

# INFORMÁCIE

## INFORMATION

### MEDZINÁRODNÁ KALIBRÁCIA BREWEROVÝCH OZÓNOVÝCH SPEKTROFOTOMETROV V GÁNOVCIACH

Na pracovisku Slovenského hydrometeorologického ústavu, v Aerologickom a radiačnom centre (ARC) Gánovce, sa denne pripravujú informácie o stave ozónovej vrstvy a v letnom období aj o slnečnom ultrafialovom (UV) žiarení pre územie Slovenska. Stanica v Gánovciach je jediná svojho druhu na našom území a tieto informácie sa pripravujú na základe meraní celkového atmosférického ozónu a slnečného UV žiarenia, ktoré sa uskutočňujú pomocou Brewerovho ozónového spektrofotometra už 30 rokov.

Brewerov ozónový spektrofotometer (Brewer) bol pôvodne navrhnutý v Environment and Climate Change Canada (ECCC) v sedemdesiatych rokoch minulého storočia za účelom monitorovania celkového atmosférického ozónu. Do globálnej ozónovej siete bol tento moderný

prístroj zavedený v roku 1982 a stal sa štandardným nástrojom na monitorovanie celkového ozónu v programe Globálneho sledovania atmosféry (GlobalAtmosphereWatch, GAW) pri Svetovej meteorologickej organizácii (WMO). Do roku 2021 bolo vyrobených viac než 230 Brewerových prístrojov. Na zabezpečenie kvality ozónových meraní sa udržiava tzv. kalibračný reťazec, t.j. najprv sa referenčné prístroje nezávisle absolútne kalibrujú a potom sa kalibrácia prenesie z referenčného prístroja na pohyblivý - cestovný etalón a následne z tohto etalónu do staníc s Brewerovými prístrojmi. ECCC udržiava svetové referenčné Brewerove spektrofotometre od osemdesiatych rokov 20. storočia na poskytovanie prenosnej kalibrácie. Svetovým ozónometrickým štandardom pre spektrofotometre s jednoduchým monochromátorom sú prístroje typu Mark II so sériovými výrobnými číslami 008, 014 a 015, ktoré tvoria svetovú Brewerovu referenčnú triádu (BrT) a začali svoju činnosť v kanadskom Toronte v roku 1984. V deväťdesiatych ro-



koch bol Brewerov prístroj zmodernizovaný na typ Mark III, ktorý má už dva monochromátory pre zníženie vnútorného prístrojového rozptýleného svetla. V roku 2013 bola vytvorená svetová referenčná triáda double-Brewer (BrT-D) a tvoria ju prístroje so sériovými číslami 145, 187 a 191. Absolútna kalibrácia prístrojov triády Langley metódou sa uskutočňuje na observatóriu v Mauna Loa na Havajských ostrovoch. Tento rok sa však konala pre zvýšenú sopečnú aktivitu na Kanárskych ostrovoch. Podľa doporučenia WMO majú byť ozónové spektrofotometre v medzinárodnej sieti podrobené porovnávacej a kalibračnej procedúre najmenej raz za dva roky.

Existujú aj ďalšie Brewerovské triády. Triáda Arosa bola vytvorená a je prevádzkovaná Švajčiarskym federálnym úradom pre meteorológiu a klimatológiu (Meteo Swiss). Založili ju v roku 1998 a bola druhou triádou Brewerov na svete (zložená z dvoch prístrojov Mark II a jedného Mark III). Umiestnená je v Davose, vo Physikalisch-Meteorologisches Observatorium (Svetové radiálne centrum v Davose, PMOD). Ďalšia európska triáda RBCC-E bola vytvorená Štátnou meteorologickou agentúrou Španielska (AEMET) v roku 2003. Tvoria ju tri prístroje Mark III. V Španielsku sa nachádza Regionálne európske centrum pre kalibráciu Brewerových spektrofotometrov (RBCC-E).

Z praktického i ekonomického hľadiska sa kalibrácie s cestovným štandardom naraz zúčastňuje viacero prístrojov. Pre nás ich doteraz vykonáva kanadská firma International OzoneServices (IOS), referenčným prístrojom č. 017. Na konci júna tohto roku sa na našom pracovisku uskutočnila v poradí už 14. takáto spoločná kalibrácia Brewerových prístrojov za účasti odborníkov a vedcov zo španielskeho Tenerife, kanadského Toronta a prevádzkovateľov prístrojov

z Maďarska, Poľska a z nášho pracoviska v Gánovciach. Na našej stanici prevádzkujeme dva prístroje – Brewer č. 097 s jednoduchým monochromátorom (Mark IV) a Brewer č. 225 s dvojnásobným monochromátorom (Mark III). Počas kalibrácie sa uskutočnil seminár zástupcov národných radiálnych centier zo strednej Európy. Alberto Redondas zo španielskej meteorologickej služby (RBCC), ktorý je zároveň členom Medzinárodnej ozónovej komisie (International OzoneCommission, IOC), informoval o možnostiach kalibračného centra španielskej meteorologickej služby pre Európu, ktoré sídli v observatóriu Izaña na ostrove Tenerife. Zároveň španielski kolegovia v svojej prednáške oboznámili účastníkov kalibrácie s činnosťou a možnosťami európskej databázy EuBrewnet, ktorú prevádzkujú.

Aj výsledky poslednej spoločnej kalibrácie ukázali, že udržiavanie kvality meraní celkového atmosférického ozónu a UV slnečného žiarenia je veľmi náročné. Ale vďaka pravidelnej kalibrácii prístrojov poskytuje naša stanica v Gánovciach spoľahlivé údaje pre svetové databázy, mapové centrá i aktuálne každodenné informácie o stave ozónovej vrstvy a intenzite UV slnečného žiarenia pre verejnosť.

*Mgr. Oliver Mišaga, ARC Gánovce*

## FAIRNESS LETNÁ ŠKOLA V BELGICKU - ANALÝZA ÚDAJOV MESTSKEJ MIKROKLÍMY

Počas prvého júlového týždňa (2.–8. 7. 2023) sa na katedre fyziky a astronómie prírodovedeckej fakulty v Gante (Belgicko) konala letná škola výskumnej siete COST Action. COST Action je interdisciplinárna výskumná sieť, ktorá spája výskumníkov a inovátorov, aby sa venovali téme

**Obrázok 1.** Spoločná fotografia organizátorov a účastníkov na streche budovy fakulty, kde sa nachádza aj meteorologická záhrada.



podľa vlastného výberu. Akcie COST zvyčajne tvoria výskumníci z akademickej obce, verejných inštitúcií a iných relevantných organizácií alebo zainteresovaných strán. Európska spolupráca v oblasti vedy a techniky (COST) je financujúca organizácia na vytváranie výskumných sietí s názvom COST Actions. Tieto siete ponúkajú otvorený priestor pre spoluprácu medzi vedcami z celej Európy (i mimo nej), a tým dávajú impulz pre pokrok vo výskume a inovácii. Je otvorený pre všetky oblasti vedy a techniky, vrátane nových i vznikajúcich oblastí. Akcie COST ponúkajú inkluzívne, celoeurópske prostredie pre jednotlivcov všetkých úrovní seniority, aby mohli rozvíjať svoje profesionálne výskumné siete a zvyšovať svoju kariéru.

Hlavnou témou letnej školy bola „Analýza údajov mestskej mikroklimy“. Cieľom bolo podporiť účastníkov pri spracovaní a analýze vlastných súborov údajov o mestskej mikroklimy. Uprednostnili teda účastníkov, ktorí priniesli vlastný mestský dátový súbor. Všetky dobre preštudované mestské súbory údajov, ktoré ešte neboli skontrolované kvalitou, vrátane medzier, boli vítané. Súbor údajov, s ktorým som pracovala, pochádzal z automatických staníc. Spracovala som hodinové údaje teploty vzduchu. Mala som k dispozícii 2 mestské a 2 mimomestské stanice pre územie Bratislavy a jej okolie. Práca začala pripojením sa k vlastnému Disku (Google Drive) s notebookom Colab. Najprv sme museli dať údaje do správneho tvaru, aby načítanie údajov prebiehalo bezproblémovo.

Po menších úpravách sme načítali svoj súbor údajov na predpripravený skript v Google Colab. Google Colab je nástroj na písanie a zdieľanie kódu Python s možnosťou zarámovať kód do textu (známy ako Jupyter Notebook). Nasledovala časť kontroly kvality našich údajov. Zvolili sme jednotlivé kritériá, podľa ktorých by sme mohli zaradiť chýbajúce údaje do jednotlivých skupín. *Malý počet* (< 40) chýbajúcich hodnôt → chýbajúce pozorovania; *Veľký počet* (>=40) chýbajúcich hodnôt → medzera.

Vykonalí sme lineárnu interpoláciu, techniku ERA5 a hybridnú metódu. ERA5 je piata generácia reanalýzy ECMWF pre globálnu klímu a počasie za posledných 8 desaťročí. Údaje sú dostupné od roku 1940. Získali sme modelové dáta pre jednotlivé súradnice. Potom sme pokračovali v modelovaní dát pomocou modelu ERA5. Chýbajúce údaje sme vyskúšali vyplňaním pomocou modelu. Úplne na konci sme vyskúšali výpočet štatistiky, napr. priemery, zlomky krajinnej pokrývky okolo staníc. Vytvorili sme štandardné vlastnosti, napr. ročný cyklus, denný cyklus, mestský ostrov tepla.

Letná škola zahŕňala praktickú prácu v nasledujúcich témach: kontrola kvality a vyplnenie medzier z mestských meteorologických údajov; mapovanie prostredia v okolí našich staníc; od pozorovania po analýzu mestských tepelných ostrovov; porovnávanie mestských pozorovaní s údajmi z mestských klimatických modelov. Letná škola sa zameriava na praktické cvičenia s vlastným súborom údajov. Súčasťou programu boli aj prednášky, mestská klimatická prechádzka v meste Gent a exkurzia do Kráľovského meteorologického inštitútu Belgicka v Bruseli. Tam nám ukázali, ako funguje predpoveď počasia na území Belgicka.

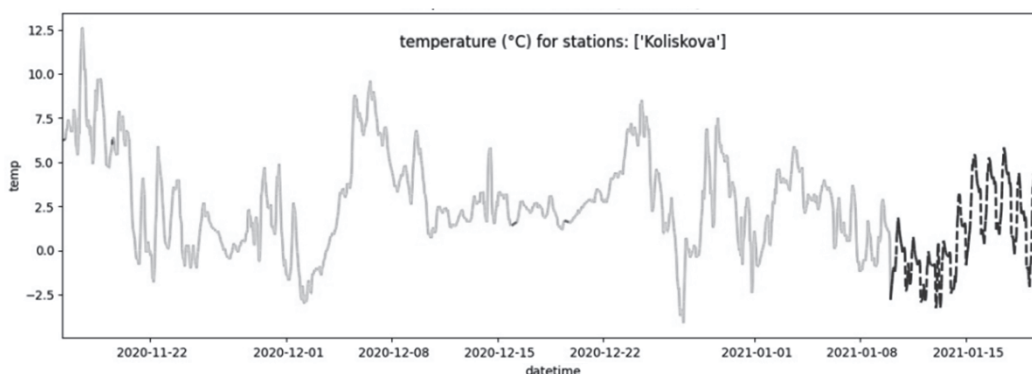
Uskutočnili sa veľmi zaujímavé prednášky a užitočné praktické lekcie o spracovaní a analýze údajov mikroklimatických súborov. Bolo veľmi inšpiratívne vidieť a dozvedieť sa, ako sa k mestskej klíme pristupuje z rôznych perspektív, ktoré zdieľali všetci účastníci. V neposlednom rade patrí veľká vďaka organizátorom za úžasnú prácu, láskavosť a trpezlivosť a účastníkom za úžasnú atmosféru. Toto podujatie bolo veľkým prínosom pri práci s meteorologickými a klimatologickými údajmi, lebo my ako Klimatologická služba tiež pracujeme s obrovským množstvom údajov a často sa stretávame s chýbajúcimi údajmi kvôli výpadkom.

Kristína Szabóová  
SHMÚ, Bratislava

Obrázok 2. Ukážka skriptu (nahrávanie vlastných údajov).

```
[ ] your_dataset.fairness_coordinates_for_alara_25_csv_creator(outputfolder = '...', #folder to save your metadata
    filename = '..... .csv', #filename ('YOUR_NAME metadata.csv' for example )
    #Define the extend of the spatial model plot that will be prepared for you.
    #If None, a tight-fit will be use.
    lat_min= None, # minimum latitude of the extend
    lon_min = None, # minimum longitude of the extend
    lat_max = None, # maximum latitude of the extend
    lon_max = None) # maximum longitude of the extend
```

Obrázok 3. Doplnenie chýbajúcich medzier v údajoch (čierna čiara) pomocou modelu ERA5.





## CURRENT PROBLEMS IN HYDROLOGY - KONFERENCIA S MEDZINÁRODNOU ÚČASŤOU

Pri príležitosti 70. výročia založenia Ústavu hydrologie SAV, v. v. i. a 70. výročia založenia SAV zorganizoval Ústav hydrologie SAV, v. v. i. v spolupráci so Slovenským výborom pre hydrologiu, pod záštitou ministra ŽP SR a predsedu SAV prof. RNDr. Pavla Šajgalíka, DrSc. medzinárodnú konferenciu Current problems in hydrology – Aktuálne problémy hydrologie. Konferencia sa konala v priestoroch kongresového centra SAV v Smoleniciach v dňoch 27. až 29. 9. 2023. Konferencie sa zúčastnilo viac ako sedemdesiat registrovaných účastníkov z ôsmich inštitúcií z akademického a výskumného prostredia, ale aj z oblastí operatívnej hydrologie. Odborný program konferencie pozostával z viac ako dvadsať prednášok od významných hydroológov, aj PhD študentov. Slovenský hydrometeorologický ústav na podujatí zastupoval jeho generálny riaditeľ RNDr. Martin Benko, PhD, riaditeľka Úseku hydrologie Ing. Jana Pórová, PhD., vedúca Odboru hydrologické predpovede a výstrahy Ing. Danica Lešková, PhD. a viacerí pracovníci Úseku hydrologickej služby a Odboru hydrologické predpovede a výstrahy.

Počas druhého dňa konferencie boli v dopoludňajšom bloku prezentácií prednesené témy z prostredia operatívnej a aplikovanej hydrologie. Prvá z nich sa zaoberala problematikou prívalových povodní, pod názvom „Metóda operatívnej detekcie prívalových povodní využitím meteorologických radarov ako podkladu pre vydávanie hydrologických výstrah“ (M. Bírová, P. Smrtník, L. Méri a V. Wendová). Včasná predpoveď a varovanie pred rýchlou povodňou sa v našich podmienkach stáva čoraz prioritnejšou témou a podlieha neustálemu vývoju. Druhým prezentovaným príspevkom bol „Hydrologický predpovedný systém SHMÚ“ (D. Lešková a H. Hlaváčiková). Jeho obsahom bola rekapitulácia tvorby nového zázemia pre činnosť hydrologických modelov na Odbore hydrologické predpovede a výstrahy. Ďalšia prednesená prezentácia sa venovala Európskemu predpovednému varovnému systému EFAS, ktorého je SHMÚ súčasťou, a to prostredníctvom aktívnej participácie v jednom z operačných centier, s názvom „Novinky v Európskom povodňovom varovnom systéme EFAS“ (M. Halaj, H. Hlaváčiková a M. Mikuličková). V poradí štvrtá prezentácia v rámci dopoludňajšieho bloku mala názov „Problémy pri výbere nového referenčného obdobia“ (L. Blaškovičová, K. Jeneiová, K. Kotriková, E. Lovásová, K. Melová a S. Liová). Poukázala na zložitosť výberu vhodného referenčného obdobia v podmienkach meniacej sa klímy. Posledná prezentácia v rámci dopoludnia bola na tému eliminácie neistôt v hydrologických modeloch v podmienkach SHMÚ – „Analyses of precipitation input data for the hydrological forecasting system of SHMU“ (H. Hlaváčiková). Téma bola spracovaná aj formou posteru a umiestnená v posterovej sekcii počas trvania konferencie. V tejto sekcii bol vystavený aj poster venujúci sa analýze povodňovej situácie v máji 2021 v povodí Hrona – „Case study: Assessment of radar-based and ground precipitation data during the flood situation in may 2021 in the upper Hron river basin in Slovakia“ (H. Hlaváčiková, K. Hrušková).

Martin Halaj, SHMÚ, Banská Bystrica

## A BRIEF COMMENTARY OF HOW THE RECENT 2022 TONGA–HUNGA HA'APAI VOLCANO ERUPTION, THE 1908 TUNGUSKA METEORITE EVENT, AND 1961 TSAR BOMB TEST AFFECTED AIR PRESSURE IN SLOVAKIA

This brief commentary aims to describe the observed subtle air pressure anomalies triggered by three events: the 2022 eruption of the Tonga-Hunga volcano, the Tunguska (Siberia) meteorite explosion of 1908, and the Tsar Bomb nuclear test of 1961. Microbarometric traces of anomalous air pressure signals observed at the geophysical observatory in Hurbanovo, providing evidence for the Tunguska event and the Tsar Bomb test, are presented for the first time. In addition, a detailed analysis of the recent Toga-Hunga eruption is presented as well. The Tonga-Hunga Ha'apai volcano is situated in the South Pacific Tonga archipelago. Its eruption on January 15–16, 2022, was an extraordinary event that released an energy equivalent to the explosion of 59–63 megatons of TNT (Villalonga et al., 2023). The volcano eruption had a global impact on atmospheric pressure, leading to subtle pressure anomalies circulating the globe multiple times (Liu et al., 2023; Villalonga et al., 2023; Buric et al., 2022; Amores et al., 2022). The explosive eruption released significant energy, generating Lamb waves that efficiently transmit energy over long distances with minimal losses, exhibiting purely horizontal motion throughout the troposphere, with minimal sensitivity to Earth's rotation, and traveling close to the speed of sound. For an isothermal troposphere, the phase velocity of the Lamb waves is affected by the air temperature (Amore et al., 2022).

The data we used to analyze pressure anomalies triggered by the Tunga-Honga eruption were extracted from the databases of the Slovak Hydrometeorological Institute. A total of 44 automatic meteorological stations across Slovakia were used, covering the period from January 15 to 16, 2022, with a sampling interval of 1 minute. Additionally, historical microbarographic records displaying pressure waves from the Tunguska and Tsar Bomb events were obtained from the archives of the Earth Science Institute, Slovak Academy of Sciences.

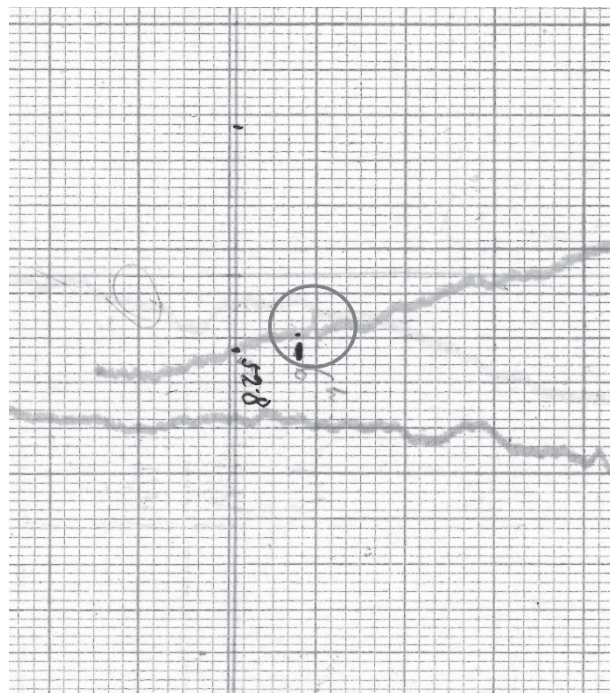
Nevertheless, the Tonga-Hunga eruption of January 15, 2022, is not the first occurrence of detecting atmospheric pressure anomalies following a significant distant explosion, as our archival research shows. Several other series of pressure anomalies have been observed in the central European region in the past (e.g. the Krakatoa volcano eruption of 1883, the Tunguska meteorite impact on June 30, 1908, and the detonation of the ~50–58-megatons thermonuclear 'Tsar' Bomb over the Novaya Zemlya region of the former Soviet Union on October 30, 1961). The Tunguska event, an approximately 12-megaton explosion near the Podkamennaya Tunguska River in Yeniseysk Governorate (now Krasnoyarsk Krai), Russia, occurred on the morning of June 30, 1908 (Farkas, 1962; Wexler & Hass, 1962). Our archival research shows that on the morning of June 30, 1908, the unique Sprung-Fuess' balance rolling-weight mercury (micro)barograph, which was installed at the geophysical and meteorological observatory in Hurbanovo (formerly Ógyalla/Stará Ďala; Babin et al., 2022),

reliably registered the primary pressure wave induced by the Tunguska Event (Whipple, 1934). The air pressure anomalies observed at the Hurbanovo station are depicted in Fig. 1. As indicated on the barograph chart, the wave amplitude reached almost 0.4 Torr (~0.5 hPa). In general, the wave parameters align with reports from other observatories using barographic measurements in the Central European region at that time (Süiring, 1930; Škreb, 1931; Whipple, 1934). The antipodal wave was observed at the Potsdam observatory in Germany on the morning of July 1, 1908 (Süiring, 1930). However, this second wave is not evident on the barograms from Hurbanovo and Zagreb (Škreb, 1931). After the massive Tsar Bomb explosion in the end of October 1961, three marked transitions of the pressure waves through Hurbanovo were detected thanks to the above-mentioned Sprung-Fuess' instrument (Fig. 2), with the primary wave-induced pressure anomaly reaching almost 1.2 Torr (1.6 hPa). In contrast to the nearest observation in Budapest, Hungary (Schenzl, 1884), there was no recorded signal from the colossal Krakatoa volcano eruption in 1883 due to the absence of barographic measurements at that time. The first barograph on the territory of present-day Slovakia was employed in March 1891 (Babin et al., 2022).

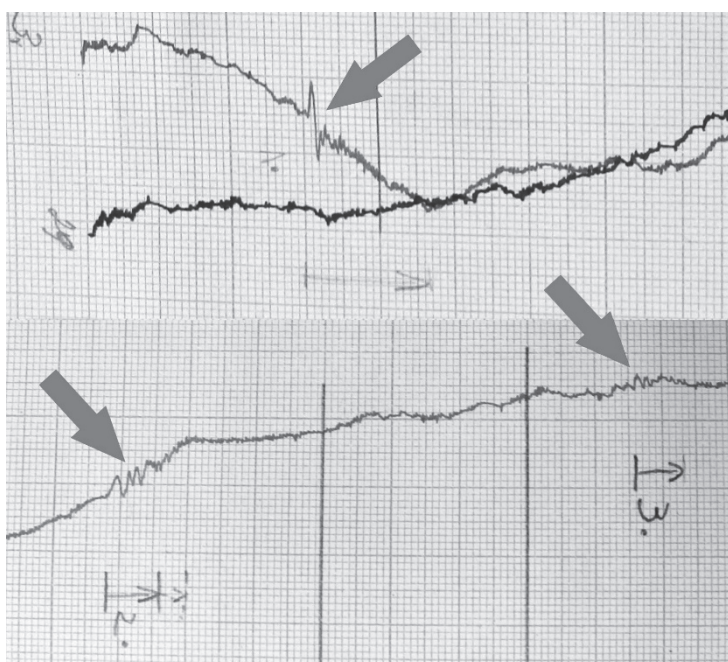
### Identification of pressure anomalies in Hunga-Tonga eruption

We have analyzed subtle disturbances in air pressure induced by the Tonga–Hunga eruption through a comprehensive examination of air pressure series observed at 44 automatic weather stations in Slovakia. Spectral filtering was applied to remove the synoptic signal obtained from pressure time series, facilitating the isolation of local maxima (peaks) in the traces of pressure anomalies. Subsequently, the propagation of two pressure pulses was tracked and analyzed. The first impulse was associated with a positive pressure deviation, while the pressure deviation of the second pulse was negative. The average wave speed of the first pulse was approximately 304.52 m/s, below the speed of sound (331 m/s at 273 K). The wave speed varied from 302.6 m/s to 306.76 m/s, a variation that can be explained by gradients in the physical properties of the lower troposphere and orographic effects. The continuous wavelet transform was utilized to extract the traces of the pressure signal. Power spectra and their 95% confidence levels were computed from the original time series of atmospheric pressure with the Morlet waveform serving as the mother wavelet. The time series of air pressure anomalies presented in Fig. 3 are a result of high-pass filtering of the original time series with a cut-off frequency of 0.3 Hz. This involved zeroing the wavelet coefficients for frequencies above 0.3 Hz and subsequently reconstructing the signal from wavelet coefficients using the inverse wavelet transform. The timing of each atmospheric wavefront is illustrated in Fig. 3.

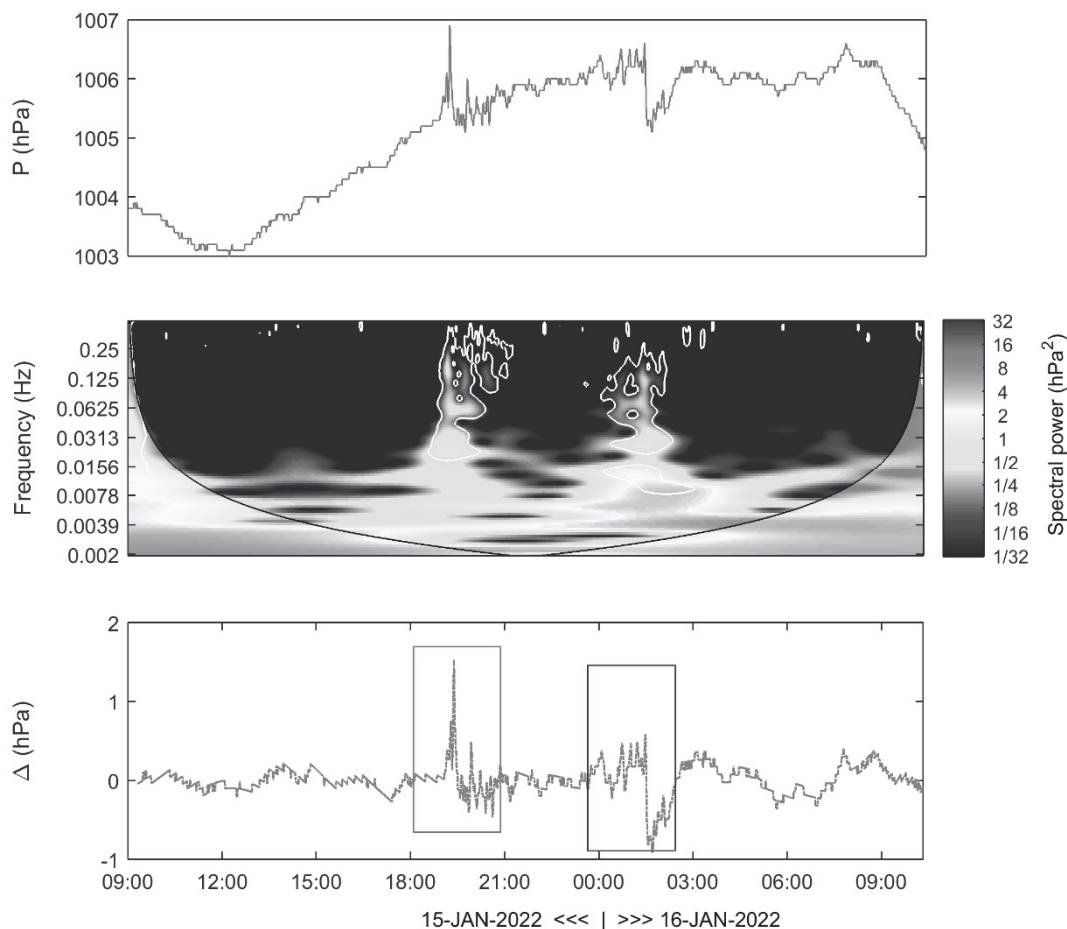
**Figure 1.** A section of the microbarographic record measured with the Sprung-Fuess barograph in Hurbanovo on June 30, 1908. The pressure anomaly from the Tunguska meteorite explosion is clearly noticeable at ~ 6:00 Local Mean Time (marked with a circle), i.e. at 5:47 Central European Time. One horizontal division corresponds to 10 minutes, one vertical division corresponds to air pressure of 0.1 Torr. The highlighted point value of 52.8 corresponds to the absolute pressure of 752.8 Torr.



**Figure 2.** The Tsar Bomb pressure anomalies (marked with arrows) detected at the Hurbanovo station, with the upper left panel showing data for 29–30 October 1961, the lower panel for 31 October 1961 and 1<sup>st</sup> November 1961. The passages of pressure waves are highlighted by arrows. One horizontal division corresponds to 10 minutes, one vertical division corresponds to air pressure of 0.1 Torr.



**Figure 3.** The raw signal of atmospheric pressure measured at the automatic meteorological station in Hurbanovo is shown in the upper panel. The middle panel displays wavelet power spectra. The lower panel presents the reconstructed pressure signal after applying a band-pass filter. Statistically significant regions of wavelet power are outlined by white contours. Notably, the 95% confidence level, depicted as white contours in the wavelet scalogram in Fig. 3, aligns with the passage of pressure anomalies.

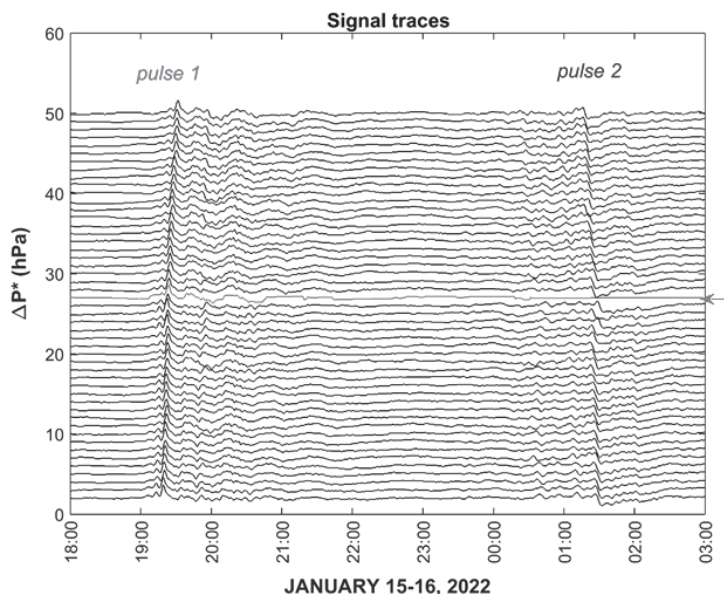


### Wave speed

The shortest orthodromic distance between each individual meteorological station and the Hunga-Tonga volcano was determined following the procedure outlined in Burić et al. (2022). The antipodal point was observed by satellite observations in Northern Africa (Amores et al., 2022). The average wave speed of the first pulse was calculated using the shortest distance and the time elapsed from the eruption to the registration at the meteorological stations in Slovakia ( $v = s/t$ ). The average orthodromic distance calculated between the Hunga-Tonga volcano and the 44 meteorological stations is 16.617 km.

The initial indication of a pressure pulse was identified around 19:20 UTC, approximately 15 hours after the eruption. The average wave speeds were computed for each of the 44 weather stations in Slovakia, resulting in an overall average of 304.95 m/s across the stations. The initial peak in air pressure, reflecting an increase of approximately 1 hPa/min, was recorded on January 15 at around 19:19 UTC.

**Figure 4.** Traces of pressure anomalies at the investigated sites. To enhance visual clarity, the traces are stacked into a single plot with a 1 hPa offset. The green arrow indicates a station with a pressure sensor malfunctioning during the second pulse, so the station was not able to detect the passage of the second wave.



This initial peak originated from the southward-propagating segment of the wave following the stronger eruption on January 15 at 04:15 UTC.

The first phase of the Hunga Tonga eruption was marked by a positive pressure deviation, while the second pulse exhibited a negative pressure deviation. The average wave speed of the first pulse was approximately 304.52 m/s, just below the speed of sound (331 m/s at 273 K). The wave speed fluctuated within the range of 302.6 m/s to 306.76 m/s, a variation attributable to gradients in the physical properties of the lower troposphere (mainly air temperature) (Amores et al., 2022). Further analysis of the synoptic meteorological situation during and preceding the arrival of the first pulse is needed.

## References

- Amores A.–Monserrat S. et al., 2022, Numerical simulation of atmospheric Lamb waves generated by the 2022 Hunga-Tonga volcanic eruption. *Geophysical Research Letters*, 49(6), e2022GL098240. DOI: 10.1029/2022GL098240.
- Babin, L.–Faško, P.–Henzel, D.–Lieskovský, T.–Pecho, J.–Výberčí, D., 2022, Collecting metadata of the 150-years long Hurbanovo atmospheric pressure series. *Meteorologický časopis*, 25, 119–130 [in Slovak].
- Burić, D.–Mihajlović, J.–Ducić, V., 2022, Anomalies of air pressure in Serbia as a result of the eruption of the volcano Hunga Tonga–Hunga Ha'apai in mid-January 2022. *Geosci. Lett.*, 9, 40. DOI: 10.1186/s40562-022-00248-5
- Farkas E., 1962, Transit of Pressure Waves through New Zealand from the Soviet 50 Megaton Bomb Explosion. *Nature*, 193(4817). DOI: 10.1038/193765a0
- Liu, H.-L.–Wang, W.–Huba, J.D.–Lauritzen, P.H.–Vitt, F., 2023, Atmospheric and ionospheric responses to Hunga-Tonga volcano eruption simulated by WACCM-X. *Geophysical Research Letters*, 50. DOI: 10.1029/2023GL103682
- Schenzl, G., 1884, Wirkung des Ausbruches des Vulkanes Krakatoa auf den Luftdruck in Budapest. *Mathematische und Naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn*, 2, 358–364 [in German].
- Süiring, R., 1930, Luftdruckwellen und leuchtende Nachtwolken infolge eines Meteorfalles. *Meteorologische Zeitschrift*, 47, 490–492 [in German].
- Škreb, S., 1931, Luftdruckwellen vom sibirischen Meteor. *Meteorologische Zeitschrift*, 48, 148 [in German].
- Villalonga, J.–Amores, A.–Monserrat, S. et al., 2023, Observational study of the heterogeneous global meteotsunami generated after the Hunga Tonga–Hunga Ha'apai Volcano eruption. *Sci Rep*, 13, 8649. DOI: 10.1038/s41598-023-35800-6
- Wexler, H.–Hass, W.A., 1962, Global atmospheric pressure effects of the October 30, 1961, exImpacts of the Distant 2022 Tonga–Hunga Ha'apai Volcano Eruption, 1908 Tunguska Event, and 1961 Tsar Bomb Explosion on Local Air Pressure Anomalies. *Journal of Geophysical Research*, 67(10). DOI: 10.1029/jz067i010p03875
- Whipple, F.J.W., 1934, On phenomena related to the Great Siberian meteor. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 60, 505–522. DOI: 10.1002/qj.49706025709

Milan Onderka, Jozef Pecho, SHMÚ, Bratislava  
Dalibor Výberčí, Kmeťovo