

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/343945260>

Seismická stanice Kašperské Hory – místo zrození širokopásmové seismometrie

Article in *Československý časopis pro fyziku* · August 2020

CITATIONS

0

READS

7

1 author:



Petr Kolář

The Czech Academy of Sciences

36 PUBLICATIONS 197 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Solid body fracturing mode by shear-tensile source model: acoustic emission laboratory study. Czech Science Foundation Project No. P108 16-039505 [View project](#)

Seismická stanice Kašperské Hory – místo zrození širokopásmové seismometrie

Petr Kolář

Geofyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Boční II/1401, Praha 4-Spořilov

Text pojednává o téměř půlstoletí staré historii – realizaci ve světě prvního širokopásmového seismometru. Systém navrhl a na stanici Kašperské Hory uvedl v r. 1972 do provozu Ing. A. Plešinger. Jde volně převyprávění článku na stejné téma vyšedšího v [1]. Je vynechán popis některých historicko-politických reálií, se kterými je český čtenář nepochybně dostatečně obeznámen, rovněž byl umenšen popis některých technických detailů. Naopak je rozšířeno vysvětlení těch principů seismometrie, které nelze počítat k obecnému fyzikálnímu vzdělání.

Preamble:

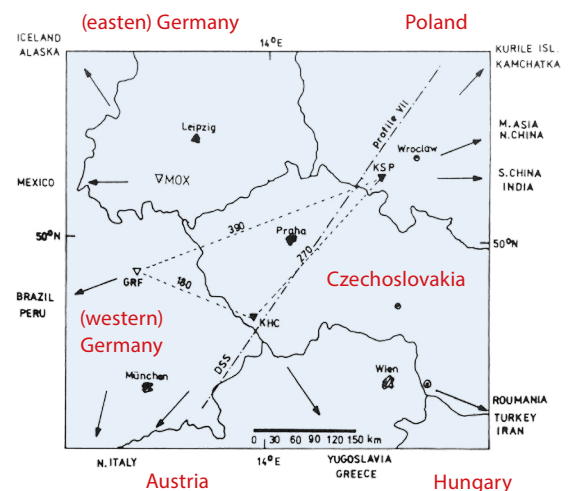
Za autora návrhu principu širokopásmového seismometru (VBB) je obecně považován A. Plešinger [2], který v roce 1972 uvedl do provozu takovýto systém na stanici Kašperské Hory [3].

Úvod

Existence šumavského městečka Kašperské Hory byla ve středověku spojena s těžbou zlata a obchodem se solí. Později je spojena s místním dřevařským a sklářským průmyslem; nyní jde o významné regionální turistické centrum. V 70. letech minulého století byl na nedaleké seismické stanici uveden do provozu ve světě první širokopásmový seismometr. Tato obecně málo známá událost zásadním způsobem ovlivnila vývoj světové observatorní seismologie.

Historie seismické stanice Kašperské Hory se však začala psát asi o 15 let dříve. V té době, tedy koncem 50. let, existoval projekt na vybudování nové seismické stanice. Byla předběžně vytipována vhodná místa, provedena testovací měření a na jejich základě padla volba na opuštěnou štolu nedaleko městečka Kašperské Hory (obr. 1).

K nízké úrovni seismického neklidu na této lokalitě přispívala nepochybně i relativní opuštěnost a odlehlost tohoto regionu. Šumava byla osídlena a využívána po staletí, byť s proměnnou intenzitou. Dějiny 20. století se pochopitelně nevyhnuly ani tomuto regionu: předválečný zábor Sudet, poválečný odsun německého obyvatelstva, příchod nových osadníků a vzápětí jejich další odchod v důsledku vzniku nepřístupného pohraničního pásma jakožto přímého důsledku studené války jsou všeobecně známé události, z nichž některé dodnes budí emoce. Kašperské Hory ležely v blízkosti



Obr. 1 Poloha stanic Kašperské Hory (KHC), Książ (KSP) a Grafenberg (GRF) na dobové mapě, nově doplněné o tehdejší názvy států (červeně). Převzato z [4]

pohraničního pásma a rozvoj regionu byl v té době spíše tlumen než podporován.

Takové místo se proto jevílo neobvykle vhodné pro stavbu nové seismické stanice. Nemalou roli sehrála i skutečnost, že seismické metody byly a jsou jediným prostředkem pro monitorování podzemních jaderných explozí, což ve své době byla extrémně citlivá záležitost nejvyššího vojensko-politického zájmu. Pro co nejpřesnější lokaci jevů bylo výhodné mít pozorování z co nejzápadnějšího místa tehdy téměř hermeticky rozdělené Evropy. I toto kritérium splňovala lokalita Kašperské Hory dokonale. Získat prostředky na stavbu stanice tedy bylo mnohem snazší, než kdyby ve hře byly jen zájmy čistě vědecké.



Obr. 2 A. Plešinger (vlevo) u snímačů umístěných ve štolě Kristýna. Pro dosažení maximální možné ochrany jsou snímače umístěny ve speciálních hermetických nádobách, jejichž „pokličky“ je nutno zvedat pomocí ručního jeřábu (viz nejvzdálenější nádoba); na snímku jsou nádoby otevřeny pravděpodobně za účelem údržby. Snímače jsou na stejném místě po celou dobu existence stanice. *Nedatované historické foto – archiv seismického odd.*

Stanice byla vybudována začátkem 60. let 20. století a její vybavení zcela odpovídalo tehdy obvyklým standardům (přesné hodiny, vybavení pro zpracování fotozáznamů – v té době běžný způsob registrace, pamatováno bylo i na zázemí pro obsluhu atd.). Stanice získala mezinárodní kódové označení KHC. Vlastní seismometry pak byly umístěny v jedné z chodeb opuštěného zlatého dolu (obr. 2). Takové umístění bylo výhodné, neboť dále snižovalo účinek případných rušivých vlivů.

Klasická instrumentace

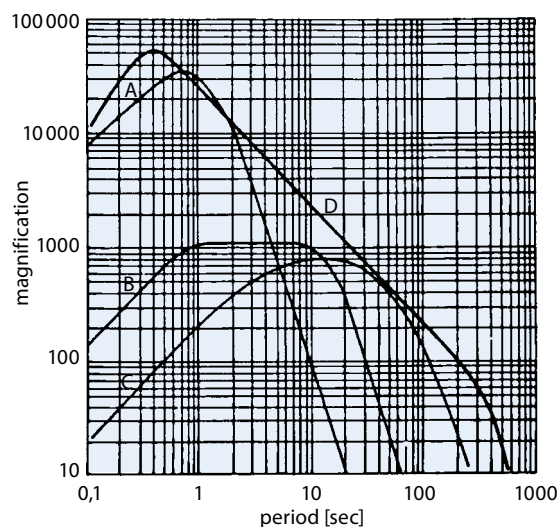
Stanice byla vybavena elektrodynamickými seismometry typu Kirnos. Elektrodynamické snímače se používaly přibližně od první čtvrtiny 20. století a postupně nahradily původní čistě mechanické přístroje. V elektrodynamických snímačích jsou pohyby půdy snímány za pomoci cívky spojené se setrvačnou hmotou seismometru. Cívka se může pohybovat v permanentním magnetickém poli a vzniklý elektrický proud je pak registrován galvanoměrem – tj. vlastně opět pomocí nějakého elektrodynamického systému. Konstrukce je ještě doplněna o tlumení realizované další pohyblivou cívkou zkratovanou přes odpor. Vhodnou volbou prvků systému lze modifikovat přenosovou charakteristiku přístroje. Elektrodynamické přístroje přinesly řadu výhod, jejich určitým nedostatkem ale bylo, že dokázaly registrovat jen v relativně úzkém frekvenčním rozsahu. V souladu s tehdejšími vědeckými preferencemi byly přístroje stanice KHC „nala-

děny“ na registraci co nejslabších signálů od vzdálených zemětřesení.^{1, 2}

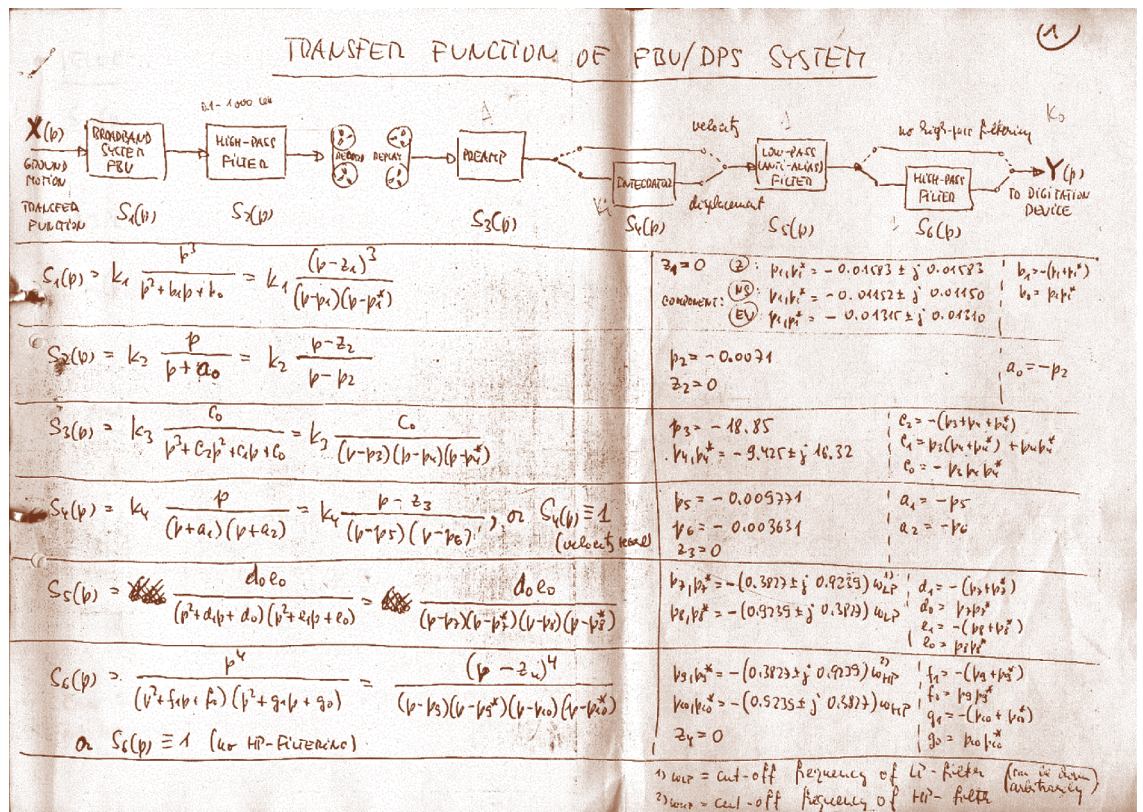
Zrození širokopásmové seismometrie

Úzkopásmovost tehdejších snímačů začala být pocítována jako nedostatek někdy po polovině 20. století. Objevilo se několik obecných úvah na toto téma, problém se však plně podařilo vyřešit až Ing. Axelu Plešingerovi. Ten vypracoval příslušnou teorii a se svým týmem sestavil první širokopásmový registrační systém (systém je označován jako VBB z Very Broad Band) na světě. Práce započaly v roce 1969, do rutinního provozu byl systém uveden na stanici KHC v r. 1972. Princip konstrukce spočíval v zavedení elektronické záporné zpětné vazby, která rozšířila přenosovou charakteristiku snímače tak, že byla prakticky konstantní v rozsahu 0,3 až 300 s (obr. 3), tedy prakticky v celém rozsahu fyzikálně možných frekvencí seismických vln.³ Pro nový

- 1 Obecně lze říci, že frekvence vln generovaných zemětřesením souvisí s velikostí seismického zdroje. Porušená plocha (velikost zdroje) u těch nejsilnějších zemětřesení dosahuje až desítek kilometrů. Velikosti západočeských zemětřesení, tj. zemětřesení ze seismicky neaktivnější oblasti v naší republice, se odhadují na max. stovky metrů. Menší zdroje generují seismické vlny o vyšších frekvencích, a naopak. Seismické vlny jsou navíc při svém šíření tlumeny prostředím, tento útlum je frekvenčně závislý – vyšší frekvence jsou utlumeny rychleji.
- 2 Analogickou situací by mohla být například možnost pozorovat vesmír pouze v jedné barvě, nejspíše asi žlutozelené. Pro pozorování jiných barev by pak byl nezbytný další, jinak nastavený přístroj. O významu širokopásmových seismických pozorování je pěkně pojednáno v [5].
- 3 Jedná se vlastně o opačný princip, než jaký byl dříve používán v radiových přijímačích typu „audion“. Tyto přijímače předcházely superhetům, které dominovaly v konstrukci radiopřijímačů až do doby nástupu digitálního příjmu. V audionu se do ladicího obvodu zavádí *kladná* zpětná vazba, čímž se zužuje charakteristika obvodu a zlepšuje selektivita přijímače. Úkolem obsluhy je nastavit velikost zpětné vazby těsně pod mez rozkmitání obvodu – tehdy je příjem nejlepší. Lze přijímat nejen běžné rozhlasové signály (amplitudovou modulaci), akceptujeme-li jistou míru zkreslení, lze přijímat i SSB (*Single Side Band*) modulaci, která se používá například na amatérských krátkovlnných pásmech. Tato druhdy populární konstrukce přežívá dnes pouze v retro přijímačích radiových nadšenců.



Obr. 3 Porovnání frekvenčních charakteristik krátkoperiodického (A), středněperiodického (B), dlouhoperiodického (C) a širokopásmového seismometru (D). *Převzato z [2]*



Obr. 4 Reprodukce originálního schématu zpracování širokopásmových dat a jeho přenosové charakteristiky. Z archivu Ing. J. Horálka

typ snímačů byl dále navržen nový způsob registrace a vyvinuty nové metody zpracování signálu.

Signály se zaznamenávaly analogově pomocí frekvenční modulace na magnetické pásky (obr. 4 a 5). K vizualizaci signálů se používal vícekanalový monitor s dlouhou dobou dosvitu – standardní typ, jaký se používal v medicíně pro sledování EKG signálů. Další zpracování signálů se provádělo na analogovém počítači. V té době již samozřejmě existovaly numerické počítače, jejich výkon a celková orientace však neumožňovaly efektivní zpracování signálů. Naproti tomu dnes již prakticky „vyhynulé“ analogové počítače (obr. 6) umožňovaly velmi jednoduché a efektivní provádění řady operací: například integraci signálu lze realizovat pomocí kapacity, snadná byla také filtrace signálu do tvaru odpovídajícího původním úzkopásmovým přístrojům.

Dále bylo možné provádět rotaci složek seismogramu (vertikální a dvě horizontální složky zpravidla orientované ve směru světových stran). Tak bylo možno stanovit například dynamický azimut příchodu seismických vln (který obecně nemusí být shodný s azimutem geometrickým), či zpřesnit identifikaci příchodu různých typů seismických vln. Působivá byla také demonstrace vlivu filtrace na přesné stanovení času příchodu signálu nebo na velikost jeho amplitud⁴. Po převedení vybraných úseků signálů do numerické

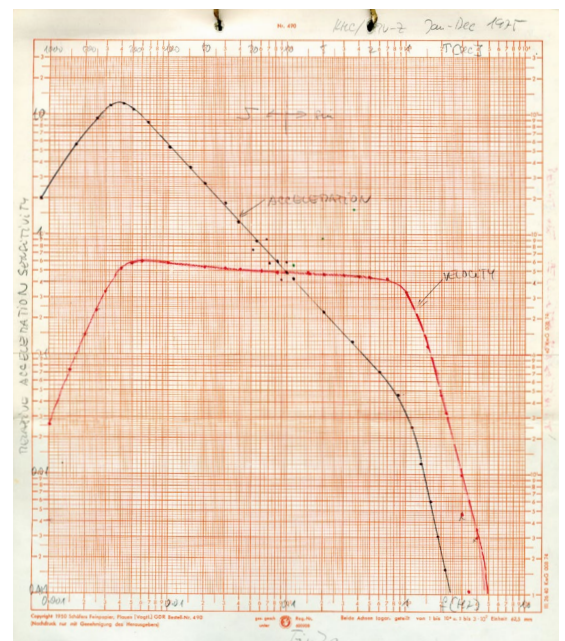
4 Stanovení času příchodu seismické vlny a změření amplitudy vlny patří mezi základní vyhodnocení seismogramu. V případě nevhodné filtrace, které je ekvivalentní pozorování seismometrem s nevhodnou charakteristikou, může dojít ke zkrácení/posunu těchto veličin. V extrémním případě může dojít např. i ke zdánlivému otočení polarity signálu; přitom polarita signálu je dalším bazálním parametrem odečítaným ze seismogramu. Z (odečtených) polarit signálů pak lze určovat orientaci zlomové plochy zemětřesení i směr pohybu na této ploše. Případné chyby ode-

formy bylo možno stanovit jejich spektra a tato dále studovat.

Další rozvoj VBB systémů

Druhý širokopásmový systém instaloval Ing. Plešinger v roce 1976 na stanici Książ v jihovýchodním Polsku. Tato stanice leží asi 270 km severovýchodním směrem od Kašperských Hor. Data ze dvou širokopásmových systémů umožnila nový typ seismologic-

čtů amplitud či jejich polarit se pak samozřejmě přenášejí i do těchto výsledků.



Obr. 5 Změřená přenosová charakteristika širokopásmového seismometru. Z archivu Ing. J. Horálka



Obr. 7 Seismická stanice Kašperské Hory. Vlevo vstup do štol Kristýna, ve které jsou umístěny měřicí přístroje. Vpravo stará, nyní již nepoužívaná provozní budova, kde se nyní nachází Muzeum seismometrie. Stav z léta 2020. Foto: autor

kých studií, například studium struktury na profilu mezi stanicemi.

Nepochybně existoval vědecký zájem o využití těchto nových přístrojů. Jejich sériovější výroba však byla zcela mimo možnosti tehdejšího socialistického hospodářství. Plešingerovy ideje a výsledky se však šířily do světa a byly použity v konstrukci dalších VBB systémů. Jmenujme Plešingerova kolegu a přítele E. Wielandta (ETH, Curych)⁵, který vylepšil mechanickou konstrukci uložení kyvadla širokopásmového seismometru a zkonstruoval svůj STS1 snímač. Vývoj dále posunul J. M. Stein (Harvard), který využil jemu dostupné počítačové zázemí a zkonstruoval první VBB systém s digitálním záznamem.

Obrazně lze tedy říci, že každý současný seismický širokopásmový systém stojí na třech základových pilířích: českém nápadu, švýcarské mechanické zručnosti a americkém počítačovém zázemí.

Současnost

Širokopásmové seismické systémy jsou dnes standardem v mezinárodní síti seismických stanic. Součástí této sítě je již téměř 60 let také stanice Kašperské Hory⁶. Byť se už nejedná o tak pusté místo, jako v době jejího vzniku, úroveň civilizačního neklidu je stále na přijatelné výši. Stanice pokračuje v dlouhodobé pozorovací řadě a její význam je umenšen jen relativně existencí řady podobných stanic ve střední Evropě.

Pozoruhodnou historií místa připomíná malé muzeum historických přístrojů, které je umístěno v již nepoužívané staniční budově (obr. 7).

Aby se zabránilo ztrátě unikátních pozorování v důsledku omezené životnosti magnetických pásek, byly původní širokopásmové analogové záznamy z let 1973 až 1986 později digitalizovány. Tato data jsou nyní volně přístupná v elektronické formě prostřednictvím mezinárodního datového centra IRIS⁷.

Doplňme ještě, že A. Plešinger strávil celý svůj profesionální život v Geofyzikálním ústavu AV ČR. Návrh a praktická realizace VBB systému je pravděpodobně

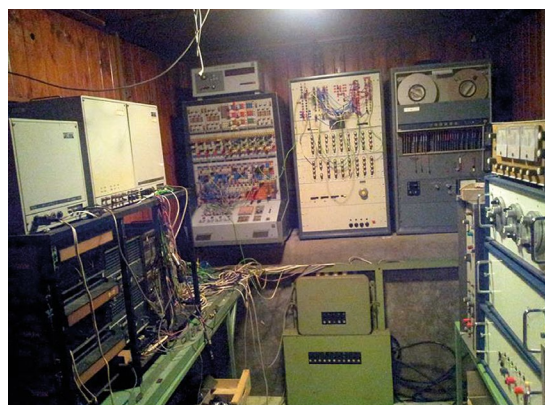
jeho nejvýznamnějším vědeckým počinem. Celý život však přicházel s originálními nápady – zmiňme např. pokusy s identifikací seismických signálů pomocí neuronových sítí či použití rané verze MATLABu (90. léta minulého století) v seismologii.

Poděkování

Chci poděkovat kolegům Ing. J. Horálkovi, CSc., a RNDr. J. Zedníkovi za laskavé zpřístupnění archivních materiálů a kolegyni Mgr. A. Bouškové za připomínky k textu.

Reference

- [1] P. Kolář: „The KHC Seismic Station: The Birthplace of Broadband Seismology“, *Seismol. Res. Lett.* **20**, 1 (2020). doi: 10.1785/0220190326
- [2] A. Plešinger, J. Horálek: „Seismic broadband recording and data processing system FBV/DPS and its seismological application“, *J. Geophys. - Zeitschrift für Geophys.* **42**, 201 (1976).
- [3] A. M. Dziewonski: *The Global Seismographic Network: Progress and Promise*. In: *Observatory Seismology*. Ed. J. J. Litehiser, University of California Press, Berkeley 1989.
- [4] J. Horálek: *Hybridní systém pro interaktivní seismické analýzy a jeho využití v širokopásmové seismologii*. Kandidátská práce, Geofyzikální ústav AV ČR, Praha 1987.
- [5] N. A. Nash A.: „New Seismology Device Yields More Accuracy“, *The Harvard Crimson* (1997). [Online]. Available: <https://www.thecrimson.com/article/1997/10/14/new-seismology-device-yields-more-accuracy/> (ověřeno: 09. 11. 2019).



Obr. 6 Zařízení na zpracování VBB seismogramů – analogový počítač (nyní součást expozice Muzea seismometrie).

5 Spolková vysoká technická škola v Curychu (Eidgenössische Technische Hochschule Zürich)

6 Provozovatelem stanice je Geofyzikální ústav AV ČR

7 IRIS data centre – KHC: available at: <http://ds.iris.edu/mda/CZ/KHC/?starttime=1973-01-01T00:00:00&endtime=2599-12-31T23:59:59>, (ověřeno 21. 10. 2019).