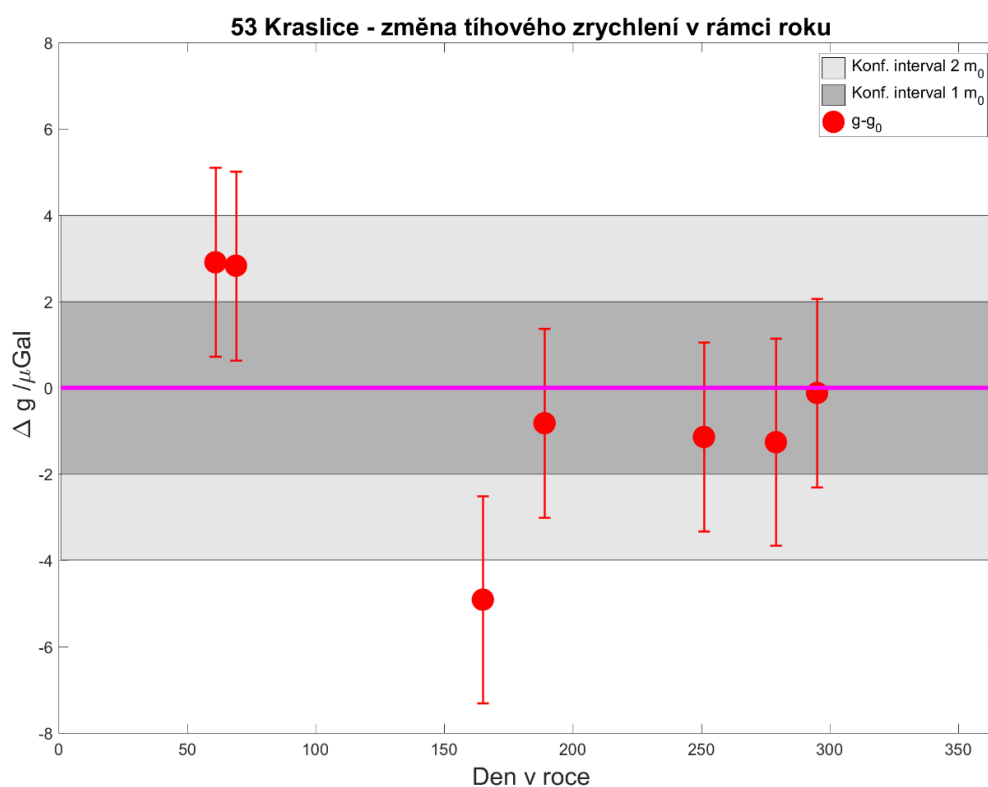
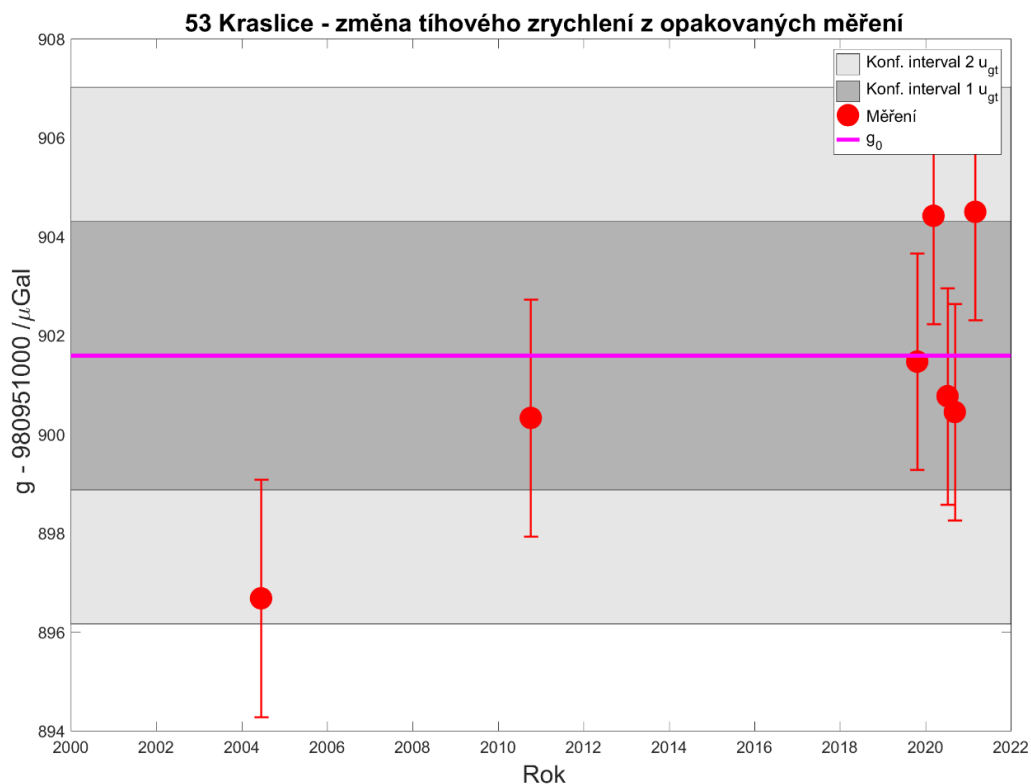
Bod	53 Kraslice			
	Hodnota	u	m	q
g_0	980951901,59 μGal	1,90 μGal	3,79 μGal	
m_0	2,00 μGal			
u_{gt}	2,72 μGal			

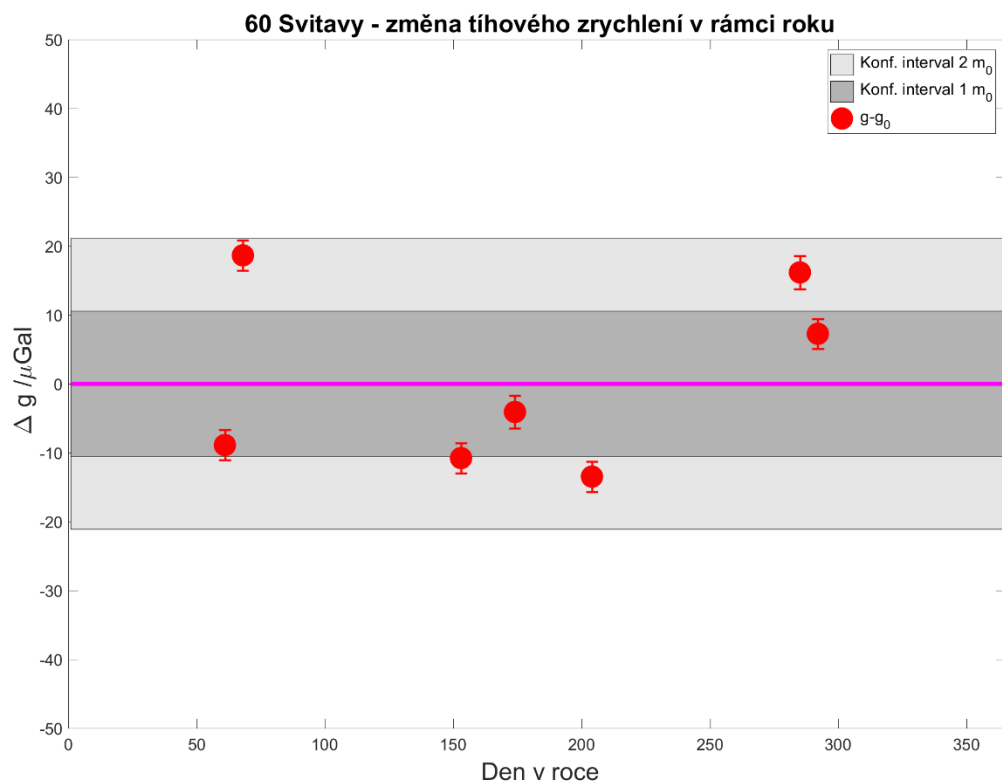
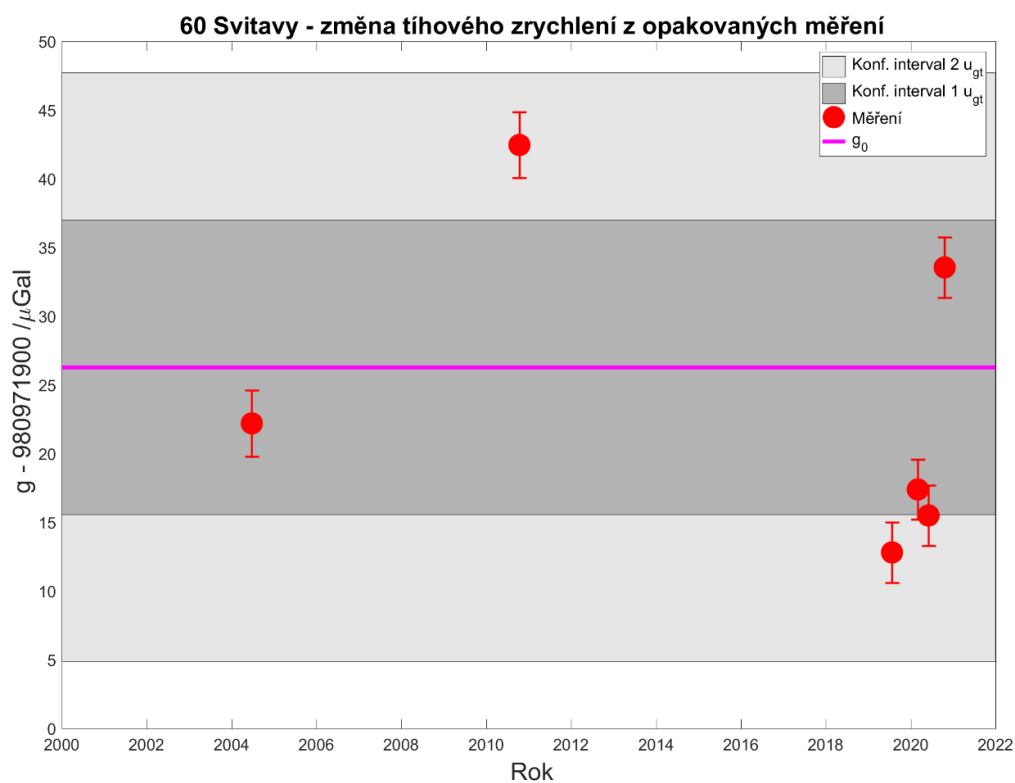
Bod	60 Svitavy			
	Hodnota	u	m	q
g_0	980971926,28 μGal	1,90 μGal	20,07 μGal	
m_0	10,56 μGal			
u_{gt}	10,72 μGal			

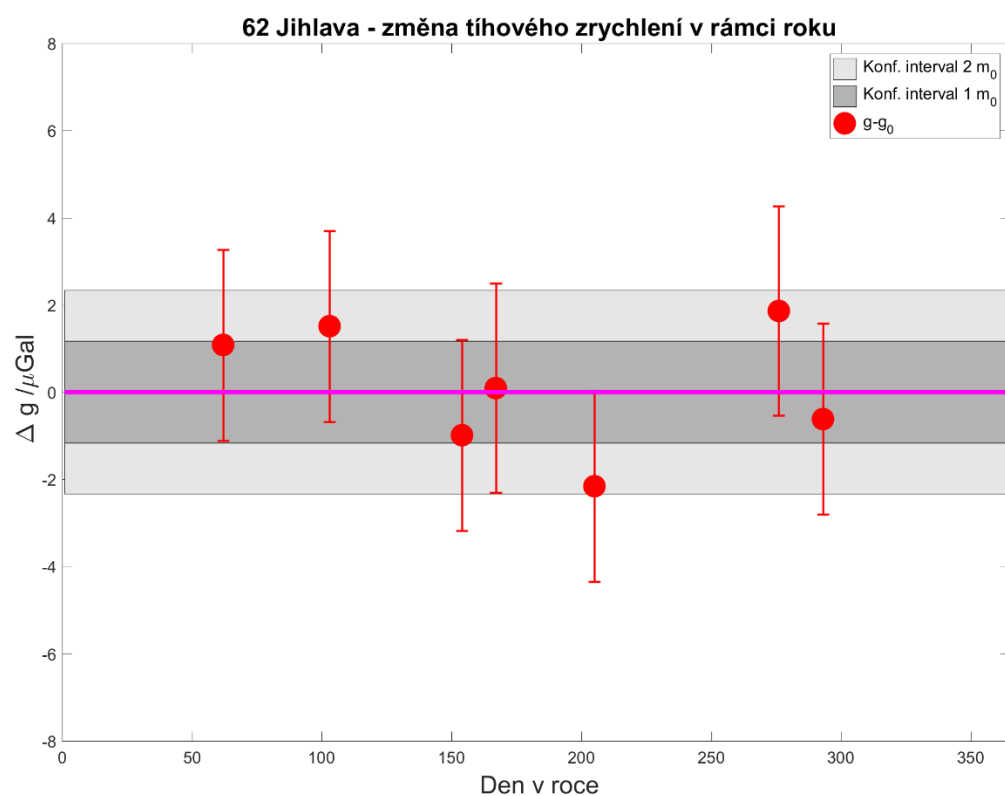
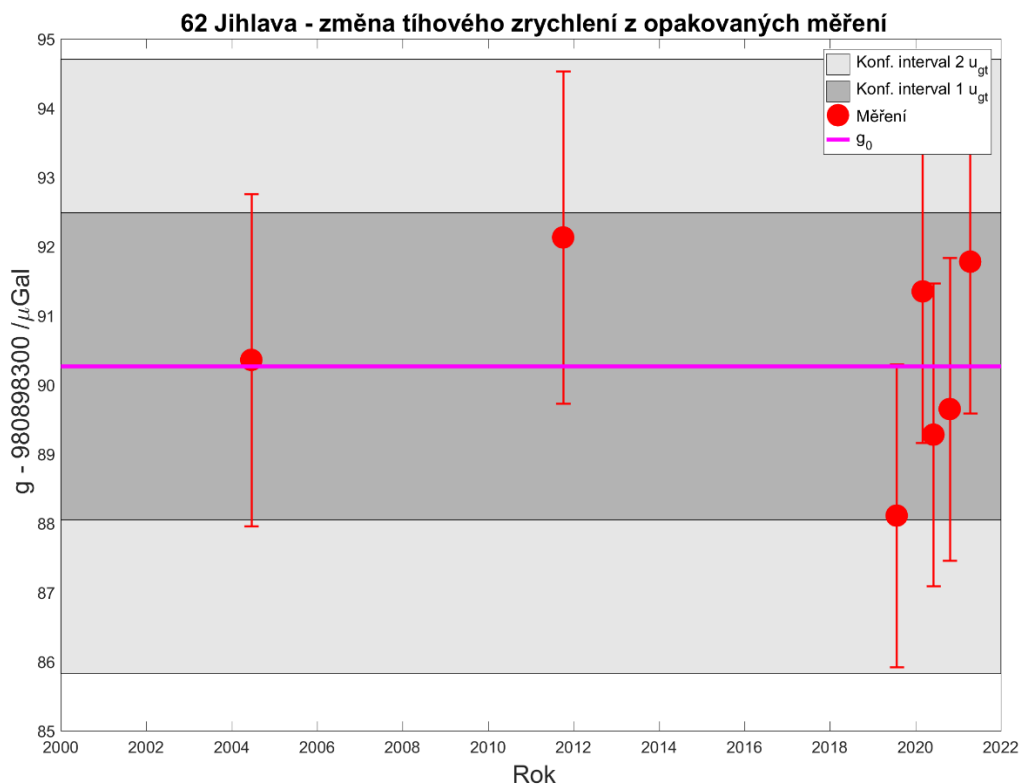
Bod	62 Jihlava			
	Hodnota	u	m	q
g_0	980898390,27 μGal	1,90 μGal	2,22 μGal	
m_0	1,17 μGal			
u_{gt}	2,18 μGal			

Grafy níže znázorňují pro čtyři stanice časové řady tíhových zrychlení a výsledky tíhových zrychlení v jednotlivých obdobích roku.









Na čtyřech stanicích 52 Benešov nad Černou, 53 Kraslice, 60 Svitavy a 62 Jihlava nebyly prokázány sezonní změny tíhového zrychlení. Proto doporučujeme na těchto stanicích používat průměrnou hodnotu tíhového zrychlení s příslušnou nejistotou, která je 2-3 μGal vyjma stanice 60 Svitavy, kde je 11 μGal .

Na stanicích 51 Litoměřice a 58.10 Plzeň-NTIS doporučujeme používat model sezonních změn tíhového zrychlení.

Závěr

Z grafů změn vertikálních gradientů v průběhu roku lze na některých stanicích (51 Litoměřice, 52 Benešov nad Černou, 53 Kraslice, 58.10 Plzeň-NTIS, 62 Jihlava a 65 Kunžak) vypočítat, že v některém období je hodnota gradientu více odlehlá od průměrné hodnoty, a to evokuje úvahu o sezonní změně vertikálních gradientů. Je ale nutné si uvědomit, že rozptyl výsledků je na všech bodech v rámci dvojnásobku středních chyb měření, a tím pádem je nutno konstatovat, že nebyla zjištěna sezonní variace vertikálních gradientů, která by byla statisticky prokazatelná. Maximální rozdíl vertikálního gradientu mezi etapami je 1,2 $\mu\text{Gal/m}$ na bodě 53 Kraslice, a i ten je v rámci dvojnásobku střední chyby měření. Lze tedy konstatovat, že pro určení vertikálního gradientu s požadovanou nejistotou určení 1 $\mu\text{Gal/m}$ není nutné opakované měření v různých obdobích roku a ani není nutné zohledňovat případnou sezonní změnu.

Z Tabulky 2 je patrné, že nově určené vertikální gradienty jsou ve velmi dobré shodě s výsledky z předchozích měření na bodech 51 Litoměřice, 52 Benešov nad Černou, 53 Kraslice, 60 Svitavy a 62 Jihlava publikovaných v (Lederer a Pálinkáš 2011). Maximální rozdíl je 0,42 $\mu\text{Gal/m}$ na bodě 62 Jihlava, což je rozdíl podstatně menší než předpokládaná standardní nejistota určení (1 $\mu\text{Gal/m}$). Také shoda zde uvedených výsledků s výsledky předchozích měření na bodech 58.10 Plzeň-NTIS a 64 Brno-VUT (Lederer 2016) je dobrá, tj. menší než standardní nejistota určení. Na bodě 64 Brno-VUT byl průběh změny tíhového zrychlení s výškou vyjádřen kvadratickou funkcí. Na všech dalších bodech postačuje aproximace lineární funkcí.

Z výsledků měření plyne, že k zajištění transferu tíhového zrychlení podél vertikály nad absolutním bodem s přesností 1 μGal , postačuje jedna etapa měření. Tato etapa ovšem musí být provedena s relativním gravimetrem, jehož měřítko je známo s přesností lepší než 0,1 %. Dále je nutné měření provést minimálně na třech vhodně zvolených výškových úrovních nad bodem tak, aby byl dosažen dostatečný počet nadbytečných pozorování na všech úrovních a střední chyba vertikálního gradientu byla menší než 0,5 $\mu\text{Gal/m}$.

V rámci řešení projektu byla od roku 2019 provedena série opakovaných absolutních tíhových měření na šesti bodech, jejichž výsledky byly spolu se staršími měřeními zpracovány podle (Pálinkáš a Val'ko 2021) se zavedením dosud známých přístrojových korekcí (Tabulka 4). Souhrn finálních výsledků je uveden v Tabulce 3 a to pro 1) efektivní pozici volného pádu, která je vztažena k tíhovému bodu

pomocí tzv. instrumentální efektivní výšky h_{ins}^* , 2) v referenční výšce, která je v gravimetrické síti ČR na vrcholu značky tíhového bodu $h_{ref}=0,000$ m.

Podle metodiky (Kostecký a Pálinkáš 2021) byla provedena analýza časových řad výsledků absolutních měření tíhového zrychlení redukováných do výšky 1,25 m nad stabilizací absolutního bodu s cílem určení sezonních změn a trendů. Výsledky určení trendů a amplitud sinového a kosinového členu harmonické funkce popisující sezónní změny spolu se statistickými parametry jsou v Tabulkách 5. Hodnota g_0 je vztažena k epoše $t_0=1.1.2000$.

Z grafů lze usuzovat na lineární trend zejména na stanicích 51 Litoměřice, 52 Benešov nad Černou, 53 Kraslice a 62 Jihlava. U stanice 58.10 Plzeň-NTIS není časová řada dostatečně dlouhá. Z porovnání testovacích hodnot q s kritickými hodnotami q_{krit} vyplývá, že na žádné stanici nebyl na hladině významnosti 5 % prokázán trend. Na stanicích 52 Benešov nad Černou a 53 Kraslice nebyla hodnota q_{krit} překročena pouze těsně. Přidání dalšího měření a tím prodloužení časové řady by mohlo definitivně vyjasnit existenci, resp. neexistenci trendu. Bylo by tedy vhodné nejpozději do 5 let provést opakované absolutní měření na těchto bodech. Delší časový interval a větší počet nadbytečných měření zajistí možnost věrohodnějšího úsudku ohledně významnosti možného trendu.

Z analýzy časových řad pro určení amplitud sinového a kosinového členu harmonické funkce popisující sezónní změny (viz Tabulky 6) na hladině významnosti 5 % vyplývá, že pouze na stanicích 51 Litoměřice a 58.10 Plzeň-NTIS byly prokázány sezónní změny aproximovatelné harmonickou funkcí. Z grafů by bylo možno usuzovat na sezónní změny s amplitudou do 3 μGal i na stanicích 52 Benešov nad Černou a 53 Kraslice, ale k prokázání by bylo potřebné provést na každém z bodů alespoň 2 další měření v následujícím roce, což rozsah projektu neumožňuje.

Grafy s výsledky na stanici 60 Svitavy ukazují nepredikovatelné chování změn tíhového zrychlení na této stanici. Původní domněnka, že staré měření z října 2010 je zatížené např. velkou přístrojovou chybou, byla vyvrácena měřením v březnu 2021, jehož výsledek je v dobré shodě s výsledkem z října 2010. Nemáme k dispozici relevantní data, která by vysvětlovala příčinu změn tíhového zrychlení na stanici 60 Svitavy. Můžeme se pouze domnívat, že původem můžou být extrémní lokální hydrologické jevy nebo nepravidelné přesuny velkých hmot ve vyšších patrech budovy, v jejíž sklepních prostorách je bod 60 Svitavy umístěn. Jelikož nedokážeme změny tíhového zrychlení predikovat, nezbývá než stanovit průměrnou hodnotu tíhového zrychlení na tomto bodě s přidruženou vysokou nejistotou.

Jelikož na čtyřech stanicích 52 Benešov nad Černou, 53 Kraslice, 60 Svitavy a 62 Jihlava nebyly prokázány sezónní změny tíhového zrychlení, doporučujeme na těchto stanicích používat průměrnou hodnotu tíhového zrychlení (viz Tabulky 7) s příslušnou nejistotou, která je 2-3 μGal vyjma stanice 60 Svitavy, kde je 11 μGal . Na stanicích 51 Litoměřice a 58.10 Plzeň-NTIS doporučujeme používat model sezonních změn tíhového zrychlení (výsledky v Tabulkách 6). V Tabulce 8 je souhrn finálních výsledků.

Tabulky 8 – Finální výsledky určení tíhového zrychlení na vybraných absolutních tíhových bodech v ČR

Bod	51 Litoměřice
	Hodnota
g_0	981076053,15 μGal
u_{gt}	2,28 μGal
Amplituda	3,18 μGal
Fáze maxima g	26,04 den

Bod	52 Benešov nad Černou
	Hodnota
g_0	980779322,61 μGal
u_{gt}	2,42 μGal

Bod	53 Kraslice
	Hodnota
g_0	980951901,59 μGal
u_{gt}	2,72 μGal

Bod	58.10 Plzeň-NTIS
	Hodnota
g_0	980962022,83 μGal
u_{gt}	1,93 μGal
Amplituda	1,97 μGal
Fáze maxima g	59,30 den

Bod	60 Svitavy
	Hodnota
g_0	980971926,28 μGal
u_{gt}	10,72 μGal

Bod	62 Jihlava
	Hodnota
g_0	980898390,27 μGal
u_{gt}	2,18 μGal

Reference

Val'ko M., Kostecký J. (2020a): Ověření postupu měření a zpracování pro přesné určení vertikálního gradientu tíhového zrychlení na absolutních tíhových bodech pomocí relativních gravimetrů. Výstup 5. etapy projektu TITSCUZK704.

Val'ko M., Kostecký J. (2020b): Ověření postupu měření a zpracování pro přesné určení vertikálního gradientu tíhového zrychlení na absolutních tíhových bodech pomocí relativních gravimetrů – měřický protokol z 2. etapy měření. Výstup 7. etapy projektu TITSCUZK704.

Val'ko M., Kostecký J. (2020c): Ověření postupu měření a zpracování pro přesné určení vertikálního gradientu tíhového zrychlení na absolutních tíhových bodech pomocí relativních gravimetrů – analýza výsledků obou etap měření a přehledné zpracování výsledků obou etap měření. Výstup 8. etapy projektu TITSCUZK704.

Val'ko M., Kostecký J. (2021): Ověření postupu měření a zpracování pro přesné určení vertikálního gradientu tíhového zrychlení na absolutních tíhových bodech pomocí relativních gravimetrů – realizace dodatečných měření na vybraných bodech, zpracování měřického protokolu z dodatečných měření, předání dat získaných v dodatečné etapě měření. Výstup 10. etapy projektu TITSCUZK704.

Lederer M, Pálinkáš V. (2011): Měření vertikálních gradientů tíhového zrychlení na absolutních bodech ČSGS. Geodetický a kartografický obzor, ročník 57/99, 2011, číslo 7, 149-155.

Lederer, M. (2016): Analýza vertikálních gradientů na nových absolutních bodech. Interní dokument. Zeměměřický úřad, Praha.

Pálinkáš V., Val'ko M. (2021): Metodika postupu jednotného zpracování absolutních měření tíhového zrychlení se zavedením všech (vč. nedávno zjištěných) oprav z vlivu přístrojů, resp. lokálního vlivu okolního prostředí, výstup 11. etapy projektu TITSCUZK704.

Pálinkáš V. (2018): Návrh na schválení aktualizace státního etalonu tíhového zrychlení. Technická zpráva VÚGTK č. 1286/2018.

Kostecký J., Pálinkáš V. (2021): Finální podoba metodiky pro stanovení sezónních změn tíhového zrychlení na vybraných absolutních bodech pomocí opakovaných měření absolutními gravimetry, výstup 11. etapy projektu TITSCUZK704.

T A
Č R

Tento projekt je financován se státní podporou
Technologické agentury ČR
v rámci programu BETA2

www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost



[poslední strana]