



Europäische Union. Europäischer  
Fonds für regionale Entwicklung.  
Evropská unie. Evropský fond pro  
regionální rozvoj.



## výsledky a možnosti nedestruktivního archeologického průzkumu - význam a využití při revitalizaci kulturního dědictví -

### Moderní metody archeologického průzkumu včetně nedestruktivních na příkladu areálu Krásná

**Jan Prostředník – Štěpánka Mrázová**

#### Antropogenní aktivity na Krásné od pravěku do středověku

Počátky antropogenních aktivit vesničky Krásná a jejího okolí se datují do konce střední doby kamenné, kdy zde před více než sedmi tisíci lety lovci objevili výchozy mezabazitu (typu Jizerské hory) – skvělé suroviny na výrobu kamenných seker. Svůj život následně přizpůsobili prospektorským a těžařským činnostem, které v následující mladší době kamenné vyústily ve velkoryse založený těžební a zpracovatelský areál. Intenzivní obchod s hotovými výrobky po celé soudobé Evropě dokládá jedinečnost metabazitu typu Jizerské hory, který byl po více než pět století těžen mezi Jabloncem nad Nisou a Tanvaldem v kontaktním dvoru tanvaldského granitu (obr. 1). K objevu těžebního a zpracovatelského areálu na Jistebsku došlo také nedestruktivní metodou, kdy geologové postupovali jako prospektoři a dohledávali valouny metabazitu nejprve v terase Jizery a potom v potoce Žernovnick, který je dovedl až přímo k výchozům.



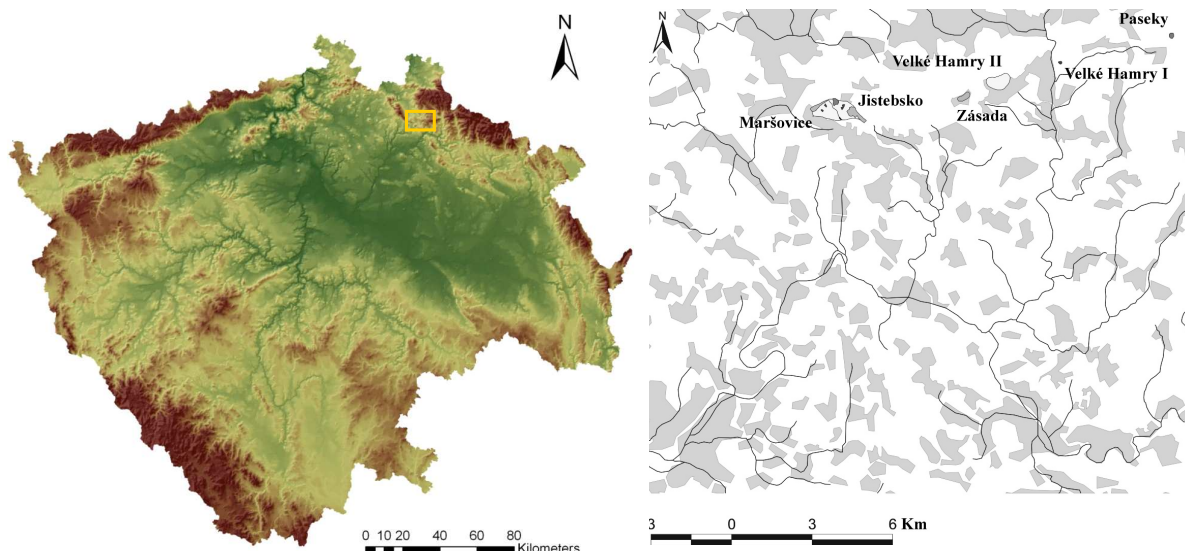
**Název projektu: Společně k minulosti a do budoucnosti Pěňčín/Oybin**

**Projektitel: Gemeinsam in die Vergangenheit und Zukunft Pěňčín/Oybin**

**Reg. číslo: ERN-1068 -03.06.2021**

Tento projekt je podpořen Evropskou unií z prostředků Evropského fondu pro regionální rozvoj z Programu spolupráce na podporu přeshraniční spolupráce mezi Českou republikou a Svobodným státem Sasko 2014-2020.

Das Projekt wurde von der Europäischen Union aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung mit dem Kooperationsprogramm zur Förderung der grenzübergreifenden Zusammenarbeit zwischen dem Freistaat Sachsen und der Tschechischen Republik 2014-2020 gefördert.



Obr. 1. Kontaktní dvůr tanvaldského granitu a vymalovanými těžebními a zpracovatelskými areály z mladší doby kamenné.

Těžba probíhala v trychtýřových jamách, kterých se okolo Krásné zachovaly stovky. Z jejich výplní však nejsou získávány jenom kamenné odštěpky pocházející ze zpracování suroviny, ale také vzorky sedimentů. Z těch je možné získat po rozplavení na plavící lince zuhelnatělé dřevo či další pozůstatky rostlin. Díky měření obsahu radioaktivního izotopu uhlíku C14 je pak možné určit stáří, kdy datované dřevo odumřelo. Datace těžby do mladší doby kamenné bylo jednoznačně prokázáno již osmnácti kalibrovanými radiokarbonovými daty (v rozmezí 5600 až 4900 př. n. l., což odpovídá konci mezolitu, starší fázi neolitu a přechodu starší a mladší fáze neolitu). Ovšem nejstarší použití metabazitů z Jizerských hor je dokumentováno na sídlišti ze závěru starší doby kamenné v Praze - Jenerálce (19 000 - 21 000 př. n. l. Další nástroje z této suroviny známe ze střední doby kamenné - mezolitu (9. - 6. tisíciletí př. n. l.), kdy lze počítat již s počátky skutečné těžby.

V souvislosti s archeologickým výzkumem těžebního areálu z mladší doby kamenné na Jistebsku probíhá také výzkum botanický, či spíše paleobotanický. Analýzy zbytků rostlinných těl a pylů přinesly nadmíru zajímavé výsledky. Sedimenty, kterými jsou zaplněny těžební jámy, obsahují totiž i pylová zrna z mladší doby kamenné. Analýzou tohoto starého pylu určí paleobotanik složení lesa, který v době těžby v okolí rostl. Překvapivě v podhůří Jizerských hor před sedmi tisíci lety převládala lípa s lískou, jilmem a habrem. Smíšené doubravy totiž zasahovaly až do podhorského vegetačního stupně. Složení lesa v okolí těžebního areálu ovšem bylo ovlivněno dlouhodobou lidskou činností, což se projevuje nápadnou přítomností břízy, borovice a lísky. Obdobné složení lesa bychom dnes museli hledat v teplém Polabí. Je to způsobeno tím, že průměrné teploty v období neolitu byly výrazně vyšší (v průměru až o 3 stupně Celsia). Dřevinné patro neolitického lesa bylo značně rozvolněné. Projevuje se to vysokým zastoupením bylin, zejména kapradin a trav. Lidskému vlivu odpovídá přítomnost pylu jitrocele většního, jitrocele kopinatého, hvězdicovitých, jazykokvětých, pelyňků, vřesu i dalších rostlin. Naopak nápadná je nepřítomnost obilovin. To je důkazem skutečnosti, že se na lokalitě odehrávala výhradně těžební činnost, zatímco zemědělské areály musely ležet ve větší vzdálenosti. Zcela vyloučena ovšem není pastva

dobytku. Těžební areál si v příslušnou dobu můžeme představit jako lokálně odlesněnou paseku s vysokým podílem kapradin uprostřed jinak nevyužívané krajiny. Na otevřených plochách rostla tzv. ruderální vegetace (=člověkem ovlivněné spektrum rostlin), velkoplošně pak náhradní vegetace, kterou můžeme charakterizovat jako pasekovou. Nebývalé množství mikroskopických uhlíků, zjištěných ve výplních těžebních jam, souvisí s ohněm, který hořel v ohništích místních zpracovatelských dílen.

Ke středověké kolonizaci tohoto území došlo již na samém počátku vrcholného středověku, jak nám to udávají radiokarbonová data z archeologických výzkumů. Řada těžebních jam je dnes překryta původními středověkými plužinami – poli. Jádru těžební plochy však zůstalo mimo plužinu a nebylo na ni pro velkou náročnost upraveno. Právě v takovéto okrajové partii bylo prozkoumáno ohniště datované do intervalu 1222 – 1287 n. l., z logiky věci lze tudíž i vznik plužiny datovat do 13. století. V pozdním středověku a zejména v raném novověku došlo přeměně původních a zčásti již opět zalesněných plužin na pastvinu. Tento proces máme opět potvrzený archeologickým průzkumem z povrchu překryté těžební jámy, jejíž zaplněná erozní rýha vyplněná uhlíky přinesla radiokarbonové datum pro interval 1480-1650. Do stejné doby náležejí i milíře, které opět vznikly na okraji plužiny na jejím rozhraní s lesem.

Z pohledu botanika jde o zcela odlišné vegetační spektrum. Na přelomu vrcholného středověku a novověku se krajina v místě bývalého těžebního areálu jeví jako zalesněná. Také dřevinná skladba je zcela odlišná. Převažuje jedle a buk. Ve vzorku se v malém množství objevují obiloviny a nalezeno bylo i pylové zrno chrpy modráku - polního plevelu typického pro vrcholný středověk až novověk (pole přiléhaly k zalesněným zbytkům těžebních areálů).

Destruktivní archeologický výzkum poskytuje data širokému spektru přírodovědných disciplín, které v rámci již nedestruktivních metod přinášejí přelomová data pro poznávání antropogenního impaktu této oblasti, jak to bylo výše prezentováno na příkladech mineralogického průzkumu či paleobotanických analýz.

### **Jan Josef Antonín Eleazar Kittel a jeho působení na Krásné**

Další stavební a jiné aktivity již bezprostředně souvisejí s osobou Jana Josefa Antonína Eleazara Kittela (1704 – 1783), jak znělo jeho celé jméno – významného léčitele a ranhojiče, který prakticky celý svůj život prožil v Krásné (Schumburgu). Jeho věhlas získaný léčitelstvím, dalece přesahoval regionální poměry. Přestože medicínu nikdy oficiálně nestudoval, získal od krajského grémia v Mladé Boleslavi osvědčení o tom, že může provozovat lékařskou činnost. K tomu si nechal zbudovat rozměrnou roubenou stavbu, které se pro její velikost začalo brzy říkat „Burk“ (z něm. die Burg – hrad – celý areál viz obr. 2).

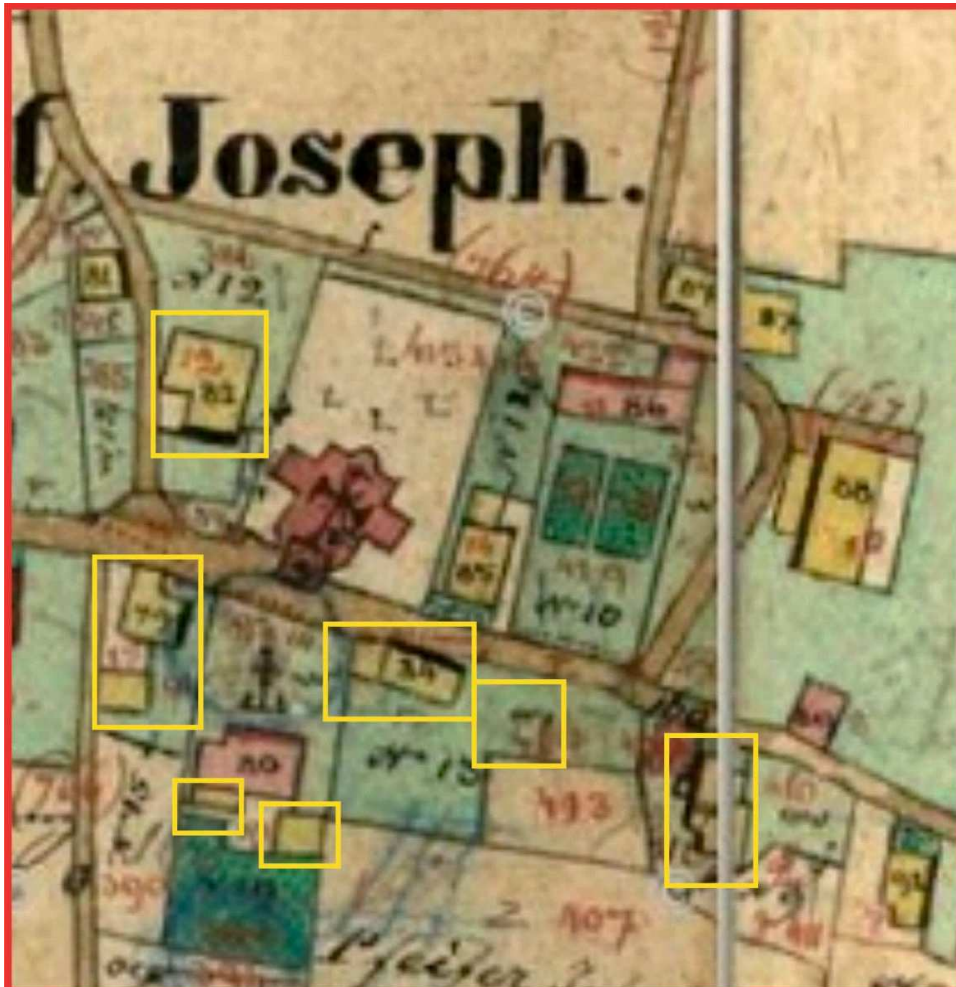


Obr. 2. Letecký pohled na obec Krásná. Výřez mapy z [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz).

Veliká stavba však neměla sloužit jen rodině Kittelových. Počítalo se, že velká část prostor bude sloužit pro pacienty. Stavba i důmyslně využívá i silného pramenu: v suterénu domu vznikly prostory, kde se nemocní koupali, neboť právě vodoléčba byla jedním ze základních pilířů Kittelových léčebných technik, a to několik desetiletí před daleko věhlasnějším jesenickým léčitелеm Vincenzem Prissnitzem. K samotné vodoléčbě a dobové léčbě obecně neodmyslitelně patřily také byliny. Léčitelská praxe přinesla Kittelovi i nemalý majetek. Díky tomu mohl nemalou část svých peněz věnovat na výstavbu kostela sv. Josefa v Krásné. Na sklonku svého života se pak zasadil i o jeho povýšení na farní kostel. Jednoduchý kostel sv. Josefa byl stavěn v letech 1756 – 1760. Jde o podélnou stavbu založenou na půdorysu latinského kříže se sanktusníkem nad půlválcově zakončeným presbyteriem. V roce 1761 byly v jeho jižní části přistavěny tzv. svaté schody – v pozdním baroku módní napodobenina Svatých schodů ve Vatikánu. Na východní straně vedle kostela je drobná stavba kaple sklenuté valenou klenbou s lunetami, která byla založena nad pramenem sv. Josefa, jehož vodě se přikládaly léčebné účinky. Poslední stavbou vystavěnou ve třetí čtvrtině 18. století je patrová fara s mansardovou střechou. Její přízemí je sklenuté valenou klenbou s lunetami, patro je roubené. Přímo před farou stojí sloup se sousoším Korunování Panny Marie z roku 1772. Sloup je zdoben i sochami českých patronů (sv. Václav, sv. Vojtěch) a dalších světců (sv. Jan Nepomucký, sv. Šebestián a patron proti morovým nákazám – sv. Roch).

Jako poslední z tohoto celku barokních památek je socha sv. Josefa s malým Ježíšem v náručí, která je postavena na podstavci tvořeném dvojicí dórských sloupu. Jde však jen o volnou replik původní sochy sv. Josefa z 18. století, která byla roku 2001 odcizena.

V prostoru mezi kostelem sv. Josefa, barokní farou a širším okolím roubeného domu J. E. Kittela se nacházely i další budovy, které však byly v průběhu času zbourány. Jejich existenci máme neoddiskutovatelně doloženou na indikační skice stabilního katastru k roku 1843 (obr. 3).



Obr. 3. Výřez mapy stabilního katastru Krásné z roku 1843 v měřítku 1 : 2 880 (© ČUZK 2021), žluté obdélníky vyznačují dnes již neexistující zástavbu.

Vzhledem k tomu, že Krásná byla také významným poutním místem, přicházelo sem velké množství poutníků, které bylo potřeba ubytovat. Jednou z nejdéle dochovaných budov byl i zájezdní hostinec, který dokumentuje fotografie z počátku 20. století. Ovšem vedle tohoto hostince se zde nacházely i další budovy vystavěné na kamenných podezdívkách.

Protože rozsahy sklepení či starých základů zaniklých staveb nejsou dostatečně známé, byly pro jejich detekci použity vhodné geofyzikální metody. Právě tyto nedestruktivní metody v ideálním případě předcházejí procesům destruktivním, tzn. ručně hloubeným sondám, které lze díky výsledkům geofyzikálního průzkumu aplikovat v podstatě s *laparoskopickou* přesností ve snaze poškodit pouze minimální objem historických terénů. V zájmovém prostoru byly vytyčeny a proměřeny tři polygony s předpokládaným umístěním historických

objektů: P1 západně od kostelní zdi kostela sv. Josefa, P2 na současném parkovišti v prostoru bývalého zájezdního hostince a P3 jižně za farou (obr. 5).

### Geologické poměry

Geologické podloží zájmového území tvoří paleozoické metamorfované a magmatické horniny (obr. 4). Metamorfované horniny krkonošsko-jizerského krystalinika jsou zastoupené především zeleno-šedým chlorit-muskovitickým fylitem až svorem s albitem, místy s biotitem nebo granátem, v menší míře se vyskytuje kvarcitický fylit, chlorit-sericitický fylit a muskovitický kvarcit. Oblast severně od Krásné tvoří magmatické horniny krkonošsko-jizerského masivu reprezentované muskovit-biotitickým granitem. Tato hornina, jejíž těžba je známá z okolí Černé Studnice, je nejčastějším používaným stavebním materiálem na zdejších historických budovách. Příkré svahy okolí Krásné jsou nejčastěji pokryty kvartérními deluviálními kamenitými až hlinito-kamenitými sedimenty.



Obr. 4. Výřez geologické mapy zájmového území a jeho okolí (zdroj Česká geologická služba).

### Geofyzikální průzkum – metody

Geofyzikální průzkum proběhl v Krásné v blízkosti Kittelova muzea dne 1. července 2021. Na základě prvotní analýzy lokality byly vytyčeny 3 polygony průzkumu. Měřeno bylo pomocí georadaru (GPR) a po konzultaci bylo využito také měření elektrické odporové tomografie (ERT). Georadarem byly měřeny všechny tři polygony s rozměry 20 × 15 m (P1), 27 × 10 m (P2) a 9 × 8 m (P3). Metoda ERT byla použita pro vyzkoušení účinnosti metody a byly měřeny 2 na sebe kolmé profily s délkou 31 m v polygonu P2. Pro lepší orientaci ve výsledcích byly na místě pořízeny fotografie a zároveň byly zaznamenány veškeré výraznější nerovnosti terénu, jako jsou základy zdí a balvany, aby bylo vyloučeno významné ovlivnění měření těmito vlivy. Veškeré měřené oblasti jsou zobrazeny na obr. 5.



Obr. 5. Přehled a umístění oblastí měřených geofyzikou. Červené polygony byly proměřeny georadarem (GPR) a modré profily elektrickou odporovou tomografií (ERT).

### Georadar

Pro georadarové měření bylo využito přístroje MALA Ground Explorer HDR (Guideline Geo AB - ABEM|MALÅ, Stockholm, Švédsko) s anténou GX160 HDR umístěnou na terénní sáně společně s kolečkem GX Measuring Wheel (30 cm) pro polygony P1 a P2 a stejný přístroj s odlišnou anténou – GX450 HDR – pro polygon P3. Pro měření v ploše s ohledem na předpokládané geometrické vlastnosti hledaných objektů bylo zvoleno měření v 2D síti s následným vytvořením 3D modelů. Polygony byly rozděleny do sítě po 1 m se záznamem bodů každých 5 cm.

Zpracování dat probíhalo v programu ReflexW®. Byl použit standardní postup pro každý radargram s malými změnami tak, aby co nejlépe vyhovovaly naměřeným datasetům. To zahrnuje posunutí nuly, dewow časový filtr, AGC, frekvenční filtraci, dekonvoluci atd. Tyto kroky mohly být pro zpracování jednotlivých polygonů prohozeny a parametry pozměněny tak, aby výsledky byly co nejlépe interpretovatelné. Konverze časů na hloubky nebyla pro tuto problematiku potřebná, proto byla rychlostní analýza vynechána. Po zpracování jednotlivých stop následovalo vytvoření 3D modelů interpolováním všech radargramů pro

každý měřený polygon. Pro interpretaci byly vytvořeny horizontální řezy pro různé časy, a to jak bez dalšího zpracování, tak s použitím obálek.

### **Elektrická odporová tomografie**

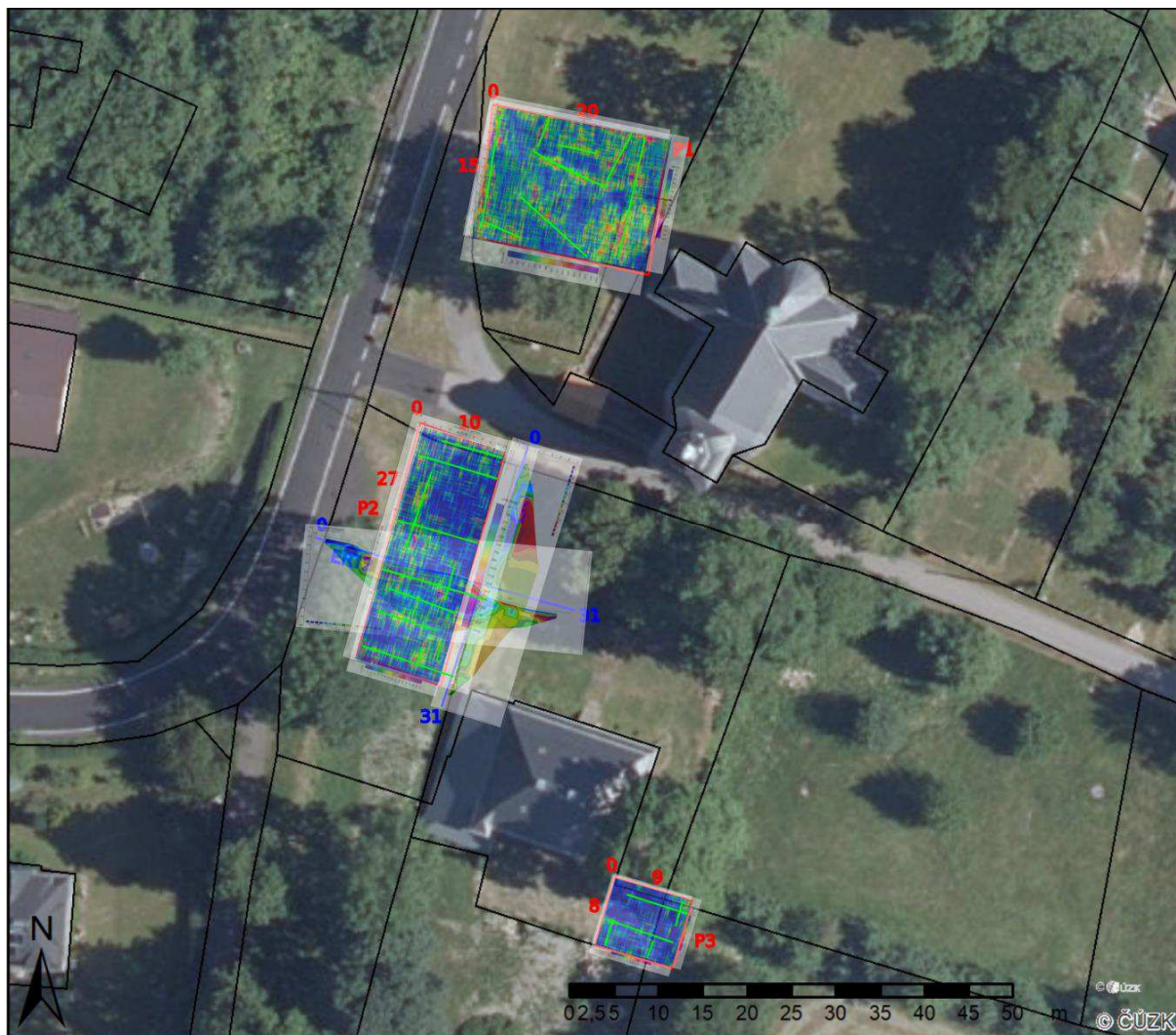
Pro měření metodou ERT bylo využito automatického geoelektrického systému ARES II (GF Instruments, s.r.o., Brno, Česká republika) s 4 kabelovými sekcemi pro profil ERT 1 i pro ERT 2. Roze-stup elektrod byl zvolen 1 m s uspořádáním Wenner-Schlumberger.

Zpracování dat probíhalo v programu RES2DINV®. Byl použit standardní postup pro každý profil a vybrána taková iterace, aby se předešlo nadměrné tvorbě artefaktů inverze. Nejprve byly z měření odstraněny chybné body měření s neobvykle vysokými nebo nízkými odpory. Dále byl zvolen vhodný typ inverze (robust – vzhledem k předpokládaným geometrickým útvarům), citlivost modelu (nejjemnější), počet inverzí (5) a požadovaná chyba RMS (5 %), výpočet Jacobiho matice pro každou iteraci zvlášť a úplná Gauss-Newtonova metoda výpočtu.

### **Výsledky geofyzikálního měření**

Veškeré dosažené výsledky mohou sloužit pouze jako indikace, kde s dalším průzkumem pokračovat a kde se případně pokusit terénními destruktivními pracemi ověřit teoreticky nalezené objekty. Je potřeba opakovaně podotknout, že předkládané výsledky představují pouze jednu z možných interpretací a mohou být ovlivněny např. nevhodnými podmínkami pro měření, tudíž není vhodné jim přikládat 100% spolehlivost. Souhrnná interpretace je k vidění na obrázku 6, kde zelené linie představují možné pozůstatky liniových staveb (zdí).





Obr. 6. Přehled a umístění oblastí měřených geofyzikou včetně interpretace. Červené polygony byly proměřeny georadarem (GPR) a modré profily elektrickou odporovou tomografií (ERT). Zelené linie představují možné indikace liniových staveb (zdí).

### P1 – Georadar

Měření georadarem na tomto větším polygonu ukázalo několik indikací možných pozůstatků zděných staveb, které jsou na obrázku 6 vyznačeny zelenou barvou. Některé indikace jsou velmi dobře viditelné i v terénu, kdy zdivo vylézá k povrchu. Ukázka z měření je na obrázku 7 a výsledky v přílohách 1 a 2.



Obr. 7. Polygon P1 měřený metodou GPR.

### **P2 – georadar**

Měření georadarem v polygonu P2 bylo provedeno pouze v jeho přístupnější části vytyčené na štěrkovém parkovišti z důvodu nerovného terénu v ostatních částech. Výsledky zde ukázaly několik indikací, kdy některé korespondovaly i s na povrchu viditelnými pozůstatky zdí a jsou zřejmé z obrázku 6 (výsledky měření jsou shrnuty v přílohách 3 a 4). Ukázka měřeného polygonu je na obrázku 8.



Obr. 8. Polygon P2 měřený metodou GPR.

### **P3 – georadar**

Tento nejmenší polygon P3 byl měřen menší anténou GX450 HDR pro detailnější výsledky. I navzdory tomu měření ukázalo minimum indikací a ty jsou zobrazeny na obrázku 6. Na obrázku 9 je ukázka z měření a výsledky jsou shrnuty v přílohách 5 a 6.



Obr. 9. Polygon P3 měřený metodou GPR.

### **ERT 1**

Tento 31 m dlouhý profil byl měřen spíše pro vyzkoušení vhodnosti dané metody pro tuto problematiku. Výsledky ukázaly jednu vysokoodporovou indikaci, která může značit sklepní místnost vyplněnou vzduchem či sutí mezi metráží 17 a 18. Měřený profil je k vidění na obrázku 10 a jeho výsledky jsou shrnuty v příloze 7.



Obr. 10. Profil ERT 1 měřený metodou ERT.

## **ERT 2**

Profil ERT2, stejně dlouhý jako profil ERT 1, vedl zároveň přes měřený polygon P2 kolmo na profil ERT 1. Výsledky ukazují vysokoodporovou indikaci mezi 7 a 11 m, která může představovat pozůstatky stavby, ať už sklepní prostory nebo suť. Profil je zachycen na obrázku 11 a výsledky přináší příloha 8.

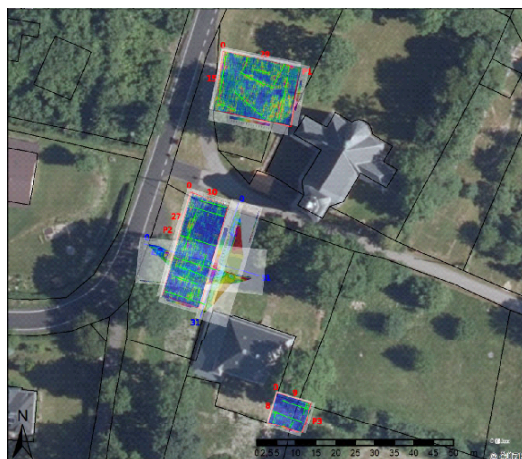
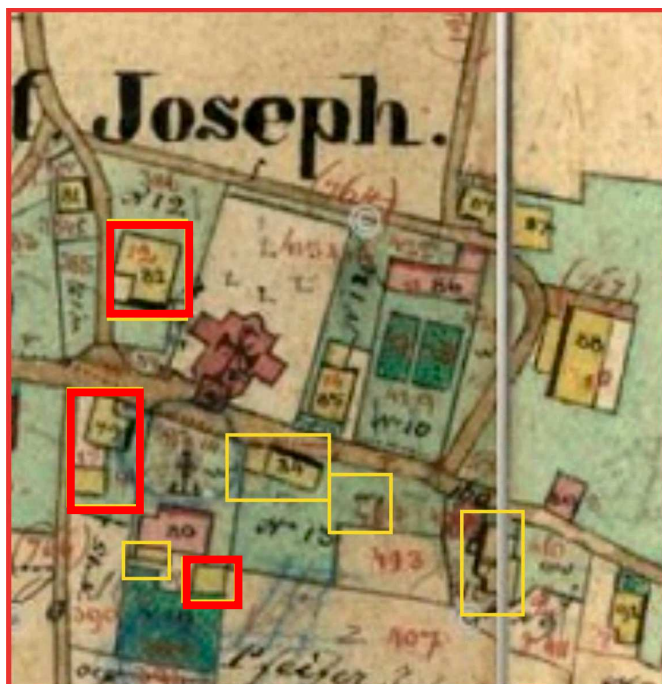


Obr. 11. Profil ERT 2 měřený metodou ERT.

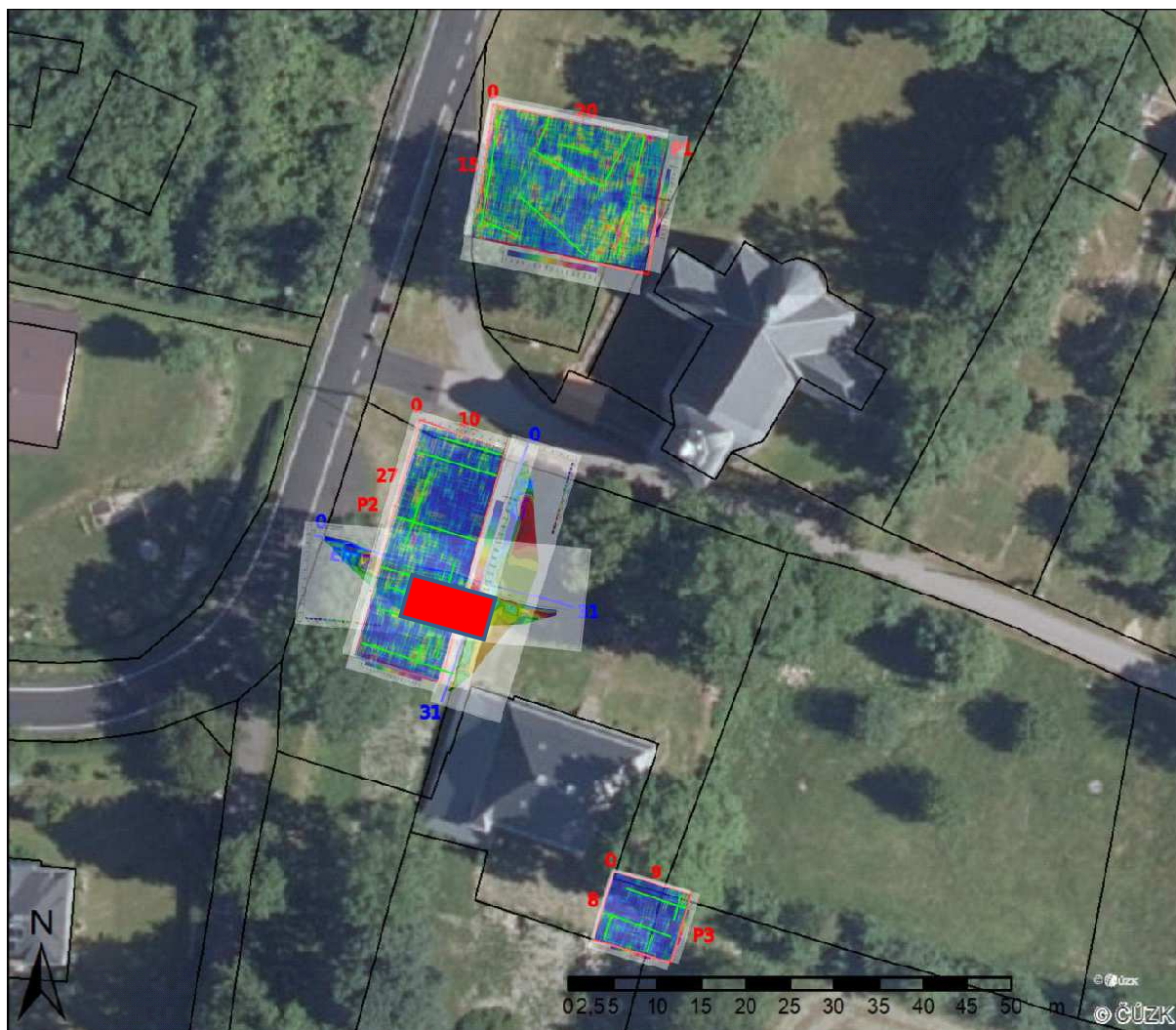
## Závěr

Areál na Krásné pod Maršovickým vrchem je územím s tradicí trvajícím více než osm tisíc let. Zjištění antropogenních aktivit, která zde byla zaznamenána, pocházejí z archeologických výzkumů vedených sice destruktivními metodami, ale za využití analýz nedestruktivních. Archeologický výzkum přináší stratifikovaný biomateriál a další ekofakty, které využijí odborníci ze širokého spektra přírodovědných oborů. V rámci výzkumu archeologického se tak uskutečnil i průzkum geologický a mineralogický a ze sedimentů těžebních jam i výzkum paleobotanický, a to jak analýzy rostlinných makrozbytků, tak i pylů.

Pro případnou detekci reliktní zděné architektury pod stávající úrovní povrchu byly využity metody geofyzikální. Metoda GPR (georadar) byla poměrně úspěšná v hledání pozůstatků staveb, nicméně v místních podmínkách, kdy se často měří na suti zbořených budov, jsou její výsledky nejednoznačné a je mnohem jednodušší a přesnější relikty staveb zjistit v terénu například pomocí sondy, jelikož zdi často sahají až k povrchu terénu (obr. 11). Metoda ERT (elektrická odporová tomografie) je vhodnější spíše pro hrubý přehled, kde by se budova mohla nacházet, případně pro mapování hlubších kaveren, například sklepů (obr. 12). Tuto etapu archeologického výzkumu v poutním areálu kostela sv. Josefa lze označit za jeho první fázi. Geofyzikální měření prokázala existenci pod stávající úrovní povrchu skrytých základů staveb či jejich podezdívek nebo zasucených sklepních prostor. Určitě by mělo smysl prověřit další polohy s potenciální existencí nemovitých objektů, které jsou zakreslené na indikační skice stabilního katastru. Po nedestruktivním průzkumu by měly následovat cílené mikrosondáže, které by ověřily stav dochování zděných konstrukcí.

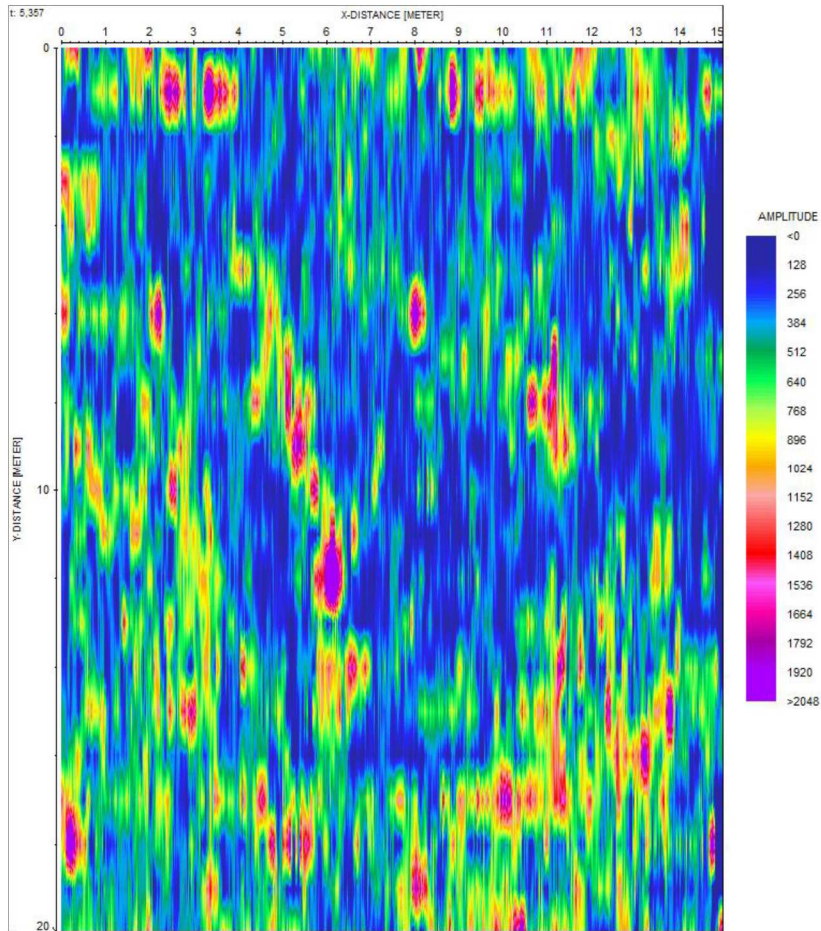


Obr. 11. Komparace dat z geofyzikálních měření se situací na indikační skice stabilního katastru z roku 1843.

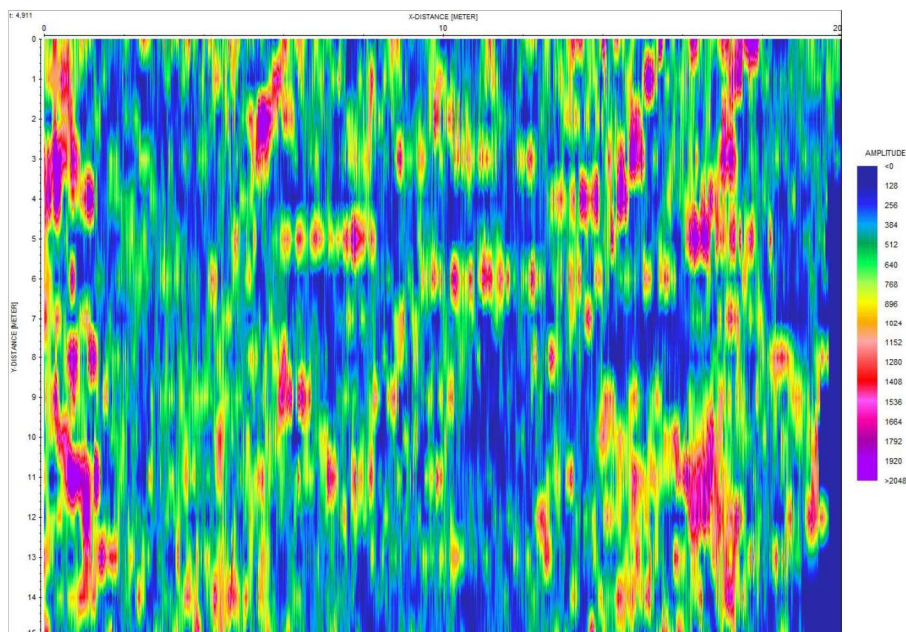


Obr. 12. Výsledek geofyzikálního měření – žluté linie představují zdi či podezdívky, červený obdélník vymezuje možný rozsah zasuceného sklepního prostoru.

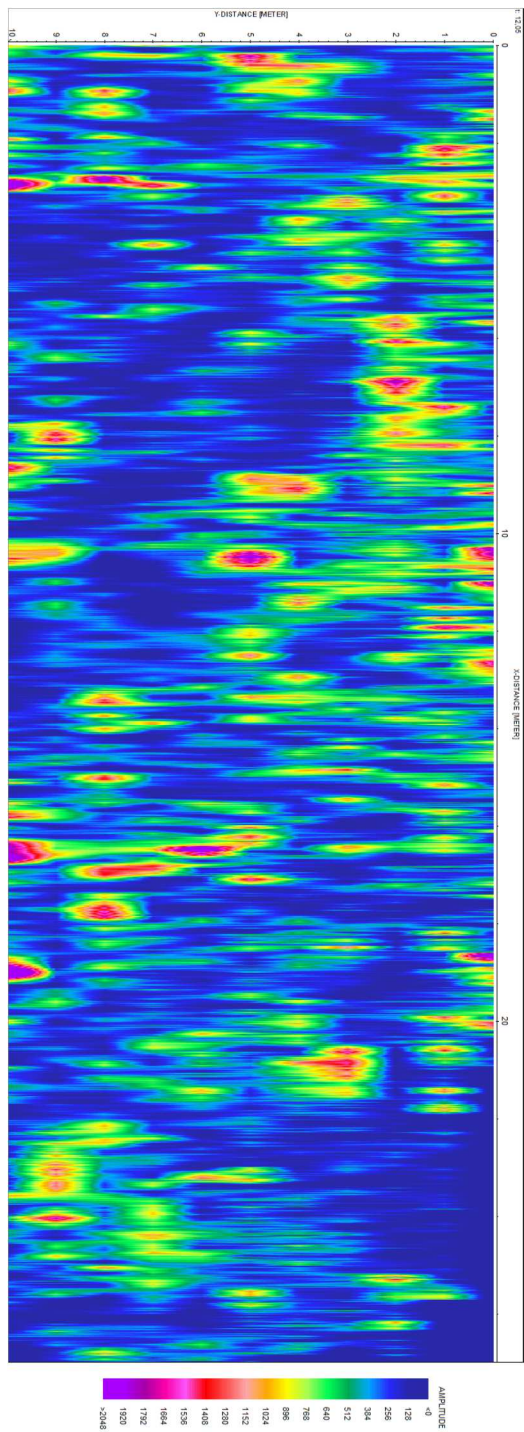
## Přílohy výsledků geofyzikálního měření



Příloha 1. Výsledky GPR pro polygon P1 v ploše, měřeno ve směru S-J, vyznačené indikace zeleně na obr. 6.

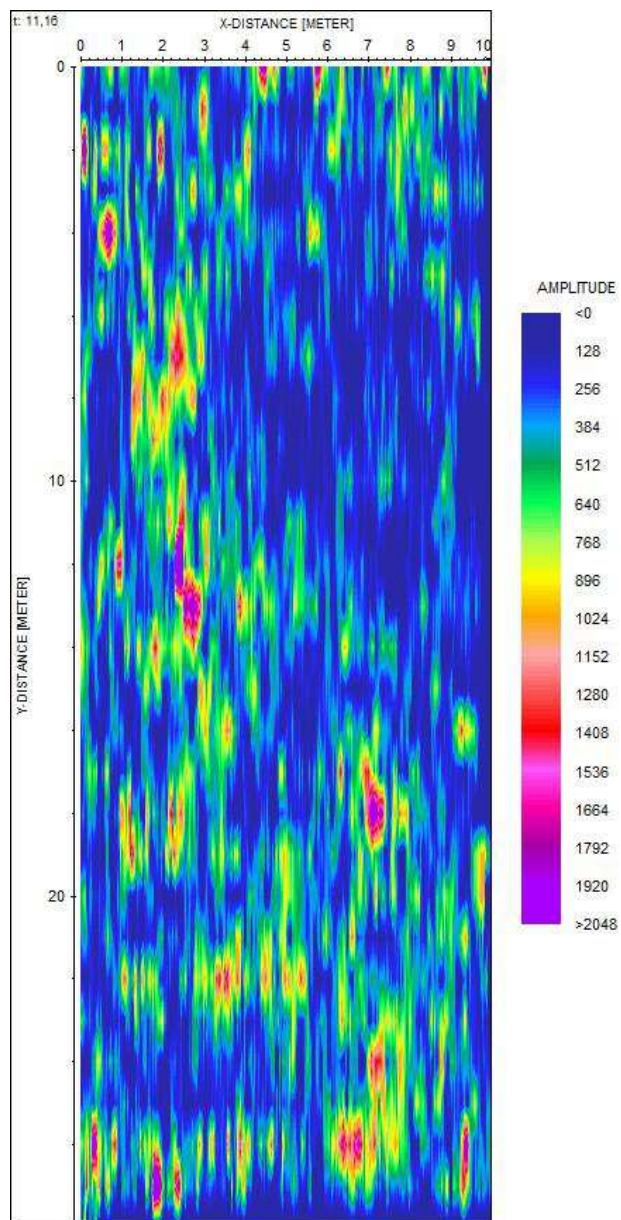


Příloha 2. Výsledky GPR pro polygon P1 v ploše, měřeno ve směru V-Z, vyznačené indikace zeleně na obr. 6.

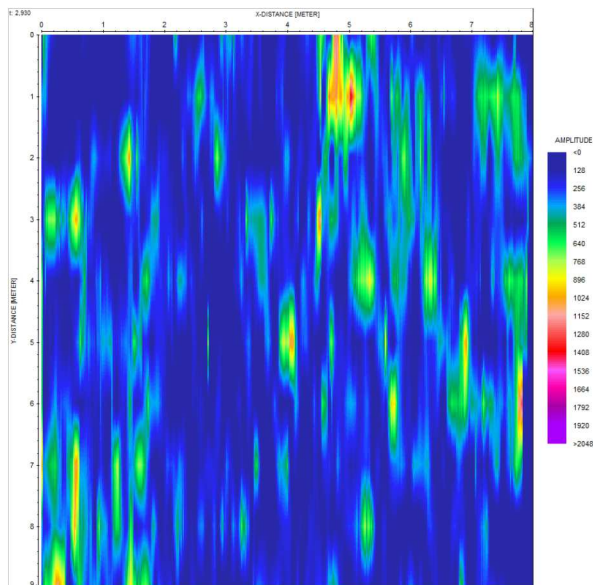


Příloha 3. Výsledky GPR pro polygon P2 v ploše, měřeno ve směru S-J, vyznačené indikace na obr. 6.

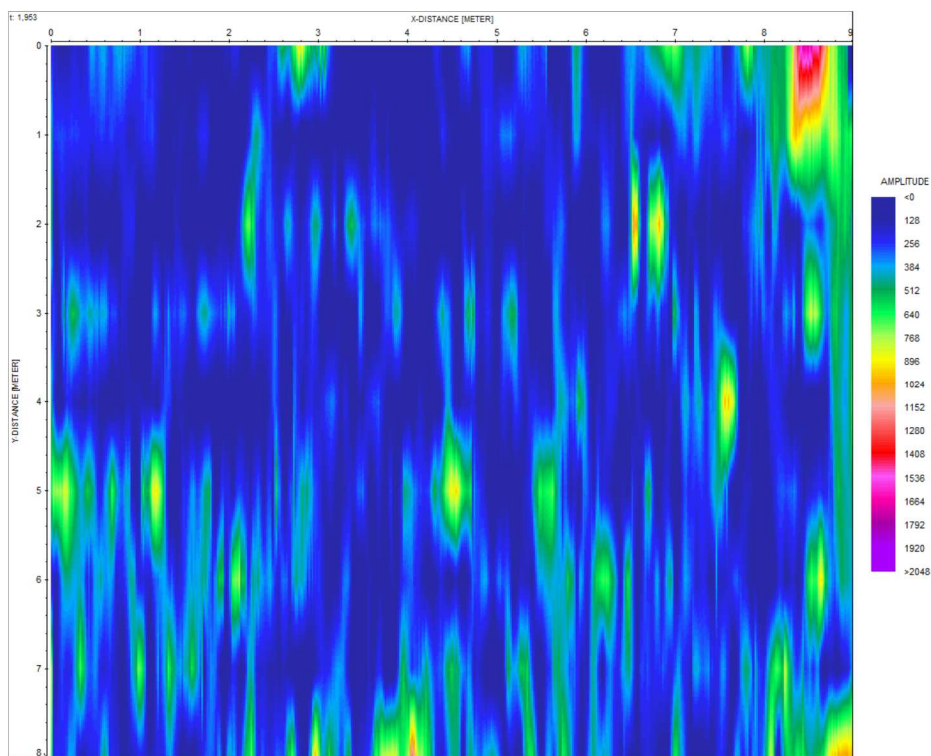




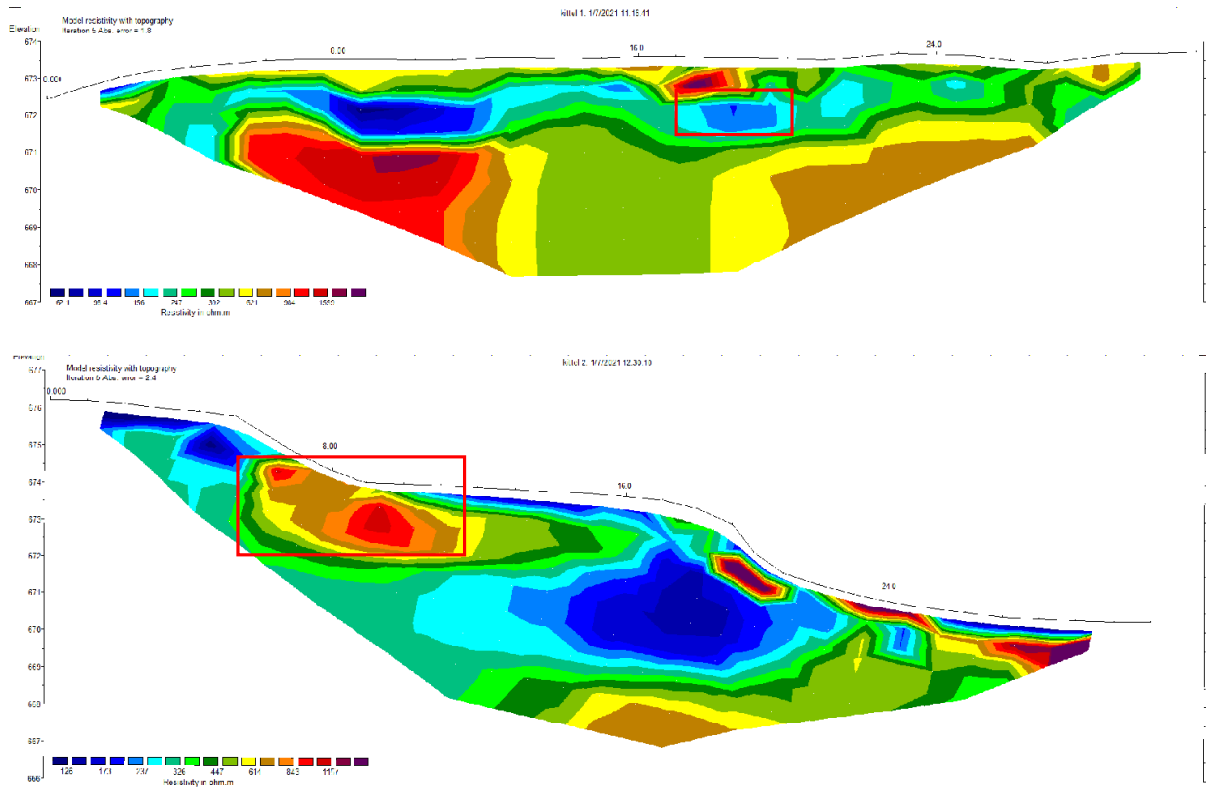
Příloha 4. Výsledky GPR pro polygon P2 v ploše, měreno ve směru V-Z, vyznačené indikace na obr. 6.



Příloha 5. Výsledky GPR pro polygon P3 v ploše, měřeno ve směru S-J, vyznačené indikace na obr. 6.



Příloha 6. Výsledky GPR pro polygon P3 v ploše, měřeno ve směru V-Z, vyznačené indikace na obr. 6.



## Přílohy 7 a 8.

ERT 1 - 31 m dlouhý profil byl měřen spíše pro vyzkoušení vhodnosti dané metody pro tuto pro-blematiku. Výsledky ukázaly jednu vysokoodporovou indikaci, která může značit sklepní místnost vyplněnou vzduchem či sutí mezi metrůží 17 a 18.

Profil ERT2, stejně dlouhý jako profil ERT 1 (= 31 m), vedl zároveň přes měřený polygon P2 kolmo na profil ERT 1. Výsledky ukazují vysokoodporovou indikaci mezi 7 a 11 m, která může představovat pozůstatky stavby, ať už sklepní prostory nebo sut'