

# JAK SOUVISÍ GEOFYZIKÁLNÍ DOVEDNOSTI V ZÁKLADNÍ ŠKOLE SKALNÁ SE SEZNAMEM UNESCO – SLAVNÉ LÁZNĚ EVROPY



Západní Čechy jsou význačné nejen těžbou nerostů, lázněmi a zemětřesnými roji, ale i první geofyzikální školou, která je už známá nejen v České republice, ale i ve světě. Kromě „Západočeského lázeňského trojúhelníku“, který je součástí zápisu „Slavných lázní Evropy“ v seznamu UNESCO je nyní škola ve Skalné známá i dvěma seismickými stanicemi v světové seismické síti Raspberry Shake.

Díky projektům Geofyzikálního ústavu, města Skalná a Karlovarského kraje umí žáci základní školy nejen sledovat seismické zemětřesné roje a světová zemětřesení, ale i měřit seismické účinky přírodních zdrojů, těžebních odpalů i průmyslových vibrací. Jako učebna jim slouží unikátní západočeská přírodní laboratoř, kde poznávají geologii, hydrogeologii lázeňství i těžbu surovin. V novém tříletém projektu Geofyzikálních dovedností, který navazuje na Geofyzikální centrum, už nejde jen o sledování těchto vlastností přírodních jevů, ale i o poznání jejich vzájemných souvislostí a o konstrukci nových seismických aparatur.

Cílem tohoto projektu je seznámení dětí i jejich rodičů, laické i odborné veřejnosti, s unikátními přírodními a hydrologickými charakteristikami lokalit, které se nacházejí v seismicky aktivní oblasti západočeských zemětřesných rojů, které mají obdobný charakter jako zemětřesení na Islandu.

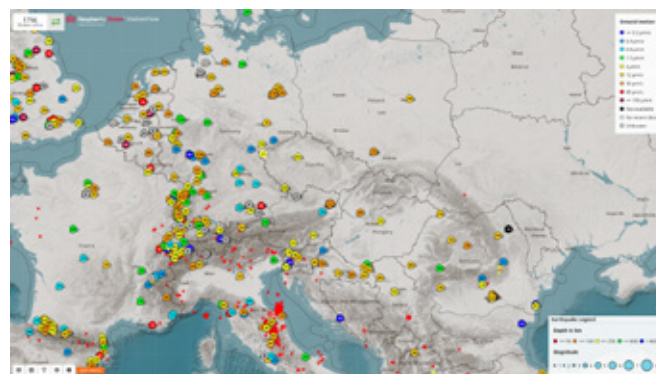
Jako speciální zadání tohoto projektu Geofyzikálních dovedností je vytipování magických míst Karlovarského kraje a v nich na základě měření geofyzikálních parametrů nalézt případné anomálie, které by je charakterizovaly.



Obr. 1 Západočeský lázeňský trojúhelník – UNESCO 2021 a lokalita města Skalná

## SVĚTOVÁ SEISMICKÁ SÍŤ RASPBERRY SHAKE

Seismické stanice této sítě registrují v lokalitě Národní přírodní rezervace Soos a v areálu základní školy Skalné. Unikátní přístrojové vybavení těchto seismických stanic z USA bylo pořízeno v roce 2021 v rámci předchozího projektu Geofyzikálního centra. Kromě toho mají žáci možnost sestavit další takovouto seismickou aparaturu ze zakoupené stavebnice systému Raspberry.



Obr. 2 Seismická stanice Raspberry shake RFA 93 v Soosu je začleněna do světové sítě monitorující zemětřesení <https://stationview.raspberrypshake.org>

## GEOFYZIKÁLNÍ PŘÍSTROJE A JEJICH VYUŽITÍ

V rámci projektu jsou s žáky školy pořádány přírodopisné, geologické a hydrogeologické exkurze, při kterých se seznamují s používáním vlastního přístrojového vybavení. Pro orientaci v terénu a jeho parametry jsou to ruční meteostanice, turistické GPS stanice, skupinové vysílačky, elektronické dálkoměry, teploměry a hledače kovových předmětů – minohledačky. Pro hydrologii a měření vlastností prostředí je to piezoelektrický hladinoměr a měřič radonu. Pro měření parametrů vody ve vývěrech i povrchových vodách jsou to aparatury pro měření Ph a vodivosti.

Vzhledem k tomu, že lokalita Skalné se nachází uprostřed seismicky aktivní zemětřesné oblasti, je záměrem

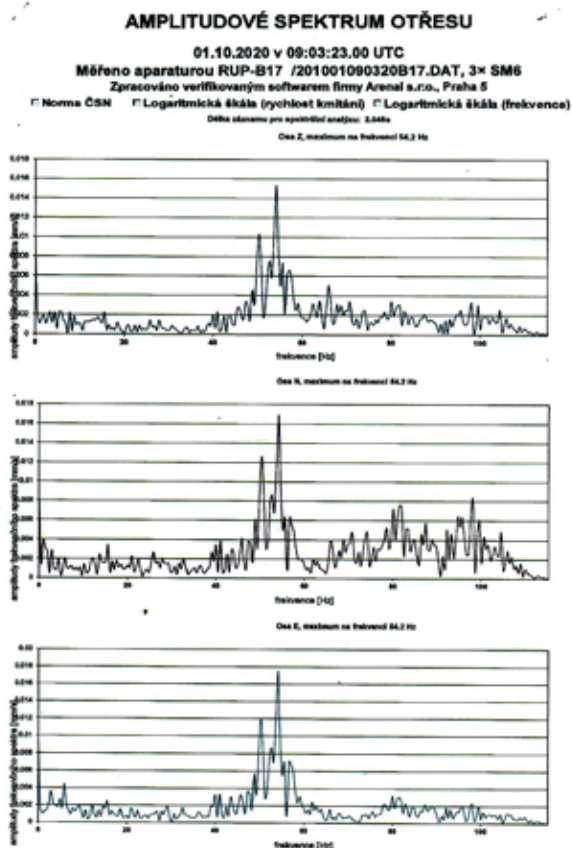
provedení objektivních seismických měření těchto jevů a popis jejich makroseismických projevů. Vzhledem k tomu, že základní škola ve Skalné je ve střediskové obci, tak dětmi vyplněné makroseismické dotazníky z okolních obcí poskytují cenné informace seismologům. Pro tato měření zemětřesení je pilotní seismická stanice SKAC sítě WEBNET, která je umístěna ve štole pod hradem Vildštejn ve Skalné.

## EXPEDIČNÍ SEISMICKÁ MĚŘENÍ

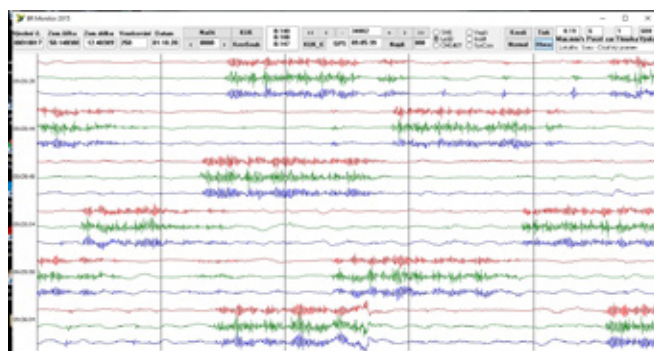
### Soos

První školní expedice směřovala do Národní přírodní rezervace Soos, která se nachází v blízkosti Skalné. Během exkurze byly jednak s odborným průvodcem mapovány vývěry vody v mofetách, proplyněné čistým oxidem uhličitým. Jedná se o pozůstatky staré sopečné činnosti, které se nacházejí na dně pravěkého jezera. Historicky zde probíhala těžba křemeliny. Nejvýznamnějším vývěrem je Císařský pramen, který kromě velkého proplynění  $\text{CO}_2$  je i mírně radioaktivní, takže není doporučováno jeho pravidelné užívání pro pitnou léčebnou kúru. Na tomto prameni byla seismickým měřením stanovena jeho pulzace, stanovení časových intervalů mezi jednotlivými výrony a délka jejich trvání a stanoveno jejich frekvenční spektrum. Právě sledování změn parametrů přírodních vývěrů je důležité pro studování vzájemných souvislostí s výskytem zemětřesení.

Měření bylo prováděno polní třísložkovou seismickou aparaturou BRS 32 se satelitní GPS lokalizací.



Obr. 3 Frekvenční spektrum vývěry plynu a vody Císařského pramene. Maximum frekvence 54,2 Hz na všech složkách

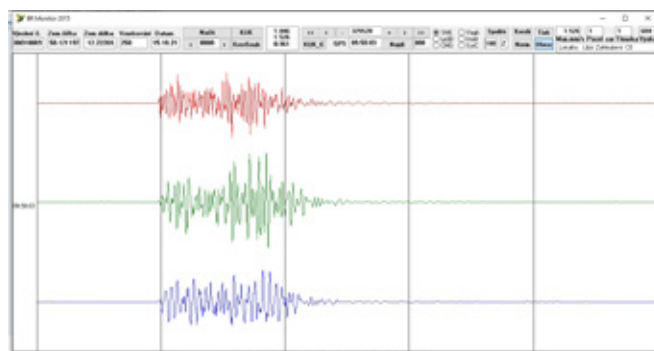


Obr. 4 Seismická odezva pulzace Císařského pramene  $V_z = 0,140$  mm/s;  $V_n = 0,188$  mm/s;  $V_e = 0,147$  mm/s. Opakovací frekvence cca 3 vteřiny

### Kamenolom Libá

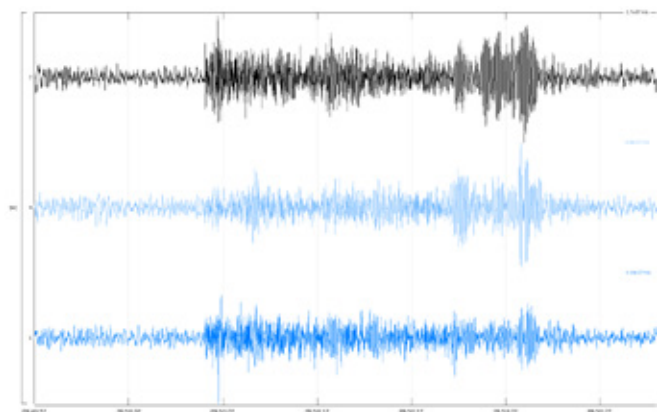
Historicky v celém regionu Karlovarska probíhá těžba nerostných surovin. V okolí Skalné jsou to jednak povrchové kaolinové lomy a těžba průmyslového kameniva v kamenolomech Lipá a Libá. Touto činností prováděnou trhacími pracemi vznikají seismické účinky projevující se jak možným vlivem na stavby, tak na chráněné přírodní lokality v blízkosti těchto ložisek. V blízkosti těchto lomů byly nedávno objeveny sopečné máry Bažina a Ztracený rybník.

Seznámení jak s technologií těžby těchto surovin, tak s měřením seismických účinků proběhlo v kamenolomu Libá s odborným výkladem střelmistrů V. Hvozdy a K. Lachouta. Pro posouzení seismických účinků clonového odpalu a vyhodnocení geologických vlastností prostředí byl do dna lomu proveden těžební odpal. Seismické měření bylo provedeno jak v blízkosti odpalu, tak současně v seismické stanici SKAC sítě WEBNET ve Skalné. Střelmistrem byl do blízkosti odpalu umístěn přenosný seismograf BRS 32 pro zápis průběhu seismických vln a originálního satelitního GPS času odpalu a jeho souřadnic.



Obr. 5 Seismogram registrovaný v lokalitě odpalu dne 15. 10. 2021. Lokální seismická aparatura BRS 09. Čas nasazení 09:50:03,52s

Seismické účinky odpalu byly zaznamenány seismickou stanicí SKAC sítě WEBNET. Na obrázku 6 je uveden seismogram této stanice ve Skalné.



Obr. 6 Seismogram odpalu ze dne 15. 10. 2021, seismická stanice Skalná

Výsledkem vyhodnocení těchto záznamů je stanovení rychlosti šíření seismických vln, podle které se určuje kvalita horninového prostředí na seismickém profilu v této lokalitě.



Obr. 7 Vyhodnocení seismického profilu Libá – Skalná

**LIBÁ: Start 09:50:03,52 s – amplituda rychlosti kmitání na Z složce,  $Z = 1,046$  mm/s**  
**Stanice SKC – Skalná – Naměřená amplituda posunutí:  $P + 09:50:06.032s$ ,  $A = 1,919e-09$  m**  
**Stanovený čas šíření mezi seismickými stanicemi  $t = 2,832s$ , Vzdálenost mezi stanicemi  $L = 11,19$  km**  
**Vyhodnocená rychlost šíření „P“ vln je  $3,951$  km/s.**

Tyto parametry seismických vln se určují pro stanovení přenosových vlastností prostředí, které jsou využity jednak pro vědecké účely při stanovení lokací seismických vln a jednak pro výpočet seismických účinků na domy a technickou infrastrukturu. Naměřené hodnoty seismických amplitud rychlosti kmitání jsou až 10krát nižší než kritické hodnoty, které pro seismické účinky stanoví technická norma ČSN 730040. Kromě amplitudy rychlosti kmitání na třech ortogonálních složkách se sleduje i frekvenční spektrum seismických vln vyvolaných odpalem.

Provádění seismických měření má svůj význam i pro popularizaci seznamu UNESCO – Slavné lázně Evropy, do kterého patří i tři lázeňská města západočeského lázeňského trojúhelníku.

Další seismická měření, která byla prováděna ve Slavkovském lese nad Mariánskými lázněmi, u Vřídla u pramenů Mattoni v Karlových Varech a na Komorní hůrce u Františkových lázní, byla již prováděna nově zkonstruovanou školní seismickou aparaturou typu SeisMini.



Obr. 8 Účastníci exkurze Geofyzikálního centra v kamenolomu Libá

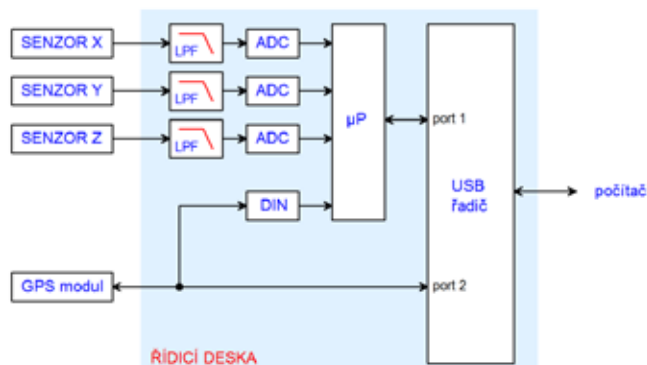
### Seismická aparatura SeisMini

Návrh této seismické aparatury respektuje současná počítačová vybavení, která používají běžně žáci základních škol ve výuce. Proto byla konstrukce aparatury provedena jako USB periferie, kterou je možné připojit k libovolnému tabletu nebo NB s operačním systémem Windows. Významnou vlastností této aparatury je její jednoduchost použití prakticky kdekoli v terénu bez jakýchkoliv speciálních požadavků na obsluhu a dostupná cena pro základní vybavení školních laboratoří. Kterýkoliv žák druhého stupně školy je schopen provést seismické měření na profesionální úrovni, neboť tato seismická aparatura je v Českém metrologickém institutu akreditována jako vibrograf pro měření seismických účinků. [ KL č. 8012-KL-50344-22].

Aplikační vlastnosti této aparatury umožňují nejen dětem základních škol v západních Čechách měřit projevy zemětřesení, ale i provádět seismická měření jakékoliv technické seismicity (vibrace od dopravy, stavebních prací, těžebních odpalů atd.), a tím se zapojit do společenského dění ve svých městech. Základní škola ve Skalně bude po zajištění potřebné administrativy ve spolupráci se svým zřizovatelem usilovat o to, aby se stala výrobcem a dodavatelem těchto aparatur nejen pro školy v oblasti západočeských zemětřesení, ale i pro školy v celé České republice.

Seismická aparatura SeisMini měří seismické vlnění ve třech směrech, a to s geofony SM 6 (Holandsko) s vlastní frekvencí 4,5 Hz, které mají citlivost rychlosti kmitání  $v = 28,8$  mV/mm/s. K měření je použit tříkanálový 28bitový AD převodník. Současně se záznamem přesně GPS

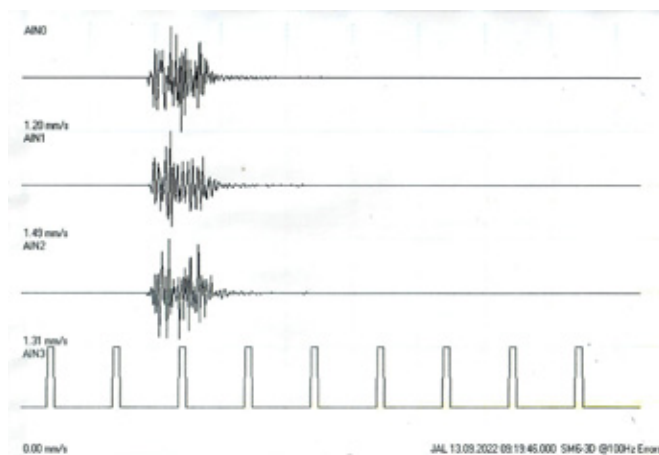
časově identifikovaných dat, obsahuje záznam i GPS zeměpisné souřadnice místa měření.



Obr. 9 Blokové schéma aparatury SeisMini 1



Obr. 10 Sestava ČMI akreditované aparatury SeisMini 1 s registračním tabletem Umax-visionbook



Obr. 11 Seismický záznam clonového odpalu v kamenolomu KMK Granit Krásno

Regionální projekty Akademie věd České republiky se tímto způsobem úspěšně zapojily do výchovného procesu vzdělávání, tak, aby zájem o technické obory současně s ochranou unikátního přírodního prostředí Západočeského kraje. Kromě tohoto zadání se žáci

seznámí i s využitím seismologie v důležitých inženýrských aplikacích jako jsou těžba surovin, podzemní zásobníky fluid a jaderných odpadů i problematika ochrany jaderných elektráren v ČR a na Slovensku. Během dalších dvou roků se ze základní školy ve Skalné stane vzorová škola s geofyzikálním zaměřením, která připraví žáky jak pro další studium v tomto oboru, tak i pro uplatnění v ochraně přírody a lázeňství.



Obr. 12 Měření seismického pozadí aparaturou SeisMini 1 v lokalitě historického dolu ve Fichtenbergu – Bavorsko

**Poděkování:** Provedené práce byly vykonány na základě finanční podpory Regionálních projektů AVČR, Karlovarského kraje a města Skalná v projektech R 100122001/2020.2021, R100122201/2022 a projektu cestovního ruchu Karlovarského kraje KK018C8/2022.

**Tým projektu:** Milan Brož, Jana Doubravová, Jakub Klicpera, Lucie Šetková – Geofyzikální ústav AVČR Praha Jiří Mesner, Milan Turek – Základní škola Skalná Zdenek Soukup – SOOS - Františkovy Lázně

**Literatura k problematice:** Brož M., Doubravová J., Adamová P., Mesner J., 2021, První geofyzikální centrum v základní škole v ČR je v lokalitě zemětřesných rojů ve Skalné EGRESE XXVIII.1 ČAAG Praha

**Zdroje:** Brož M., Boušková A., 2018, Seismická aktivita západních Čech a projekt na zpřístupnění Goethovy štoly ve Vulkánu Komorní hůrka. Zpravodaj Hnědé uhlí, 2/2018 Most 2018

Brož M., Boušková A., 2019, Historický spor mezi plutonisty a neptunisty se rozhodl v Čechách před 180 lety. Vesmír 5/2018, Praha

Brož M., Boušková A., 2019 Goethova štola v Komorní hůrce u Františkových lázní – historie a současnost ARNIKA 2/2019

O. Hynie 1949, Geologie minerálních zřidel v Čechách a na Moravě. Sbírká prací z praktické geologie Sv. 7. Praha 1949