

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**  
**Přírodovědecká fakulta**

Využití metody elektrické rezistivní tomografie při ověřování  
pozůstatků podzemních prostor důlního díla Kometa

Diplomová práce

**Bc. David Šefčík**

Vedoucí práce: Mgr. **Simona Dvořáčková**, Ph.D.

České Budějovice, 2020

**Šefčík D. (2020):** Využití metody elektrické rezistivní tomografie při ověřování pozůstatků podzemních prostor důlního díla Kometa.

[Use of the method of electrical resistive tomography in the verification of the remains of the underground spaces of the Kometa gold-mine, Master Thesis, in Czech] - 129 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

## Anotace:

Cílem předložené Diplomové práce je otestovat možnost využití geoelektrické rezistivní tomografie při dohledávání důlních prostor na středověkých zlatodolech "Na Kometě" v Píseckých horách a na základě naměřených dat odhadnout zjednodušenou charakteristiku horninového podloží do hloubky 16 metrů. Student se seznámí se základní geofyzikální aparaturou ARES a se základní interpretací dat.

Diplomová práce pojednává o základních geofyzikálních přístrojích a zároveň o výskytu zlata na území jižních Čech. Předložená práce má celkem 129 stran a je členěna do deseti kapitol.

## Annotation:

The aim of this diploma thesis is to test the possibility of using the geoelectrical resistivity tomography in tracing mining areas within the territory of the medieval gold-mines "Na Kometě" in the Písek Mountains and subsequently, based on the measured data, to estimate the simplified characteristics of the bedrock to a depth of 16 metres. The student will get acquainted with the basic geophysical instrument ARES as well as the basic interpretation of the data.

The diploma thesis deals with basic geophysical instruments as well as with the occurrence of gold in the territory of South Bohemia. The submitted thesis has 129 pages and is divided into ten chapters.

## Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svou magisterskou práci vypracoval samostatně, použil jsem pouze podklady citované v práci a uvedené v seznamu literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své magisterské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne .....

Bc. David Šefčík

Podpis: .....

## Poděkování:

Srdečně bych chtěl poděkovat mé školitelce **Mgr. Simoně Dvořáčkové, Ph.D.** za její odborné vedení a velikou trpělivost při vyhotovení této Diplomové práce. Dále jí patří poděkování za poskytnutí cenných rad z hlediska geologie a za fyzicky náročnou pomoc při vytyčování profilů v terénu na lokalitě "Na Kometě".

Veliké poděkování patří geologovi, **Ing. Jaroslavu Cíchovi** z Prácheňského muzea v Písku, za poskytnutí odborných publikací, map a ukázáním studované lokality a zároveň **Mgr. Janu Flašarovi** z Jihočeské Univerzity v Českých Budějovicích za pomoc při vytyčování profilů a skvělou spoluprací.

V poslední řadě musím poděkovat **Miroslavu Merglovi** za poskytnutí fotografií z podzemní zlatodolů "Na Kometě".

# Obsah

1. Úvod.....	6
--------------	---

## A) Teoretická část.

<b>2. Geofyzika.....</b>	<b>8</b>
2.1. <i>Využití geofyzikálních metod v geologickém průzkumu.....</i>	<i>8</i>
2.2. <i>Podmínky geofyzikálních měření.....</i>	<i>10</i>
2.3. <i>Základní přehled geofyzikálních průzkumných metod.....</i>	<i>12</i>
2.3.1. Geoelektrické metody.....	13
2.3.2. Elektromagnetické metody.....	15
2.3.3. Gravimetrické metody.....	18
2.3.4. Termometrické metody.....	18
2.3.5. Radiometrické metody.....	19
2.3.6. Seismické metody.....	20
2.3.7. Karotážní metody.....	21
2.4. <i>Geofyzikální metody z pohledu historie.....</i>	<i>22</i>
2.5. <i>Elektrická vodivost horninového prostředí.....</i>	<i>23</i>
<b>3. Geologický vývoj a charakteristika jižních Čech.....</b>	<b>28</b>
<b>4. Charakteristika zlata.....</b>	<b>32</b>
4.1. <i>Význam zlata.....</i>	<i>33</i>
4.2. <i>Ložiska zlata a geologické poměry.....</i>	<i>35</i>
4.2.1. Primární ložiska zlata v jižních Čechách.....	36
4.2.2. Sekundární ložiska zlata a rýžoviště v jižních Čechách.....	38
4.3. <i>Historické techniky dobývání zlaté rudy.....</i>	<i>40</i>
4.3.1. Klasifikace povrchových stop po těžbě zlaté rudy.....	43
4.3.2. Vlastní těžba zlaté rudy.....	46
4.3.3. Zpracování vytěženého materiálu.....	56
4.4. <i>Nejvýznamnější těžební oblasti v jižních Čechách.....</i>	<i>60</i>
4.4.1. Zlatodoly v okolí Písku.....	60
4.4.2. Zlatodoly v okolí Vodňan.....	60
4.4.3. Kasejovicko-bělčická zlatorudná oblast.....	61
4.4.4. Kašperskohorský rudní revír.....	61



<b>5. Zkoumaná oblast v Píseckých horách.</b>	<b>62</b>
5.1. Charakteristika a geologie "Píseckých hor".	62
5.2. Zlatodoly "Na Havírkách".	62
5.3. Zlatodoly "Na Kometě".	63
5.3.1. Geologická a geomorfologická charakteristika.	67
5.3.2. Antropogenní geomorfologické znaky zlatodolů "Na Kometě".	67
5.3.3. Archeologické nálezy a zlatorudné úpravny "Na Kometě".	72

## **B) Praktická část.**

<b>6. Metodika práce.</b>	<b>74</b>
6.1. Přístroje a jejich příslušenství.	74
6.2. Měření v terénu.	75
6.3. Zpracování softwarových dat.	77
<b>7. Výsledky a diskuse:</b>	<b>78</b>
1) Výsledky geofyzikálního měření:	78
2) Výsledky obsahu šlichu ze zlatorudné úpravny na Kometě.	93
3) Diskuse naměřených výsledků.	94
<b>8. Závěr:</b>	<b>96</b>
<b>9. Použitá literatura.</b>	<b>97</b>
<b>10. Přílohy a fotografie.</b>	<b>107</b>

## 1. Úvod.

Předložená diplomová práce se zabývá geoelektrickými metodami, pomocí kterých lze zjistit charakter horninového podkladu a jejich možností využití. V druhé řadě se práce zabývá výskytem zlata na území jižních Čech. V dnešní době lze pomocí četných geofyzikálních přístrojů studovat horninový podklad a charakteristiku podloží. Tyto přístroje dokážou interpretovat získaná data, která se dají přímo v terénu zpracovat počítačovými programy do grafů znázorňujících hloubkovou strukturu a charakter horninového podloží. V rámci této práce byla použita metoda elektrické rezistivní tomografie pro zhodnocení její aplikace v terénu na lokalitě Kometa u Všeteče. Hlavním cílem této práce je ověřit, zda lze tyto metody využít k detekci podzemních prostor a odhadnout na základě naměřených dat zjednodušenou charakteristiku horninového podloží.

První část práce je tvořena popisem geofyzikálních metod, jejich možným využitím v terénu a historií jejich používání. Detailněji je rozepsána část týkající se geoelektrických metod, kde je stručně popsána rezistivita hornin a interpretace hodnot naměřených odporů. Dále práce pojednává o možných negativních vnějších faktorech, které mají podstatný vliv na výsledky měření.

Druhá část práce popisuje výskyt a charakteristiku zlata na území jižních Čech. Zde je zařazeno pojednání o historii dobývání zlatorudných ložisek, zpracování zlatých rud a dalších zajímavostech týkajících se tohoto vzácného kovu. Povinností bylo zmínit několik nejvýznamnějších lokalit, kde bylo v dávných dobách zlato jednak těženo, rýžováno a upravováno pomocí velmi propracovaných tehdejších technik. Tyto lokality jsou stručně popsány z hlediska historie a lokalizace v jižních Čechách. Práce se především zaměřuje na lokalitu zlatodolů "Na Kometě" u Všeteče u Albrechtic v Píseckých horách, která je v další části věnované zlatu velmi detailně popsána a doplněna přílohami nákresů a fotografiemi z podzemních prostor dobývek.

Poslední část práce je věnována vlastním výsledkům měření v terénu na lokalitě zlatodolů "Na Kometě". Bylo provedeno celkem 9 měření, kde došlo k aplikaci elektrické rezistivní tomografie (ARES). Cílem bylo zjistit možnost využití přístroje ARES pro zachycení podzemních prostor, interpretaci mocností a zjištění možného pokračování podzemních prostor ve východní části zlatokopeckých stařin.

Součástí výsledků jsou přiložené podrobné mapy, kde jsou zakresleny jednotlivé provedené profily s analýzou výškopisu a také výsledné grafy elektrické rezistivity profilů, na základě kterých lze interpretovat charakter horninového prostředí.

Závěr diplomové práce shrnuje možnost využití geofyzikální metody elektrické rezistivní tomografie (ARES) na studované lokalitě a výsledky měření na zlatodolech "Na Kometě".

## A) Teoretická část.

### 2. Geofyzika.

#### 2.1. Využití geofyzikálních metod v geologickém průzkumu.

Geofyzika je vědní disciplína zabývající se studiem fyzikálních polí zemského tělesa, především zemské kůry. Fyzikální zákonitosti v této disciplíně se propojují s několika dalšími vědními disciplínami, jako je například matematika, geologie, archeologie, geoekologie a mnoho dalších (Duras a kol., 2005). Dnes již existuje několik desítek geofyzikálních metod, které jsou v praxi běžně využívány. Geofyzikální metody podávají velmi spolehlivý plošný fyzikální obraz zkoumaných oblastí a také v některých případech poskytují 3D modely (Brejcha M. a kol., 2017). Hlavní podstatou geofyzikálních metod je detekce nehomogenit v rozložení fyzikálních polí Země. Základní myšlenkou geofyzikálních průzkumů je pozorování fyzikálních polí a měření různých veličin či parametrů. Toho se využívá při zkoumání zemské kůry, zemského pláště a zjišťování fyzikálních vlastností hornin a různých fyzikálních anomálií. Dle Mareše (1990) se rozdělují geofyzikální metody na několik typů, a to podle fyzikálních principů a charakteru pole. Mezi nejčastější patří metody gravimetrické, seismické, magnetometrické, geoelektrické, radiometrické, geotermické, atmochemické, karotážní či radionuklidové (Křivánek, 2014). Pracují na velmi podobných principech jako přístroje ve zdravotnictví, strojírenství, defektoskopii a nedestruktivní diagnostice. Metody geofyzikálního měření se také dělí na základě rozměrů zkoumaného materiálu či prostředí. V tomto případě jsou to měření terénní (měření na horninách "in situ") a na laboratorní měření aplikované na vlastních horninových vzorcích v laboratoři (Macháček, 2002).

Geofyzikální metody se řadí mezi metody nedestruktivní, což znamená, že nedochází k porušení horninového podkladu. Dnes se často geofyzikální metody používají i v archeologii. Tyto metody jsou využívány především v první fázi archeologických výzkumů, kdy se pouze zjišťují či dohledávají různé archeologické objekty, jako jsou sklepy, zbytky starých sídlišť či zástaveb (Křivánek, 2014).

Použití geofyzikálních metod je praktické pro zjišťování různých zlomů v horninovém prostředí, detekci kontaktů a přechodů různých typů hornin. Dále se sleduje v podloží celková mocnost určitých těles (ložiska, vyvěřeliny) a litofaciální změny v usazených horninách. Před

zahájením průmyslových nebo jiných staveb, je důležité sledovat průběhy zvětrávání místních hornin, na kterých následně dojde k vlastní výstavbě. Pokud se toto neučiní a zahájí se výstavba na neprozkoumaném a nezpevněném podkladu, tak hrozí například horizontální posun či vertikální pokles budovy (Zima in Mareš, 1996). To, jaké měřicí metody zvolíme, závisí hlavně na pozici měření v terénu a zdejších poměrů. Můžeme měřit jednak na povrchu Země, v podzemí, z mořské hladiny či ze dna hladiny, ze vzduchu nebo dokonce i v hlubinných vrtech. Pokud měříme ve vodním prostředí, tak používáme geofyzikální metody tzv. hydrogeologické. Mnohem více metod však máme na vlastním zemském povrchu, které bývají nazývány jako metody geomorfologické (Mussett a Khan, 2000).

Při konkrétním geofyzikálním výzkumu je důležité brát ohled na několik zásad. Je vhodné použít vhodnou metodiku a stanovit optimální hustotu geofyzikální sítě. Optimální hustota geofyzikální sítě závisí na volbě vzdálenosti profilů (dle místních podmínek a velikosti protažení profilů), orientaci profilů (příčně k tektonickým liniím či k protáhlým objektům) a na volbě kroku měření na profilech (velikost anomálního projevu), kde lze aplikovat pravidelnou čtvercovou či nepravidelnou síť o určité hustotě měřících bodů na jednotku plochy. Geofyzikální měření by mělo mít vždy nejméně přesah odpovídající hloubce pozorovaných objektů (Mussett a Khan, 2000).

Metody se běžně aplikují v otevřené krajině, především mimo zástavby, kde je zachovalý přirozený reliéf. V přirozeném nezastavěném reliéfu se jednak lépe měří a jednak je zde méně rušících elementů pro přístrojové měření. Negativní dopad na výsledky geofyzikálního měření v městském prostředí mohou mít inženýrské sítě, proměny geologického podloží, poruchy elektromagnetického pole či celkový zásah do geologického podkladu výstavbou různých objektů a další. Přesto lze některé geofyzikální metody aplikovat v takto urbanizovaném prostředí, ale musíme brát v úvahu všechny možné zmíněné rušivé faktory prostředí. V nedotčené krajině má na měření vliv geomorfologie terénu, množství srážek, vodní režim horninového prostředí a také roční období (Bárta a kol., 2018; Křivánek R., 2014).

Výsledky geofyzikálních metod jsou ve skutečnosti nepřímé. Obecně nelze detekovat konkrétní geologickou strukturu doslova přímo. Detekujeme jen určité fyzikální rozhraní v horninovém prostředí, které nese specifické fyzikální vlastnosti, jež jsme schopni identifikovat z naměřených dat. Data závisí na různých fyzikálních polích horninového prostředí a na specifických parametrech hornin, jež jsme schopni zaznamenat. Samotná

analýza dat zahrnuje rozsáhlé statistické zpracování ve speciálních programech využívaných vědci a geofyziky (Kroul a Kubica, 2013).

## 2.2. Podmínky geofyzikálních měření.

Geofyzikální měření ovlivňuje několik podmínek, které mají zásadní vliv na efektivní funkčnost geofyzikálních přístrojů a na výsledky jejich interpretací. Veliký vliv na výsledky měření mají vnější podmínky, jako je například teplota, vlhkost, vegetační pokryv. Vnější podmínky mají velké působení na citlivou přístrojovou techniku, především na efektivitu, kvalitu a čitelnost výsledků, které mohou být těmito vnějšími faktory zkresleny. Kromě vnějších podmínek existují i podmínky schopnosti měření geofyzika. Mezi tyto faktory patří přesnost geofyzika při měření a jeho celkové zkušenosti s geofyzikálními přístroji v terénu. Měření dále ovlivňuje reliéf terénu, vegetační pokryv, geologické a půdní podmínky, klimatické a hydrogeologické podmínky (Bárta a kol., 2018; Křivánek, 2013).

Na přesnost detekce objektů v horninovém prostředí mají negativní vliv různé vnější šумы. Mezi tyto šумы řadíme vlivy parazitních fyzikálních polí a další vlivy antropogenní činnosti. Ve výsledném zpracování dat je doporučeno veškeré šумы eliminovat. Pro vhodnou aplikovatelnost geofyziky je nutné posoudit i další důležité podmínky měření. Je vhodné klást veliký důraz na komunikaci s geofyzikem a inženýrským geologem (geotechnikem) a na jejich společném chápání pojmů při interpretacích dat (Karous, 1998).

### ***Klimatické a hydrologické podmínky prostředí.***

Při geofyzikálním měření v mírném podnebném pásu se musí brát ohled na střídající se roční období s proměnlivými klimatickými a hydrologickými podmínkami. Množství srážek výrazně ovlivňuje například výsledky měření. Jednotlivé vrstvy horninového podkladu mají odlišnou porozitu umožňující pojmout vodu a teplotu v jednotlivých ročních obdobích, a tudíž i odlišný vlastní horninový měrný odpor. Křivánek (2013) uvádí, že u termometrických metod při vyhledávání podzemních dutin a objektů dosáhneme přesnějších výsledků především v období letním a zimním. Při měření na jaře a na podzim jsou výsledky méně přesné díky nižším teplotním kontrastům. Na geoelektrické odporové měření a na elektromagnetické měření vodivosti má vliv i hladina spodní vody, nasycení půd a skalního

podloží vodou. To je závislé na lokálních srážkových úhrnech. Při velmi vydatných srážkách dojde k poklesu měrných odporů horninového prostředí, protože hornina je nasycena vodními roztoky, které mají dle fyzikálních podmínek nižší odpory. Na druhé straně při nedostatku srážek a při dlouhotrvajícím suchu dochází k naměření vyšších hodnot odporu díky nedostatku vody v horninovém prostředí (Musset a Khan, 2000).

Každé půdní prostředí je charakteristické svými hydrologickými vlastnostmi vztažené na obsah a velikost jednotlivých zrn v půdě. Půdy s vyšším obsahem jílu (jílovité či hlinito-jílovité) obsahují velmi malá zrnka, která snadno zadržují vodu. Naopak písčité půdy díky své velké pórovitosti zadržují vodu méně. Glejové půdy jsou charakteristické trvalým zamokřením. V důsledku rozdílného množství vody může docházet k rozdílným výsledkům v geofyzikálním měření, protože množství a složení vody v horninovém a půdním prostředí má vliv na elektrickou vodivost prostředí (Šarapatka, 1996).

### ***Podmínky terénního reliéfu a vegetačního pokryvu prostředí.***

Charakter georeliéfu a intenzita porostu má zásadní roli na výsledky geofyzikálních měření, a vůbec na možnost aplikace geofyzikálních přístrojů v terénu. V nepřístupném zalesněném terénu nebo na plochách porostlými keři či vysokými travami není vhodné aplikovat měření. V případě měření je nutné vymezit vhodnou plochu, kde se tyto rušivé elementy nevyskytují. Při nezbytně nutném výzkumu můžeme lokalitu zpřístupnit geofyzikálnímu měření jejím upravením. To se může provádět průřezem vysoké vegetace nebo posekáním nižšího vegetačního pokryvu. Velmi členitý a druhotně narušený terén antropogenní činností není vhodný pro některé geoelektrické metody (Křivánek, 2013).

### ***Geologické podmínky prostředí.***

Geologické podmínky a variabilita horninového prostředí má vůbec největší roli na výsledné data geofyzikálního měření, a také na samotný výběr určité geofyzikální metody vhodné k realizaci v terénu. Typ horninového prostředí má určitou fyzikální charakteristiku a anomálie. Tyto fyzikální anomálie jsou geofyzikálními přístroji perfektně detekovány. Jak bylo zmíněno v úvodu, každý typ hornin má svou odlišnou vodivost, díky které můžeme detekovat přibližný výskyt typů hornin na vertikálním řezu a jejich přechodné hranice mezi

nimi. Velmi efektivní jsou vodivosti mezi magmatickými horninami a horninami sedimentárními. Tyto dva typy mají zásadně odlišnou vodivost při daných teplotních a hydrologických podmínkách. Typickým příkladem jsou tzv. antropogenní navážky nepotřebných hornin - výsypky. Některé výsypky mohou mít hloubku od prvních desítek centimetrů až po několik metrů. To však závisí na rozsahu těžební činnosti a zpracování materiálu (Křivánek, 2013).

Nevýhodou při měření jsou horniny obsahující magnetické minerály (Křivánek, 2013). Ty obsahují v určité koncentraci minerál zvaný magnetit, který má bezprostředně veliký vliv na většinu přístrojů. Tento minerál (oxid železnato - železitý) vykazuje zvýšený magnetismus, který dokáže rušit geomagnetické pole přístrojů. Na takových lokalitách dochází ke změně gradientu magnetického pole projevujících se ve výsledcích měření. Takových míst s výskytem magnetických hornin bylo pozorováno mnoho. Jako příkladem je lokalita oppida v Nevězicích u Písku v jižních Čechách, kde nebylo možné díky magnetickým horninám geofyzikálně identifikovat archeologické objekty. Na horninové prostředí přímo navazuje prostředí půdní, které je ovlivněné charakterem matečních hornin. Pokud dochází k tvorbě půd na horninách se zvýšeným magnetismem, tak se v půdě vyskytují úlomky magnetických hornin, které mají také vliv na geofyzikální měření (Křivánek, 2013).

### 2.3. Základní přehled geofyzikálních průzkumných metod.

Geofyzikální metody se dělí na několik typů. Opírají se o specifické přístrojové vybavení, kterými lze detekovat různé fyzikální anomálie v zemské kůře (např. mapování zlomů, poruch, dutin či mocnosti hornin). Průzkumné metody se nejčastěji používají v otevřeném terénu. Jednotlivé metody jsou nejčastěji nazývány podle fyzikální zákonitosti, kterou jsou schopné samy měřit. Veškeré metody jsou velmi citlivé a určitá nepatrná změna vnějšího prostředí se podepíše na výsledcích měření. Proto je vhodné pracovat přesně, šetrně a výsledky konzultovat s geofyziky mající zkušenosti s tímto měřením. Geofyzikální metody se často používají v archeologii a geologii pro vědecké výzkumy k detekci podzemních anomálií a nebo se běžně aplikují geofyzikálními průzkumnými firmami před zahájením výstavby různých objektů. Metod existuje celá řada a o těch nejčastěji používaných je pojednáno níže (Bláha a kol., 2018; Musset a Khan, 2000).



### 2.3.1. Geoelektrické metody.

Geoelektrické metody jsou v geofyzikálním průzkumu řazeny mezi vůbec nejčastěji používané metody. Jsou založené na vyvolání umělých či přirozených elektrických polí, které mohou být stejnosměrné a časově proměnné (Gruntorád a Karous, 1990). Při vyvolání těchto elektrických polí dochází k průchodu elektrického proudu horninovým prostředím pomocí elektrod, které jsou systematicky uspořádané v terénu a jsou připojeny ke zdroji. Vyvolané el. pole je závislé na charakteru prostředí. Průchod elektrického proudu závisí na elektromagnetických vlastnostech hornin, odporu prostředí (vodivosti), elektrochemické aktivitě, permitivitě, hydrologických podmínkách a mnoho dalších (Kaláb, 2013).

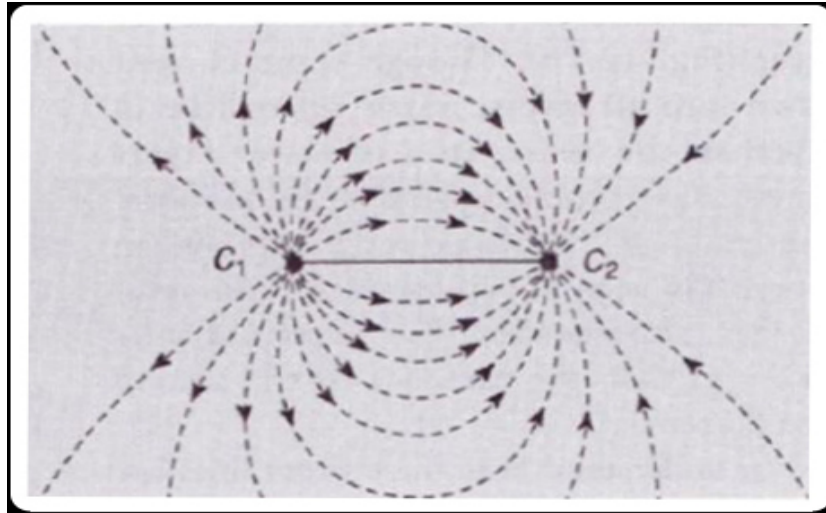
Mezi geoelektrické metody se řadí celá řada specifických a odlišných dalších metod, které jsou aplikovatelné v otevřeném terénu. Zima (1996) uvádí rozdíly mezi metodami lišícími se studovaným el. polem. To může být buď stejnosměrné nebo střídavé (ty mají velikou škálu frekvencí), dále také harmonické či neharmonické nebo uměle vyvolané a přirozené. Geoelektrické metody jsou aplikovatelné z letadla, na zemském povrchu ve vrtech nebo podzemí. Hlavním základem je však průchod elektronů daným prostředím (Křivánek, 2004).

#### **Stejnoseměrné odporové metody.**

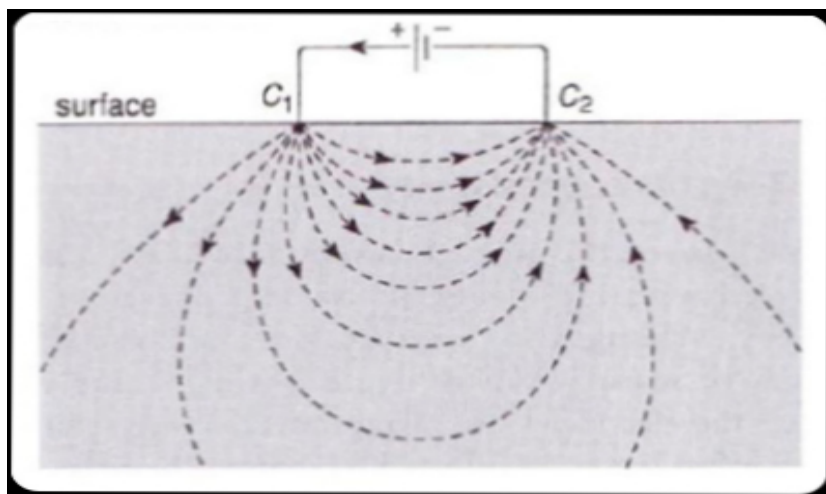
Stejnoseměrné odporové metody pracují na principu proudění elektrického proudu horninovým prostředím mezi elektrodami, které jsou připojené ke zdroji napětí. Základem metody je vytvoření stejnosměrného proudu v horninovém prostředí, díky kterému lze naměřit data o el. rezistivitě geologického podloží a detekovat tak změny ve složení podloží (Gruntorád a Karous in Mareš, 1990). Zdrojem napětí bývá většinou silná baterie, která je rovněž napojena na specifický geofyzikální přístroj, jež je schopen vyhodnocovat naměřená data z elektrod. Průchod el. proudu horninovým podkladem znázorňují obrázky z číslem 1, 2 a 3.

Základním principem stejnosměrných metod je vytvoření napětí mezi dvěma elektrodami, které jsou ukotveny na povrchu geologického podloží a do nichž proudí el. proud ze zdroje baterie. Výhodou těchto stejnosměrných odporových metod je jejich skladnost a nenáročnost na vybavení. Díky tomu jsme schopni se s přístroji pohybovat a rychle se

přesouvat v terénu. Dnes se používají tyto metody při archeologických a vědeckých průzkumech buď soukromými firmami, institucemi nebo vysokými školami (Křivánek, 2004)



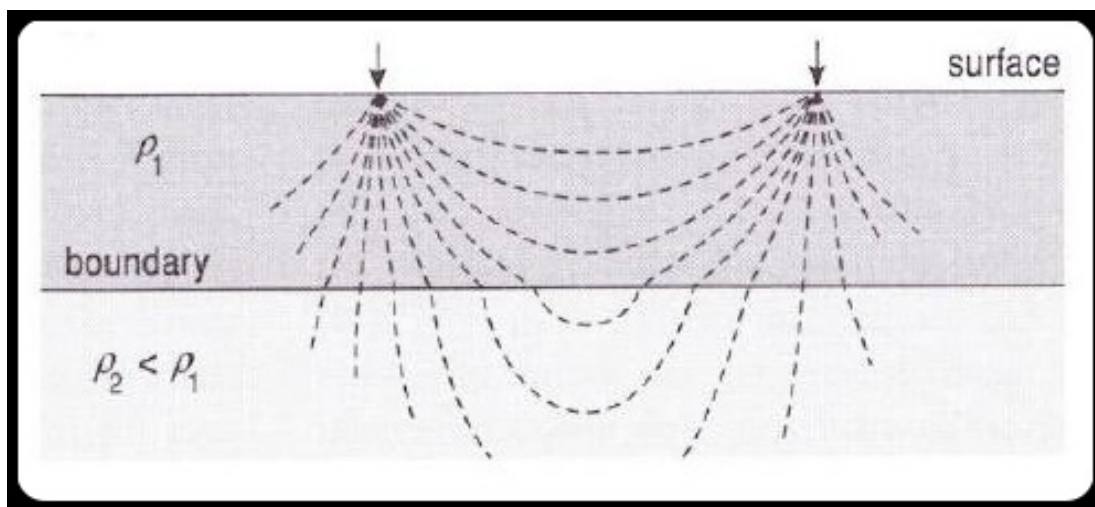
Obr.1: Schematické znázornění průchodu elektrického proudu horninovým prostředím mezi dvěma elektrodami s označením C1 - C2 v horizontálním směru. Upraveno podle Musset a Khan (2000).



Obr.2: Schematické znázornění průchodu elektrického proudu horninovým prostředím mezi dvěma elektrodami s označením C1 - C2 ve vertikálním směru. Upraveno podle Musset a Khan (2000).

Přístrojové vybavení odporového profilování není náročné, avšak zabere dostatek času na přípravu před samotným měřením. Elektrický proud je zprvu vnesen pomocí elektrod do horninového prostředí vertikálním směrem a je veden horninovým podložím k protějším elektrodám. Elektrody jsou na povrchu stabilní a nepohybuje se s nimi, jako například

u vertikální elektrické tomografie. Při průchodu horninovým prostředím je el. proud rychle veden vodivými horninami a špatně veden málo vodivými horninami či izolanty. Hloubka dosahu elektrického proudu je dána rozmístěním jednotlivých elektrod na povrchu horninového prostředí. Existují tři typy uspořádání měrných elektrod. Rozmístění elektrod se provádí v pravidelných rozestupech se stejnou vzdáleností v jedné linii. Čím jsou jednotlivé elektrody od sebe méně vzdálené, tím se el. proud dostává do menších hloubek a naopak. S menší vzdáleností elektrod lze získat však podrobnější skladbu horninového prostředí v menších hloubkách (Gruntorád in Mareš, 1990; Karous, 1999, Macháček, 2002).



Obr.3: Schematické znázornění průchodu elektrického proudu horninovým rozhradím s vyznačením lomení el. vln. Horninové rozhraní je vyznačeno přímkou s popiskem boundary. Upraveno podle Musset a Khan (2000).

### 2.3.2. Elektromagnetické metody.

Elektromagnetické metody pracují na podobném principu jako metody odporové. Základem je vytvoření přirozeného či umělého elektromagnetického pole o různých frekvencích. Metody jsou používány pro výzkumy horninového podkladu až do desítek metrů. Principem metody je vytvoření umělého elektromagnetického pole ve vodivém prostředí. Díky němu je možné naměřit data o přítomnosti geologických vodičů nebo popsat stručnou charakteristiku geologického podloží (Karous, 2010). Hloubkový dosah elektromagnetických přístrojů závisí na vodivosti hornin a na rozměrech měřící cívky. Vlastnosti horninového podkladu (vodivost a relativní permitivita) nejvíce ovlivňují vlastní vyvolané elektromagnetické pole. Elektromagnetická pole jsou generována pomocí uzemněných

a neuzemněných dipólů, cívek či smyček. Parametry elektromagnetického pole lze matematicky popsat pomocí Maxwellových rovnic (Macháček, 2002).

Výhodami těchto metod je aplikace na lokalitách, kde je vysoký odpor prostředí ve svrchních vrstvách horninového prostředí a vyvolané elektromagnetické vlny dokážou tímto prostředím snadněji projít (Musset a Khan, 2000). Další výhodou je bezkontaktní měření, rychlost a nenáročnost při měření a rychlost při zpracování dat v počítači. Magnetometrické výzkumy dokážou prozkoumat rozlehlé plochy za malý časový interval (Macháček, 2002; Křivánek, 2014).

Nevýhodou elektromagnetických metod je přítomnost rušivých struktur, na které jsou dané elektromagnetické přístroje dost citlivé. Jedná se například o staré potrubí, navážky, magneticky nehomogenní navážky nebo elektrifikované dopravní koridory (Křivánek, 2014)

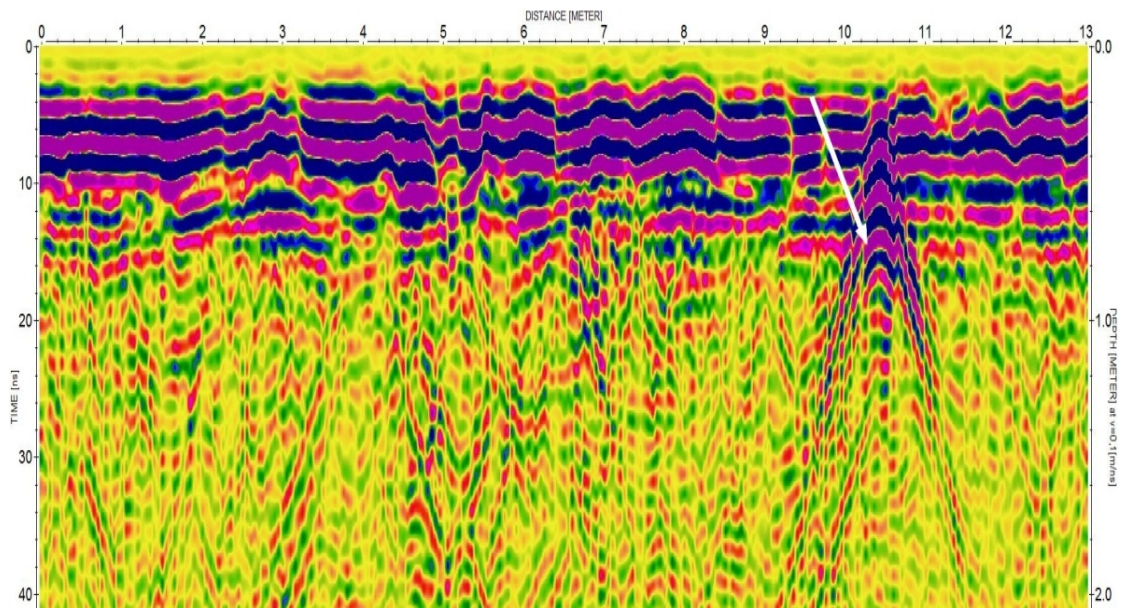
### **Zemní radar.**

Zemní radar nebo-li georadar (ve zkratce GPR - Ground Penetrating Radar) je nedestruktivní elektromagnetická metoda založená na vysílání elektromagnetických pulzů do zemského povrchu o frekvencích řádově mezi 50 - 1000 MHz. Georadar dokáže detekovat mělký geologický řez geologického podloží s detekcí možných abnormalit. Mezi abnormality můžeme řadit jeskyně, štoly nebo geologické zlomy a mnoho dalších. Přístroje registrují čas příjmu signálu po odrazu od podzemních reflexních rozhraní do hloubky několika desítek metrů (Karous, 2010).

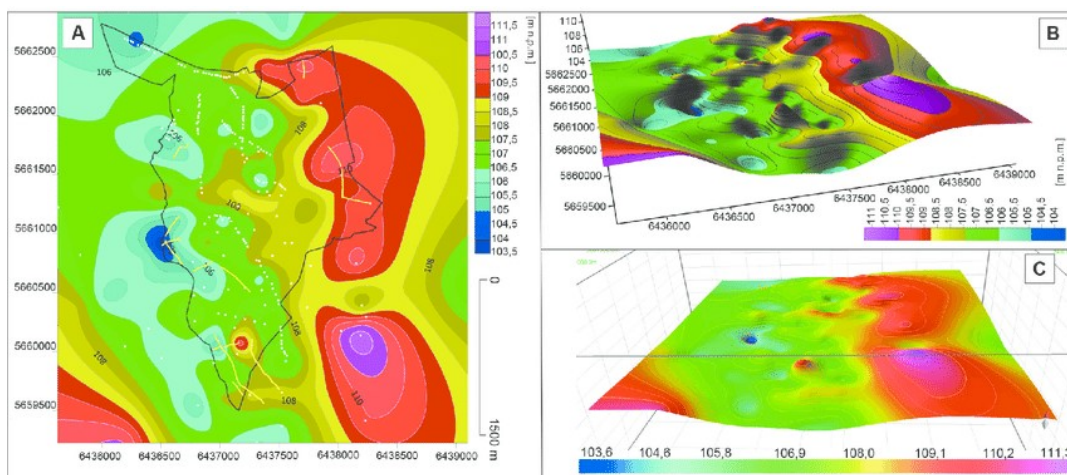
Principem je vysílání elektromagnetických pulsů do horninového podkladu, které se odrážejí od podzemních reflexních rozhraní, respektive geologických abnormalit. Obecně je tato metoda založena na rytmickém odrazu elektromagnetických vln. Vyslaná vlna prochází přes různé půdní a horninové horizonty a zalamuje se při změně prostředí (Křivánek, 2000; Kuna a kol, 2004). Část emitované energie prochází horninovým podkladem zpátky k zemskému povrchu, kde je čas příchodu těchto vln přijímána specifickým přístrojem (měřícím dipólem) a vzniká výsledný časový řez (Macháček, 2002). Registrovaný čas odrazu od reflexního rozhraní je následně převeden na jednotlivé hloubky reflexních ploch dle rychlosti průchodu elektromagnetických vln horninovým prostředím (Kroová a Karous, 1999).

Pokud signál narazí na silně vodivou vrstvu, tak je zcela absorbován a nedochází k jeho emitaci k povrchu, tudíž není dále přístrojově zachycen. Na druhou stranu různé málo

vodivé abnormality emitují více energie k zemskému povrchu a jsou přístrojově lehce zachyceny (Macháček, 2002). Výsledkem měření je vertikální profil, jež znázorňuje strukturu horninového podkladu. Příkladem graf na obrázku č. 4 a 5.



Obr.4: Výsledný profil georadarového průzkumu podloží ve vertikálním směru. Šipka ukazuje na tvar hyperboly, která signalizuje výraznou změnu vodivosti podloží. Může se jednat o pokles horninových vrstev či různé abnormality v podloží. (Převzato z internetového zdroje <http://www.georadar.rtg-tengler.cz>)



Obr.5: Výsledný profil georadarového průzkumu podloží v horizontálním plošném směru barevně znázorňující variabilitu ve složení horninového podloží podle jeho vodivosti. Upraveno podle Kowalski a kol. (2016).



### 2.3.3. Gravimetrické metody.

Gravimetrické metody sledují tíhové pole Země v zemské kůře a zemském nitru. Principem gravimetrie je měření relativního tíhového zrychlení (g) - tj. hustoty hornin. Ta je závislá na horninovém složení (složení jednotlivých minerálů, jež jsou součástí horniny), struktuře, textuře, stupni zvětrání a na horninové metamorfóze. Metoda je vhodná pro použití k odhalování podzemních nezaplňených prostor zejména pro archeologické účely. Může se jednat v praxi o detekci starých sklepních prostor či chodeb nebo geologických zlomů (Křivánek, 1999, 2000; Kuna a kol., 2004). Dále se metoda používá ke zkoumání skalního podloží pod zemským povrchem nebo detekci mocnosti antropogenních sedimentů. Přístroje měřící tíhové anomálie se nazývají gravimetry. Ty dokážou zjistit hodnotu tíhového zrychlení, která vychází ze dvou Newtonových fyzikálních zákonů. Jedná se o zákon síly (pohybu) a zákon gravitační (Macháček, 2002).

Metoda má své výhody i nevýhody. Mezi zásadní výhody patří její velká přesnost naměřených dat a dobrá lokalizace hledaných objektů. Mezi nevýhody patří zejména pomalejší a náročnější obsluha, nákladnější aparatura a velké komplikace při úpravě finálních dat, kde se často objevuje mnoho rušivých vlivů, jež musí projít korekturou (Křivánek, 2014).

### 2.3.4. Termometrické metody.

Termometrie je geofyzikální metoda měřící teplotu v daném prostředí. Tepelné pole Země je produkováno rozpadem radioaktivních prvků nebo je způsobené mechanickými pohyby zemských ker. Cílem termometrické metody je zachytit určité teplotní anomálie a určit jejich zdroj (teplotní gradient porovnávaný s referenčním bodem). Takovými zdroji teplotních anomálií mohou být vývěry podzemních vod - termální prameny, různé chemické procesy a hoření deponií (Kaláb, 2013). Vlastní geofyzikální technika se skládá z elektrických termistorových (kontaktních) a infračervených termálních (bezkontaktních) termometrů. Také se používá měření na dálku pomocí dálkového snímkování infračerveného záření. Dále se metoda používá ve vrtech, kde detekuje přítoky podzemních vod a tím se zjišťuje technický stav vrtu (Kaláb, 2013). Metoda má také široké využití v archeologických průzkumech k detekování podzemních prostor, které často vykazují pod zemským povrchem teplotní

anomálie. Je nenákladná, bezkontaktní a mezi další výhody patří jednoduchý a rychlý způsob měření (Kaláb, 2013).

### 2.3.5. Radiometrické metody.

Radiometrické metody měří přirozenou radioaktivitu hornin, vody či vzduchu a interakce jaderného záření umělých zářičů s horninou (Macháček, 2002). Jedná se o soubor vrtných, laboratorních, pozemních metod, které zaznamenávají přirozené radionuklidy v daném prostředí. Radionuklidy jsou prvky, jejichž jádro není stabilní, rozpadá se a dochází k jistým přeměnám. Na základě tohoto fyzikálního procesu vzniká záření (emisivita). Jedná se nejčastěji o prvek uranu, thoria nebo radioaktivní draslík a mnoho dalších. Existuje několik typů radioaktivního záření, a to záření alfa, beta a gama. Jsou dány fyzikálními odlišnostmi vyzařování částic z jádra atomu. Běžně využívanou radiometrickou metodou je tzv. emanometrie. Tato metoda dokáže detekovat radon vznikající rozpadem Th a U, vyskytující se často ve starých sklepních prostorách (Švec, 2005; Macháček, 2002). Pro lidský organismus je tento plyn nebezpečný díky emitaci alfa záření. Křivánek (2010) uvádí velké využití radionuklidových metod v hydrogeologii, kde se zkoumá pohyb podzemních vod v karotážích pomocí umělé aplikace slabých radioaktivních stopovačů do těchto vod, které jsou posléze přístrojem detekovány (Švec, 2005).

Přístrojové vybavení zachycující radioaktivní záření se skládá z radiometrické aparatury. Principem aparatury je zachycení energie na elektrický signál v detektoru přístroje, kam dopadá vnější ionizující záření. Tento signál se následně přístrojově zpracovává a vyhodnocuje. Tyto přístroje bychom mohli rozdělit na radiometry měřící radioaktivitu prostředí, spektrometry měřící ionizující záření a průmyslová radiometrická měření, které měří radionuklidy v průmyslu. Pro měření radiace hornin jsou nejdostupnější různé dozimetry, které dokážou kvalitně zachytit záření hornin obsahujících uran a další radioaktivní prvky (Švec, 2005).

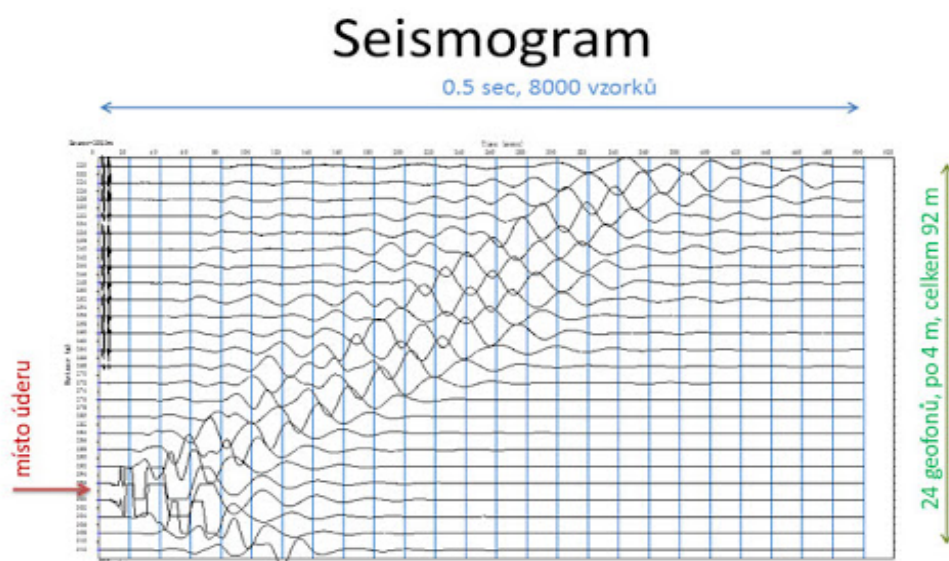
### 2.3.6. Seismické metody.

Seismické metody zkoumají geologickou stavbu pod zemským povrchem pomocí uměle nebo přirozeně vyvolaného mechanického vlnění, které se šíří od svého zdroje horninovým prostředím všemi směry. Pokud narazí na určité fyzikální rozhraní, tak dochází k jeho lomu a odrazu (Duras a kol., 2005). Za přirozeně vyvolané seismické vlnění se považují geologické jevy nejčastěji jako zemětřesení, sesuvy půd nebo propady horninového prostředí. Za uměle vyvolané signály se považují různé výbuchy, vibrace či údery (Kaláb, 2013). Základem seismického jevu je předávání pohybu hmoty mezi částicemi horninového podloží. Šíření pohybu vln lze sledovat ve směru příčném (deformace střížná) a podélném (deformace objemová). Mezi další pohyby (vlny) lze sledovat v horninovém podkladu vlny difragované, zvukové či různé jemné mikroseismy. Zkoumá se především rychlost průchodu vlny daným prostředím (Duras a kol., 2005).

Rychlost šíření vlny horninami je závislá na pórovitosti podloží, struktuře, stupni rozpukání, stupni nasycení vodou, zvětratelnosti či měrné hmotnosti. Nejrychlejší šíření vln se objevuje v nezvětralých horninách, zejména v magmatických a metamorfovaných (rychlost šíření 2000 - 7000 m/s) a na druhou stranu pomalé šíření vln se ukazuje u sedimentárních hornin a silně zvětralých horninách (v rozmezí 400 - 700 m/s). Takže čím více porézní a rozpraskaný horninový podklad, tím pomalejší šíření seismických vln (Macháček, 2002).

Přístrojově se zaznamenává čas příchodu vlny, podle kterého určujeme hloubku daného skalního podkladu nebo hloubku geologického rozhraní. Přístroj zvaný seismograf zaznamenává příchod vln pomocí geofonů a převádí signály z těchto vln na elektrické napětí, jež je následně přístrojově vyhodnoceno. Výhodami měření je spolehlivá detekce skalních podloží a na druhou stranu je nevýhodou dražší aparatura měření. Výsledkem přístrojového měření jsou tzv. rychlostní izolinie vln a graf detailně znázorňující refrakční rozhraní horninového podkladu, který je vyobrazen na obrázku č. 6 (Macháček, 2002; Karous, 2010; Kaláb, 2013).





Obr.6: Znárodnění záznamu seismických vln na seismogramu. Upraveno podle: Oddělení užité geofyziky F UK Praha.

### 2.3.7. Karotážní metody.

Karotážní metody se zabývají průzkumem ve vrtech a v jejich těsném okolí. Metody slouží ke zjišťování fyzikálních a chemických vlastností hornin, minerálů, roztoků, a také ke zjištění stavu vrtu. Při zkoumání vlastností hornin lze sestavit jejich tzv. litologické členění, které lze zobrazit ve výsledném grafu. Lze měřit pórovitost hornin, stupně nasycení kapalinami nebo i přítomnosti různých vnějších kontaminantů v prostředí (Bláha a kol., 2010; Karous, 2010; Hlaváč a kol., 2010). Princip této metody funguje na spouštění sondy s indikačním zařízením pomocí vrátku, který registruje hloubku spouštění. Vlastní zařízení funguje na principu již zmíněných geomagnetických a geoelektrických metod. Velmi rozšířené jsou metody magnetické susceptibility, která detekuje v okolí vrtu přítomnosti magnetických částic (feromagnetické minerály). Dalšími často používanými metodami je proudová, odporová, indukční a dielektrická karotáž. Metoda proudové karotáže slouží v praxi na zjištění velmi vodivých horizontů (Macháček, 2002).

Velikou výhodou těchto metod je přímý kontakt přístrojů s horninovým prostředím ve vrtech a jejich vysoká spolehlivost. Mají široké využití v hydrogeologii, kde zkoumají směr toků podzemních vod a místa přítoků vody do vrtů (Bláha a kol., 2010; Karous, 2010).

#### 2.4. Geofyzikální metody z pohledu historie.

První geofyzikální metody sloužily ke zjišťování přírodních geologických anomálií a k detekci objektů v archeologických výzkumech. Vůbec k prvnímu geofyzikálnímu měření došlo Angličanem R. Atkinsonem roku 1946 na archeologické lokalitě Dorchester on Thames ve Velké Británii. Jednalo se o základní geoelektrickou metodu založenou na vlastnostech odporu podloží. Díky tomu došlo k detekci významných archeologických nálezů. Velký přístrojový rozmach sledujeme až v 2. pol. 20. století. Geofyzikální přístroje se začaly komerčně vyrábět v 60. letech 20. století pro potřeby archeologické. V této době došlo k prvním digitálním zápisům hromadných naměřených dat. K tomu sloužily první protonové magnetometry a další. Rozvíjí se geofyzikální metody, jako je seismika, gravimetrie, sonar či měření magnetické susceptibility. Na přelomu sedmdesátých a osmdesátých let. 20. století se začínají vyrábět specifické georadary a termometrické přístroje. Roku 1970 se poprvé aplikoval georadar v archeologickém měření v USA. Od 90. let minulého století šla přístrojová technika nejvíce dopředu a navíc dochází k prvnímu dokonalému prostorovému zobrazování určitých objektů. Vznikají 3D modely, využívá se systému GPS a dalších technik (Křivánek, 2013; Kuna, 2003).

Na území České republiky došlo k prvnímu geofyzikálnímu měření v padesátých letech 20. století při archeologickém výzkumu na hradišti Stará Kouřim nedaleko Kolína pod vedením prof. Běhoučka. Aplikovalo se zde profilové odporové měření středního valu hradiště (Šolle, 1977). V šedesátých letech dochází v české archeologii k používání geofyzikálních přístrojů na více archeologických lokalitách. V dalších letech se již objevují soukromé firmy využívající geofyzikální metody, jako jsou georadary, seismické metody a mnoho dalších pro potřeby zahájení nedestruktivního výzkumu na průmyslových výstavbách (Křivánek, 2013; Kuna, 2003).

## 2.5. Elektrická vodivost horninového prostředí.

V horninovém prostředí je elektrický náboj vedený komplexem, který je složený jednak z pevných látek (horniny a minerály) nazývaným jako skelet a komplexem horninových póru obsahujících vzduch a roztoky. Roztoky většinou obsahují rozpustné soli, které se mohou chovat jako elektrolyty. Těmito typy prostředí je v podloží geofyzikálními přístroji veden elektrický proud. Horninová vodivost je nejvíce ovlivněná vlhkostí prostředí (množství vody v pórech) a vodivostí minerálů. Obecně platí, že se zvyšující se vlhkostí dochází k poklesu odporu. Závislost vlhkosti v daném prostředí (horninový podklad či půdní prostředí) na elektrické vodivosti  $\gamma$  vyjadřujeme vztahem:  $\gamma = a.w.b$  (a, b = empirické konstanty, w = vlhkost) (Kutílek a kol., 2004). Existuje také úzký vztah mezi odporem prostředí, jeho pórovitostí a výplní pórů v horninovém a půdním prostředí. To podrobně popisuje Archieho zákon, ze kterého vychází vztah:  $\rho_{horniny} = \rho_{kapaliny} A \Phi^m$ , kde odpor kapaliny se rovná el. vlastnostem kapaliny v pórech (A je strukturní koeficient,  $\Phi$  je porozita a m je cementační koeficient). Zmíněné koeficienty vyjadřují mikrogeometrii pórového prostoru (Keller, 1987).

Princip elektrické vodivosti spočívá v přenosu elektrického náboje v různém prostředí. Elektrický náboj je v horninovém prostředí přenášen pomocí elektronů. Existují tři typy vodivostí, které se liší jednak prostředím kudy procházejí elektrické náboje a jednak typem přenášeného náboje (Klanica, 2015).

První je elektronová vodivost typická pro rudní ložiska, kde jsou záporné elektrony přenášeny v horninovém prostředí ve vodivých minerálech obsažených v horninách. To mohou být i různé prvky kovů, jako je například měď, ale také dobrým vodičem může být grafit neboli tuha. U kovů zásadně putují elektrony v meziatomovém prostoru volně a nelze je přiřadit konkrétnímu atomu. Vodivostní elektrony vykonávají svůj tepelný neuspořádaný pohyb o rychlosti 1 000 000 – 10 000 000 m/s od záporného náboje k náboji kladnému dle fyzikálních zákonitostí (Gajdoš, 2013; Klanica, 2015).

Druhá vodivost je děrová, která přenáší zásadně kladný náboj a vztahuje se k polovodičům. V horninovém prostředí to mohou být minerály mající charakteristické vlastnosti polovodičů. Jsou to například mramory, kamenná sůl či prvky jako je germanium a křemík. V tomto případě jsou elektrony připoutány ke konkrétnímu atomu a jejich následné uvolnění od atomu vyžaduje zvýšení teploty (Gajdoš, 2013; Klanica, 2015).

Třetím typem vodivosti je vodivost iontová, která je typická přítomností přenášených kladných i záporných nábojů a je charakterizovaná pro vodní prostředí v horninovém podkladu. Příkladem iontů v horninovém prostředí (v porézních vlhkých horninách obsahujících vodu) může být například  $\text{Na}^+$  a  $\text{Cl}^-$  (Gajdoš, 2013; Klanica, 2015). Ve většině případech je horninové prostředí tvořeno nevodivými minerály, a tudíž se uplatňuje nejčastěji iontová vodivost vztažená také k velikosti horninových pórů obsahujících určité množství vody. Iontová vodivost se může dokonce ukazovat na zlomech s asociací vodivých fluid s  $\text{CO}_2$  a He (Gajdoš, 2013; Klanica, 2015). Vodivost je charakteristická také pro pohyb iontů v elektrolytu za přítomnosti vnějšího elektrického pole, které tento pohyb usměrňuje. Pokud vnější elektrické pole chybí, tak dochází k velmi chaotickému pohybu iontů vyvolaného teplem a kolizí s jinými ionty. Obecně platí, že při zvýšené teplotě dojde k zvýšení pohyblivosti iontů (kationtů a aniontů) a v opačném případě naopak.

Měrný odpor horninového prostředí závisí na fyzikálních charakteristikách jednotlivých minerálních složek horninového prostředí. Minerály lze rozdělit do mnoha tříd lišících se svým měrným odporem. V těchto třídách se odpor může měnit až o 14 řádů. Příkladem jsou horninotvorné minerály, jako je křemen, živec a slída, které mají vysoký odpor ( $\rho > 10^6 \Omega\text{m}$ ). Na druhé straně existují minerály s velmi nízkým odporem. Mezi takové můžeme řadit například jílové minerály, grafit a různé kovy ( $\rho < 10^2 \Omega\text{m}$ ). Vodivost minerálů závisí na jejich detailní struktuře. Hlavní roli hraje typ vazby mezi atomy a také přítomná teplota a tlak (Keller, 1987). Příklady měrných odporů nejčastějších minerálů a hornin jsou znázorněny v tabulce č. I., II a III.

Aby mohlo dojít k proudění elektrického proudu skrz horninové prostředí, je třeba vyvolat určitý elektrický obvod napájený zdrojem energie. Zdrojem energie se rozumí stejnosměrné napětí, na které je napojena jednak geofyzikální aparatura a jednak specifické elektrody. Pomocí kovových elektrod je elektrický proud směřován do horninového prostředí, kde se dále šíří. Díky průchodu el. proudu horninovým podkladem vzniká specifický odpor, který je přístrojově měřitelný (Musset a Khan, 2000). Dráhy elektrického proudu vizuálně napodobují magnetické dráhy magnetu. V jejich začátku průchodu horninovým prostředím jsou často ve vertikálním směru, v místech, kde je přibližně střed mezi elektrodami jsou ve směru horizontálním (Musset a Khan, 2000).

**Tab. I.:** Měrné odpory minerálů a kovů. Upraveno podle Gruntorád a Karous (1990) a Musset a Khan (2000).

<b>Minerály a prvky (rudy)</b>	<b>Měrný odpor <math>\rho</math> (<math>\Omega \cdot m</math>)</b>
platina	$1 \times 10^{-6}$
zlato	$0,0996 \times 10^{-6}$
stříbro	$0,016 \times 10^{-6}$
měď	$0,0169 \times 10^{-6}$
železo	$0,0996 \cdot 10^{-6}$
olovo	$0,206 \times 10^{-6}$
galenit	$10^{-3} - 10^{-2}$
pyrit	100
sfalerit	$10^3 - 10^6$
magnetit	$1 - 10^5$
halit	$10 - 10^{13}$
křemen (+ jeho odrůdy)	$10^{10} - 10^{14}$

**Tab. II.:** Měrné odpory roztoků a hornin obsahující jejich zvýšené množství. Upraveno podle Musset a Khan (2000).

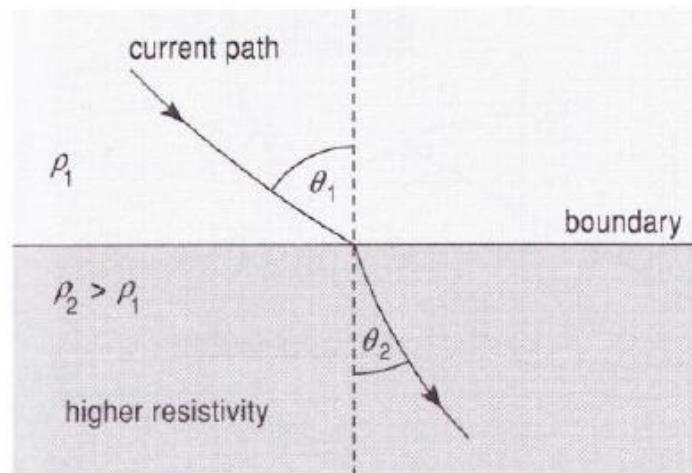
<b>Voda a roztoky v horninách</b>	<b>Měrný odpor <math>\rho</math> (<math>\Omega \cdot m</math>)</b>
slaná mořská voda	0,2
sladká přírodní voda	$1 - 10^3$
žula s 0 % vody	$10^{10}$
žula s 0,19 % vody	$10^6$
žula s 0,31 % vody	$4 \times 10^3$

**Tab. III.:** Měrné odpory jednotlivých typů hornin. Upraveno podle Gruntorád a Karous (1990) a Musset a Khan (2000).

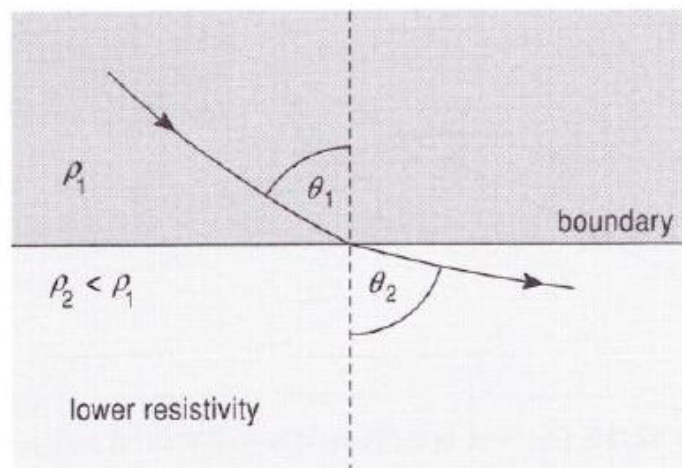
<b>Horniny:</b>	<b>Měrný odpor <math>\rho</math> (<math>\Omega \cdot m</math>)</b>
<b>Vyvřelé horniny:</b>	
žula (granit)	$10^2 - 10^8$
syenit	$10^2 - 10^5$
čedič (bazalt)	$10 - 10^7$
gabro	$10^3 - 10^5$
diabas	$10^3 - 10^5$
<b>Metamorfované horniny:</b>	
jílovité břidlice	$10 - 1000$
krystalické břidlice	$10^2 - 10^4$
ruly	$10^2 - 10^4$
mramory	$10^2 - 10^5$
křemence	$10^3 - 10^5$
<b>Sedimentární horniny:</b>	
hlíny	$10^{-1} - 10^2$
opuky	$10 - 10^2$
jíly	$10 - 10^3$
písky	$10^2 - 10^4$
vápence	$10^2 - 10^4$

Při průchodu elektrického proudu homogenním horninovým prostředím dochází ve výsledcích k tvorbě pravidelně uspořádaných rovných vln. Pokud však prostředí není homogenní, tak dochází k jejich zlomu (zakřivení) tzv. refrakci, která vznikne jako důsledek průchodu elektrického proudu mezi dvěma odlišnými horninovými typy. V místech, kde dojde k refrakci, se nachází určitá zóna přechodu mezi horninovými typy mající odlišnou vodivost, resp. odlišný měrný odpor. Z toho plyne, že horniny se liší svojí stavbou a složením. Podle zakřivení jednotlivých vln můžeme usuzovat o přechodu el. proudu z místa buď s nižším odporem a nebo vyšším odporem. Pokud zjistíme ve výsledcích, že dojde k zakřivení (refrakci) vlny směrem od kolmice ve výsledném grafu, tak el. proud prochází z místa s vyšším odporem do míst s nižším odporem. Typickým příkladem je přechod z vápenců (mající měrný elektrický odpor  $10^2 - 10^4 \Omega \cdot m$ ) do jílových sedimentů (mající měrný elektrický odpor  $10 - 10^3 \Omega \cdot m$ ). Pokud dojde k zakřivení směrem ke kolmici, tak el. proud prochází do prostředí s vyšším odporem. To můžeme pozorovat při přechodu elektrického proudu z jílovitých břidlic (mající měrný odpor  $10 - 10^3 \Omega \cdot m$ ) do křemenců (mající vyšší

odpor horninového prostředí  $10^3 - 10^5 \Omega.m$ ). Znázornění průchodu el. proudu těmito prostředími je znázorněno na obrázku č. 7 a 8. Tato zakřivení jsou analogická například s průchodem světla mezi vzdušným a vodním prostředím, kde dochází ke změně směru světelného paprsku (Musset a Khan, 2000).



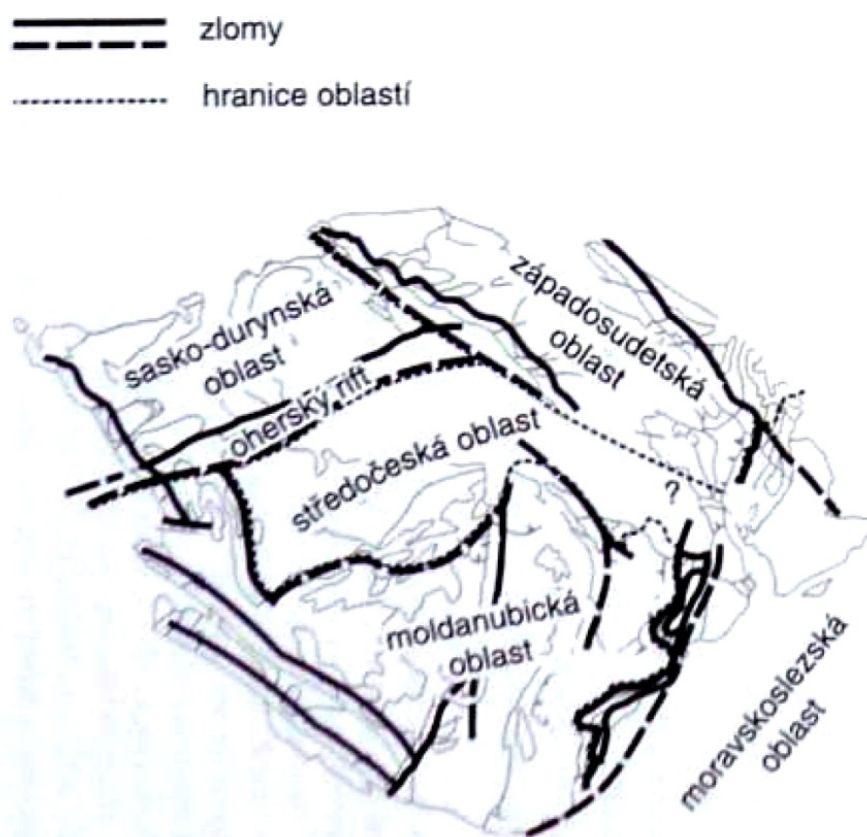
Obr.7: Schematické znázornění průchodu elektrického proudu horninovým rozhraním z vrstvy s nižší elektrickou vodivostí do vrstvy s vyšší elektrickou vodivostí. Bod refrakce je znázorněný vodorovnou přímkou s popiskem boundary. Upraveno podle Musset a Khan (2000).



Obr.8: Schematické znázornění průchodu elektrického proudu horninovým rozhraním z vrstvy s vyšší elektrickou vodivostí do vrstvy s nižší elektrickou vodivostí. Bod refrakce je znázorněný vodorovnou přímkou s popiskem boundary. Upraveno podle Musset a Khan (2000).

### 3. Geologický vývoj a charakteristika jižních Čech.

Území České republiky je z geologického hlediska tvořeno dvěma geologickými celky s odlišným vývojem – Českým masívem a Západními Karpaty. Český masív leží na zbytku rozsáhlého skalního podkladu tvořeného variským neboli hercynským horstvem, v němž jsou zpracovány i starší horniny prekambriického a paleozoického stáří. Variské horstvo představuje pozůstatek kolizního orogenu, který byl vyvrásněn při variském (hercynském) vrásnění v intervalu mezi 380-300 miliony let. Východní část České republiky je budována Západními Karpaty, nasunutými na Český masív. Český masív se dělí na pět oblastí. Je to část moldanubická, středočeská, sasko-durynská, lužická a moravskoslezská. Tyto jednotky prošly silnou metamorfózou a jsou prostoupeny tělesy vyvěřelých hornin - granitoidů (Chábera, 1985; Chlupáč, 2002). Oblasti Českého masívu znázorňuje obrázek č. 9.



Obr.9.: Jednotlivé oblasti Českého masívu na území České republiky. Upraveno podle Chlupáč (2002).



Rozsáhlou oblast Českého masívu, která prošla složitým geologickým vývojem, lze rozlišit v rámci geologických období (prekambrium až čtvrtohory) na krystalinikum, období starých zvrásněných sedimentů, období perm - karbonské, období českého útvaru křídového, období třetihorních pánví, období třetihorních sopečných pohoří a čtvrtohorní pokryvy (Chábera, 1985; Chlupáč, 2002).

V nejstarším období krystalinika zařazeným do doby prekambria na území Českého masívu vznikají v jižních Čechách vyvřelé a metamorfované horniny. Toto území se rozprostíralo v okrajové části kontinentu Gondwana, jež bylo zaplaveno mělkým mořem. Mezi vyvřelé horniny patří nejhojněji žuly a granodiority. Mezi metamorfované ortoruly, svory a pararuly. Tyto horniny jsou k vidění v geologickém podloží jednak na Strakonicku, ale také i na Písecku a Tábořsku. V období starých zvrásněných sedimentů dochází k intenzivnímu vrásnění podloží k tzv. prekambrickému kadomské vrásnění. Jedná se o vůbec nejstarší vrásnění na našem území. Při tomto vrásnění se jílovité částice střídají s masivními usazeninami jílovců, slepenců a drob. Během prvohor následovalo opět vrásnění, a to kaledonské a hercynské, kdy došlo k srážce dvou superkontinentů Eurameriky a Gondwany a docházelo k rozsáhlé orogenezi. Následuje období druhohor, kdy během útvaru křídového vznikly mohutné pánve. V těchto pánvích se intenzivně usazovaly sedimenty mořského či jezerního původu jako pískovce a opuky. V jižních Čechách vznikla Třeboňská a Česko-budějovická pánev, kde se hromadily sedimenty na podkladě krystalinika. Po druhohorách následovaly třetihory, ve kterých se vytvořily sopečné pohoří a pánve. Převládalo zde subtropické klima a velká biodiverzita (druhová rozmanitost). To vedlo ke vzniku dnešních ložisek rašeliny a hnědého uhlí. Český masív byl druhotně modelován vnějšími činiteli a byl rozlámán vlivem alpínského vrásnění. Na pokleslých místech zaplavených sladkou vodou vzniká jihočeská rašelina, která se dnes vyskytuje nejhojněji na Třeboňsku. Během období vzniku čtvrtohorních pokryvů se vytvořil základ dnešních jihočeských řek. Český masív byl ovlivněn dobou ledovou i meziledovou, kdy docházelo k obrušování horninového podkladu a k vzniku některých horských jezer a údolí, například Černého a Čertova jezera na Šumavě (Chábera, 1985; Chlupáč, 2002).

Jižní Čechy jsou velmi rozsáhlou oblastí, která prošla složitými geologickými a geomorfologickými pochody a zahrnuje celkem 10 056 km<sup>2</sup>. Z hlediska správního členění zahrnuje celkem 7 oblastí (Českobudějovicko, Písecko, Strakonicko, Tábořsko, Jindřichohradecko, Českokrumlovsko a Prachaticko). Každá oblast jižních Čech se liší geologickou stavbou, geomorfologickým vzhledem a mineralogií. Základní poznatky

o geologické stavbě jižních Čech byly shromážděny v polovině 19. století pracovníky říšského geologického ústavu ve Vídni J. Jokélym, V. V. Zepharovichem, D. Štírem a dalšími (Chábera, 1985).

Z regionálně-geologického hlediska jsou jižní Čechy situovány na území moldanubika (vltavsko - dunajská oblast), které jsou základní stavební součástí jihozápadní a jižní části Českého masívu (Welser, 2007). Moldanubikum tvoří skalní podklad území jižních Čech a je součástí pásma evropských variscid. Je z větší části budováno silně metamorfovanými horninami prekambriického a paleozoického stáří, které jsou prostoupeny variskými intruzemi hlubinných magmatitů, které tvoří v severní oblasti moldanubika těleso středočeského plutonického komplexu. To je budováno vyvřelými horninami, jako je durbachit a červenský, blatenský a kozárovický granit (Cícha, 2005). Stáří moldanubika se odhadovalo v 60. letech na staro - proterozoické či archaické, dnes se již odhaduje na 1900 mil. let (Chábera, 1985).

Moldanubická oblast jižních Čech je členěna na tři jednotky: jednotvárnou skupinu (ostronskou jednotku), pestrou skupinu (drosendorfskou jednotku) a gřohlskou jednotku. Tyto jednotky se od sebe liší geologickou stavbou, vývojem a především svým horninovým složením. Jednotky jsou znázorněny na obrázku č. 10.

### **Jednotvárná skupina**

Vznikala poly-metamorfózou mořských jílovitých břidlic s drobovou příměsí (Chábera, 1985). Horniny jednotvárné skupiny tvoří převážnou část jihočeského moldanubika (Welser, 2007). Je složena převážně z plagioklasových biotitických a silimanit-biotitických pararul, místy jsou hojné migmatity s cordieritem, pararuly jsou občas doprovázeny amfibolity a vzácně eklogity (Cícha, 2005). Metamorfóza hornin probíhala za středních a nízkých tlaků (Welser, 2007).

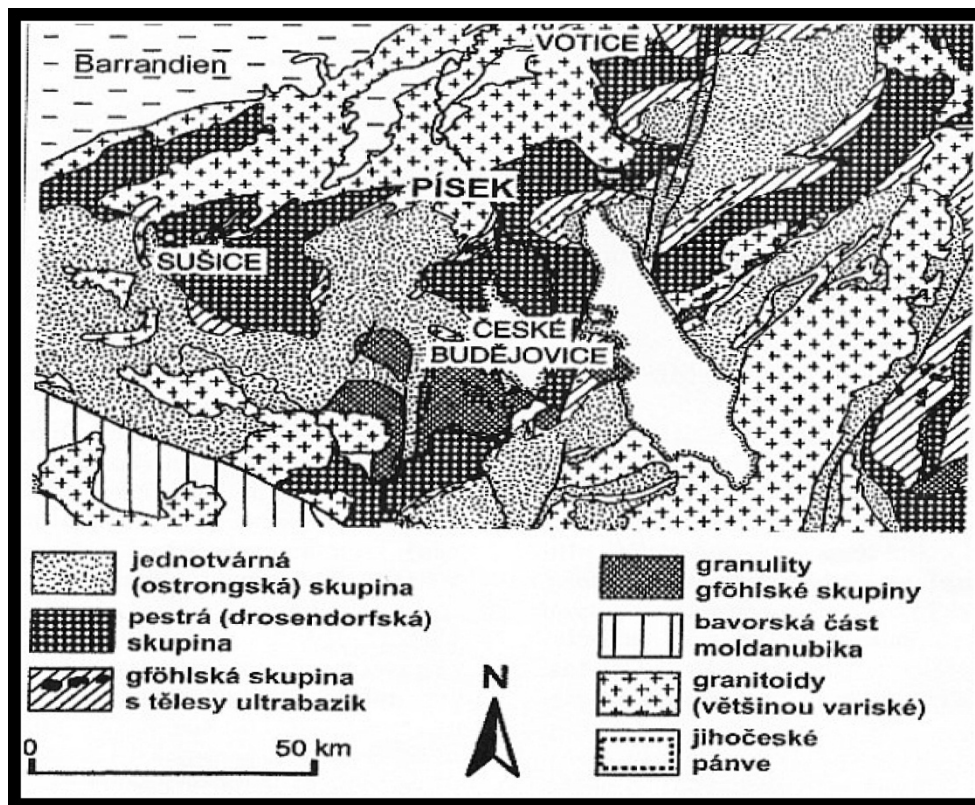
### **Pestrá skupina**

Je složena ze dvou jednotek. První je jednotka sušicko-votická (pruh, který lze sledovat od Sušice přes Strakonice – Písek – Milevsko – Tábor) a druhá je jednotka českokrumlovská (pruh, který lze sledovat od Horní Plané přes Český Krumlov – Rudolfov – Nový Rychnov až k Jihlavě). Je tvořena biotitickými, muskoviticko-biotitickými, silimaniticko-biotitickými i cordieriticko-biotitickými pararulami a migmatity s hojnými vložkami amfibolitů, kvarcitů, erlanů, skarnů a grafitických hornin (Chábera 1985). Jednotky

se od sebe liší zastoupením různých typů hornin, např. v jednotce sušicko-votické jsou zastoupeny krystalické vápence. V jednotce krumlovské se nejčastěji vyskytují granulity, které jsou nejvýznačnější horninou jižních Čech. Tato oblast je také charakteristická výstupem přeměněných ultrabazických hornin – serpentinizovaných peridotitů – hadců, nedaleko hory Klet’.

### Gföhlská jednotka

Obsahuje především granulity a migmatity, místy sdružené s amfibolity, serpentinity a eklogity (Cícha, 2005). Sdružená bývají i menší tělesa hadců (Chlupáč, 2002). Granulity gföhlské skupiny se vyskytují nejhojněji JZ od Českých Budějovic.



Obr.10.: Zjednodušená geologická mapa moldanubika na území jižních Čech. Upraveno podle Chlupáč (2002).

Horninový podklad Českého masívu na území jižních Čech prošel v geologickém vývoji rozsáhlými tektonickými poruchami. Významný zlomový systém, táhnoucí se z východní části Prahy přes Tábor, České Budějovice až do Rakouska, se nazývá blanická brázda. Její charakter je rázu příkopové propadliny. Je vyplněna z větší části permo-

karbonskými sedimenty s rozsáhlým zrudněním a její délka je v rozmezí 200 m. K vyplnění sedimenty došlo díky poklesu území a následným zatopením. Dnes na tomto území leží Českobudějovická a Třeboňská pánev (Chábera, 1985; Welser, 2007).

## 4. Charakteristika zlata.

Zlato je sytě žlutý měkký kov, který je velmi odolný a za běžných podmínek se nemění, tudíž je to velmi stabilní kov. Jeho latinský název je Aurum (Au), řadí se mezi chemické prvky vzácných těžkých kovů a nalézá se v periodické tabulce prvků na sedmdesátém-devátém místě. Je to velmi tažný a kujný kov a díky této vlastnosti z něj lze vytepat folie o síle pouze deseti-tisícin milimetru, které se často využívají k restaurování a pozlacování památek. Z fyzikálně chemického hlediska se jedná o velmi těžký kov, jehož měrná hmotnost dosahuje  $19,33 \text{ kg/dm}^3$ , čímž je 2,5 krát těžší než železo a až 15 - 20 krát těžší než křemen a okolní sedimenty, ve kterých se často vyskytuje (Struž a Studýnka, 2005).

Tvrдость zlata se pohybuje v rozmezí 2,5 – 3, teplota tání dosahuje  $1063 \text{ }^\circ\text{C}$ . Pokud zlato ještě více zahřejeme na teplotu až  $2600 \text{ }^\circ\text{C}$ , tak vře a začíná se postupně měnit v páru. Takovéto teplotě všeobecně říkáme jako teplota bodu varu zlata. Z chemického hlediska řadíme zlato mezi prvky ze skupiny mědi (Cu, Ag, Au, aj.), které mají velmi podobnou vnitřní strukturu. Zlato je nejodolnějším prvkem z této skupiny, nerozkládá se a není rozpustné v žádných chemických sloučeninách mimo lučavku královskou. Lučavka královská je směs koncertované kyseliny dusičné a chlorovodíkové v objemovém poměru 1:3. Prvky ze skupiny mědi mají ve své struktuře specifické uspořádání atomů. Jedná se o uskupení atomů ve strukturní mřížce v krychlové souměrnosti, kde každému atomu přiléhá 12 atomů sousedních. Výsledkem je krychlové atomové uspořádání o velikosti hrany krychle  $4,0783 \text{ \AA}$  (Ångström). Velikost poloměru atomu zlata se udává  $1,44 \text{ \AA}$ , což znamená  $1,44$  deseti-miliontin milimetru. (Machart a Kudrnáč, 1971; Pleskotová, 1983).

V přírodě se zlato nejčastěji vyskytuje ve tvaru amorfních zrníček, plíšků, drátků nebo hutnějších valounů. Vzácněji se zlato vyskytuje ve formě krystalické. Tyto formy se vyskytují buď v primárních ložiscích, jako jsou např. křemenné žíly nebo jako druhotné výskyty v sedimentárních ložiscích. Typické krystalické ukázky jsou v kostrovitých, oktaedrických nebo rombo-dodekaedrických tvarech. Lom zlata je hákovitý a štěpnost nemá žádnou. Pokud do zlata uděláme silný vryp, tak jeho barva je charakteristicky zlatožlutá. Tento kov má silný

lesk a co se týče vodivosti, tak je to druhý nejvodivější kov po stříbře (Pleskotová, 1983; Struž a Studýnka, 2005).

Zlato se v přírodě vyskytuje v několika formách. Často se vyskytuje ve formě slitin s jinými kovy, nejčastěji jako stříbro, měď nebo platina. Obsah zlata ve slitinách je udáván v tisícinách ( $1000/1000 =$  ryzí zlato). Často se užívá označení čistoty zlata v karátech. Slovo karát pochází z váhové jednotky semene rohovníku obecného vyskytující se v Africe, Asii či jižní Evropě. Plody nazývané jako svatojánský chléb obsahují semena, jejichž váha je naprosto identická (0,195g). Díky této vlastnosti se semena stala základem pro vážení zlata, cenných drahokamů či perel. "Ryzí zlato" má zpravidla 24 karátů. Pro šperkařské účely se nejčastěji využívá zlato o ryzosti okolo 585 - 600/1000, což je čtrnácti-karátové zlato (Fröhlich, 2006). Výroba šperků z více karátového zlata 18 - 22 karátů se provádí pouze na speciální objednávky. Absolutně ryzí zlato (1000/1000) se v přírodě prakticky nevyskytuje. I to nejryzejší zlato obsahuje alespoň jednu tisícinu příměsi nějakého kovu. Ryzí zlato není vhodné pro šperkařské účely, protože je velmi měkké a často se k tvorbě zlatých předmětů přidávají kovy, které zabezpečují vyšší pevnost a tvrdost zlaté slitiny. Tímto je slitina více odolná a také zásadně mění svoji barvu. Nejčastěji se používají v průmyslu slitiny s obsahem mědi, niklu, stříbra, paládia a dalších kovů. S těmito slitinami se setkáváme pod komerčním názvem bílé zlato a další (Pleskotová, 1983; Struž a Studýnka, 2005).

Nejčastěji se zlato vyskytuje jako směs několika více těžkých vzácných kovů. Ve většině případech se jedná o příměs stříbra. Pokud přesáhne koncentrace stříbra ve zlatě 20 %, dochází ke vzniku sloučeniny, jež se nazývá elektrum. Železo, měď, telur, selen a platinové prvky mohou být rovněž přítomny ve zlatě. Zlato může být také příměsí několika minerálů. Často je ukotveno v minerálech sulfidu (například pyrit, galenit, chalkopyrit, arzenopyrit, sfalerit) nebo minerály zlata, jako je například aurostilbit a teluridy zlata (Machart, 1971).

#### 4.1. Význam zlata.

Zlato bylo využíváno po několik tisíciletí jako drahý a ozdobný kov, který byl symbolem bohatství panovníků a království. Zlaté mince, šperky a zlaté předměty byly součástí různých kultur již před našim letopočtem. Nejstarší zmínky dochovaných předmětů spadají až do období 4000 - 3000 před našim letopočtem. Jednalo se o různé mince, pohřební sošky a různé dekorativní vzácné exempláře vyhotovené ve starém Egyptě, Číně a jiných

zemích. Často se také zlato používalo jako ozdobný materiál na pozlacení různých předmětů, soch či k dekoraci interiérů egyptských chrámů a krypt. Od dob starověkých do současnosti se zlato využívá i v mincovnictví. První zlaté mince pocházejí z Malé Asie známé jako statéry z Lýdie, které pocházejí z doby 640 př. n. l. Nejedná se pouze o čisté zlato, ale o směs zlata se stříbrem. V našich zemích se dochovaly nejstarší zlaté keltské mince známé jako tzv. duhovky pocházející z doby od 3. do 1. století př. n. l. V dobách středověkých bylo raženo nespočet mincí, které sloužily jako velmi cenné platidlo, například zlaté dukáty či zlaté pražské groše (Coyone, 2010; Waldhauser, 2002).

Zlato výrazně ovlivnilo několik kultur a zvyků různých národů. Je to symbol bohatství a vysokého postavení kultur. Slovo zlato bylo používáno v různých jazycích jako synonymum pro význam něčeho krásného. Typickým příkladem může být slovo "zlaté ruce" či dnes velmi využívané slovo "zlatíčko", jež se dnes stále často v češtině používá. Význam slova zlata se objevuje v různých rčeních a jménech, jako je např. jméno Zlata. Ve středověku a v dobách novověku bylo nazýváno plno lokalit podle tohoto vzácného kovu. Tato místa byla většinou v oblastech, kde bylo zlato opravdu těženo a daná oblast si dodnes dochovala v mapách název po zlatě. Jedná se zejména o názvy vesnic, potoků, údolí, propadlin či rýžovišť. Typickým příkladem je Zlatý potok, který pramení na Šumavě a vlévá se u Čichtic do Blanice. Připomíná se již roku 1317, kde docházelo k intenzivnímu rýžování zlata na několika pasážích tohoto potoka. Protéká rozsáhlým údolím mezi Frantoly a Vitějovicemi, které se nazývá Zlaté údolí. Zlatých potoků je v České republice nespočet. Podle sejpů, což jsou pozůstatky po rýžování zlata, bylo nazváno plno míst, které nesou v mapách název "V Jámách". Sejpy jsou pozůstatky přerýžovaného materiálu po rozsáhlé rýžovací činnosti poblíž vodních toků. Typickým příkladem jsou názvy rýžovišť jako "Jámy" dohledatelné v mapách u Těšínova a Mondlešovic a dalších oblastí. S rozsáhlou hornickou těžbou souvisí plno názvů kopců, pahorkatin nebo vlastních štol. Příkladem může být velice známý Zlatý vrch u Ražic na Písecku a Zlatá hora u Kocelovic na Blatensku, kde se intenzivně dolovala zlatá ruda v dřívějších dobách. I samotné šachty ve zlatodolech byly nazývány podle zlata, jako je např. šachta "Zlatá", která je součástí rozlehlých zlatodolů "Havírky" u Semic nedaleko Písku (Fröhlich, 2006).

Dnes se zlato používá jako cenná investice ve formě pamětních mincí, zlatých cihel nebo různých zlatých plíšků o specifické váze. Typickým příkladem je Trojská unce investičního zlata včetně certifikátu o ryzosti. Tato unce váží přesně 31,1035 g. Zlato je velice často využíváno v elektronickém průmyslu. Používá se do počítačů, mobilních telefonů

a moderních elektronických součástek kvůli své dobré vodivosti. Hned po stříbře má nejlepší vodivost a má mnoho dalších pozitivních vlastností, které jsou vhodné pro správný a rychlý chod elektronických přístrojů. V elektronických přístrojích slouží zlato jako katoda, zejména v elektrolytu. Množství zlata v těchto součástkách je velmi malé. Většinou se jedná o slabé vrstvičky o váze v desetinách až setinách gramů na jeden přístroj (Struž a Studýnka, 2005).

Široké využití zlata je též v chemickém průmyslu a ve stavebnictví. Jedná se o kovové sloučeniny se zlatem, které jsou využívány ve stavebnictví jako reflexní sklo. Tato skla s obsahem zlata mají schopnost silně odrážet ultrafialové a infračervené záření. Díky této schopnosti dochází k tvorbě tepla v budovách či různých zařízeních. To je dáno díky vysoké kujnosti zlata, kdy z jednoho gramu zlata lze vytepat folii o rozměru až  $1 \text{ m}^2$ , jež je schopna silného odrazu (Struž a Studýnka, 2005).

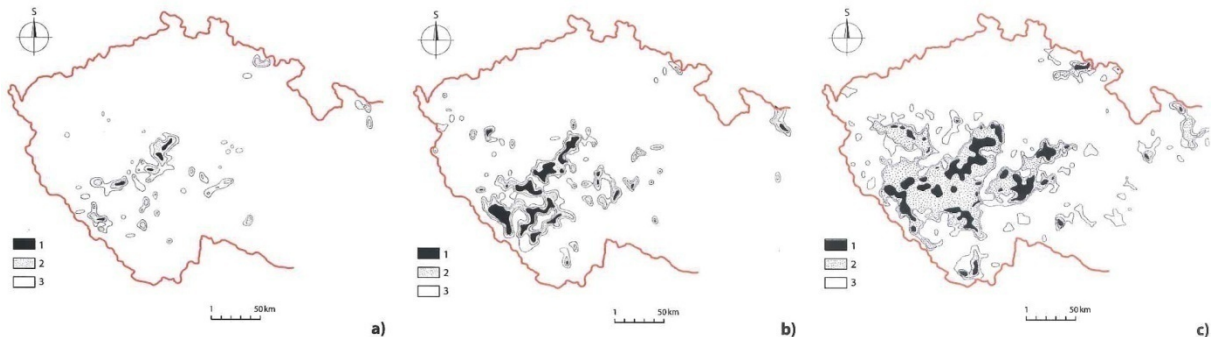
Pestré využití je také v letectví, astronomii a tvorbě různých barev pro umělecký průmysl. Široký význam je v medicíně a v zubním lékařství, kde se používají zlaté implantáty, které jsou vkládány do těla. Tyto implantáty jsou dobře snášeny lidským organismem. Jejich použití je v plastické chirurgii, která aplikuje sloučeniny zlata do zpevnění obličejových částí pomocí zlatých drátků. V další řadě se zlato dává do kosmetických přípravků. Tyto přípravky se aplikují na vlastní povrch kůže a tento komplex má příznivý vliv na pokožku. V zubním lékařství je zlato využíváno při výrobě zubních můstků nebo různých zubních protéz. To má však za následek spíše estetickou funkci, která dnes již není tolik preferována (Coyone, 2010; Struž a Studýnka, 2005).

V poslední řadě se zlato používá i při barvení skla. Aplikuje se pouze malá příměs zlata v řadách 0,001%, což vede k rubínově červenému zbarvení (Coyone, 2010).

## 4.2. Ložiska zlata a geologické poměry.

Zlato se v přírodě vyskytuje jako součást primárních a sekundárních ložisek. V primární podobě se zlato vyskytuje jako součást zlatorudných hydrotermálních křemenných žil v asociaci s pyritem, arzenopyritem a dalšími rudními minerály. Vznik zlatorudných žil je předpokládán z dob před kambriem, kdy docházelo ke kadomské a kaledonské orogenezi a rozsáhlému vrásnění. V sekundární podobě se vyskytuje jako součást sedimentů (písky, štěrky, terasy) řek, potoků či náplav, jež jsou součástí bývalých a současných řek jižních

Čech. V následujících odstavcích je detailně pojednáno o vzniku, charakteru a všeobecných charakteristikách primárních a sekundárních ložisek zlata. Na obrázku č. 11 jsou znázorněny četnosti výskytů zlata na našem území.



*Obr.11.: Detailní mapa kvantitativního zastoupení zlata v Českém masívu. Upraveno podle Morávek et al. (1992).*

#### 4.2.1. Primární ložiska zlata v jižních Čechách.

V přírodě jsou primární koncentrace zlata nejčastěji vázány na zlatorudné křemenné žíly. Před vznikem vlastních zlatorudných žil muselo nejprve dojít ke koncentraci zlata, většinou se tak dělo v labilních zónách zemské kůry, které byly často postiženy horotvornými procesy. Při těchto dějích dochází v několika-kilometrových hloubkách zemské kůry k akumulaci žhavého a polotekutého magmatu. To obsahuje neutrální či kyselé roztoky a v jejich zbytkových částech dochází ke koncentraci zlata z důvodu jeho fyzikálně-chemických vlastností. Roztoky se pohybují horninovým prostředím a dostávají se do trhlin (tektonických poruch), kde se zlato společně s křemenem a siřičovými minerály akumuluje. Křemenné žíly s obsahem těžkých kovů jsou v přírodě dvojího typu. Dle hloubky utuhnutí je můžeme rozdělit na hlubinné a povrchové. Plutonické, neboli hlubinné, vznikaly velmi hluboko pod zemským povrchem. Kudrnáč (1971) uvádí výskyt těchto žil v několika kilometrové hloubce. Během vzniku těchto žil dosahuje teplota roztoků 300 - 700 °C. V literatuře bývají nazývány jako katatermální (vysokoteplotní) roztoky. Mocnost žil se pohybuje v rozmezí několika centimetrů až decimetrů a délka může dosahovat několik stovek metrů až kilometrů. Příkladem je český křemenný val. Na druhé straně existují povrchové žíly vznikající v hloubkách pár stovek metrů pod zemským povrchem o teplotě 100 - 200 °C, které



se nazývají epitermální. V jižních Čechách se nejčastěji vyskytují křemenné žíly hlubinného charakteru, jež jsou vázány na granitické horniny.

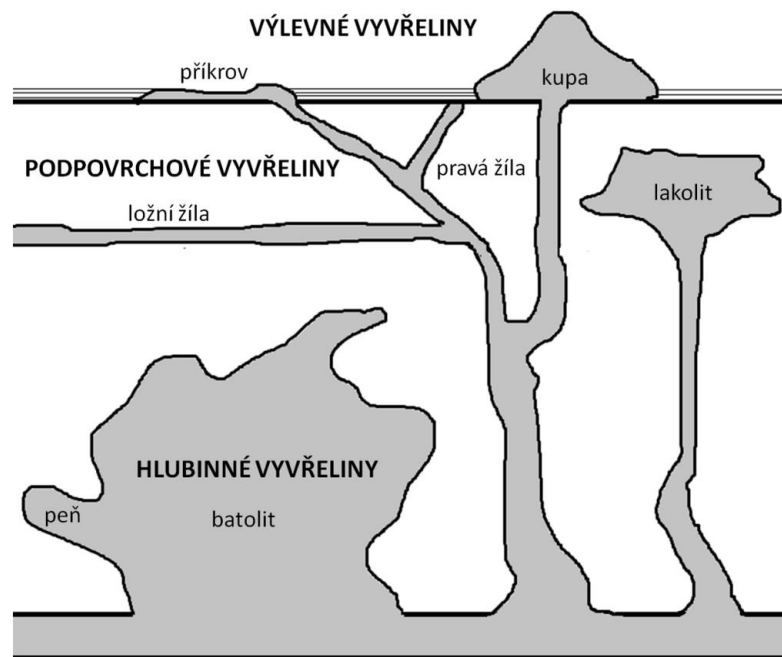
Dále se zlato v jižních Čechách vyskytuje jako součást stříbrnosných rudných žil s olověno-zinkovým či měďnato-olověno-zinkovým zrudněním, které je spjato s hlubinnými vyvřelinami středočeského a moldanubického plutonu variského stáří. Pokud jsou tyto žíly obohaceny více rudními minerály, tak se nazývají jako polymetalické žíly se zlatem. Ty však mají podřadné množství zlata ve srovnání s čistě zlatorudnými křemennými hlubinnými žilami. Nejčastěji se jedná o křemen-karbonátové žíly s rudními minerály jako je galenit, sfalerit a chalkopyrit (Kudrnáč, 1971; Machart, 1971).

Zlatorudné křemenné žíly se vyskytují v jižních Čechách v roji podkovovitého tvaru, přičemž dvě ramena se rozprostírají na severu a jihu území a sbíhají se na východě území. Severní křemenná žíla sleduje zlatorudnou oblast u Kasejovic, nazývanou jako kasejovicko-bělčická zlatorudná oblast, která je detailně popsána níže. Střed podkovy nám charakterizuje oblast Písecka, kde jsou křemenné žíly se zlatem vázány na jižní okraj středočeského plutonu. Zlatorudná oblast Písecka, která se táhne směrem k Protivínu a Albrechticím se nazývá "Písecký rudní revír". Místní žíly tohoto rudního revíru jsou vázány na granitizační pochody, při kterých vznikaly žuly a žuloruly podolského komplexu. Poslední, jižní rameno podkovovité části centrální zlatorudné žíly, se rozprostírá v oblasti v okolí Volyně, Kašperských hor a přilehlých oblastí. Tato zlatorudná oblast se nazývá "Hartmanicko-kašperskohorský" a "Velharticko-matkobožský" rudní revír. Žíly tohoto revíru jsou geneticky vázány na moldanubický pluton a prášilský masív.

Centrální žíly jihočeské oblasti jsou zastoupeny silným rojem hydrotermálních žil se zlatem. Na území Písecka tvoří hydrotermální žíly nepravidelné a málo mocné útvary v horninovém podloží. Jejich délka a mocnost se pohybuje v rozmezí od prvních centimetrů až po několik metrů. Tyto žíly jsou sledovány do hloubky několika desítek metrů a tvoří je bílý a šedý křemen, ve kterém se zlato vyskytuje zpravidla o koncentraci do 5g/1t (Kudrnáč, 1971; Machart, 1971).

V jižních Čechách v Pootaví nalezneme tři typy primárních zlatorudných žil. Jedná se o ložiska žilného typu, žilníkového typu a křemenné žíly se stratiformním scheelitovým zrudněním. První typ je na území Pootaví nejčastější a představuje žíly, jež vyplňují tektonické poruchy vzniklé vysrážením rudonosných plynů a jejich následným utužením. Tyto žíly mohou dosahovat několika metrů a Morávek (1992) uvádí délku až několik

kilometrů. Ložiska žilnickového typu představují na území Pootaví spletitou síť několika málo mocných žilek (délka do 10 m). Tyto malé žilky vyplňují trhliny, tektonické poruchy a jsou nejčastějším typem žil v Píseckých horách, o kterých je v této práci pojednáno. Třetím typem jsou křemenné žíly se stratiformním scheelitovým zrudněním. Tyto žíly tvoří rozsáhlé ložní či pravé žíly obsahující navíc minerál scheelit. Křemenné žíly s asociací scheelitu můžeme lokalizovat na Šumavě v oblasti zlatorudné Kašpersko-horské. Vznik pravé a ložní křemenné žíly se zlatem je znázorněn na obrázku č. 12.



Obr.12: Znárodnění vertikálního řezu horninového prostředí obsahující magmatické horniny s uložením horizontální ložní a vertikální pravé žíly. Upraveno podle Pavlů (2018).

#### 4.2.2. Sekundární ložiska zlata a rýžoviště v jižních Čechách.

Sekundární výskyty zlata v přírodě označujeme jako druhotné a označují se tak akumulace zlata na místech mimo jejich primární původ nebo vzácně i v místě jejich původu. K jejich vzniku dochází tak, že primární křemenné žíly obsahující zlatou rudu jsou narušeny vnějšími faktory (denudačními pochody), díky nimž se a odolné nerosty transportují na nová místa pomocí vodních toků a gravitace. Mezi denudační pochody patří nejčastěji vodní a větrná eroze, mráz, kolísání teplot a další přirozené vnější faktory. Po následných denudačních pochodech dochází k transportu materiálu a k jeho následné sedimentaci, během

kteře vznikají usazeniny řůzného charakteru s výskytem sekundárních akumulací zlata (Machart, 1971; Litochleb a kol., 2007).

V druhotných ložiscích se zlato vyskytuje nejčastěji ve formě velmi malých až mikroskopických plíšků, drátků, zrněk a vzácně valounek a nuggetů o rozměrech několika málo prvních centimetrů. Typické nuggety zlata z řeky Otavy jsou na obrázku č. 70, 73, 74 a 75 v příloze. Takové veliké nuggety byly nalezeny v letech 2018/20 pomocí detektoru kovu v oblasti Vodňanska. Mají velikost do 3,4 cm, největší hmotnost 15,4 g a nyní jsou uloženy v Prácheňském muzeu v Písku. Údajně byly nalezeny i větší exempláře zlata, avšak jsou uloženy v soukromých sbírkách a nelze je detailněji prostudovat. Vůbec největší nalezený a zdokumentovaný nugget z jižních Čech v asociaci s křemenem váží 53,3 g a byl nalezený u Písku. Je na obrázku č. 71 v příloze a dnes je součástí expozic Prácheňského muzea v Písku (Cícha, 2019; Machart, 1971).

Je třeba neopomenout tzv. druhotné cementační zlato. To vzniká působením roztoku síranu železitého s volným kyslíkem nebo řůznými huminovými kyselinami na výchozech křemenných žil se zlatem. Tyto roztoky převádějí zlato z křemenných žil do koloidního stavu, kdy je tento drahý kov uvolněn do podzemní vody, kde se akumuluje u hladiny a vzniká cementační zlato, které se následně usadí v horninovém podkladu. Dochází k obohacení řůzných žil tímto zlatem a poté mají křemenné žíly několika násobně vyšší koncentraci zlata, než žíly původní. Charakteristikou tohoto zlata je jeho vysoká čistota. V jižních Čechách jsou druhotná ložiska zlata velmi hojná. Během čtvrtohor v oblasti Českobudějovické pánve docházelo k výraznému mrazovému a vodnímu zvětrávání primárních hornin, vznikaly terasy sedimentů charakterizované písiky, jíly, šterkopísky a řůznými slepenci s konkréci. Zachované terasy se v dnešní době většinou nalézají nad říčními toky v důsledku jejich zahlubování. Otava, Blanice a Volyňka jsou důležitými toky, kde došlo k usazení nivních sedimentů (před 10 000 lety) se zlatem, jež byly v dalších dobách překryty až 3 metry mocnými sedimenty mající charakter povodňových hlín. Zlato je 10-15 krát těžší než okolní sedimenty a tudíž docházelo k jeho usazení do hlubších vrstev až k primárnímu podloží. Menší zlaté valounky se běžně pohybovaly po spádu řek a opětovně byly usazeny a narušeny a tento celý koloběh trval bezmála přes jeden milion let od počátku čtvrtohor (Machart a Kudrnáč, 1971).

Hlavní zlatonosnou řekou je v jižních Čechách řeka Otava pramenící na Šumavě. Název řeky Otavy pochází již z období Keltů. Keltové jí nazývali jako At awa, což znamená

bohatá řeka. Horní toky této řeky jsou charakteristické ostrohrannými čtvrtohorními sedimenty. Jemná zrnka a písek se v těchto horních tocích natolik nevyskytují, a to díky intenzivnímu odnášení lehkých jemných částic do míst dolních toků řek. Hrubé zvětraliny se uvolňovaly díky mrazové erozi, kdy došlo k prasknutí horninových výchozů a jejich postupným uvolňováním a přesunem do nižších nadmořských výšek. Mezi Čenkovou pilou a Dlouhou vsí na horním toku řeky Otavy dochází k rozšiřování tohoto vodního toku a slabne proud řeky. Zde již začínají sedimentovat jemné částice díky slabému toku řeky. Dochází k akumulaci štěrkopísků mající složení nejčastěji z křemene a těžkých kovů a minerálů jako je zlato, ilmenit, rutil, granát, sillimanit a mnoho dalších. Nejbohatší partie náplav řeky Otavy jsou v jejím středním toku v oblasti Horažďovicka. Zde se řeka zahlubuje do několik km širokého údolí severozápadního výběžku Budějovické pánve, jež je tvořeno sedimentárními štěrkopískami. Z této oblasti jsou známy nálezy zlatinek o velikosti až okolo 1 centimetru (viz obrázek č. 71 v příloze). Ty byly vyrýžovány v okolí Žichovic a pod hradem Prácheň u Horažďovic. Dolní tok Otavy je charakteristický nízkým spádem a rozsáhlou sedimentací omletých štěrkopísků a bahnitých sedimentů. To můžeme pozorovat v okolí Písku a Strakonice, kde se navíc řeka zahlubuje do terénu a tvoří různá údolí pod původními říčními terasami v oblasti meandrů. Dnes obsahuje otavský štěrkopísek průměrně 0,2 g zlata na 1 m<sup>3</sup>. V bohatších partiích se může obsah pohybovat i okolo 0,6 - 1 g zlata na 1 m<sup>3</sup>. Otavské zlato bylo rýžováno již za dob Keltů po celé délce řeky Otavy. Dokládají to zachovalé sejpy v blízkosti řeky. Sejpy jsou hromady přerýžovaných sedimentů mající velikost až několik metrů. Dnes jsou tyto sejpy často pokryty vegetací a tvoří rozmanitě členěný terén. Kromě řeky Otavy jsou zlatonosné i její přítoky řeky Volyňky, Blanice, Skalice, Ostružné, Lomnice a také plno potoků, které protékají zlatorudnými oblastmi a odnášejí zlatou rudu do hlavního toku řeky Otavy (Červený, 2012; Machart a Kudrnáč, 1971).

#### 4.3. Historické techniky dobývání zlaté rudy.

První zmínky o získávání zlata a jeho následné úpravě pocházejí ze starého Egypta před šesti tisíci lety. Veliký rozmach výroby zlatých předmětů byl za dob faraona Thutmose II. a Sethose, jež vládli před rokem 1500 př. Kr. v oblasti Egypta. Zde bylo zlato získáváno pomocí rýžování ze zlatonosného písku z povodí Bílého a Modrého Nilu a později došlo k vlastní těžbě z křemenných žil. Údajně se za vlády Thutmose II. vyrýžovalo až 48 t zlata za rok (Machart a Kudrnáč, 1971).

V Evropě se první zmínky o získávání zlaté rudy objevují v období přechodu mezi dobou kamennou a bronzovou, což dokládají archeologické nálezy. Jedná se o období neolitu zhruba před 4000 lety, kdy bylo zlato získáváno ze štěrkopísku zdejších zlatonosných řek pomocí ručního jednoduchého nářadí (Machart a Kudrnáč, 1971).

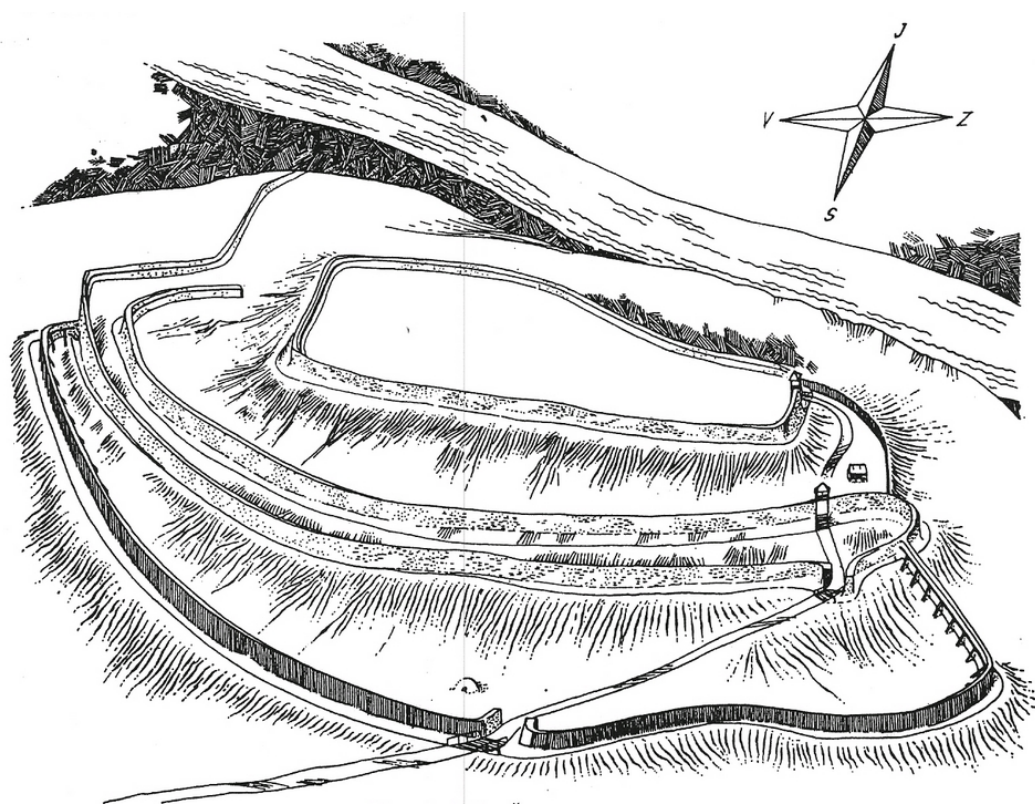
Doba bronzová byla na našem území velmi proslulá rýžováním a následnou úpravou zlaté rudy, a proto dnes můžeme studovat veliký počet nalezených historických exemplářů pocházející z této doby. Zajímavý nález byl učiněn u Těšínova u Písku, kde došlo k prvnímu tavení zlata u nás. O této skutečnosti pojednává B. Dubský (1949) při nálezu hliněných ukončení měchů, pomocí kterých se vháněl vzduch do pícek, kde docházelo k tavbě zlata a jeho následné odlití do specifických tvarů. Dokládají to i zdejší nálezy milodarů z blízkých mohyl od Těšínova. Zdejší zlato bylo získáváno povrchově pomocí rýžovacích technik a později došlo nad obcí Těšínov k vlastní těžbě zlata "Na Kometě" (Machart a Kudrnáč, 1971; Dubský, 1979). V době bronzové se na území Čech získávalo zlato z naplavených sedimentů a vlastní těžba zlatorudných žil ještě nebyla realizována nebo alespoň o ní nejsou dochované zmínky. Těžba zlata v mladší době bronzové však byla realizována v Evropě v jihovýchodním Bulharsku na hoře Ada Tepe, kde se těžilo zlato z primárních ložisek. Jednalo se většinou o povrchovou těžbu křemenných žil se zlatem a v menší míře o těžbu hlubinou. Vytěžený materiál byl rozdrcen a roztírán na kamenných podložkách (Popova kol., 2011).

Po době bronzové následovala doba železná charakteristická příchodem Keltů, se kterou se setkáváme pod názvem doba laténská (kolem 5. stol. př. n. l.). Keltové byly hlavními těžaři zlata, ze kterého vyráběli šperky, mince a drahé exempláře sloužící k různým rituálům. Keltské mince zvané duhovky měli rozměr až 2 cm a byly v té době významným platidlem. V době laténské se již setkáváme i s vlastní primární těžbou zlata i na našem území, a to v areálu keltského oppida Závist (Drda a kol., 1997). Významné keltské těžebny byly lokalizované v době laténské v Galii ve střední Francii v kraji Limousin a například také v oblasti Noricu v Rakousku. Zde docházelo k následné úpravě vytěženého materiálu. Materiál se nejprve rozdrtil v ručních rotačních mlýnech, jež pracovaly na obdobném principu jako mlýny na obilí. Hornina se zlatem se rozdrtila pomocí mlýnských kamenů a následně byla Kelty přerýžována k separaci zlata (Cauuet, 1994).

Keltové byli na našem území velcí rýžovníci zlata. Dokládají to nálezy povrchových úpraven, sejpů a jam, kde byly nalezeny střepy keltských nádob a pozůstatků po rýžování. Vůbec největší povrchovou těžební úpravnu zlata našel písecký archeolog B. Dubský v roce

1940 u obce Mondlešovice u Strakonice. Výsledky tohoto výzkumu publikoval až v roce 1949 v publikaci *Pravěk jižních Čech*. Zde popsal jámu, kde docházelo za dob Keltů k rýžování zlata o rozměrech 26 x 9,6 m. Hloubka činila necelé dva metry. Při archeologickém výzkumu zde bylo nalezeno nespočet střepů keramik, náramků z doby laténské a pozůstatky dřevěných prken, které sloužily jako rýžovnický žlab a mnoho dalších exemplářů. K zachycování zlatinek mohlo docházet pomocí ovčí kožešiny, se kterou se pojí název zlaté rouno (Dubský, 1949; Machart a Kudrnáč, 1971).

Keltská kultura na našem území zanikala po příchodu Germánů kolem prvního století př. n. let., kteří narušili veškeré obchody a tradice získávání či technik úprav zlata. Po jejich příchodu dochází k úpadku dobývání zlata a jižní Čechy byly zřídka osídleny. Kolem 5-6. století se na našem území usídlili Slované. Slované zakládali rozsáhlá hradiště kolem vodních toků, kde v jejich blízkosti získávali zlato pomocí rýžovacích technik. Velmi proslulým slovanským hradištěm je vrch Kněží hora u Katovic. Rekonstrukce tohoto hradiště je na obrázku č. 13. Po nalezení zdrojů zlata došlo nejprve ke vzniku rýžovnických osad a následně i měst, jako je Písek a Sušice. Působení Keltů se v jižních Čechách odhaduje až zhruba do druhé poloviny prvního tisíciletí našeho letopočtu (Fröhlich, 1997; Machart a Kudrnáč, 1971).



*Obr.13: Rekonstrukce slovanského hradiště na Kněží hoře u Katovic. Převzato z internetového zdroje: ([www.palba.cz/forumfoto/displayimage.php?pid=16155&fullsize=1](http://www.palba.cz/forumfoto/displayimage.php?pid=16155&fullsize=1)).*

Největší rozmach získávání zlaté rudy v jižních Čechách nastal v období středověku, kdy vznikaly na Písecku první zlatodoly a docházelo k rýžování zlata pomocí splavů a rýžovnických pánví ve velkém měřítku. Vznikaly podpovrchové šachty a podzemní komplexy, kde se těžily zlatonosné křemenné žíly. S těžbou vznikalo i plno zlatorudných mlýnů a různých úpraven, které stály na řece Otavě. Zlato bylo v té době cenným prostředkem obchodu a bohatství každého království. Za zmínku stojí rozsáhlé zlatodoly "Na Kometě", kde byl zároveň prováděn námi uskutečněný geofyzikální průzkum a níže je o této lokalitě detailně pojednáno. V blízkém okolí vznikalo nadále nespočet dalších zlatodolů, jež jsou součástí Píseckých hor. Veliký komplex středověkých zlatodolů nalezneme i u Semic u Písku, který se jmenuje "Na Havírkách". Další veliké hlubinné těžby byly například v Kašperských horách, Jílovém u Prahy, Heřmani, Záblatí, Vodňanských Svobodných horách a mnoho dalších. Vytěžené zlato bylo dováženo do mincoven, například do Kutné hory. Středověkým zlatým platidlem byly zlaté dukáty, které sloužily jako velmi cenné platidlo. Za vlády Přemysla Otakara II. byl cenný kov nepřetržitě dobýván a díky tomu se mu také často říkalo "železný a zlatý král". Doba byla zlatou érou a o této skutečnosti se můžeme přesvědčit v zachovaných dobových písemných pramenech. Nejstarší dochovaná listina, kde je zmíněna těžba zlata pochází z České kroniky Václava Hájka. Zde je pojednáno o těžbě zlata z roku 942 u Boubína a u Čížové u Písku. O vlastní veliké těžbě je dále pojednáno v listině jihlavského báňského řádu z roku 1249. Věrohodný důkaz o těžbě pojednávají královské listiny, které se zmiňují o zlatodolech od Písku, což můžeme předpokládat, že se jedná o zlatodoly Na Kometě a v Havírkách u Písku. Kromě hlubinné těžby byla velmi intenzivní těžba sedimentů ve formě říčních naplavenin a teras, odkud bylo zlato získáváno rýžovnickými v Pootaví a dalších oblastech (Machart a Kudrnáč, 1971; Kafka a kol., 2003).

#### 4.3.1. Klasifikace povrchových stop po těžbě zlaté rudy.

Křemenné žíly a sedimenty obsahující zlatou rudu byly těženy v nemalém měřítku na území jižních Čech. Dodnes se dochovalo spousta pozůstatostí po těžbě zlaté rudy a dnes si jich lze všimnout v terénu. Při dobývání zlaté rudy se jednalo o povrchové a podpovrchové činnosti, jež měly určitý báňský řád a systém. Především podpovrchová těžba zlata, kdy došlo k ražení podzemních prostor, musela být vedena pod odborným dohledem. Dobývání zlaté rudy se klasifikuje jednak na mělké a jednak na hlubinné. Mělké kutací práce znamenají těžbu usazenin a křemenných žil při zemském povrchu. Na druhé straně hlubinná těžba představuje

system podzemních dobývek, jež měly charakter dlouhých a úzkých chodeb, které následovaly zrudnění v křemenných žilách. Tyto hornické činnosti měli za následek výrazný vliv na morfologii terénu. Vlastní klasifikace hornických objektů má několik hledisek. V první řadě se jedná o hledisko ložiskově-geologické, které popisuje druh a kvalitu těžené suroviny a charakteristiku ložiska. V druhé řadě se naskytuje hledisko báňsko-technické, jež představuje produktivitu těžby či dobývací metody a v poslední řadě hledisko historické. To představuje historii důlní činnosti ve vztahu k socio-ekonomickým souvislostem (Nováček, 1993; Tásler a kol., 2003; Večera, 2011).

Pro klasifikaci podpovrchových útvarů báňských děl se používá klasifikace geologické a montanistické terminologie a základů hornictví (např. Rozložník a kol., 1987; Stočes, 1954), kde jsou vymezeny základní útvary podzemních prostor. Při hlubinné dobývce vznikaly vertikální šachtice, kudy se horníci dostávali do spodních partií systému pomocí lan či žebříků. Ze šachtice vedl horizontální systém štol, který následoval zrudnění. Celý systém byl odvodňovaný dědičnou štolou a větraný pomocí světlíků. Zatímco terminologie podpovrchových báňských útvarů je přesně vymezená, tak na druhé straně terminologie povrchových útvarů je v mnoha případech nepřesná. Základní pojmy pro popis povrchových báňských reliktnů, jako je například odval, propadlina, pinka se v literatuře často používají jako synonyma (Kužvart, 1972). Návrhu úpravy klasifikace primárních a sekundárních ložisek se věnuje Zapletal (1968, 1978) a Nováček (1993).

Zapletal (1978) a Nováček (1993) rozdělují hornickou činnost na práce kutací (prospekční), přípravné (otvírkové), dobývací (těžební) a likvidační. Přípravné fáze se často i nerealizovali, zvláště u jednoduchých povrchových dobývek, kde nebylo třeba přesněji vymezovat detaily a systém těžby. Po vlastní těžbě ve většině případech začíná fáze likvidační, dnes často nazývána jako rekultivace. V této fázi se dolní dílo zasypává a zahrnuje materiálem a lokalita se dává do morfologie jejího téměř původního stavu (Nováček, 1993).

Podle systému a hloubky těžební činnosti existuje klasifikace hornických děl na těžbu povrchovou, pří-povrchovou a těžbu hlubinnou, která může být až několikapatrová. Povrchová těžba charakterizuje objekty, jejichž plošné rozměry zásadně převyšují jejich hloubku. V těchto případech se jedná o terénní sníženiny jako jsou příkopy, rýhy, zářezy, odvaly nebo různé plošné poklesy v terénu po těžbě ve svrchních partiích horninového podkladu. Tyto terénní nerovnosti vznikaly často po rýžování zlata a kátrování teras, kde se zlatá ruda rýžovala (Zapletal, 1978; Večera, 2011).



Povrchové kutací pozůstatky se nazývají jako šufry. Jsou to nejčastěji povrchové vyhledávací rýhy, jež jsou dlouhé a víceramenné. Slouží k vyhledávání křemenných žil s rudní mineralizací nebo k vyhledávání sedimentárních ložisek se zlatem. Často protínají svahy a někdy mohou připomínat odvodňovací kanály dobývek. Jako povrchové kutací pozůstatky existují rýhy ověřovací. Pomocí nich se horníci přesvědčovali, zda ložisko pokračuje dál a nevykličuje někde jinde. Ověřovací povrchové rýhy jsou zpravidla v terénu situovány kolmo na linii zlatodolů a jsou výrazně kratší než rýhy vyhledávací. Mezi další povrchové kutací objekty mohou patřit. tzv. kutací jámy. Jsou morfologicky charakterizovány jako náhlé poklesy v terénu a jsou kulovitěho tvaru. Nazývají se odvaly, kdy kolem hluboké jámy je nasucený materiál tvořící typickou morfologickou vyvýšeninu v terénu (Nováček, 1993).

Přípovrchová těžba znamenala nejčastější formu dobývání. Jedná se o těžbu, kdy na šachtice navazuje systém chodbic a komor, jež jsou vedeny pod povrchem v malých hloubkách. Šachtice jsou v mnoha případech vedeny těsně vedle sebe. Proces ražby šachtic v blízkosti sebe se nazýval jako tzv. duklování. Pozůstatky po tomto typu těžby jsou v terénu velice zřetelné a v některých případech i pro člověka nebezpečné. Může dojít k zachování šachtic, které jsou v terénu patrné jako strmé vertikální chodby do podzemí. Ty však mohou být i zasypány druhotným materiálem a tvořit v terénu značné propadliny. Okolo vstupu do šachtice se nachází prstencovitě či půlměsícovitě navršený materiál, který zde byl hromaděn v době těžby a nazýváme jej jako odvaly (Nováček, 1993, Zapletal, 1978).

Jedním z nejčastějších morfologických útvarů po těžbě zlata jsou propadliny. Jedná se o terénní sníženiny, vznikající propadem podzemních prostor. Jsou to ve skutečnosti zřícené stropy šachet a podzemních komor, které jsou charakteristické určitou délkou a směrem. Jsou to terénní deprese mající průměr až několik metrů v závislosti na mocnosti propadlé dobývky. Propadliny zásadně kolem sebe nemají odvaly, mohou být v linii až několik stovek metrů dlouhé a často bývají nazývány pinky (Nováček, 1993).

Existuje hlubinná těžba mající charakter i několika patrových systémů. Při zřícení těchto systémů opět mohou vznikat povrchové pinky či různé sníženiny terénu. Hlavní podstatnou částí hlubinné těžby je ražba odvodňovacích štol, které často ústí při úpatí svahu nebo pod zlatorudným komplexem ve větší vzdálenosti od vlastního díla. Tímto systémem vytékala voda z hlubinné těžby a ústí těchto štol je charakterizováno jazykovitým odvalem větších rozměrů a často i zavodněným prostředím, protože těmito štolami i dnes prosakuje

určité množství vody. Veliký problém je rozlišit povrchové kutací objekty od objektů pozůstatků vlastní hlubinné těžby. Ty se morfologicky mohou chovat velmi podobně a musí se brát na zřetel více aspektů (Zapletal, 1978).

#### 4.3.2. Vlastní těžba zlaté rudy.

Středověká těžba zlata byla velmi náročná, a to nejen díky technice ražení ve tvrdých horninách, tak i z hlediska skupinové organizace dělby práce mající určitý hospodářský a právní řád. Těžba a rýžování zlata z povrchových sedimentů byla ve srovnání s hlubinou a mělkou těžbou mnohem jednodušší a také méně nákladnější. Těžba byla prováděna horníky pomocí specifického náradí. Charakter středověkého horníka je na obrázku č. 14 (Kořan, 1955).



*Obr.14.: Horník s mlátkem a želízem. Nákres převzat z internetového zdroje: Těžba a využití černého uhlí (<https://tezba-a-vyuziti-cerneho-uhli.webnode.cz/>).*

#### ***Mělké dolování zlaté rudy.***

Mělké dolování zlaté rudy probíhalo nejčastěji v okolí vodních toků v oblastech, kde byly zachovány rozsáhlé sedimenty ve formě teras a svahovin. Tato aluvia dosahují mocnosti až několika metrů a obsahují značný podíl těžkých minerálů a zlata, které byly ručně povrchově těženy. Kromě těžby říčních sedimentů se považuje za mělké dolování zlata i těžba povrchových křemenných žil obsahujících zlatou rudu. Technika těžby teras a svahovin spočívala k vytvoření hlubokých zářezů a příkopů pomocí ručního náradí, jako je lopata a krumpáč. Pomocí zářezu v terénu byl transportován materiál k místům, kde byl zdroj vody. Jednalo se o transport sedimentů menších rozměrů. Obří kusy balvanů byly ponechány

v místě jejich původu a tím došlo ke vzniku rozsáhlých odvalů. Materiál nahromaděný v místech se zdrojem vody byl překátrován k oddělení větších úlomků sedimentů a následně byl jemný materiál přerýžován pomocí rýžovnického splavu a rýžovnické pánve. Často došlo k vykopání velmi hlubokých příkopů přímo ve zlatonosných terasách. Příkopy měly podélný charakter a na konci tohoto útvaru byla vykopána plošina se specificky upraveným dnem, které bylo zaplaveno vodou a zde se právě hromadil těžký materiál se zlatem. Tyto rýhy, zářezy a příkopy jsou vždy kopány napříč svahem, aby byly spádníkové. Mají několik ramen a mohou se sbíhat (Tásler a kol., 2003; Večera, 2011). Některé zlatonosné terasy dosahovaly značné mocnosti. V těchto případech kutací povrchové práce dosahovaly značnějších hloubek a k získávání zlata se využívalo tzv. jílování. To znamená, že se využívalo velké množství vody přímo v kutacích místech a došlo k rýžování přímo na dané lokalitě a získání zlaté rudy. Tato technika získávání zlata kombinovala kutací povrchové hornické práce s hydraulickým zpracováním (Litochleb a kol., 2007).

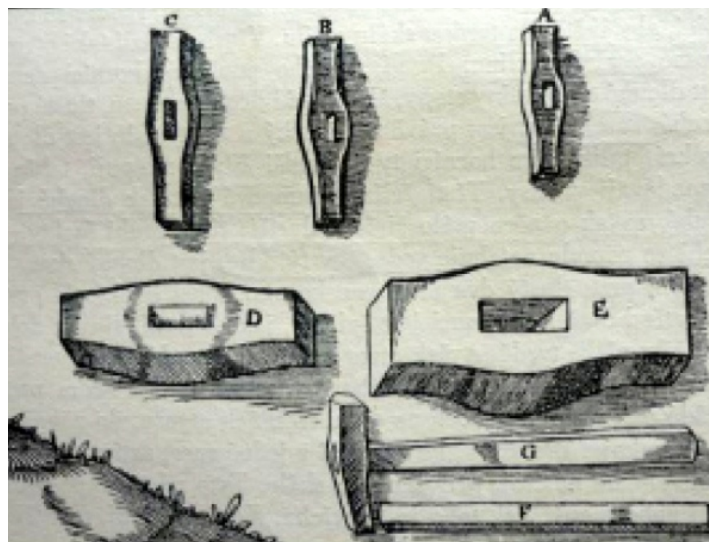
### ***Hlubinné dolování zlaté rudy.***

Hlubinné dolování zlaté rudy bylo typickým získáváním zlata ve středověku. Vznikaly štoly, šachty a komory, které byly raženy po úklonech žíly a většinou kousek od sebe. Dosahovaly hloubky až několik desítek metrů, často byly tyto podzemní prostory navzájem propojeny a dávaly vznik rozsáhlým podzemním komplexům o délce až několik stovek metrů. V tomto systému existovaly i tzv. dědičné štoly, které sloužily k odvodňování a zásadně byly raženy se spádem dolů, aby přebytečná naakumulovaná voda z podzemního systému samovolně odtékala. Tyto štoly měly sklon pouze přes 1 metr na 100 metrů jejich délky (Kafka a kol, 2003). Těžba štolami byla o mnoho snazší než těžba strmými šachticemi, jež jsou znázorněny na obrázku č. 15 (Machart a Kudrnáč, 1971).



*Obr.15.: Znárodnění svislých Ńachet napojujících se na komplex Ńtol. Upraveno podle Agricola (1556).*

K vlastní těžbě křemenné žíly se zlatem horníci používali obyčejné i specifické nářadí. Jako běžné nářadí používaly lopaty, zahnuté motyky, sochory, palice, Ńpičáky a majzlíky. Palice a mlátky měly podobný charakter jako ty dnešní a byly čtyřhranné. Typickým hornickým nářadím jsou tzv. hornická želízka. Ta jsou charakteristická z jedné strany ostrým hrotem, který rozlamoval křemennou žilovinu. Na straně opačné byla úderná rovná plocha pro palici, přičemž hornické želízko držel havíř v ruce za pomoci dřevěného topůrka, které bylo ukotveno v jeho středu. Jejich velikost se pohybovala nejčastěji okolo 5 - 10 cm. Většinou v blízkém okolí zlatých dolů byly vystaveny příbytky pro havíře, kde se hornická želízka vyráběla. Jsou znázorněna na obrázku č. 16 a 17 (Machart a Kudrnáč, 1971).



*Obr.16.: Hornické nářadí. Upraveno podle Agricola (1556).*

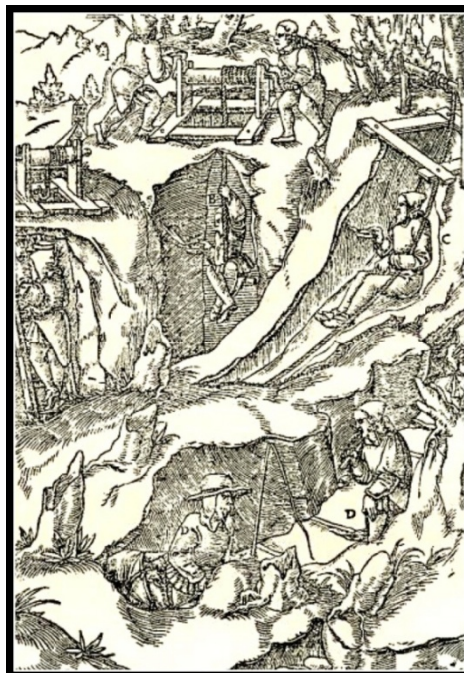


*Obr.17.: Původní hornická želízka. Převzato z internetového zdroje (<http://kometa.blog.cz>).*

Na některých lokalitách byly dokonce zachovány zbytky pecí a kováren, kde se kovové nářadí pro horníky kovalo. Takovou typickou lokalitou jsou na Písecku zlatodoly v Píseckých horách "Na Havírkách" a "Na Kometě" (Fröhlich, 2006; Machart a Kudrnáč, 1971). Nářadí mělo specifickou techniku používání. Pro odlamování objemných kusů hornin se používalo velikého nářadí, jako jsou již zmíněné palice, mlátky, želízka a různé páčící nástroje. K jemnějšímu sekání žil se používalo menšího nářadí, jako byly malé majzlíky a špičáky, což jsou speciálně vyrobené ruční motyčky, které mají zašpičatělý hrot (Agricola, 1556; Machart a Kudrnáč, 1971).

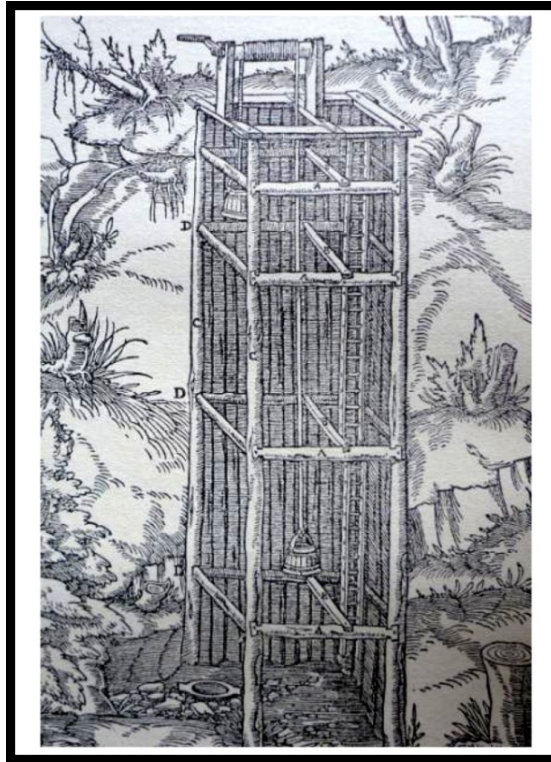
Poddolovaný komplex šachet byl za doby těžby zpevněný výdřevou a výztuží, aby nedošlo k závalu v místech, kam nejčastěji zasakovala voda. Výdřeva byla stavěna jednak

u vstupu do podzemí, tak i po celé její délce v místech k tomu určených a je znázorněna na obrázku č. 19. Podzemní komplex byl odvětráván větracími šachtami vedoucími k povrchu. Ty se nazývají světlíky (Kořan, 1955). Systém odvětrání šachet byl k zajištění dostatečného kyslíku a odvětrání přebytečných plynů, jako je metan, oxid uhelnatý a radon. Charakter štol byl dost často vertikálního směru. Typické štoly po ražení zlatých rud jsou velmi úzké, ale zato jejich výška převyšuje několika-násobně jejich šířku. Horníci se dostávali do hlubokých šachet pomocí dřevěných žebříků a spouštěcích zařízení, jež jsou na obrázku č. 18. Vytěžený materiál byl vkládán do dřevěných kýblů, proutěných košů či dřevěných koryt, které byly provazem ukotveny a tahány z ústí štol a šachet k zemskému povrchu pomocí různých technik. Transport natěženého materiálu v podzemí byl zajištěn pomocí kolečka a hornických vozíků. Materiál byl také často tahán v ruce za pomoci různých ošatek a košíků nebo kožených měšců, které buď horníci měli ukotveny na zádech nebo drželi v ruce. Pro vyzdvižení vytěženého materiálu vertikální štolou se nejčastěji používal tzv. hašpl. Jedná se o vrátek, kdy při otáčení středového kola se navíjel provaz, na kterém byl ukotven náklad s vytěženou horninou. Takto se vytahoval materiál ve vertikálním směru. Je znázorněn na obrázku č. 19 v jeho horní části. Později se také využívalo i vodního kola. Komplex šachet v některých případech dosahoval několika desítek i stovek metrů a jednotlivé šachty byly navzájem propojeny. V místech, kde byly opravdu hluboké šachty, byla vytvořena spouštěcí hornická zařízení pro transport horníků (Kořan, 1955; Kafka a kol., 2003).



*Obr.18.: Systém spouštění a slézání na hlubokých dolů. Upraveno podle Agricola (1556).*



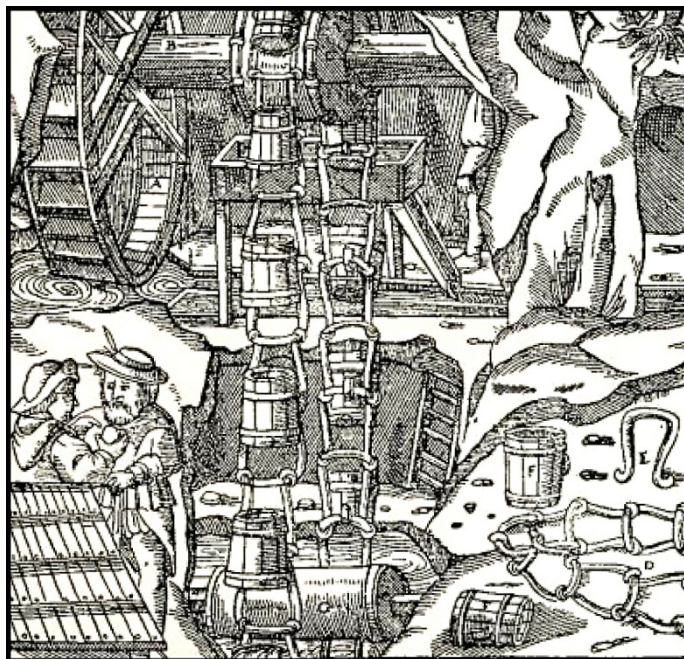


*Obr.:19.: Zapažení šachet výdřevou proti závalu se systémem vytahování zlaté rudy pomocí vrátku. Upraveno podle Agricola (1556).*

Velikým problémem několika patrového podzemního systému byla prosakující podzemní voda. Ta se často nekontrolovatelně hromadila ve spodních partiích dobývek v zimních měsících za dostatku srážek. S tímto problémem si však horníci museli poradit. Horníci razili proto již zmíněné odvodňovací dědičné stoly, kterými mohla voda samovolně odtékat. To však ale nestačilo, a proto se musely vymyslet nutné techniky pro odvodnění hlubokých partií podzemních prostor. K tomu sloužilo několik čerpacích stojů, kterých je několik typů. Nejčastějšími typy strojů jsou systémy věder a nádob, které jsou ukotveny na řetězech a naplněné vodou vytahovány pomocí vrátku, ve větším měřítku i pomocí žentouru. Tento odvodňovací systém je na obrázku č. 20. Další možností bylo použití různých pump a čerpadel, které byly poháněny lidskou činností, a to opět žentourem nebo vodním kolem (Agricola, 1556; Kafka a kol. , 2003).

Vlastní fárání křemenných žil se zlatem bylo neuvěřitelně náročnou záležitostí. Kafka a kol. (2003) uvádí rychlost ražení štol. V průměru za šestihodinovou šichtu havíř dokázal vydobýt za pomoci hornického želízka a palice 2,5 cm horniny na ploše okolo 2 m<sup>2</sup>. Uvádí se, že za jednu celodenní šichtu horník dokázal otupit až přes třicet hornických želízek, a to díky tvrdé křemenné žíle. Světlo v podzemí bylo zajištěno pomocí kovových hornických kahanů či

loučí. Hornické kahany se plnily olejem, do kterého byl vložen knot (Kořan, 1955; Kafka, 2003).



*Obr.20.: Specifická konstrukce pro čerpání vody z podzemí pomocí věder ukotvených na otáčecím zařízení. Upraveno podle Agricola (1556).*

V poslední řadě se využívalo fyzikálních zákonitostí k rozpraskání horninového podloží, čímž byly kutací práce ulehčeny. Jednalo se o tzv. sázení ohněm a rozpínání hornin pomocí mrazu. Sázení ohněm znamenalo zapálení ohně přímo v podzemních prostorách v místech, kde bylo třeba nadále pokračovat v kutacích pracích. Oheň zahříval stěnu hornin s křemennou žílou, čímž docházelo k výrazné teplotní změně v šachtici i vlastního horninového podloží. Proces sázení ohněm je na obrázku č. 21 (Machart a Kudrnáč, 1971; Agricola, 1556).



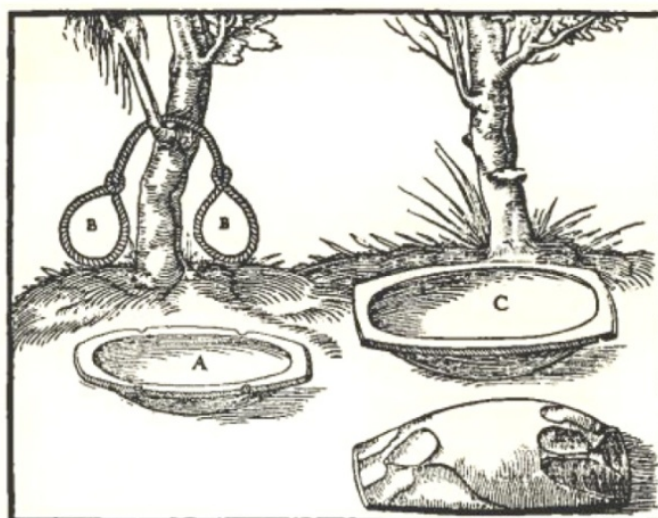


Obr.21.: Proces sázení ohněm ve štole. Upraveno podle Agricola (1556).

### **Rýžování zlaté rudy.**

Získávání zlata pomocí rýžovnických technik bylo využíváno již za dob Keltů a ve velké míře ve středověku, kdy se ze zlatonosného otavského písku získávala zlatá ruda ve formě zlatinek, plíšků, drátků či vzácných nugget, které byly několikanásobně těžší než okolní materiál. Tento způsob získávání zlata byl tou nejjednodušší a nejpřístupnější cestou při srovnání s hlubinou těžbou zlaté rudy. Ve středověku existovalo mnoho pomůcek a technik na získávání zlata z říčních štěrkopísků. Všechny techniky pracovaly na obdobném principu, který byl založen na vysoké hustotě zlata, kdy váha zlata vede k jeho nejrychlejší sedimentaci ve štěrkopísku. V následujících odstavcích je uveden popis tehdejších předmětů a technik, které sloužily k separaci zlata od okolních sedimentů.

Jedním z nejstarších předmětů k získávání zlatinek byla dřevěná mísa a rýžovnické necky, ve kterých se zlatonosný písek propíral vodou za jejich současného pohybování. Jsou na obrázku č. 22. Těžké zlato v míse zůstávalo a lehký materiál byl odplavován z mísy ven. Údajně rýžovník takto zpracoval okolo 400 kg materiálu za celý den. Necky byly vyráběny z kmenů, do kterých byly vydlabány prohlubně, kam se vkládal zlatonosný písek. Po odplavení lehkého materiálu zbyl v neckách těžký podíl se zlatem (Machart a Kudrnáč, 1971).



*Necky na ružu A. Provaz B. Necky na jalovinu C.*

*Obr.22.: Dřevěné rýžovnické necky. Upraveno podle Agricola (1556).*



*Obr.23.: Rýžovnická kovová pánev k separaci zlata. Foto: D. Šefčík.*

Později se používala dnes již velmi populární rýžovnická pánev, která se vyráběla nejčastěji z kovového plechu, mosazi nebo hliníku. Její velikost se pohybovala v průměru do půl metru, dle charakteru postavy rýžovníka. Pánev měla tvar obráceného čínského klobouku. Stěny pánve klesají od okraje ke středu, kde se v nejhlubším místě středu akumulovalo při rýžování zlato a ostatní těžké minerály (tzv. šlich). Minerály těžkého podílu jsou na obrázku č. 76 a 77 v příloze. Pánev měla nejčastěji hladký vnitřní povrch a později se tyto rýžovnické pánve zdokonalovaly tak, že se vyráběly různé zarážky a záseky uvnitř pánve, kde se zlato více zachytávalo. Nejjednodušší typ kovové rýžovnické pánve je na obrázku č. 23. Nejčastěji k vlastnímu rýžování docházelo v meandrech nebo slepých ramenech řek či potoků, kde byly

naplaveniny na skalním podloží říčních roků (Machart a Kudrnáč, 1971; Večera, 2011).  
Typické rýžování zlata na řece Otavě je na obrázku č. 78 a 79 v příloze.

Existovaly však větší a mnohem složitější pomůcky k získávání zlata ze sedimentů. Jedná se o splavy na zachytávání zlata, jejichž funkčnost byla efektivnější. Byly to dřevěné konstrukce stavěné těsně u břehu v blízkosti vody, které stály na dřevěných podpěrách a měly mírný spád. Deska byla z obou stran uzavřena dvěma postranicemi, čímž se vytvořilo spádové koryto. Hlavní deska byla perforovaná a pod ní byly umístěny necky pro zachytávání těžkého materiálu. Součástí koryta byly různé zarážky pro zadržování těžkého podílu. Konstrukce fungovala tak, že rýžovník házel lopatou šterk do svrchní části splavu a zároveň do tohoto koryta druhý pomocník naléval vědro s vodou, čímž se vytvořil proud vody se šterkem v korytě. Těžký materiál včetně zlata se zachytil v perforované desce a propadl do neck, zatímco lehký materiál s bahnem byl odplaven po spádu koryta ze splavu ven. Šlich zachycený v neckách byl nadále přerýžován a bylo získáno zlato. Pokud desky nebyly perforované tak tuto funkci nahrazovala například umístěná kožešina, drny, prkna či různé prohlubně, kde se zlato zachytávalo. Tyto splavy měli různé rozměry - od primitivních metrových po několikametrové. Základní středověký splav je na obrázku č. 24. Překátrovaný materiál byl odvážen na místa, kde se z něj tvořily různé veliké hromady v blízkosti toků, které dnes nazýváme sejpy. V dnešní době jsou většinou tyto hromady silně zarostlé nebo dokonce rekultivované, ale stále jsou k vidění na několika místech v Pootaví (Agricola, 1556; Fröhlich, 2006; Machart a Kudrnáč, 1971).



*Obr.24.: Rýžovnický splav na separaci zlatinek. Upraveno podle Agricola (1556).*

### 4.3.3. Zpracování vytěženého materiálu.

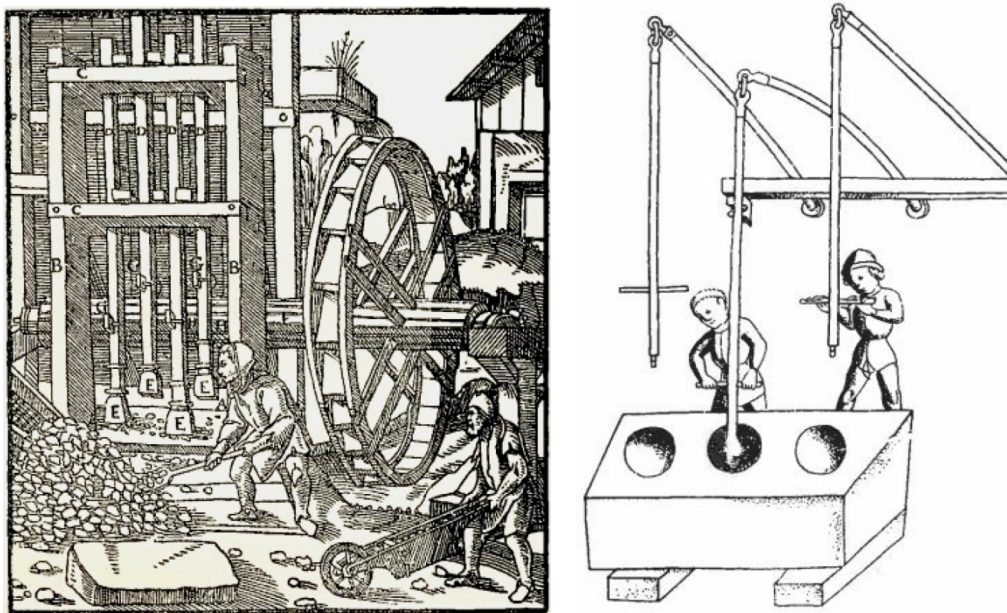
Vlastní těžba a zpracování zlaté rudy byla zdlouhavým procesem, který zahrnoval několik fází, jako je těžba, formátování vytěžených hornin, pražení, drcení a mletí křemene se zlatem, plavení či rýžování, amalgace zlata a jeho tavení a využití. Vytěžený materiál byl nejprve tříděn podle využitelnosti. Vytěžené horniny, které neobsahovaly zlatonosný křemen, se využívaly ke zpevnění cest, stavbě hornických příbytků v areálu zlatodolů. Vytěžený křemen obsahující zlato byl nejprve formátován na potřebné rozměry. Materiál byl zprvu roztríděn na třídících stolech dle velikosti a složení a poté následovalo vlastní roztloukání na menší kusy. Roztloukání větších kusů se provádělo nejspíše pomocí palic či různého velkého kovového nářadí. To mohlo být prováděno buď přímo ve zlatodolech nebo na povrchu v jejich blízkosti. Křemen byl nejen formátován, ale také očišťován od různých příměsí rudniny. Očištění od zbylé rudniny se provádělo kvůli následné tepelné úpravě, kdy mohly tyto příměsi vyvolávat negativní chemické reakce při pražení a dalších procesech získávání zlata (Agricola, 1556).

Po procesu formátování vzorků křemene s rudninou byl tento materiál přesunut do speciálních pecí, kde docházelo k tzv. pražení rudního materiálu. Tyto pece byly většinou součástí zlatodolů a tvořily je nejspíš dřevěné budovy. V některých případech byly pece na pražení rudniny umístěny ve zlatorudných mlýnech. Uvnitř chýše se nacházela vlastní pícka, kam se vkládaly vzorky křemene na vrstvu suchého dřeva. Kameny s rudninou zde dosahovaly vysokých teplot. Zahřáté kusy byly následně polity vodou a zchlazeny, čím docházelo ke zkřehnutí zlaté rudy obsažené v křemenech. Díky tomuto teplotnímu kontrastu docházelo k lepšímu drcení křemene se zlatem (Agricola, 1556).

Vlastní drcení křemene se zlatem bylo prováděno několika způsoby. Jednalo se o již zmíněné drcení pomocí palic v místech zlatodolů. Častější byl způsob pomocí tzv. puchýren, což byla strojní zařízení skládající se z několika komponentů. Základnou byly tzv. stoupové kameny s miskovitými prohlubněmi, kde docházelo k drcení hornin. Většinou se jedná o dvě prohlubně a často byly po jejich poškození vytesány další dvě na opačné straně kamene (Fröhlich, 2017). Pravděpodobně také docházelo k ručnímu drcení žiloviny pomocí palic přímo v těchto miskách na stoupových kamenech. Dále se konstrukce puchýren skládá z okovaných botek pěcholů, které se přikládaly do těchto misek a docházelo k vlastnímu drcení žiloviny (Machart a Kudrnáč, 1971). Pěcholy jsou dřevěné trámy s okovaným koncem pro drcení křemene, které se pohybovaly vertikálně pomocí připojení na otáčivou hřídel, jež



byla poháněna vodní silou. Jednalo se o složitou konstrukci, jež dokázala rozdrtit křemen se zlatem na opravdu jemná zrnka, která byla zachycována a použita pro další její zpracování. Stoupy jsou znázorněny na obrázku č. 25a a 25b (Agricola, 1556). Názory na funkci stoupových kamenů byla v historickém výzkumu proměnlivá. Kudrnáč (1970; 1993) uvádí, že v miskách mohlo docházet i k tzv. amalgaci. Tento proces znamená oddělování zlaté rudy od křemene pomocí rtuti přímo v těchto miskovitých útvarech.

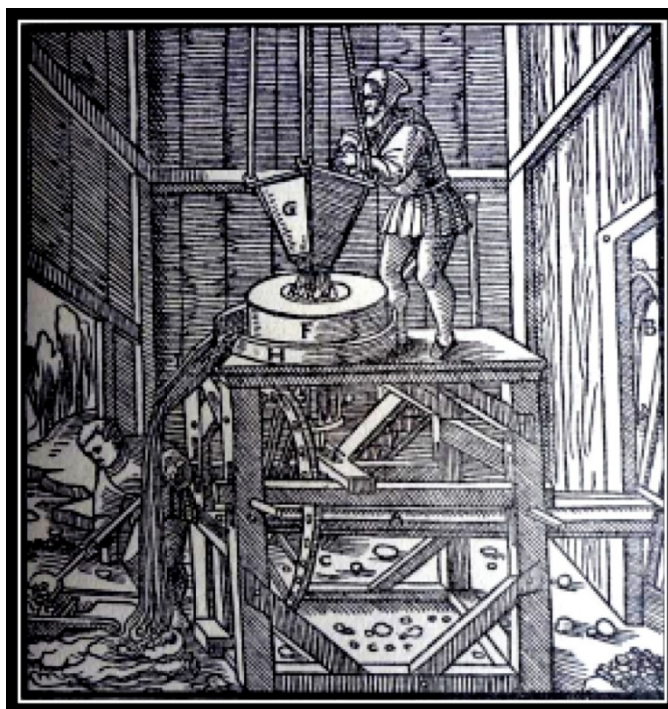


*Obr.25a.: Proces drcení zlatorudného křemene pomocí stoupy a vodního kola, jež celý tento systém dávalo do pohybu. Upraveno podle Agricola (1556).*

*Obr.25b.: Ruční stoupy a podklad stoupového kamene s prohlubněmi. Upraveno podle Machart a Kudrnáč (1971).*

Po drcení křemenné žiloviny se zlatem ve stoupových kamenech následovalo mletí křemenné drti na ještě jemnější zrnka, kdy docházelo i k oddělení zlata od křemene. Vlastní mletí představovalo ve středověku velmi náročný proces, který byl nejčastěji realizován v blízkosti vodních toků. Mletí rudy fungovalo na obdobném principu jako mlýny na obilí. Zlatorudné mlýny však byly výrazně větší a obsahovaly o dost mohutnější mlecí kameny, které měly specifický tvar a zářezy. Jednalo se o složitou konstrukci skládající se ze dvou mlecích kamenů, které měly oválný tvar a rovnou plochou na sobě horizontálně ležely. Kameny měly středový otvor sloužící k jejich ukotvení při otáčení. Horní kamen se nazývá běhoun a spodní ležák. Horní mlýnské kameny se pohybovaly pomocí čepů uchycených ve specifických zářezích běhounů. Ležák nacházející se pod běhounem se nepohyboval a byl

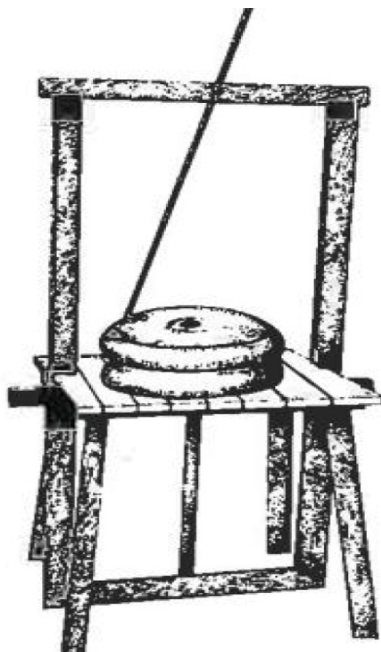
pevně ukotven v konstrukci zamezující pohyb. Průměr běhounů byl výrazně tenčí než u ležáků (Fröhlich, 2006; Kudrnáč, 1970). Vnitřní rovné plochy obou kamenů obsahovaly kruhové rýhy, které se od středu směrem k obvodu zjemňovaly. Často bývaly nazývány remíše a sloužily k dobrému pronikání meliva mezi křemennou drtí se zlatem a byly nutné pro zdrsnění mletím ohlazeného povrchu (Fröhlich, 2012). Rudné mlýnské kameny se nejčastěji vyráběly z hornin, jako jsou migmatity, žuly, žuloruly, žulové porfýry a mnoho dalších. Jejich průměr činil okolo 1 m a výška v průměru 0,5 - 0,6 m. Velikým problémem bylo jejich časté praskání a opotřebovávání jejich drážek. Při opotřebování drážek musel mlynář použít železný nástroj zvaný oškrd, kterým opravil tyto drážky křesáním. Zlatorudný středověký mlýn je na obrázku č. 27 (Fröhlich, 2005).



*Obr.27.: Mlecí kameny jako součást vodního zlatorudného mlýnu. Upraveno podle Agricola (1556).*

Existovaly i ruční mlýny na mletí křemenné žiloviny se zlatem. Ty obsahovaly menší mlecí kameny o rozměrech 52 - 70 cm, přičemž na horní ploše běhounů po jejich okrajích byly vytesány otvory o hloubce 2,5 cm. Do těchto otvorů se zasunovaly rukojetě s kovovým hrotem, pomocí kterého běhounem ručně otáčely po směru hodinových ručiček. Tyto ruční mlecí provozovny byly součástí zlatodolů "Na Kometě" u Albrechtic nebo také ve zlatodolech v Jílovém a jinde. Materiál pro ruční mlecí kameny byl většinou zajištěn z místních zlatodolů, kde kameny byly často opracovávány, vrtány, upraveny do finální podoby a použity

v blízkosti zlatodolu, kde byl zdroj vody. Ruční mlýn je znázorněn na obrázku č. 28 (Fröhlich, 2006).



*Obr.28.: Nákres ručního mlýnu používajícího horníky na zlatodolech "Na Kometě". Upraveno podle Machart a Kudrnáč (1971).*

Rozdrcený materiál z mlecích kamenů byl v další fázi přepravován k dřevěným splavům pro jeho proplavení. Splav měl charakter podélného tvaru, ve kterém byl systém několika zachycovacích přepážek. Při protékání vodou a vhazování nadrceného materiálu docházelo k zachycování zlata nad zarážkami a lehký materiál s křemenem byl odplaven. Takto došlo k separaci těžké frakce od lehké. Těžká frakce obsahující zlato byla použita k amalgaci (Kudrnáč, 1971).

Amalgamace byl proces sloužící k získání čistého zlata a využívající funkce rtuti. Nejdříve muselo dojít ke smíchání zlatého koncentrátu se rtutí. Míchání bylo prováděno nejčastěji na kamenných podložkách, někdy také označovaných jako stoupové kameny (stejně jako materiál na drcení zlatonosného křemene). Na miskovitých útvarech kamene docházelo k vlastnímu promíchávání směsi koncentrátu se rtutí pomocí paličky za vzniku specifické směsi, která byla následně promývána vodou a opětovně sycena rtutí. Při tomto procesu se vyplavoval materiál a tvořila se slitina zlata se rtutí zvaná jako amalgám. Protlačení amalgámu kůží došlo k odstraňování přebytečné rtuti. Následně vzniklý amalgám byl vložen do horké vody a zahříván, čím došlo k separaci zlata od veškeré rtuti. V tomto konečném

procesu bylo získáno čisté zlato připravené pro jeho další upravování pro mincovnictví či k ozdobným účelům (Agricola, 1556; Machart a Kudrnáč, 1971).

#### 4.4. Nejvýznamnější těžební oblasti v jižních Čechách.

Nejvýznamnější hlubinné těžební činnosti v jižních Čechách probíhaly ve čtyřech oblastech. Jedná se o zlatodoly u Písku, Vodňanské zlatodoly, Kasejovicko-Bělčickou zlatorudnou oblast a velmi rozsáhlý Kašperskohorský rudní revír na Šumavě. Tyto lokality představují hlavní zdroje zlata v tehdejších království, kde díky místní těžbě vznikala města, která mají i dnes ve svém znaku hornické symboly (například ve znaku města Vodňany je vyobrazen horník s hornickými značkami (Machart a Kudrnáč, 1971; Fröhlich, 2006).

##### 4.4.1. Zlatodoly v okolí Písku.

V okolí města Písku bylo nespočet povrchových a hlubinných dobývek zlata. První zmínky o těžbě zlaté rudy u Písku se objevují v kronice Václava Hájka z Libočan z roku 1541 nebo v listině krále Václava IV. z roku 1400 (Fröhlich, 2006).

Zlatodoly v okolí Písku byly jedny z prvních v českých zemích a dodnes jsou na několika lokalitách pozůstatky po tehdejší významné těžbě zlata. V oblasti Písku je mnoho míst, kde bylo zlato těženo, ale mezi ty nejvýznamnější a nejrozsáhlejší dobývky křemenných žil se zlatem patří zlatodoly "Na Kometě", "Na Havírkách" a u Vrcovic. Mezi méně známé dobývky patří zlatodoly u Ražic, Heřmaně, Zádušním lese, Topělce, Malého Kamýku, na Klouboučkách a další menší dobývky, jež jsou součástí přírodního parku Písecké hory (Fröhlich, 2006). Zlatorudná oblast okolí Písku je znázorněná na mapě na obrázku č. 41 v příloze.

##### 4.4.2. Zlatodoly v okolí Vodňan.

V okolí Vodňan bylo ve středověku založeno několik dobývek, kde bylo zlato intenzivně těženo z křemenných žil. Rozsáhlé zlatodoly jsou lokalizované ve Vodňanských, Libějovických a Bavorovských Svobodných hor. Pozůstatky nejvýznamnějších šachet nalezneme na svahu Haniperku, kde jsou zachované až 750 m dlouhé linie šachet. Další pozůstatky po těžbě nalezneme na Libějovickém vrchu. Lze usoudit, že tyto doly byly založeny před rokem 1363. Z tohoto roku totiž pochází zachovalá městská pečeť, která obsahuje hornické znaky (Fröhlich, 2006).



Zajímavý je však nález tzv. křepického zlata, který byl učiněn v malé obci Křepice nedaleko Vodňan roku 1927. Jednalo se o nález obřího balvanu, který měl v sobě údajně mezi 1 - 2 kg zlata. Kámen byl v té době rozsekán na menší kousky, ze kterého zlato vypadávalo. Největší zlatý plech má rozměry 10 x 3,5 cm a je uložen ve vodňanském muzeu a menší ukázky zdobí ostatní muzea v České republice. Zlato má charakteristický povrch ve formě trojbokých výrůstků. Kámen údajně pocházel z malého lomu Karla Hasíka nedaleko Křepic, který byl po učinění nálezů celý překopán. I celé okolí Křepic bylo prohledáno a obdobný nález však nikde nebyl učiněn. Někteří badatelé se domnívají, že balvan se zlatem pochází z mohyly, do které byl přivezen z jiných míst. Primární výskyt však nemůže být zcela vyloučen (Fröhlich, 1991). Ukázka křepického zlata je na obrázku č. 72 v příloze.

#### 4.4.3. Kasejovicko-bělčická zlatorudná oblast.

Tato oblast se rozprostírá SZ od města Blatná a poskytuje plno hornických pozůstatků po těžbě zlata (například pozůstatky šachet, štol a rýžovišť spadajících do 13. - 14. stol.). Zlato se nejvíce dolovalo JZ od Bělčic a SZ od Kasejovic. Vyskytovalo se v křemenných žilách, kde zlatinky tvořily zrnka do 1 mm. Těžba ve středověku neprobíhala dlouho a byla poměrně brzy zastavena. Těžební práce byly obnoveny v roce 1906 na několika místech této oblasti (Bělčická hora, Kněžská hora). V prosinci roku 1907 se začala 100 metrů východně od hřbitova razit štola sv. Barbory směrem pod Kněžskou horou, která dosáhla délky 390 m (Fröhlich 2006). Zde se těžilo poměrně dlouhou dobu. Štola byla několik desítek let přístupná, ale dnes je její vchod z bezpečnostních důvodů zavezen. Veškerá činnost v této oblasti byla ukončena roku 1923. Dnes je možnost poblíž Kasejovic nalézt milimetrová zrnka zlata zarostlá do křemene spolu s mnoha kovovými minerály (Fröhlich, 2006).

#### 4.4.4. Kašperskohorský rudní revír.

Rudní revír nacházející se v širším okolí hornického města Kašperské hory byl založen v 13. stol. O výskytu zlata již věděli Keltové, kteří v této oblasti zlato rýžovali. Ve středověku se jednalo o nejvýznamnější oblast s výskytem zlata v Českém království. Údajně bylo v provozu více jak 40 dolů a těžily se křemenné žíly obsahující zlatou rudu. Pozůstatky šachet nalezneme v okolí samotného města a dále také u Rejštejna, Hartmanic, Kavrlíku, Ždánově, Suchém vrchu a v okolí Horské Kvildy. Zlatodoly v okolí Horské Kvildy se nalézají na návrší zvaném Břemeno a patří mezi zlatodoly s nejvyšší nadmořskou výškou u nás dosahující 1156

m. n. m. Nejstarší zlatodoly jsou přímo v Kašperských horách. Jedná se o nejznámější štolu Barboru a Mikuláše a další. Ruda zde byla těžena po dlouhou dobu. Kolem 16. stol byla těžba ztrátová a začaly se obnovovat původní těžební prostory. Koncem 16. stol a v 17. stol. těžilo rudu přímo město. Pro podporu dolování udělil císař Rudolf II. městu titul "svobodné královské horní město". Bohužel se tímto dolování nepozvedlo a roku 1777 byly veškeré práce zastaveny. Těžba byla obnovena r. 1804 a další výrazná těžba probíhala za 1. svět. války. Z nových geologických průzkumů vyplývá, že tento revír obsahuje ještě více jak 60 t vysoce ryzího zlata (Fröhlich, 2006).

## **5. Zkoumaná oblast v Píseckých horách.**

### **5.1. Charakteristika a geologie "Píseckých hor".**

Přírodní park "Písecké hory" je rozsáhlý zalesněný komplex rozprostírající se o ploše více jak 20 ha JV od města Písek. Nejvyšším vrcholem je Velký Mehelník dosahující nadmořské výšky 632 m. n. m. V zalesněném komplexu se vyskytují stromové porosty jehličnanů a listnatých stromů (smrky, duby, buky a douglasky). Z geologického hlediska se oblast rozprostírá na území moldanubika. Písecké okolí náleží především gföhlské moldanubické jednotce. Většina území je budována melanokratickým granity a křemennými melanokratickými syenity. Místy se vyskytuje žilný granit a metagranit. Oblast je těžbohatá na pegmatity uložené většinou v durbachitech. V okolí "Píseckých hor" se nacházejí i třetihorní a čtvrtohorní sedimenty, které se vyskytují u Jehnědna a Tálína a táhnou se dále až k Protivínu. Rozsáhlé zlatonosné křemenné žíly "Píseckých hor" byly ve středověku těženy ve dvou oblastech, "Na Havírkách" u Semic a "Na Kometě" u Všeteče (Cícha a Houzar, 2009; Welsch, 2007).

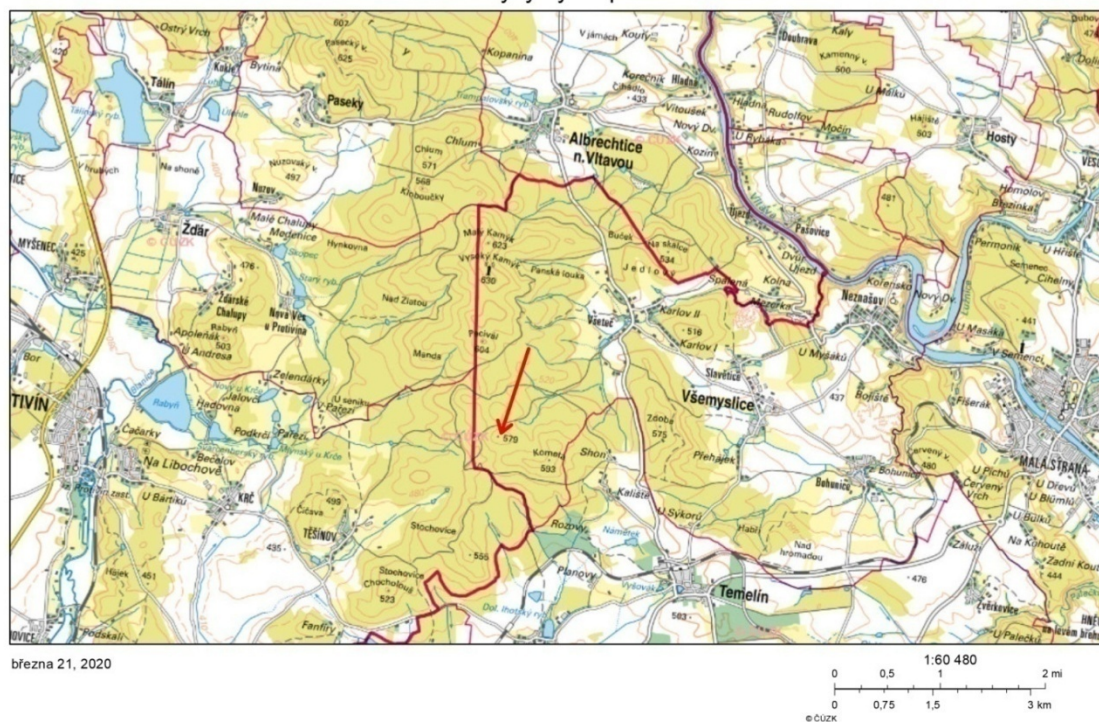
### **5.2. Zlatodoly "Na Havírkách".**

Zlatodoly "Na Havírkách" se rozprostírají přibližně 4 km JV od města Písku na západním svahu vrchu Průhony (509 m. n. m.) nad osadou Na Flekačkách. Tato část moldanubické oblasti je tvořena především biotitickými žulorulami sdruženými s tělesy durbachitů, kterými právě v těchto místech zvané Havírky pronikají křemenné žíly obsahující zlato. První zmínky o zlatodolech se objevují v listině krále Václava IV. z roku 1400 (Cícha, 2005). První konkrétní zmínku o Havírkách nalezneme v opisu nedochované listiny z 2. pol.

17. stol., pořízené píseckým purkmistrem M. Kášem (Cícha, 2005). V této listině nalezneme zmínky o šachtách, které byly kdysi pojmenovány jako šachty sv. Rocha, sv. Bernarda, sv. Kleofáše a sv. Mikuláše, na kterých se údajně pracovalo od roku 1530 až do roku 1660. Další pokusy o těžbu zlata spadají do 18. stol. Roku 1770 bylo provedeno 6 zkoušek na zlato a tehdy zde pracovalo 8 havířů na šachtě sv. Josefa (Cícha, 2005). Jim bylo placeno za 14 dní třemi zlatými. Dobývání zlata v Havírkách bylo ukončeno roku 1772. Vytěžená ruda se podle tradice zpracovávala na Flekačkách pod hrází zaniklého rybníka Ocas (Fröhlich, 2006). Z této dávné historie se dochovala rozsáhlá důlní díla, která jsou postupně zasypávána a zaplavována spodní vodou. Tato důlní díla jsou dlouhá 650 m ve směru S – J a 250 m ve směru SZ – JV. Dnes je zde zachováno celkem 14 hlubokých šachet a 70 mělčích jam. Největší hloubka šachtic dosahuje 16 metrů. Ve 20. stol. zde provádělo několik archeologů a geologů odborné průzkumy, při kterých prozkoumávali jednotlivé i zatopené šachtice, ve kterých bylo nalezeno velké množství archeologických nálezů jako hornická želízka, úlomky keramiky, majzlíky, aj. Při průzkumech byly zjištěny zlatinky o velikosti do 1 mm, které pronikaly skrz křemenné žíly o různých velikostech. Kromě zlata zde bylo zjištěno plno minerálů pegmatitů a pyrity s arzenopyritem. Dnes je celý komplex turisticky navštěvovaný a běžný turista zde může spatřit zbytky pinek, šachet a odvalů, které jsou silně porostlé vegetací jehličnanů a listnatých stromů (Cícha, 2005; Fröhlich, 2006).

### 5.3. Zlatodoly "Na Kometě".

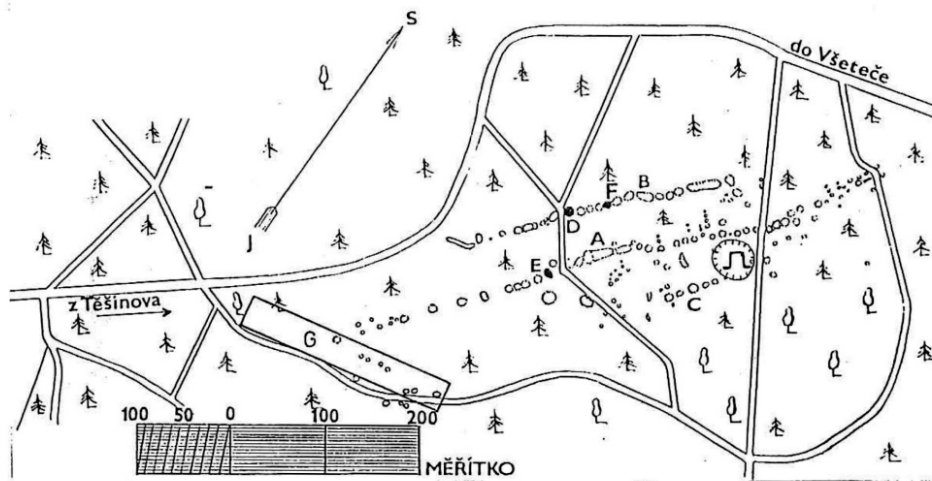
Zlatodoly "Na Kometě" patří k vůbec nejvýznamnějším zlatodolům na Písecku vůbec. Rozprostírají se 5 - 6 km jižně od Albrechtic nad Vltavou a zhruba 15 km jihovýchodně od města Písek. Byly zde těženy zlatonosné křemenné žíly o mocnosti přes 30 cm směřující od SV k JZ. Zlatodoly jsou součástí Píseckých hor a tvoří dlouhé linie šachet mající délku přes 0,5 km protínající kótu 578 m. n. m. Vrch zvaný Kometa se však v mapách 1:10 000 rozprostírá na kótě 593 m. n. m. Tento vrch je lokalizovaný pár stovek metrů jihovýchodně od komplexu zlatodolů (Fröhlich, 1993). Areál spadá do katastru obce Vseteč, jež náleží Českobudějovickému okresu. Linie šachet je vzdálená 300 m od silnice spojující obec Těšínov a Vseteč, zhruba v její polovině délky. Samotný vrch byl dříve nazýván "V Šachtách", a to díky zachovalým třem vstupům do podzemí, které byly ještě před několika lety volně přístupné. Oblast odvodňují dva potoky, podél kterých byly odkryty pozůstatky dvou hlavních úpraven zlata (Cícha, 1992; Fröhlich, 1993). Komplex zlatodolů je lokalizován na mapě v obrázku č. 29.



Obr.29.: Přibližná lokalizace areálu zlatodolů "Na Kometě". Červená šipka ukazuje na kótu 578 m. n. m., kde se rozprostírají zlatokopecské stariny. Použito z Analýzy výškopisu ČR (<https://ags.cuzk.cz/dmr/>).

První zmínky o zlatodolech bohužel nepocházejí z dob vlastní těžby. Dodnes se nezachovala žádná listina dokládající původ a těžbu zlata na tomto území. Jediná zmínka o těžbě zlata je v zástavní listině krále Jana Lucemburského ze dne 6. ledna 1336. Zde je uvedena zmínka o výnosu zlatodolů od Písku, který je stanoven 300 kopami českých grošů. Bohužel však není patrné, ze kterých zlatodolů tento výnos pochází. Může se jednat o výnos ze zlatodolů "Na Havírkách" nebo "Na Kometě" (Marek, 1929). Vlastní možnou historii těžby nám dokládají pouze nové archeologické nálezy učiněné v komplexu zlatodolů Fröhlichem, Dostálem a dalšími. Nejstarší archeologické nálezy jsou z první poloviny 13. stol., takže můžeme uvažovat, že těžba mohla být započata mezi lety 1200 - 1250 (Fröhlich a Koppová, 1992).

Prvně se o komplexu šachet zmiňuje roku 1884 J. N. Woldřich, který tento komplex objevil při antropologickém průzkumu území a zprávu po jejich objevení převzal v roce 1896 Pošepný (Marek, 1929). Největší první výzkumy byly prováděny M. J. Markem roku 1921. Ten zde detailně zpracoval celé území zlatodolů, rýžovišť a zmiňuje se o několika hlavních šachtách, kterými se v podzemí dalo pohybovat. To vše je znázorněno v mapě na obrázku č. 30.



**Mapa hlavní polohy stařin na Kometě.**

Doplněno a upraveno podle M. J. Marka (1929)

- Vysvětlivky:
- A - hlavní řada stařin
  - B - severní řada stařin
  - C - jižní řada stařin
  - D - šachta Bezedná
  - E - šachta Dvojitá
  - F - šachta Bezejmenná
  - G - druhá poloha zlatorudných úprav

Obr.30.: Znárodnění pinek a celého komplexu zlatodolů v mapě. Upraveno podle Marek (1929).

Největší výzkumy však byly prováděny v druhé polovině 20. stol. Roku 1976 zde byl prováděn archeologický výzkum J. Fröhlichem a píseckými potápěči. Průzkumný potápěč Jindřich Kurz je jediným potápěčem na světě, který se dokázal potopit do podzemních prostor šachet pomocí jeho ručně vyráběné potápěčské výbavy. Dokázal tak prozkoumat nepřístupné zatopené partie šachet a dostat se do nejhlubších prostor dobývek. Roku 1982 byly na lokalitě prováděny dva ověřovací vrty s cílem zjistit obsahy zlata ve zdejších křemenných žilách. Tento průzkum byl realizován na základě nálezů křemenů z hald zlatodolů z roku 1907, ve kterých byl zjištěn obsah stříbra 18 g/t a zlata 13 g/t. Výsledky byly použity v rámci Zlaté studie, avšak nebyly natolik zajímavé, aby zde došlo k obnovení těžby zlata (Fröhlich, 1993). Na druhé straně byly vyhotoveny pouze dva vrty, které zásadně nemusí vypovídat o celkové vydatnosti lokality.

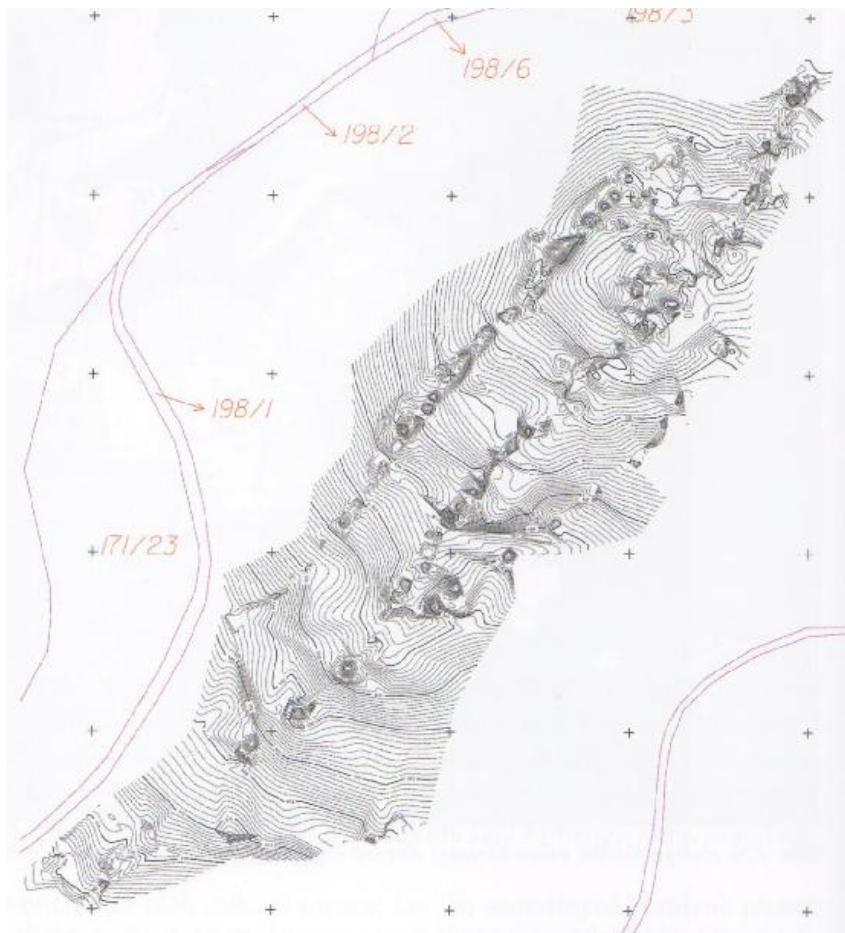
Poté byl roku 1991 uskutečněn asi největší průzkum zlatodolů "Na Kometě". Byl proveden pracovníky a spolupracovníky Prácheňského muzea v Písku a členy České



speleologické společnosti s cílem prozkoumat a zmapovat zdejší dobývky a úpravny po těžbě zlata. Během tohoto výzkumu byly objeveny dvě rozsáhlé středověké úpravny zlata, které byly zmapovány a přesně zaměřeny geologem J. Cíchou. Mimo jiné došlo k zaměření i vlastních podzemních prostor šachty Bezedná, Bezejmenná, Dvojitá a dále zaměření okolních pinek, propadlin a dalších antropogenních pozůstatků včetně nálezů ručních mlýnských kamenů, polotovarů a kamenů s miskami (Cícha, 1992; Fröhlich, 1992).

V roce 2009 provedla geodetická firma GEO. cz s. r. o. nedestruktivní zaměření celé oblasti zlatodolů v rámci její památkové ochrany. Byl zhotoven polohopisný a výškopisný plán s intervalem vrstevnic 1 m. Komplexní zaměření bylo promítnuto do mapy 1 : 10 000, kde byly výškopisně znázorněny všechny terénní relikty, které můžeme vidět na obrázku č. 31 (Havlice, 2017).

V rámci této diplomové práce byl v letech 2018 - 2020 prováděn geofyzikální průzkum pomocí geoelektrického systému ARES.



*Obr.31.: Geodetické zaměření zlatodolů "Na Kometě" pomocí totální stanice s vrstevnicovým plánem. Délka prostřední řady činí okolo 600 m. Upraveno podle Havlice (2009).*

### 5.3.1. Geologická a geomorfologická charakteristika.

Z geologického hlediska území zlatodolů "Na Kometě" náleží podolskému komplexu, který je součástí moldanubika jižních Čech. Vlastní vrch zlatodolů je tvořen biotitickými žulorulami s petrografickými přechody do biotitických migmatitů, ve kterých jsou uloženy křemenné žíly o délce několik desítek metrů (Fišera et al., 1982).

Pod návrším Kometa jsou v nížinách mocné deluviální sedimenty a splachové hlíny, jež jsou součástí dna potoků (Cícha, 1992). Směrem na obec Temelín a Protivín se podle geologických map vyskytuje mnoho třetihorních a čtvrtohorních sedimentů, jež mohou obsahovat transportované křemeny a vzácně i vltavíny.

Křemenné žíly uložené ve zdejších metamorfitech mají směr SV - JZ a bylo jich zde zjištěno několik paralelně vedle sebe o mocnosti až několik dm a o délce několika desítek metrů. Blízké okolí žil je tvořeno alterovanou kaolonizovanou zónou. Z hlediska vzniku zlatonosných žil se jedná o hydrotermální ložisko podolského komplexu, jehož stáří se odhaduje na středně-variské (Cícha, 1992). Se zlatem se v křemeni vyskytuje pyrit a arzenopyrit. Zajímavý je však výskyt safírů v lomu u Komety, které zde popsal Dr. B. Ježek. Safíry byly zarostlé do šedavého křemene. Bohužel se však nepotvrdil nový výskyt tohoto vzácného minerálu na lokalitě (Marek, 1929).

### 5.3.2. Antropogenní geomorfologické znaky zlatodolů "Na Kometě".

Po významné těžbě zlata se dnes dochovalo plno morfologických znaků, kterých si lze snadno všimnout v celém lesním areálu mezi Těšínovem a Všetecí, kde kromě vlastní těžby docházelo i k rýžování zlata z aluvií, mletí křemenné drti se zlatem a k procesu separace zlata pomocí amalgámu. V areálu zlatodolů vzniklo několik hornických vesniček, kde bylo mnoho kováren na výrobu hornických železek a dalších nezbytně nutných věcí, jako je zdroj vody, potravy a základních potřeb pro horníky (Fröhlich, 1993).

Zlatodoly "Na Kometě" jsou tvořeny třemi hlavními liniemi šachet, obvalů, jam, hald a propadlin, sledujících zrudněné křemenné žíly, jež se táhnou ve směru ZJZ - VSV. Tyto linie pozůstatků podzemních prostor jsou rovnoběžné a vzdálenost mezi nimi je okolo 50 m. Severní řada šachet protíná kótu kopce 578 m. n. m. a je dlouhá okolo 350 m. V její linii jsou zachovány dva vstupy do podzemí. Jedná se o šachtu Bezejmennou a Bezednou. Tyto šachty jsou od sebe vzdáleny 30 m a dosahují 10 - 15 m hloubky. Prostřední řada zlatokopeckých stařin začíná na západním úpatí kopce a táhne se také přes vrchol kopce až k východnímu

úpatí kopce. Celková délka tohoto podzemního systému činí neuvěřitelných 600 m. Ve střední části jsou šachty propojeny a zříceny, čímž vznikly široké propadliny o šířce několika metrů. V západní části se nachází zachovaný vstup do podzemí. Jedná se o šachtu Dvojitou, která údajně vznikla propojením dvou sousedních dobývek a její celá nezatopená délka činí přes 40 m. Třetí a poslední linie šachet se rozprostírá na západní svahu kopce, přesněji v jeho horní části. Je dlouhá okolo 200 m a nejhlubší dochovaná podzemní dobývka činí přes 17 m. Ve skutečnosti se bezpochyby jedná o hlubší podzemní prostory, avšak dnes jsou již zasuceny a zatopeny, proto nelze jejich skutečného dna dosáhnout. Předpokladem je hloubka okolo 30 a více metrů (Havlice, 2017; Cícha, 1992; Marek, 1929).

Pozůstatky zlatodolů "Na Kometě" zahrnují povrchové antropogenní tvary podpovrchové dobývky (Cícha, 1992). Povrchové tvary se dělí na čtyři hlavní skupiny dle vzniku a morfologie.

### **1) Tvary vzniklé povrchovou těžbou rozsypů.**

Tyto útvary mají tvar jam, pinek mísovitého tvaru. Často se jedná i o terénní zářezy, které mají většinou radiální zářez. Jsou orientované k nedalekému vodnímu toku či sídlu. Pinky mají velikost nejčastěji okolo 5 - 8 m a hloubku až 3 m. Zmíněné tvary vznikaly povrchovým dobýváním eluviálních rozsypů, které obsahují určitá procenta zlata. V druhém případě se jedná o tvary vzniklé povrchovou těžbou křemenných žil. Ty mají charakter protáhlých sníženin v terénu o délce až 2 m a hloubce až 10 m (Cícha, 1992).

### **2) Tvary vzniklé po zavalení šachtic.**

Jedná se o závaly mající vzhled pinek, avšak dosahují větších hloubek. Udává se až okolo 7 m. Mají charakter nálevkovitého tvaru s příkrými stěnami s nepravidelnými obvaly a často připomínají tvary po povrchové dobývce křemene (Cícha, 1992).

### **3) Tvary vzniklé propadnutím podpovrchových dobývek.**

Vznikají zřícením stropů podzemních šachet. Jsou úzké a jejich stěny jsou příkřeji orientované a často je odhaleno i skalní podloží. Mají charakter linií, které sledují podpovrchovou zřícenou dobývku křemenné žíly se zlatem (Cícha, 1992).

### **4) Tvary podpovrchových dobývek.**

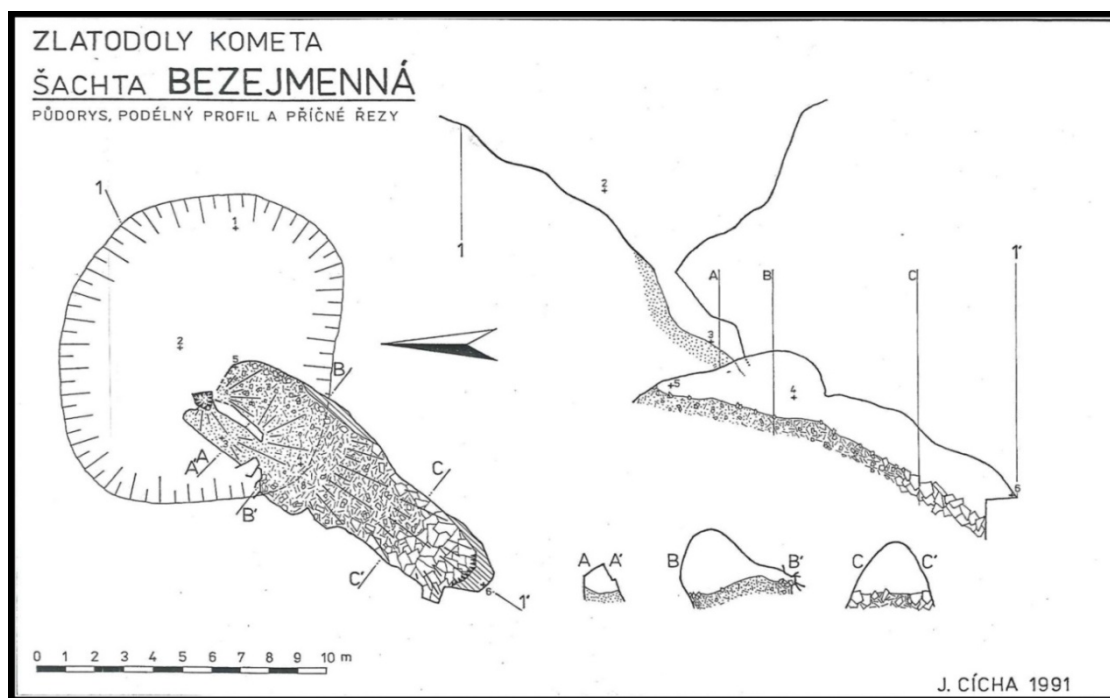
Představují vlastní těžebné prostory uchované pod zemským povrchem. Ty jsou charakteristické zachovanými štolami, které byly často v podzemí propojené někdy i do více



pater. Dnes je však většina těchto podzemních prostor zasucena a dochovaly se pouze tři hlavní šachty, kterými lze vstoupit do podzemí zlatodolů Komety. Jedná se o šachty Bezejmenná, Bezedná a Dvojitá. Charakter vstupu do šachet je ve všech případech téměř kolmo vertikální. Proto jsou dnes zabezpečeny proti pádu ocelovou mříží a dřevěným plotem. Stěny šachet jsou jemně opracovány hornickými želízky a jsou tvořeny z velké části biotitickými žulorulami, křemenem a druhotnými sírany. Hlubší partie štol jsou bohužel zatopené infiltrující spodní vodou (Cícha, 1992). Charakter geomorfologie povrchových útvarů po těžbě zlata "Na Kometě" je znázorněný na obrázku č. 65, 66 a 68 v příloze.

### Šachta Bezejmenná.

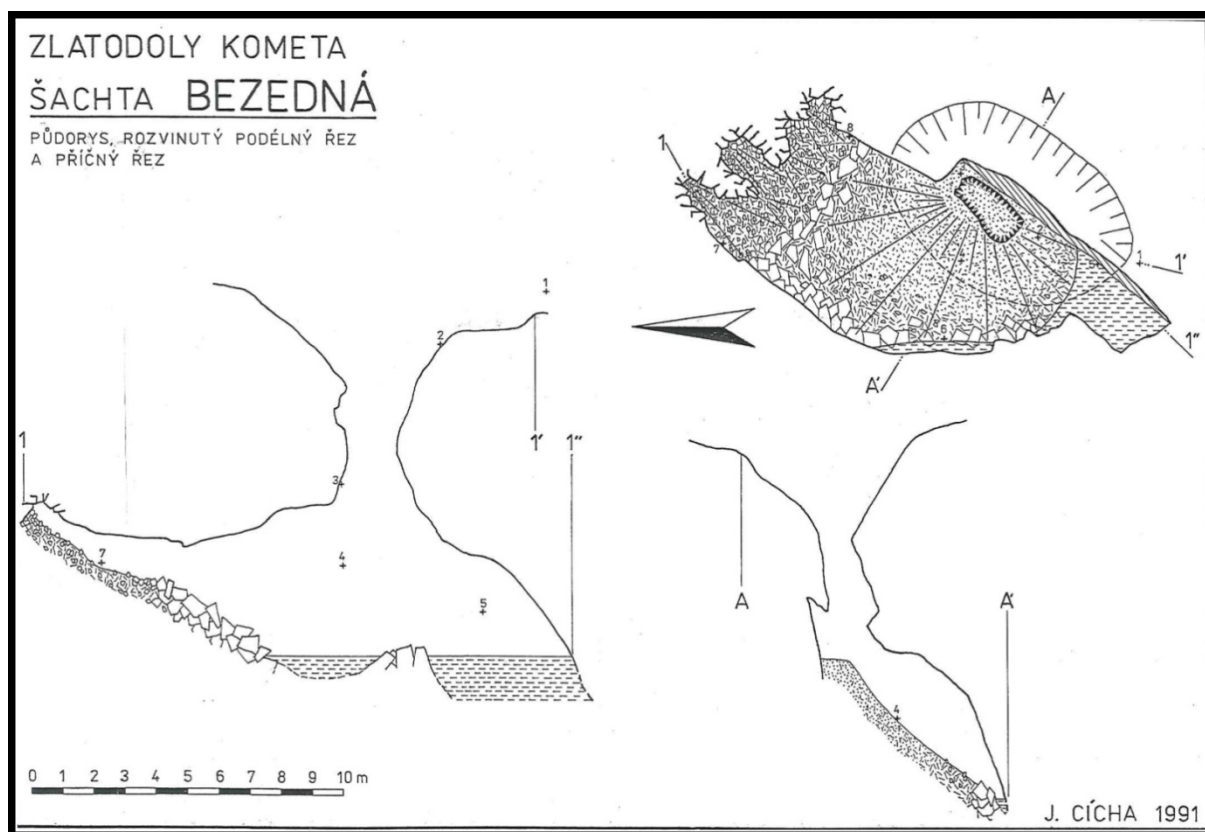
Bezejmenná šachta se nalézá uprostřed severní (horní) řady zlatokopeckých stařin mající délku 350 m. Vlastní vstup do šachty má vertikální charakter o délce 7 m a šířce 0,7 x 0,7 m. Ze dna ústí 3 m dlouhá strmě nakloněná chodba mající směr JZ. Na konci chodby je úzký průlez (0,5 m), který ústí do hlavní Bezejmenné šachty. Tato hlavní šachta je 12 m dlouhá, 2,5 - 4 m široká a vysoká do 2,5 m. Tato chodba příkře klesá JZ směrem ukončuje jí nahromaděná sutina balvanů. Její skutečné hloubky bohužel díky suti není známo (Cícha, 1992). Detailní plánek podzemního komplexu Bezejmenné šachty je na obrázku č. 32 a fotografie z podzemí šachty na obrázku č. 56 - 59 v příloze.



Obr.32.: Znázornění podzemních prostor Bezejmenné šachty. Upraveno podle Cícha (1992).  
Legenda k mapě je v příloze na obrázku č. 40 v příloze.

## Šachta Bezedná.

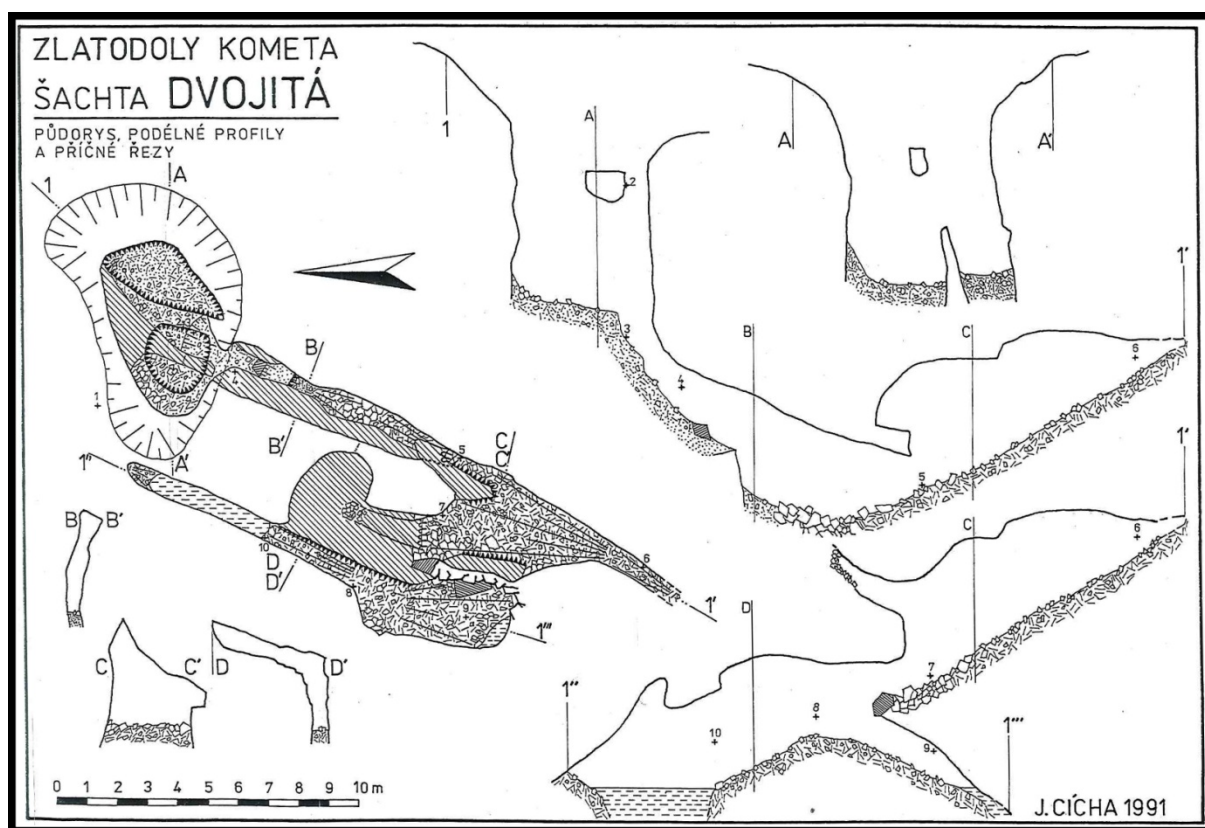
Bezedná šachta se nalézá zhruba 30 metrů JZ od šachty Bezejmenné, které jsou součástí severní řady zlatokopeckých stařin. Vstup do šachty o šířce 2 x 1 m a hloubce 5 m je vertikálního charakteru a je vyfocen na obrázku č. 68 v příloze. Z vertikální štoly pokračuje rozsáhlý podzemní prostor o délce 16 m, šířce 6 m a výšce 3 m. Jižní část chodby je zatopená vodou, kam podzemní dobývky pokračují dále. To dokládá výzkum píseckých potápěčů z roku 1976, kdy potápěč Jindřich Kurz prozkoumával pokračování této šachty. Bohužel se nepodařilo dostat do nejhlubších partií díky překážejícímu skalnímu bloku. Dle potápěče podzemní šachty vedou dále za tímto skalním blokem. V této štole byla křemenná žíla o mocnosti několika dm. Celková hloubka Bezedné šachty činí 11 m k vodní hladině. Lze předpokládat, že skutečná hloubka šachet může být až 25 - 30 m a možná i více (Cícha, 1992). Detailní plánec Bezedné šachty je na obrázku č. 33 a 3D model šachty je na obrázku č. 43 v příloze a fotografie z podzemí na obrázku č. 44 - 46 v příloze.



Obr.33.: Znárodnění podzemních prostor Bezedné šachty. Upraveno podle Cícha (1992).  
Legenda k mapě je v příloze na obrázku č. 40 v příloze.

## Šachta Dvojitá.

Dvojitá šachta se rozprostírá v prostřední řadě nejdelších zlatokopeckých stařin dosahujících přes 600 m. Její vstup má charakter vertikálního směru a obsahuje skalní most. Tento most vznikl spojením dvou sousedních šachet a je dlouhý 2 m a 0,5 m široký. Vstupní strmá šachta je hluboká 6 m a z ní vede 10 m dlouhá chodba mající JZ směr. Její výška je okolo 3 m a šířka max. do 1 m. Chodba ústí do dalšího prostoru o délce 5 m, šířce 3 m a výšce až 4 m. Tato dobývka je v JZ směru zasucena, ale pokračuje dále v západnějším směru 4 m dlouhou chodbou. SV část chodby přechází v rozměry na 3 m výšky, 0,7 m šířky a 10 m délky. Nejhlubší části této šachty jsou bohužel zatopené. Roku 1976 zjistil písecký potápěč Jindřich Kurz, že zatopené šachty pokračují výrazně hlouběji. Na nejhlubší zatopené místo se nepodařilo dostat kvůli nahromaděnému materiálu a závalům. Celková délka nezatopených podzemních prostor činí okolo 40 m a hloubky 15 - 18 m pouze k vodní hladině (Cícha, 1992). Detailní plánky podzemních prostor Dvojité šachty jsou na obrázku č. 34 a 3D model šachty je v příloze na obrázku č. 47 příloze a fotografie z podzemí na obrázku 48 - 55 v příloze.



Obr.34.: Znárodnění podzemních prostor Dvojité šachty. Upraveno podle Cícha (1992).  
Legenda k mapě je v příloze na obrázku č. 40 v příloze.

### 5.3.3. Archeologické nálezy a zlatorudné úpravny "Na Kometě".

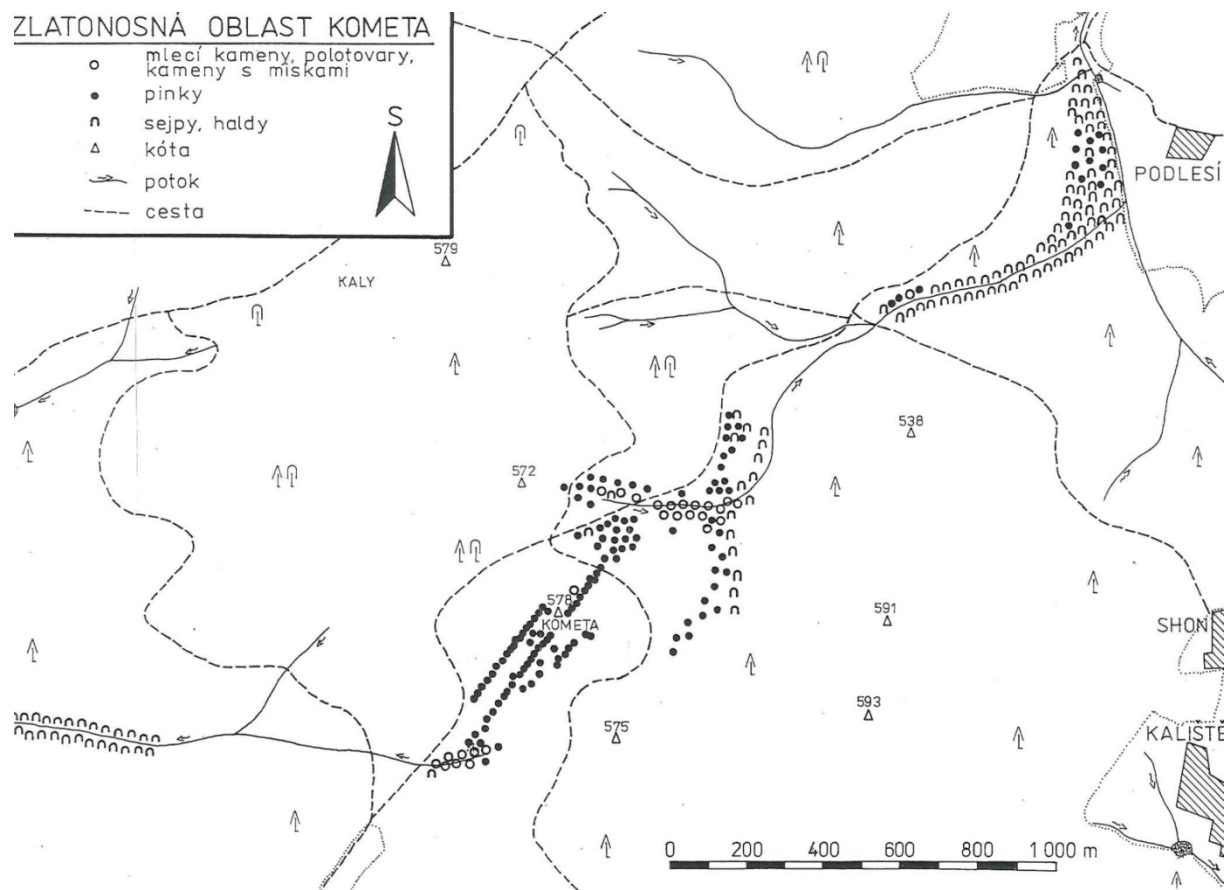
Veliký soubor archeologických nálezů datujících počátky těžby byl shromážděn v letech 1976, 1986 a 1991 při průzkumech. Jedná se o soubor keramik z 15. stol. nalezených na JZ konci třetí řady zlatokopeckých stařin. Tvoří je zlomky nádobkových kachlů, zlomky komorových kachlů a úlomky několika nádob. Zajímavý je nález komorového kachle, který má na sobě vyobrazení turnajové bitvy s rytířem v přilbě s dřevcem a část hlavy klusajícího koně z druhé pol. 15 stol. Mezi další nálezy patří soubor hornických železek, strusek a dalších předmětů. Zajímavý nález učinil S. Dostál v kamenné suti uvnitř Bezejmenné šachty. Jednalo se o dno hrnce s kamenickou značkou z 13. - 14. stol. Údajně tento střep byl splaven z povrchu a jedná se nejspíše o import z nějakého jiného místa (Fröhlich, 1991, 1993; Cícha, 1992).

Největší archeologické nálezy zlatorudných úpraven na Kometě byly provedeny roku 1991 během výzkumu Prácheňským muzeem v Písku. Jedná se o dva areály úpraven zlata, kde bylo zlato spolu s křemenem drceno pomocí ručních mlýnských kamenů.

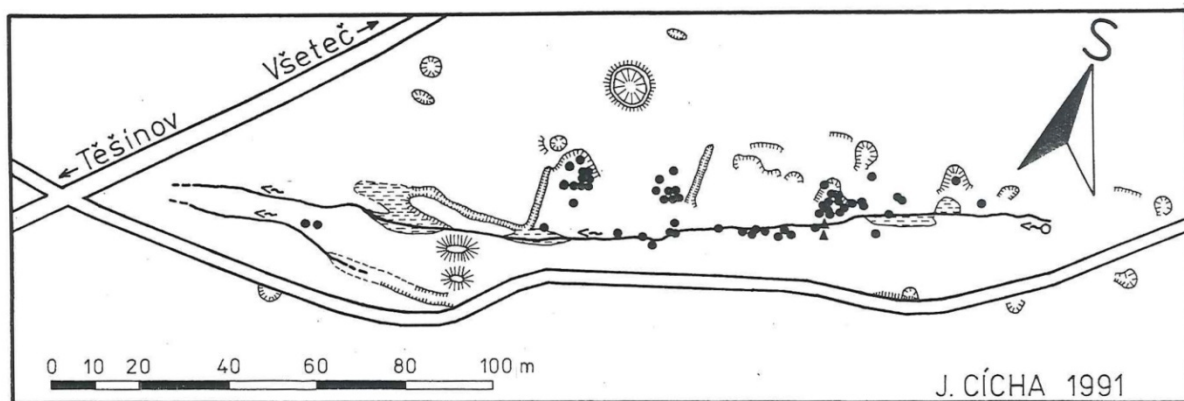
První areál byl odkryt v pramenné části potoka ve svahu zhruba 350 m SV od vrcholu Komety. Při průzkumu zde bylo nalezeno na ploše 1,5 ha 76 zlomků mlecích kamenů, 4 polotovary, 1 polotovar s druhotně vyhloubenými miskami, 3 kameny s miskami a mnoho dalších. Kromě mlecích kamenů zde bylo nalezeno nespočet střepů nádob, pocházejících ze 13. stol, jež měly na sobě ozdoby ve formě různých vlnek. Tento areál je znázorněn na mapě v obrázku č. 35 v místě nejvyšší koncentrace nálezů mlýnským kamenů SV od řady pinek.

Druhý areál zlatorudných úpraven se rozprostírá na protilehlém svahu Komety v údolí potůčku pramenícího 380 m JZ od vrcholu. Areál je znázorněn na obrázku č. 36. Zde bylo nalezeno celkem 54 zlomků mlecích kamenů, 3 polotovary a 2 kameny s miskami. K nálezům patří ležáky i běhouny. Z nálezů lze usoudit, že středové otvory měli velikost až 11 cm a výška ležáků byla 19 - 27 cm. Specifické rysy mlýnských kamenů na Kometě jsou tzv. větříčky a remíše vytesané na ohlazené pracovní ploše ve směru od středu k okraji. Jedná se o 4 rýhy orientované kolno na sebe tvořící kříž. Slouží k lepšímu rozvádění křemenného písku po celé ploše mlýnského kamene a zlepšuje účinnost mletí. Nalezené kameny s miskami sloužily nejčastěji k drcení materiálu (stoupové kameny) a nebo k vlastní amalgamací. K tomu byla použita rtuť, kterou objevil v roce 1986 S. Dostál při rýžování zlata na první úpravně. Průměr prohlubně se pohybuje okolo 20 cm a hloubka v rozmezí od 2,5 cm do 4 cm (Fröhlich, 1993).

Mlýnské kameny se přímo na zlatodolech "Na Kometě" vyráběly. Kámen se nejspíše lámal ve stěnových lomech při potoce nedaleko úpraven nebo byla základní surovina použita přímo z dolů. Kameny se vyráběly nejčastěji z místních biotitických žulorul, žul a migmatitů (Fröhlich, 1993; Kudrnáč, 1971).



Obr.35.: Detailní zakres polohy pinek, sejpů a nálezů mlecích kamenů a středověkých úpraven lemující potoky v areálu zlatodolů "Na Kometě". Upraveno podle Cícha (1992).



Obr.36.: Zlatorudné úpravny. Symboly s černými puntíky znamenají nálezy mlýnských kamenů podél potoka v JZ části areálu zlatodolů "Na Kometě". Upraveno podle Cícha (1992).



## B) Praktická část.

### **6. Metodika práce.**

#### 6.1. Přístroje a jejich příslušenství.

Pro ověření existence podzemních prostor a ke zjištění charakteru horninového podkladu byla použita geofyzikální metoda elektrické rezistivní tomografie (ERT) s měřicí aparaturou ARES-200E vyvinutá firmou GF Instruments s.r.o., Brno. Aparatura byla zapůjčena Katedrou biologie Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity, která jí pořídila v roce 2013 v rámci projektu FRVŠ. Jedná se o automatický geoelektrický systém, který se skládá z jednotlivých komponentů, jehož hlavním cílem je zjistit elektrickou rezistivitu horninového podloží za stálého procházejícího elektrického proudu. Hlavními komponenty ERT systému je vlastní aparatura ARES-200E, válečkové kovové elektrody napojené na multielektrodové kabely, jejichž součástí jsou kovové měřiče a zdroj elektrického napětí (automobilová baterie). Aparatura a multielektrodové kabely jsou znázorněny na obrázku č. 37 a kovové elektrody na obrázku č. 38a. Celé přenosné přístrojové vybavení je vyobrazeno v příloze na obrázku č. 63 a 64 v příloze. Pro ukotvení elektrod do země se používá kladívko s tvrzenou gumou a nebo geologické kladívko, které je na obrázku č. 60 v příloze. Pro spojení elektrod s kabelem je malá pevná gumička. Jeden multielektrodový kabel obsahuje celkem 8 elektrod (tzv. sekce). Počet sekcí záleží na konstrukci a vybavení daného přístroje a maximální počet elektrod činí až 250. V našem případě bylo použito 5 sekcí a pro měření profilu s více jak 40 kusy elektrod bylo potřeba sekce rolovat (překládat). Zapojení elektrod a způsob měření bylo provedeno podle Wenner-Schlumbergrova uspořádání se vzdáleností 2 m. Mezi další vybavení patří 50 m pásma na přesné měření profilu a červeně označené dřevěné kolíky, které slouží k vytyčení profilu, zajištění bezpečnosti a k orientaci lokalizace profilu v terénu. Nezbytný byl i zápisník a propiska/tužka na zaznamenávání poznámek a přístroj GPS. Jednotlivé úkony při měření byly fotografovány zrcadlovým fotoaparátem Nikon D 5100.



Obr.37: Vlastní aparatura ARES-200E s multielektrodovým kabelem.

Převzato z internetového zdroje: <http://www.gfinstruments.cz>.

## 6.2. Měření v terénu.

Terénní měření bylo provedeno na lokalitě zlatodolů "Na Kometě" u Albrechtic v jižních Čechách. Tento rozsáhlý komplex zlatodolů je na ploše celého vrcholu o průměrné nadmořské výšce okolo 550 - 590 m. n. m a pokrývá ho lesní vegetace. K vlastnímu měření a vytyčení profilů docházelo paralelně napříč třemi liniemi podzemních dobývek po celé ploše zlatodolů. Profily byly kolmé na směr podzemních komor a mají délku 70 - 140 m.

V první řadě bylo potřeba v členitém a zarostlém terénu vybrat vhodné místo na měření. Tzn. přístupný terén, který nebyl tolik zarostlý lesní vegetací a příliš členitý. Nejprve bylo místo vybraného profilu vyčištěno od napadaných větví, poté došlo k přesnému vytyčení měřeného profilu. K tomu sloužilo pásmo a orientační dřevěné kolíky s červeným pruhem, které byly vidět na větší vzdálenost. Pomocí pásma se vyměřil profil o požadované délce a bylo určeno přesné ukotvení měrných elektrod do země v rozmezí 2 m od sebe. Kolem elektrod byla odstraněna vegetace, aby byly elektrody v terénu viditelné a aby nedošlo k jejich rušení při měření. Následně došlo k připojení válečkových elektrod na kabelu ke statickým elektrodám v zemi (viz obrázek č. 38b a 62 v příloze). Toto bylo opakováno v celém profilu a jednotlivé sekce byly propojeny. Takto připravený a ukotvený systém sekcí byl v další fázi napojen na vlastní geofyzikální přístroj napájený automobilovou baterií. Geofyzikální aparát si sám zkontroluje vodivost elektrod a v případě špatného ukotvení systém nahlásí, která elektroda je špatně ukotvena. V těchto případech muselo dojít k odpojení systému, vyhledání špatně ukotvené elektrody a opětovnému ukotvení.

Vlastní měření všech připojených sekcí v systému trvalo v rozmezí 20 - 30 min. Pro měření delších profilů se muselo přistoupit k rolování kabelů. Tzn. přesunům jednotlivých sekcí na opačnou část profilu. Pomocí rolování se mohl se 40 elektrodami v rozestupu 2 m měřit profil delší než 80 m – v našem případě většinou o délce do 140 m.

Po vlastním měření byl celý systém vypnut a odpojen od zdroje napětí. Jednotlivé kabelové sekce byly smotány a zabaleny. Elektrody byly uloženy do speciálních kovových nádob. Vlastní lokalita byla po měření uklizena a nedošlo k žádnému destruktivnímu poškození.



*Obr.38a.: Kovové elektrody. Použito z internetového zdroje: (<http://www.gfinstruments.cz>).*

*Obr.38b.: Upevnění a spojení kovové a válečkové elektrody v terénu. Foto: D. Šefčík 2020.*



### 6.3. Zpracování softwarových dat.

Data naměřená pomocí přístroje ARES se následně převádí do programu pod názvem RES2DINV od firmy Geotomo Software. Tento program je schopen pracovat s velkým počtem dat. Uvádí se 200 - 6500 datových souborů při jednom měření (Poláček a Cervantes, 2012). Hlavním úkolem programu RES2DINV je převod naměřených dat do odporového (rezistivního) profilu pomocí vynášení hodnot bodů odporů. Využívá se modelu stanovení rezistivity z pravoúhlých bloků, které umožní produkci zdánlivé rezistivity. Konečným výstupem programu je graf znázorňující zdánlivou rezistivitu prostředí. Hodnoty odporů hornin jsou barevně odlišeny a celkový profil je výsledkem seskupení několika barev. Profily naměřené pomocí přístroje ARES s Wenner-Schlumbergrovým uspořádáním elektrod většinou dosahují hloubky 10 - 15 m pod zemským povrchem. Pro větší hloubky by bylo potřeba jiného způsobu uspořádání elektrod (Poláček a Cervantes, 2012).

Samotná interpretace vlastních podzemních prostor je velmi složitá. Vzájemně dochází ke spolupůsobení několika faktorů, na které je třeba brát zřetel a v některých případech i měření opakovat. Většina geofyzikálních anomálií je detekována jako výrazná změna elektrické rezistivity při přechodu z jednoho typu podloží do druhého či během přechodu z podloží do podzemních prostor. Je dobré si všimnout geomorfologických abnormalit antropogenního původu, jako například řady propadlin (pínek) jdoucích za sebou či různých poklesů terénu, které mohou naznačovat přítomnost propadlých stropů podzemních prostor. Při interpretaci dat se vycházelo z této zkušenosti. Ve výsledném grafu rezistivity došlo k odpočítání metrů daných propadů a sledování rezistivních abnormalit (Poláček a Cervantes, 2012). Zároveň je třeba vzít v úvahu geologické a geomorfologické charakteristiky oblasti (složení hornin ve vrcholové části měřené oblasti, přítomnost deluvií a splachových hlín na svazích) a informací z předchozích mapování - například hloubku hladiny spodní vody, která byla v roce 1992 na 15-18 metrech (Cícha, 1992).

## 7. Výsledky a diskuse:

### 1) Výsledky geofyzikálního měření:

K vlastnímu geofyzikálnímu měření byla vybrána lokalita pozůstatků středověkých zlatodolů "Na Kometě" nedaleko Albrechtic. Na lokalitě se aplikovala geoelektrická měřicí aparatura elektrické rezistivní tomografie ARES-200E. Aplikace metody proběhlo během roku 2017 - 2020 v jarních, letních a podzimních měsících. Veškeré postupy měření a přístrojové vybavení je detailně popsáno a vyobrazeno v metodice na straně 74 - 76.

Na lokalitě zlatodolů "Na Kometě" bylo provedeno celkem 9 profilů s cílem ověřit možnost použití této geofyzikální metody a zachytit možné podzemní prostory. Z tohoto osm profilů bylo použito k interpretaci a u zbylého profilu nedošlo k dokončení měření. Nedokončené měření bylo díky vysokým letním teplotám v roce 2019, při kterých elektrody vykazovaly špatné ukotvení a nedostatečnou vodivost kvůli nedostatku vody v půdních pórech. Všechny naměřené profily ukazují vysoké a nízké rezistivity prostředí, které signalizují charakter, velikost a umístění zkoumaných objektů.

Vytyčené profily byly orientované kolmo na podélné linie zlatokopečských stařin. Délka profilů byla vytyčena v rozmezí od 70 do 160 m v závislosti na opakovaném rolování. Hloubka dosahovala maximálně 14 - 16 m. Bylo použito celkem 5 multielektronových kabelů (sekcí) obsahujících celkem 40 měrných elektrod. Elektrody byly do země ukotveny ve vzdálenosti 2 m od sebe a celá geofyzikální aparatura byla připojena k autobaterii (viz metodika).

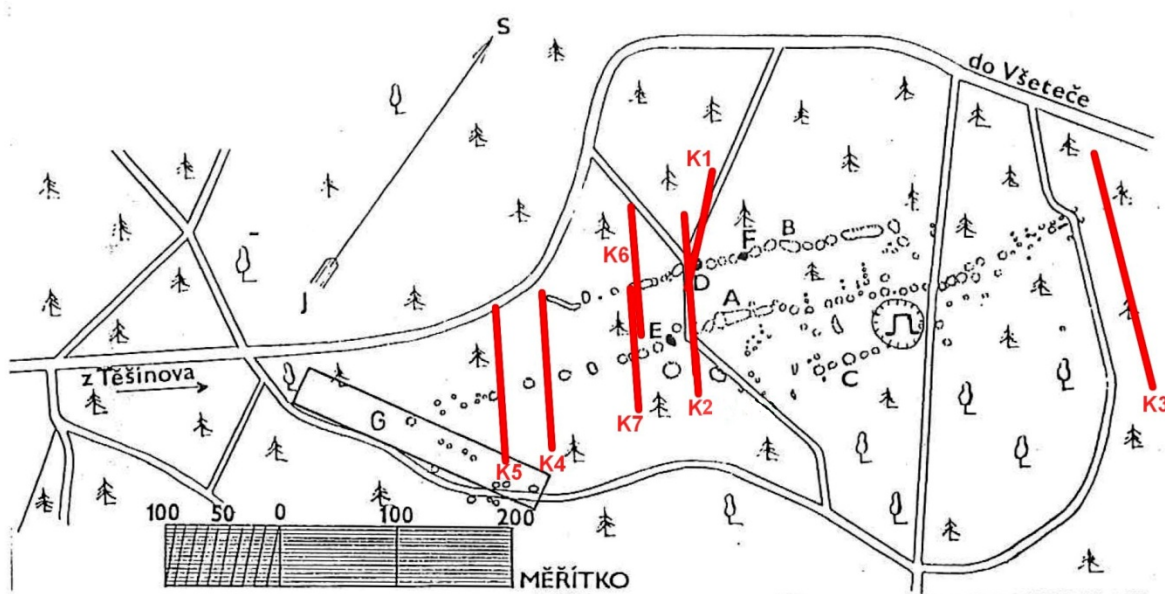
Veškeré měřené profily jsou znázorněné červeně na mapě číslo I. - II. symboly K1 - K7.

Mapa č. I. je převzata od Marka (1929) a je doplněna a upravena podle Cíchy (1992). Na této mapě jsou znázorněny veškeré pinky, propadliny, vstupy do podzemí a provedené profily s označenými symboly (viz legenda). Navíc je mapa doplněna červenými přímkami a symboly, které znamenají vytyčené profily měřené elektrickou rezistivní tomografií ARES.

Mapa č. II. je převzata z internetového zdroje Analýzy výškopisu se zakreslením teréních propadlin (poklesů) a vrstevnic. Na mapě jsou červeně znázorněny měřené profily

elektrickou rezistivní tomografií ARES. Krajní body profilů byly vytyčeny pomocí souřadnic a spojeny. Mapa má měřítko 1: 3 780 a charakterizuje celý komplex zlatodolů "Na Kometě".

Jednotlivé grafy profilů obsahují legendu, kde barevná horizontální škála znamená číselnou velikost naměřených odporů a vertikální škála obsahuje hodnoty hloubky profilu v metrech. Horní část profilu obsahuje horizontální přímkou, která charakterizuje vytyčené elektrody po 2 m a celý profil rozděluje na metráže. Celý profil je doplněn symboly R1 - R7, které ukazují na zajímavé rezistivní oblasti (objekty), jež jsou detailně popsány u každého profilu.



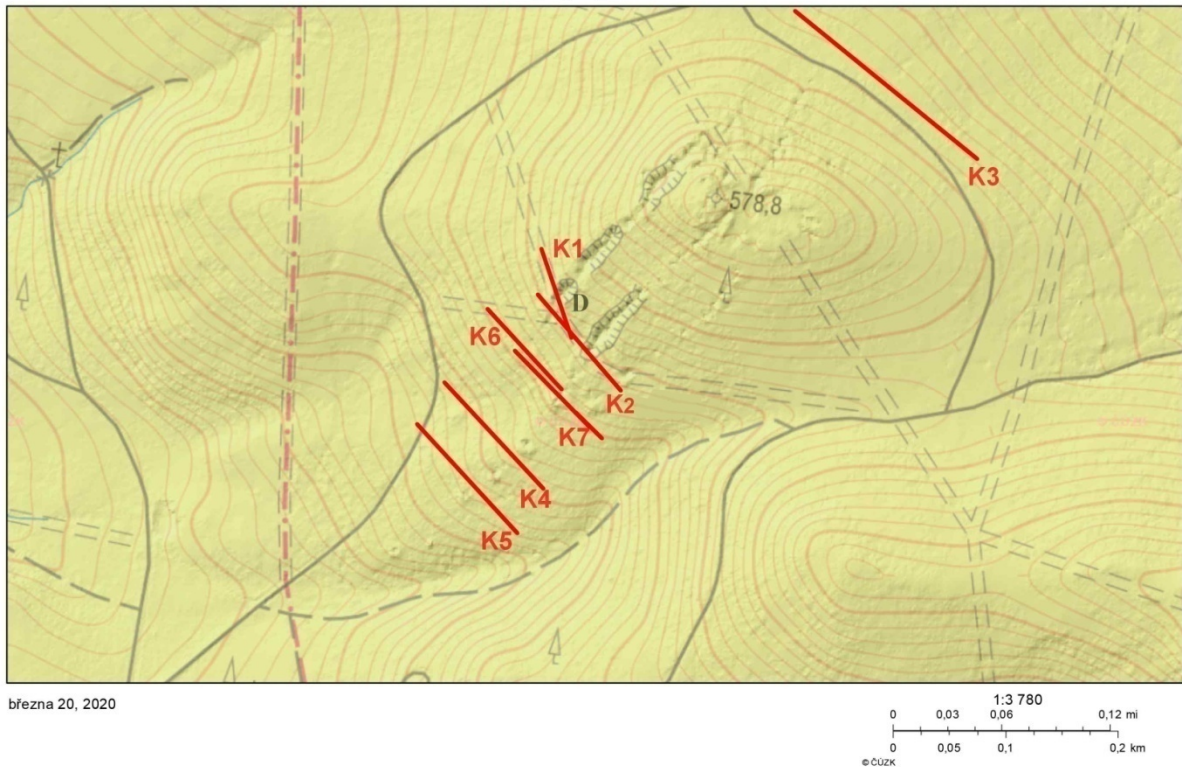
**Mapa hlavní polohy stařin na Kometě.**

Doplněno a upraveno podle M. J. Marka (1929)

- Vysvětlivky:
- A - hlavní řada stařin
  - B - severní řada stařin
  - C - jižní řada stařin
  - D - šachta Bezedná
  - E - šachta Dvojitá
  - F - šachta Bezejmenná
  - G - druhá poloha zlatorudných úprav

Mapa č. I.: Hlavní polohy zlatokopeckých stařin areálu zlatodolů "Na Kometě". Červené přímkou se symboly znamenají vytyčené profily elektrickou rezistivní tomografií ARES. Mapa byla převzata podle: Marek (1929).

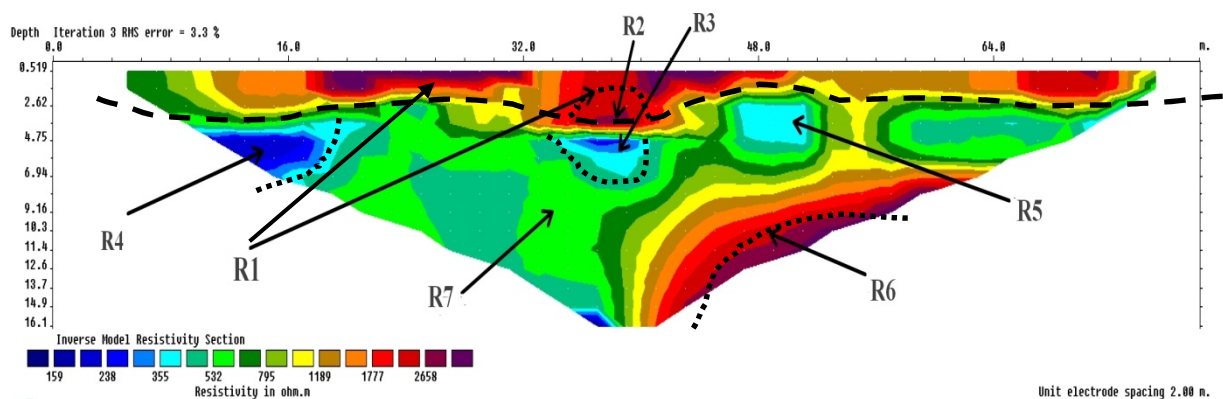
## Analýzy výškopisu



Mapa č. II.: Mapa hlavní polohy zlatokopeckých stařin s analýzou výškopisu. Červené přímky se symboly znamenají vytyčené profily elektorickou rezistivní tomografií ARES. Mapa převzata z internetového zdroje: Analýza výškopisu (<https://ags.cuzk.cz/dmr/>).

## A) Interpretace profilů.

### Profil K1.



Obr. K1.: Vertikální řez elektrického odporu horninového podloží vytvořený pomocí geofyzikální techniky ARES ve dvourozměrném znázornění. Na mapě je tento profil označen symbolem K1.

První profil je na mapě č. I. a II. označen symbolem K1. Byl vytyčen v srpnu 2017, asi 200 m JZ od vrcholu s kótou 578 m. n. m. v nadmořské výšce 545 m. n. m. Jednalo se o první zkušební měření, pro které byla záměrně vybrána lokace detailně vymapována předchozími průzkumy. Profil byl dlouhý 78 m a byl vytyčen v zářezu zašlé cesty. Střed profilu se nacházel na JZ okraji vstupu do šachty Bezedné, jež je označena v mapě č. I. písmenem D, kde byly předpokládány možné podzemní prostory. Celý profil je orientován téměř kolmo na horní (severní) linie zlatokopeckých stařin. Zastaralá cesta, která byla tvořena zhutněnou hlínou a zdejšími horninami nám umožnila vhodné prostředí pro vytyčení profilu. V tomto případě nemuselo docházet k odklizení napadaných větví a ostatní biomasy.

Na vertikálním řezu profilu K1 je několik míst, jež mají odlišný měrný odpor. Ty jsou označené symboly **R1 - R7**. Vrstvy s vysokým odporem v horní partii profilu (symbol **R1**) jsou s vysokou pravděpodobností druhotné navážky, které mají mezi jedlotlivými póry mnoho vzduchu. Jejich měrný odpor činí až 2658  $\Omega\text{m}$ . Jedná se o úlomky zdejších žulorul, migmatitů, rul a úlomků křemene. Tento horizont má navíc velkou vzdušnou pórovitost, tak lze předpokládat vyšší měrné odpory. Tato vrstva obsahuje mnoho vegetace (kořeny a biomasa), která se chová jako izolant, a tudíž nevede dobře elektrický proud. Tento horizont druhotného materiálu sutin dosahuje hloubky okolo 1 - 2 m.

Vysoký odpor je také naměřený přímo na středu transektu, který dosahuje nejvyšších hodnot odporu (max. 2658  $\Omega\text{m}$ ) zhruba ve 4,5 m hloubce s označením **R2**. S největší

pravděpodobností se jedná o podzemní prostor související se vstupem do Bezedné šachty. Tomu napovídá i fakt, že se jedná o místo, na kterém je předpokládána počva štoly. Vzhledem k vysokému odporu se dá předpokládat, že tento prostor není infiltrovaný vodou. Poměrně ostrý přechod z tohoto vysoce odporového prostoru (R2) do nízce odporového prostředí (R3) se nalézá v hloubce 4,6 - 4,7 m na metrů 36,5 - 37 m. Tento slabě rezistivní objekt vykazuje vodivost 100 - 300  $\Omega\text{m}$  a rozprostírá se na předpokládaném místě průchodu štoly. Lze usoudit, že se jedná o přechod z vysoce rezistivního zavzdušněného podzemního prostoru do zasuceného dna vstupu s vodou nasycenými suťovými sedimenty.

Obdobně vodivý prostor je také na metrů 8 - 10 m s označením R4. Stejně jako v předchozím případě, i zde je patrný ostrý přechod z vysoce rezistivní oblasti do vodivé zóny. Může se jednat o zvětralé, vodou infiltrované nekompaktní horniny či suťové sedimenty vzniklé propadem stropu důlního díla. Podobně ohraničené zóny s vysokou rezistivitou se vyskytují i na SZ části profilů K4, K5 a K6, což může indikovat přítomnost další, dosud nezjištěné linie důlních prostor.

Na 46. – 52. m transektu v hloubce 2,5 - 4,7 m je dobře ohraničená oblast vykazující měrný odpor okolo 355  $\Omega\text{m}$  (označena symbolem R5). Její rezistivita je nízká a může se jednat o vodou nasycené zvětralé suťové sedimenty s vyšším obsahem roztoků. Není úplně jasné, jakého původu tato oblast je a o co představuje. Může se jednat o odval související se vstupem do Bezedné šachty, který je shora pokryt hlínou a hrabankou.

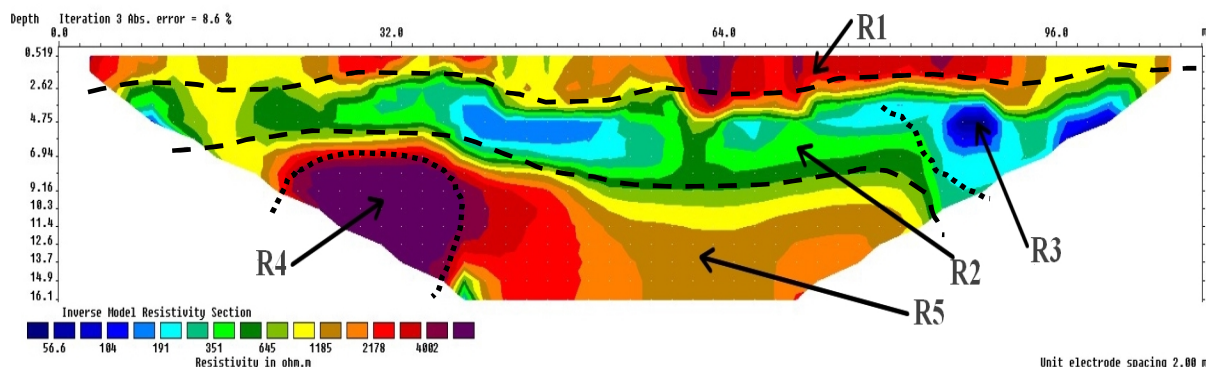
Vysoce rezistivní oblast označená symbolem R6 začíná na 44. metru a pokračuje do hloubky od 8 metrů níže. Tato oblast pokračuje dále, avšak zde tento měřený profil končí. Může se jednat o vlastní křemenou žílu vykazující vysoké měrné odpory. Zřejmě se ale jedná o zavzdušněný podzemní objekt linie prostředních dobývek, který je patrný i na sousedním profilu K2, související se vstupem do "Dvojité šachty".

Ve zbytku profilu jsou horniny vykazující středně vysoký měrný odpor o hodnotách 500 $\Omega\text{m}$  - 1200  $\Omega\text{m}$ . Jedná se s velkou pravděpodobností o navětralé lokální horniny, jako biotitické žoloruly, ruly a migmatity, které v puklinách obsahují větší či menší podíl vody v závislosti na množství srážek. Jsou označeny symbolem R7.

Na profilu K1 byly s největší pravděpodobností zachyceny podzemní prostory zlatodolů.



## Profil K2.



Obr. K2.: Vertikální řez elektrického odporu horninového podloží vytvořený pomocí geofyzikální techniky ARES ve dvourozměrném znázornění. Na mapě je tento profil označen pod symbolem K2.

Druhý vytyčený profil je v mapách č. I. a II. označený symbolem K2. Byl provedený v březnu a srpnu 2018. Jedná se o protažení prvního profilu přes prostřední a spodní (jižní) linii zlatokopečských stařin s cílem ověřit, zda vysoce rezistivní oblast se symbolem R6 v předchozím profilu K1 pokračuje dále. Je dlouhý 110 m a během jeho měření bylo provedeno rolování sekcí. Profil je téměř kolmo na podélné linie zlatokopečských stařin.

Na vertikálním řezu elektrického odporu K2 je mnoho odlišných vrstev majících různý měrný odpor. Svrchní část celého profilu, označena symbolem **R1**, obsahuje vysoce rezistivní horizont sahající do hloubky 1 - 2,7 m. Jedná se o svrchní nahromaděný druhotný materiál ve formě úlomků přeměněných hornin, křemene a zeminy, včetně biomasy o odporu od 1185  $\Omega\text{m}$  - 5000  $\Omega\text{m}$ . Tato svrchní vrstva je vysoce pórovitá a neobsahuje spodní vodu.

Pod svrchními silně odporovými vrstvami jsou vrstvy méně rezistivní mající odpor v rozmezí 300 - 1000  $\Omega\text{m}$ . Jsou označeny symbolem **R2**. S největší pravděpodobností se jedná o navětralou rozpukanou podložní horninu (biotitickou pararulu).

Na 88. – 90. m transektu se v hloubce okolo 5 m nachází silně vodivá vrstva s označením **R3**. Tato vrstva je tvořena nejspíše nasuceným materiálem zdejších hornin vyplňujícím depresi nebo podzemní prostor.

Velmi zajímavým objektem je vysoce rezistivní oblast označena symbolem **R4** začínající na 24. m a končící na 38. m. Tato oblast je pokračováním vysoce rezistivní vrstvy R6 z prvního měření z profilu K1. Vysoce rezistivní oblast v profilu K2 je v hloubce 6 m

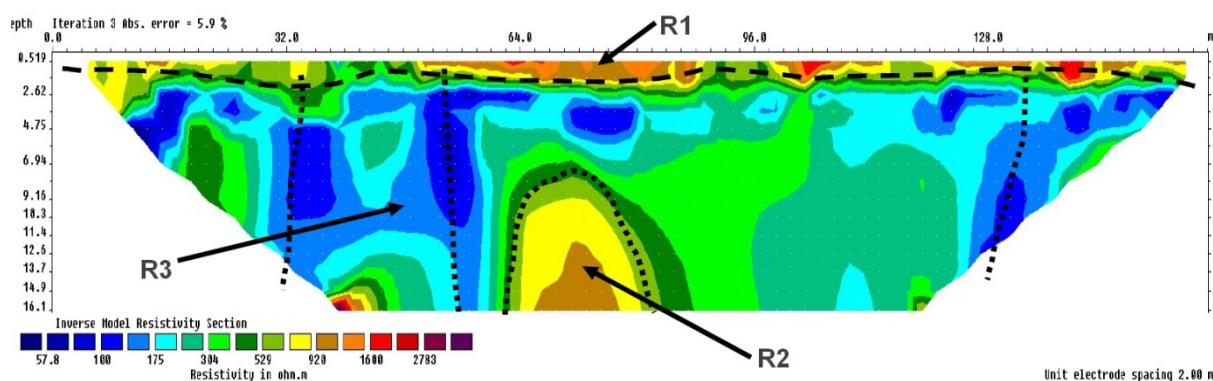


a pokračuje níže vertikálním směrem. Vykazuje měrný odpor více jak 4000  $\Omega\text{m}$ . Tento silně rezistivní prostor se nachází zhruba uprostřed linie prostřední části zlatokopeckých stařin, v těsné blízkosti Dvojité šachty. Díky tomu lze předpokládat, že se může jednat o vlastní podzemní prostor nebo křemenou žílu o mocnosti několika metrů, který lze předpokládat na této metráži.

Ve spodní středové části profilu je viditelný horninový podklad, jež je označený symbolem **R5**, vykazující odpor 1185 - 2000  $\Omega\text{m}$ . Jedná se o zdejší podloží, které je tvořené pararulou, migmatitem a dalšími metamorfovanými horninami.

Na profilu K2 byly s největší pravděpodobností zachyceny podzemní prostory zlatodolů.

### Profil K3.



*Obr. K3.: Vertikální řez elektrického odporu horninového podloží vytvořený pomocí geofyzikální techniky ARES ve dvourozměrném znázornění. Na mapě je tento profil označen pod symbolem K3.*

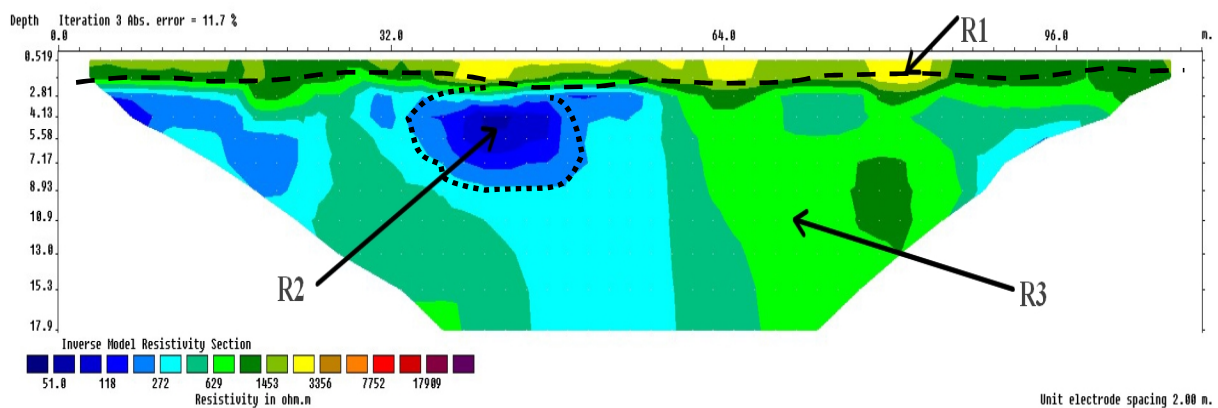
Profil K3 byl proveden v létě 2018. Byl vytyčen SV pod vrcholem komplexu zlatodolů kolmo na předpokládané linie šachet v nadmořské výšce 560 m. n. m. (viz mapa č. I. a II. s označením K3). Cílem tohoto profilu bylo zjistit, zda podzemní prostory pokračují dále v SV směru. K vytyčení 160 m dlouhého profilu bylo několikrát provedeno rolování.

Po celém profilu je patrná 1 - 2 m silná povrchová vrstva označená symbolem **R1** s vyššími odpory o hodnotách v rozmezí od 928  $\Omega\text{m}$  zhruba do 2000  $\Omega\text{m}$ . Tu charakterizuje lesní pórovitá hrabanka a půdní pórovitý profil s úlomky metamorfovaných hornin.

Málo vodivý objekt sy symbolem **R2** s rezistivitou od 928  $\Omega\text{m}$  do 1210  $\Omega\text{m}$  je na metrůži 64 - 82 m v hloubce 10 m a směruje vertikálně do hloubky. Tento objekt by mohla být málo vodivá odolnější část horninového podloží. Vzhledem k poměrně ostře ohraničenému lineárního tvaru, případně plošně lineárního charakteru, by se snad mohlo jednat o křemennou žílu. Ale mohlo by se jednat i o SV pokračování důlních prostor. Zbytek profilu tvoří silně vodivé vrstvy o odporech od 57  $\Omega\text{m}$  do 500  $\Omega\text{m}$  označené symbolem **R3**. S největší pravděpodobností se jedná o vodou nasycené silně navětralé a rozpukané horninové podloží, do kterého infiltrovala voda z 200 m vzdáleného vodního toku na SV.

Na profilu K3 by mohl být zachycen podzemní prostor, případně křemenná žíla.

## Profil K4.



Obr. K4.: Vertikální řez elektrického odporu horninového podloží vytvořený pomocí geofyzikální techniky ARES ve dvourozměrném znázornění. Na mapě je tento profil označen pod symbolem K4.

Profil K4 byl proveden v květnu 2019. Byl vytyčen na JZ okraji zlatodolů mezi sousedními pinkami (jedna JZ a druhá SV od profilu) v nadmořské výšce 600 m. n. m. Je označený na mapách č. I. a II. symbolem K4 a je téměř kolmo orientovaný na podélné linie šachet. Délka profilu je 110 m a bylo provedeno rolování sekcí.

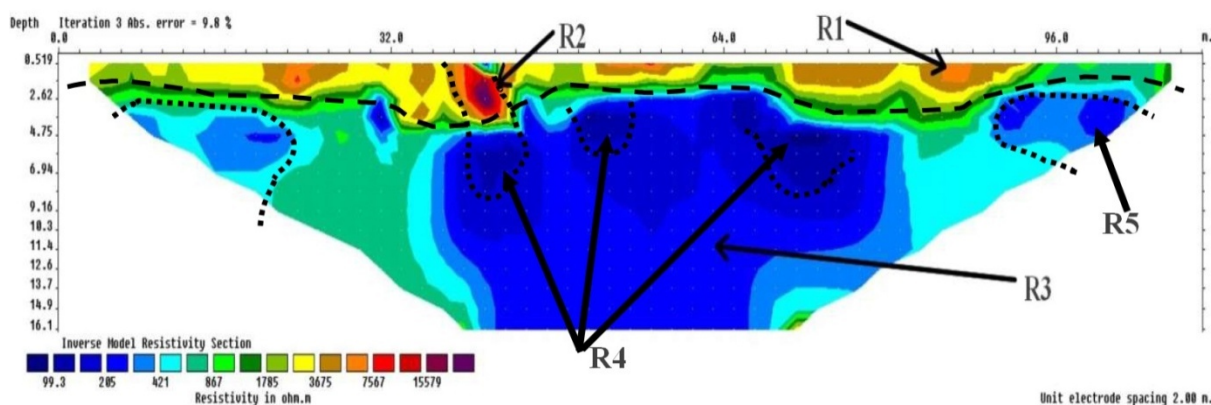
Svrchní část profilu obsahuje vrstvu s vyšším odporem o 3356  $\Omega\text{m}$  a jedná se o vytěžený materiál s pórovitou lesní hrabankou a biomasou sahající do hloubky max. 2 m. Tento horizont je označený symbolem **R1**.

Na 36. – 48. m transektu v hloubce okolo 5 m je silně vodivá oblast o odporu v rozmezí 51,0  $\Omega\text{m}$  - 118  $\Omega\text{m}$  s označením symbolem **R2**. Jedná se o silně vodivé rozrušené horniny s větším obsahem infiltrované vody. Podobné vodivé zóny se nacházejí i na severních okrajích profilů K1, K5 a K6 a mohou signalizovat přítomnost další, dosud nezmapované linie důlního díla.

Zbytek profilu tvoří středně vysoké hodnoty odporu hornin pohybujících se o odporech 300  $\Omega\text{m}$  - 1453  $\Omega\text{m}$ . Tato oblast je označena symbolem **R3** a tvoří jí zdejší navětralé a rozpukané metamorfované horniny.

Na profilu K4 může být zachycen důlní prostor zlatodolů.

## Profil K5.



Obr. K5.: Vertikální řez elektrického odporu horninového podloží vytvořený pomocí geofyzikální techniky ARES ve dvourozměrném znázornění. Na mapě je tento profil označen pod symbolem K5.

Profil K5 byl proveden v květnu 2019. Byl vytyčen 50 m JZ od profilu K4 na okraji zlatodolů v nadmořské výšce 580 m. n. m a je označen v mapě č. I. a II. symbolem K5. Profil K5 je rovnoběžný s profilem K4 a oba jsou orientované téměř kolmo na podélné linie prostředních zlatokopeckých stařin. Profil K5 je 110 m dlouhý a bylo provedeno rolování sekcí. Cílem profilu je zachycení možných podzemních prostor mezi sousedními pinkami na JZ a SV.

Ve svrchní části profilu je horizontální vrstva vysokých odporů sahající do hloubky cca 1 m. Dle zkušebních sond se jedná v nejsvrchnějších částech o nasučený materiál úlomků

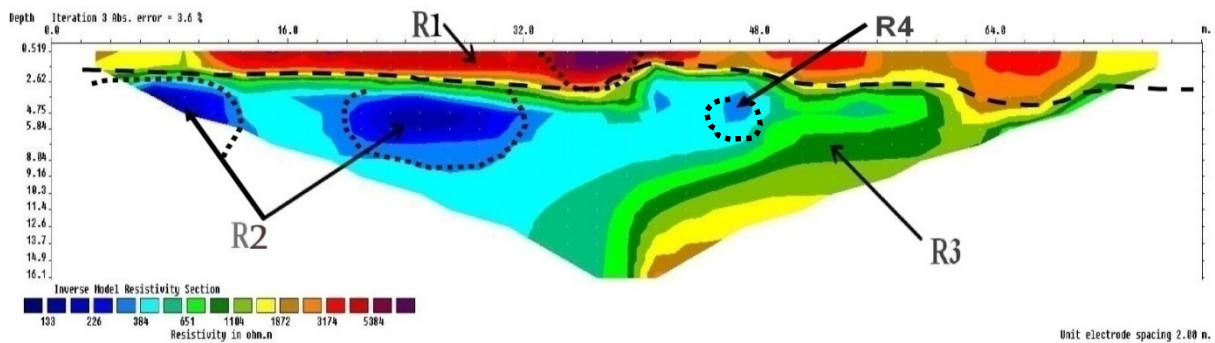
hornin s biomasou. Tento druhotný materiál pocházející z doby těžby je označený na profilu K5 symbolem **R1** a měrný odpor dosahuje hodnot  $3675 \Omega\text{m}$  -  $4000 \Omega\text{m}$ . Tyto vysoké hodnoty jsou dány přítomností zavzdušněných pórů v tomto horizontu.

Na 39. – 43. m transektu se v hloubce od 2 m do 4 m nachází vysoce rezistivní kulatý a ohraničený objekt, v jehož okolí jsou odpory výrazně slabší. Tento objekt je v profilu vyobrazen pod symbolem **R2** a jeho rozměry jsou okolo 2 m x 2 m. Vysoká rezistivita objektu dosahuje  $15\,579 \Omega\text{m}$ . Jedná se nejspíše o prázdný podzemní prostor - přípovrchovou důlní dobývku. Tato vysoce rezistivní oblast přechází směrem do hloubky během 1 m do oblasti vysoce vodivé. V tomto případě se může jednat o přechod do zatopeného nebo zasuceného a silně zamokřeného podzemního prostoru severní nebo prostřední linie zlatokopectkých stařin.

Hlubší části profilu K5 obsahují silně vodivé prostředí, což dokládá nejspíše přítomnost spodní vody, která infiltruje zdejší rozpraskané metamorfované horniny a sedimenty. Profil byl vytyčen 50 - 80 m SV od místního potoku, což dokládá možnost infiltrace spodní vody. Silně zamořená zóna je v profilu označena symbolem **R3**. Některá vodivostní maxima mohou poukazovat na přítomnost vyššího stupně zvodnění, například v místech puklin, zlomů nebo zasucených či zatopených důlních děl, které jsou tečkovaně znázorněny v nízkoodporové modré oblasti profilu K5. Jedná se o oblasti **R4** a **R5**).

Na profilu K5 byly s největší pravděpodobností zachyceny důlní prostory zlatodolů.

## Profil K6.



Obr. K6.: Vertikální řez elektrického odporu horninového podloží vytvořený pomocí geofyzikální techniky ARES ve dvourozměrném znázornění. Na mapě je tento profil označen pod symbolem K6.

Profil K6, jehož délka činí 80 m, byl vytyčen v březnu 2020 a je téměř kolmý na linie zlatokopeckých stařin. V mapě č. I. a II. je označený symbolem K6. Na profilu je ve svrchní části viditelný silně odporový horizont označeným symbolem **R1** sahající do hloubky cca 2,5 m o odporu 1274  $\Omega\text{m}$  - 5384  $\Omega\text{m}$ . Vzhledem k provedeným sondám můžeme předpokládat, že se jedná o nasycený materiál s křemenem, pararulou a biomasou, který vykazuje silné odpory. Střed profilu byl umístěn v blízkosti výrazné deprese vzniklé nejspíš propadem stropu šachty, ale žádné známky podzemního důlního prostoru přímo pod ním nebyly zachyceny. Jen poblíž povrchu je oblast s vysokým odporem reflektující přítomnost zmíněné deprese.

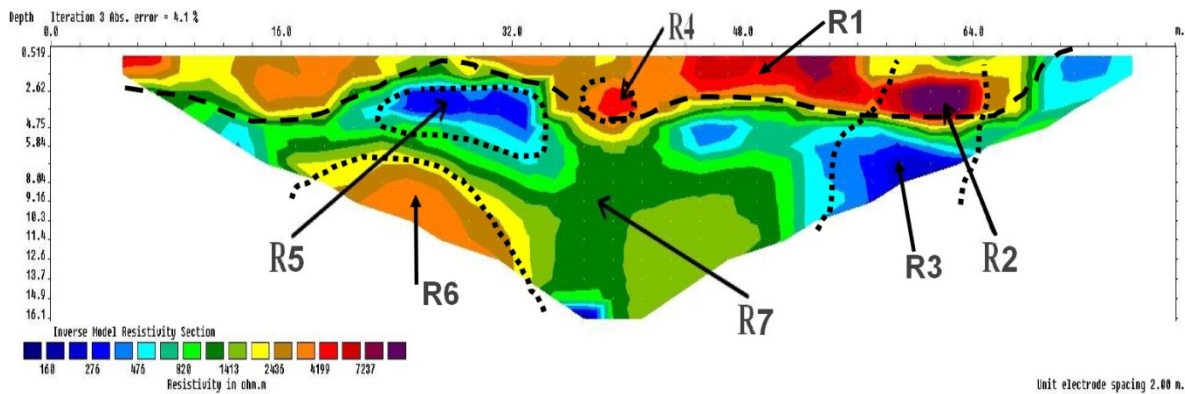
Na 6. – 12. m a 20.– 30. m transektu v hloubce 5 m o odporu 133  $\Omega\text{m}$  - 226  $\Omega\text{m}$  byly zachyceny dva nízké odporové objekty označené symbolem **R2**. Jsou od sebe horizontálně vzdálené přibližně 8 m. S největší pravděpodobností se jedná o místo se zvýšeným obsahem vody. Je možné, že se jedná o podzemní prostory související s pokračováním severní nebo prostřední linie šachet, které jsou zatopeny nebo zaplněny zvodnělou sítí.

Nejhlubší a převážnou část profilu tvoří zvětralé horninové podloží metamorfítů, jež jsou označeny symbolem **R3** o odporech 384 - 1872  $\Omega\text{m}$ .

Na 46. – 48. m transektu profilu K6 je zachycena další zóna s nízkým odporem. Nachází se v hloubce okolo 4 m. Je označena symbolem **R4**. Podle hodnot odporů lze opět usuzovat na více zvodnělou zónu či podzemní zatopený nezmapovaný prostor šachet.

Na profilu K6 byly největší pravděpodobností zachyceny důlní prostory zlatodolů.

## Profil K7.



Obr. K7.: Vertikální řez elektrického odporu horninového podloží vytvořený pomocí geofyzikální techniky ARES ve dvourozměrném znázornění. Na mapě je tento profil označen pod symbolem K7.

Profil K7 byl vytyčen v březnu 2020 a je v mapě č. I. a II. označen symbolem K7. Cílem tohoto profilu bylo zachytit prostřední a jižní linii šachet. Je dlouhý 80 m a téměř kolmý na podélné linie zlatokopeckých stařin. Ve svrchní části profilu je viditelná silně odporová vrstva o hodnotách 2436  $\Omega\text{m}$  - 7237  $\Omega\text{m}$  sahající do hloubky přes 2 m. Dle zkušebních sond se jedná v nejsvrchnějších částech o nasucený materiál úlomků hornin a křemene s biomasou. Jedná se o silně provzdušněný odvalový materiál. Úlomky křemene s velikosti v rozmezí 1 cm - 20 cm byly ověřeny sondami do hloubky 0,5 m. Tento silně odporový horizont je označen symbolem **R1**.

Objekt s označením **R2** na 60. – 64. m v hloubce 2,5 - 4,5 m vykazuje vysoké odpory o hodnotách nad 7237  $\Omega\text{m}$ . Tento ohraničený objekt se jeví jako důlní prostor. Jelikož se rozprostírá na metrůži, kde vede linie šachet, tak lze předpokládat, že se jedná o nezatopenou šachtu jižní linie šachet. Objekt má výšku přes 2 m a šířku okolo 4 m. Nízkoodporová zóna pod ním může představovat zasucenou či zatopenou část šachty. Tato zóna je označena symbolem **R3**. Může se jednat o přechod ze vzdušného podzemního prostoru do prostoru zatopeného vodou.

Na 38. – 40. m transektu se v hloubce 2,5 - 3 m nalézá vysoce rezistivní objekt **R4** o velikosti kolem 2 m x 2 m. Vykazuje odpor nad 4199  $\Omega\text{m}$ . Tento objekt se rozprostírá na očekávaném místě linie zlatokopeckých stařin prostřední linie zlatodolů a lze předpokládat, že se jedná o malou podzemní dobývku nebo výskyt křemenné žíly.

Symbol s označením **R5** ukazuje na silně vodivou oblast o odporu v rozmezí 160  $\Omega\text{m}$  - 476  $\Omega\text{m}$ . S největší pravděpodobností se jedná o nasucený materiál hornin a sedimentů s infiltrací spodní vody nebo rozrušený horninový podklad se spodní vodou. Pod ním se nachází zóna s vyšší rezistivitou o hodnotě měrného odporu okolo 2436  $\Omega\text{m}$ , jež je označena symbolem **R6**. Vzhledem k tomu, že se jedná o profil paralelní k profilu K2, ve kterém bylo na stejné metráži zaměřeno podzemní důlní dílo, je dost pravděpodobné, že zde bylo zachyceno jeho pokračování.

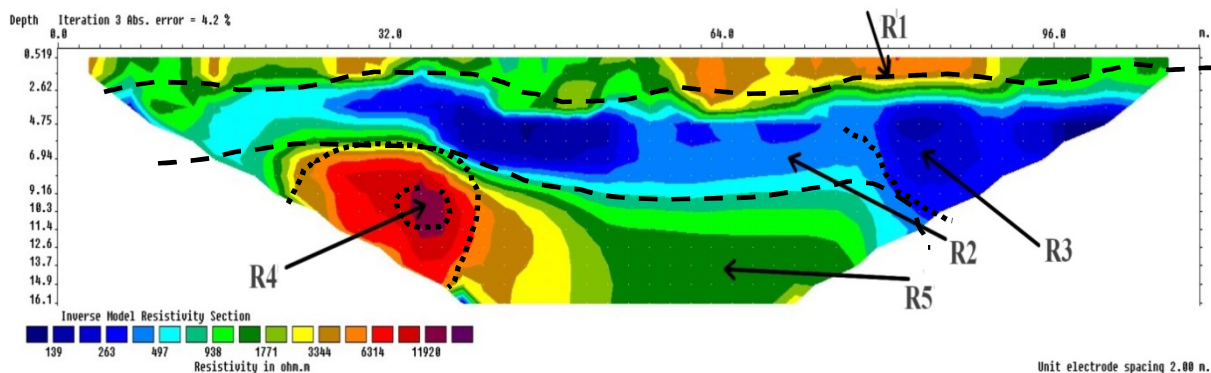
Střed profilu a nejhlubší části profilu vykazují hodnoty rezistivity od 820  $\Omega\text{m}$  - 2436  $\Omega\text{m}$ . Jedná se o horninový podklad tvořený navětralými a rozrušenými metamorfovanými horninami. Tato oblast je označena symbolem **R7**.

Na profilu K7 byly s největší pravděpodobností zachyceny důlní prostory zlatodolů.

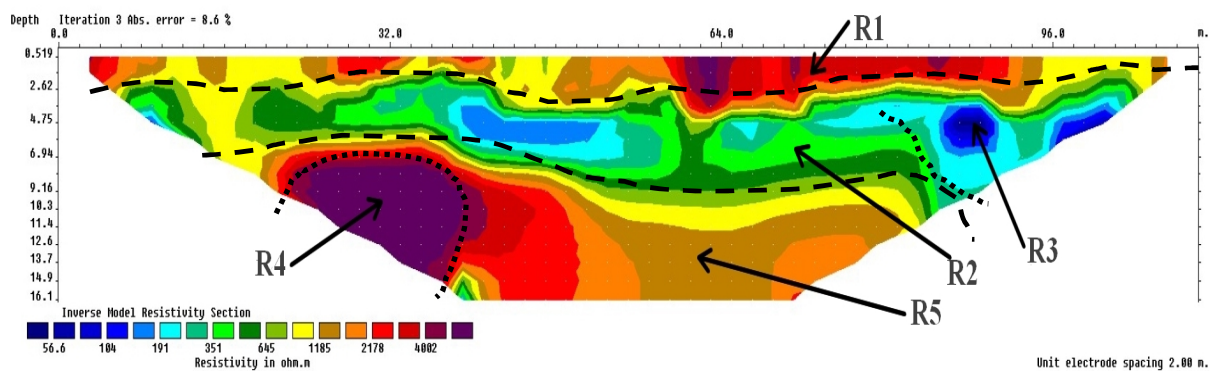


## B) Interpretace profilů v závislosti na množství srážek.

### Profil K2a.



Obr. K2a.: Vertikální řez elektrického odporu horninového podloží vytvořený pomocí geofyzikální techniky ARES ve dvourozměrném znázornění při měsíčním úhrnu srážek 33,8 mm. Na mapě je tento profil označen pod symbolem K2.



Obr.K2b.: Vertikální řez elektrického odporu horninového podloží vytvořený pomocí geofyzikální techniky ARES ve dvourozměrném znázornění při měsíčním úhrnu srážek 78,0 mm. Na mapě je tento profil označen pod symbolem K2.

Tab.IV.: Množství úhrnu srážek za měsíční období v oblasti Vseteče u Albrechtic pro výsledky geofyzikálního měření v areálu zlatodolů "Na Kometě".

Vseteč dle měření meteorologické stanice ČHMÚ v Temelíně		
rok	měsíc	měsíční úhrn srážek [mm]
2018	březen	33,8
	červenec	25,8
	srpen	78,0
	listopad	22,6

Měření K2a a K2b byly provedeny na stejném místě, které je v mapě označeno jako profil K2. Cílem tohoto výzkumu bylo porovnat výsledky rezistivity podloží u jednoho profilu v závislosti na množství úhrnu srážek na dané lokalitě. Byla provedena dvě měření o délce 110 m. Měření označené jako K2a bylo provedeno v březnu 2018 a K2b v srpnu 2018.

Výsledky úhrnu srážek na dané lokalitě (pro oblast Vseteč) byly převzaty z meteorologické stanice ČHMÚ v Temelíně pro vybrané měsíce z roku 2018. Při měření K2a v březnu 2018 byl měsíční úhrn srážek **33,8** mm. Při měření K2b v srpnu 2018 byl měsíční úhrn srážek **78,0** mm. Díky výrazně rozdílnému úhrnu srážek za měsíc došlo na daných lokalitách k naměření odlišných hodnot rezistivity podloží u profilů, jež byly měřeny na stejném místě.

Na straně 83 - 84 je detailní popis profilu K2, který z hlediska uložení podložních vrstev identický s výsledky měření K2b. Díky rozdílnému úhrnu srážek však došlo na některých místech k naměření odlišných hodnot el. odporů.

Na měření K2a lze rozlišit stejné oblasti, jako na měření K2b. Rozdíly v měrných odporech těchto zón reflektují množství srážek – nižší měrné odpory (cca 100  $\Omega\text{m}$  v nízko-odporové a 6000  $\Omega\text{m}$  ve vysoko - odporové zóně) byly naměřeny v srpnu, kdy více pršelo, zatímco vyšší odpory byly naměřeny v březnu po dlouhém období sucha (cca 150 – 200  $\Omega\text{m}$  v nízko - odporové a 12000  $\Omega\text{m}$  ve vysoko - odporové zóně). Zpravidla, čím více vody se v horninovém podloží vyskytuje, tím více je podklad vodivější. Oblasti **R3** a **R4** ale ukazují velmi podobné a stálé hodnoty v obou případech, což může poukazovat na přítomnost vzduchu v zónách **R4** u K2a a K2b a přítomnost vody v zóně **R3** u K2a a K2b. V oblasti **R4** u K2a se velmi navýšil měrný odpor. Nižší odpor může být způsobený infiltrací vody při vyšších srážkách během srpna. To, že vysoké a nízké odpory jsou ve stejných místech, poukazuje na zachycení "trvalých objektů", jako může být křemenná žíla nebo důlní zatopené či nezatopené prostory.

Důvod, proč **R4** není zatopený, zatímco **R3** ano, může spočívat ve faktu, že na profilu není vynesena topografie, nebo že zaměřená linie šachet (**R4**) je nějakým způsobem odvodňována (přírodním nebo antropogenním).

Množství srážek má vliv na elektrickou rezistivitu podloží, vyjma trvale zavodněných zón nebo volných podzemních prostor.

## 2) Výsledky obsahu šlichu ze zlatorudné úpravny na Kometě

Během výzkumu byl také ověřován mimo jiné i skutečný výskyt zlata na lokalitě. Byla proto vybrána lokalita úpraven zlata na Kometě, jež je na obrázku č. 35 a 36, ze které bylo odebráno celkem 50 kg materiálu ve formě křemenné a horninové drti přímo ze sedimentu potoka SV kóty zlatodolů. Materiál byl vložen do pytlů a převezen automobilem na lokalitu Soutok u Putimi, kde byl pomocí rýžovnické pánve přerýžován. Přerýžovaný materiál byl detailně prostudován. K této činnosti došlo v červenci a srpnu 2018. Byla použita rýžovnická pánve a binokulární mikroskop, pinzeta a lupa.

Množství šlichu v jedné pánvi bylo velmi nízké. Jednalo se o vrstvičku zhruba 3 mm silnou, která byla tvořena těžkým podílem minerálů. Jednalo se o Fe minerály jako je pyrit, arzenopyrit, limonit, granát a ilmenit. Součástí šlichu bylo i zlato. Jednalo se o malé, max. 0,5 - 1 mm velké šupinky a kuličky zlata. Zajímavé jsou dva nálezy zlata prorůstající křemen o velikosti okolo 1 mm. Tento nález dokládá, že se zlato opravdu vyskytuje v areálu Komety a pochází z křemenných žil. Fotografie zlatinek s křemenem jsou na obrázku č. 39.

V poslední řadě byl proveden i průzkum větších křemenných hmot nalézajících se volně podél linie šachet. Bylo odebráno 25 vzorků. Vzorky křemene byly rozdrčeny a prozkoumány. Kusy křemenné hmoty jsou na obrázku č. 61. Bohužel žádné známky po zlatě nebyly objeveny. Mimo to byla při tomto průzkumu nalezena primární křemenná žila z jedné z pinek prostřední linie zlatodolů, kde křemen tvořil i nepatrné krystaly. Při tomto průzkumu byla objevena jedna propadlina, odkud se dalo dostat do malého prostoru v podzemí. Z větší části zasucená šachta byla dlouhá přes 4 m a na šířku měla 1 - 2 m. Tento nepatrný vstup do šachty nejspíše vznikl propadem stropu z již zřícené šachty v prostřední linie šachet. Fotografie objeveného prostoru jsou na obrázku č. 67 v příloze.



*Obr.39.: Zlatinky v asociaci s křemenem ze zlatorudné úpravny na Kometě. Velikost okolo 1 mm. Nalez: D. Šefčík 2020. Foto: D. Šefčík 2020.*

### 3) Diskuse naměřených výsledků.

Téměř u všech naměřených profilů je zjevná svrchní, vysoce rezistivní vrstva, sahající do hloubky 1 - 2 m. Tento horizont vykazuje rezistivity zhruba nad 2000  $\Omega\text{m}$ . Podobné povrchové horizonty jsou běžné a jsou zmíněny například ve výzkumu Nowaka (2010) nebo Poláčka a Cervanta (2012), kde sahá do hloubky v rozmezí do 1 - 2,81 m a dosahuje vysokých rezistivit o hodnotách nad 1500  $\Omega\text{m}$  a v některých případech i nad 5031  $\Omega\text{m}$ . Tyto vysoké hodnoty odporu znamenají přítomnost nezavodněných sedimentů, jež mají vysokou pórovitost (Poláček, 2012; Musset a Khan, 2000). Tento materiál navíc není zhutněný a špatně vede el. proud (Nowak, 2010).

Zkoumanou lokalitu zlatodolů budují silně metamorfované horniny, které se jeví v profilech jako středně vodivé vrstvy o hodnotách od 300  $\Omega\text{m}$  do 2500  $\Omega\text{m}$ . Jedná se o zdejší biotitické pararuly, migmatity a ruly (Cícha, 1991). Podle Gruntoráda a Karouse (1990) vykazují metamorfované horniny typu ruly průměrný odpor v rozmezí  $10^2 - 10^4$  v závislosti na jejich míře zvětrání a infiltraci spodní vody. Ve výzkumu Poláčka a Cervanta (2012), jejichž cílem je interpretovat důlní díla, vykazuje neporušené horninové podloží hodnoty 376  $\Omega\text{m}$  - 1781  $\Omega\text{m}$ . Tyto hodnoty se však stahují k jílovitým břidlicím a drobám. Na našem profilu K3 a K5 však metamorfovaný horninový podklad dosahuje hodnot odporů kolem 350 – 2000  $\Omega\text{m}$ . To je dáno nejspíše odlišným typem hornin na lokalitě "Na Kometě" (ruly, migmatity). Nízko-odporové zóny s odpory 60 – 280  $\Omega\text{m}$  mohou reflektovat zvětrání či přítomnost vody v tomto podloží. Obdobný výsledek byl zachycen v profilu od Vodehnala (2011), kde tento silně vodivý horizont popisuje jako fluviální sedimenty. Jelikož K3 a K5 profily byly provedeny na mírněji ukloněných svazích pod vrcholem, 80 m a 200 m od místních potků, lze předpokládat, že zde silně erodované ruly mohou být infiltrované spodní vodou. Ta infiltuje zdejší druhotné navážky vytěženého materiálu, suť v podzemních prostorách nebo rozpraskaný zavodněný nekompaktní podklad, jež následně vykazuje dobrou vodivost. Tento vodivý komplex přesahuje maximální hloubku měření (16 m).

Stejně vodivé se ukazují kruhové objekty na několika profilech. Typický příklad je na profilu K2 s označením oblasti **R3**. Objekt je ze všech stran ohraničený a má odpor 56,6  $\Omega\text{m}$ . Takto nízký odpor představuje z větší části zatopené podzemní prostory nebo prostory, jež jsou vyplněné zvodněnými vodivými sedimenty. Takové hodnoty byly naměřeny při průzkumu jeskynních oblastí Kovářem (2016). Tyto objekty popisuje buď jako krasové deprese vyplněné vodivými sedimenty, jako jsou jílovité částice. Také je popisuje jako krasové

prostory a komínky vyplněné vodou a vodivými sedimenty. O krasových kapsách o odporu do 100  $\Omega\text{m}$  vyplněných vodivými sedimenty se zmiňuje i Dleštík a Bábek (2013). Tyto kapsy jsou ze všech stran izolované více rezistivním podložím a popisují je jako miocenní kapsy s jílovitými krasovými částicemi. V dalším případě je ve výzkumu Vodehnala (2011) odpor prostředí od 0  $\Omega\text{m}$  - 82,7  $\Omega\text{m}$  popisován jako vodní hladina. Na základě těchto výzkumů lze usuzovat, že naměřené kruhové oblasti s nízkým odporem jsou buď zatopené nebo zasucené prostory důlní dobývky a nebo se jedná o přípovrchové deprese související s puklinovou erozí navětralého podloží.

Vysoce rezistivní objekty kruhového tvaru byly naměřeny celkem na pěti profilech. Jedná se o několik metrů mocné (2 - 14 m) vysoce rezistivní prostory o hodnotách od 1700  $\Omega\text{m}$  do 15 579  $\Omega\text{m}$ . Na profilu K7 je tato vysoce rezistivní oblast nejvíce znatelná. Jedná se o ze všech stran ohraničený objekt, kolem kterého jsou odpory zásadně nižší o přibližně 5000  $\Omega\text{m}$ . Obdobně vodivé objekty byly naměřeny ve výzkumu Poláčka a Cervanta (2012), kteří je interpretují jako vysoce rezistivní objekty o hodnotách od 1141  $\Omega\text{m}$  do 2990  $\Omega\text{m}$  v podloží, které je však tvořeno jílovitými břidlicemi, drobnými a pískovci. Vysoce rezistivní objekty o těchto hodnotách interpretují jako důlní objekty při vzdálenosti zapojení elektrod 2 m. Objekty s vysokým odporem byly dále naměřeny Bunčkem (2013) při geofyzikálním průzkumu štol na ložistku Čistá u Mariánských Lázní. Zdejší horninový podklad je budován granitoidními a metamorfovanými horninami (převážně biotitickými pararulami), jež jsou podobné těm na lokalitě "Na Kometě". Důlní díla interpretují jako elektricky málo vodivé útvary o hodnotách nad 471  $\Omega\text{m}$  do 14 781  $\Omega\text{m}$  v hloubce až 16 m. Tyto útvary dosahují průměru do 8 m. Ve výzkumu od Nowaka (2010) je uvedeno několik zachycených podzemních důlních děl vykazujících odpor nad 1241  $\Omega\text{m}$ , jejichž charakter byl kulovitěho tvaru o mocnosti okolo 2 - 3 m a po obvodu přecházel do nížce rezistivních oblastí o odporu 422  $\Omega\text{m}$ . Tyto výsledky se shodují s výsledky profilů "Na Kometě", kde naměřené vysoce rezistivní objekty měly téměř stejný charakter ve smyslu hodnoty rezistivity, tvaru a výrazného přechodu rezistivity do oblastí s nízkým odporem.

Na základě zmíněných výzkumů Nowaka (2010), Bunčka (2013) a Poláčka a Cervanta (2012) lze usuzovat, že naměřené kruhové oblasti s vysokým odporem na lokalitě "Na Kometě", mohou být z velké pravděpodobnosti zachycené podzemní prostory. Toto tvrzení je pouze předpokladem a není vždy zásadně stoprocentní.

## 8. Závěr:

Možnost využití elektrické rezistivní tomografie se ukázala být vhodnou metodou pro ověření pozůstatků podzemních prostor a pro zjištění jejich přibližné hloubky, velikosti, tvaru a umístění. Tato metoda s použitým způsobem měření Wenner - Schlumberger umožňuje nedestruktivní průzkum horninového podloží až do hloubky 16 m. Po zhodnocení výsledků a zkušeností v terénu není aplikace metody vhodná za příliš suchých měsíců, kdy je špatně veden el. proud horninovým prostředím. Naopak je spolehlivější za dostatku srážek, kdy podloží obsahuje více vody. Na základě opakovaného měření profilu K2 v obdobích s různým množstvím srážek bylo zjištěno, že srážky mají vliv na výsledné hodnoty měrného odporu horninového prostředí, nicméně oblasti s výraznými rozdíly v rezistivitě jsou vždy rozeznatelné a trvale zvodnělé zóny či volné podzemní prostory jsou detekovatelné i za různých srážkových podmínek. Při měření elektrickou rezistivní tomografií byla úspěšně zachycena vysoce rezistivní vrstva přípovrchové sutiny, zamokřené navětralé a rozpukané podloží, vlastní kompaktní horninové podloží a objekty s extrémně vysokou a extrémně nízkou rezistivitou. Tyto objekty závěrem definujeme jako výskyty možných pozůstatků důlní činnosti, kdy extrémně vysokou rezistivitu vykazují volné podzemní prostory a extrémně nízkou jejich zatopené části či zvodnělé suťové výplně. Kromě potvrzení výskytu důlních prostor hlavních linií šachet zmapovaných během předchozích výzkumů lze vyslovit domněnku, že severně od severní linie šachet existuje ještě jedna další linie, dosud nedetekovaná. Na její existenci lze usuzovat z vysoce rezistivních zón na severních okrajích profilů K1, K5 a K6.

Závěrem je nutné sdělit, že se jedná pouze určitý předpoklad výskytu objektu s danou rezistivitou. Díky známému průběhu (linii) štol, přítomnosti propadů, zamokřených poloh, rozložení narušených výsypek a odvalů lze výsledky profilů lépe interpretovat s větší pravděpodobností přesnosti, než by tomu bylo v nezmapované oblasti.

## 9. Použitá literatura.

**Agricola G. (1556):** De re metalli libri XII. - Přeložil: Ježek B., Hummel J. (1933): Jiřího Agricoly Dvanáct knih o hornictví a Hutnictví. Praha - Prometheus, 504 s.

**Bárta V. (1973):** Aplikace geofyziky pro archeologické účely v n. p. Geofyzika - Závod Praha: In: Geofyzika a archeologie - Sborník přednášek z 1. celostátní porady o využití geofyziky v archeologické prospekci. Zprávy československé společnosti archeologie 15. sešit str. 1-3, 6-7.

**Bláha K., Gruntorád J., Bárta J. Karous M. (2018):** Možnosti geofyzikálních metod při ověřování nejasných strukturně geologických, popřípadě jiných vztahů na lokalitách při průzkumu a nápravě starých ekologických zátěží. Ministerstvo životního prostředí, II. aktualizace metodické příručky. 107 s.

**Bláha K. a kol. (2010):** Základní principy hydrogeologie. Metodická příručka MŽP, Praha. Ministerstvo životního prostředí. 37 s.

**Blecha V., Dohnal J., Jáně Z., Kněz J., Vilhelm J., Zima L, (2006):** Geofyzikální průzkum pro archeologické účely na lokalitě Hrádek (katastrální území Litomyšl, Oddělení užití geofyziky Prf UK v Praze, Praha str.8.

**Bunčec P. (2013):** Geofyzikální průzkum na ložisku Čistá u Mariánských Lázní, Bakalářská práce, VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA- Hornicko-geologická fakulta Institut hornického inženýrství a bezpečnosti, Ostrava, 43 s.

**Cauuet B. (1994):** Les mines d'orgauloises du Limousin. Limoges 67 s.

**Cauuet B. (2014):** Gold and silver extraction in Alburnus Maior mines, Roman Dacia (Rosia Montana - Romania. Dynamic of exploitation and management of the minning space. In: Fontes a kol., Boticas. str. 83-200.

**Cejmer J., Kowalski M (2016):** Toromierz iTEC– wyniki badań inercyjnego układu pomiarowego. Prz. Kom. Kolekcja, BazTech, 12 s.

**Cícha J. (1992):** Závěrečná zpráva o výzkumu středověkých zlatodolů Kometa. Prácheňské muzeum v Písku, Základní organizace České speleologické společnosti 2 - 02, Šumava. Písek, 14 s.



**Cícha J. (1993):** Středověké zlatodoly Kometa. Rozpravy Národního technického muzea v Praze, Studie z dějin hornictví 22, národní technické muzeum Praha. str.: 24-25.

**Cícha J. (2005):** Exkurzní průvodce po mineralogických a geologických lokalitách. Seminář geologů muzeí ČR a SR Živec 2005. Prácheňské muzeum v Písku, 50 s.

**Cícha J. (2019):** K otázce mimořádných ukázek zlata nalezených detektory kovů na příkladu jižních Čech. časopis MINERÁL - ročník XXVII.,2019/3, Jihočeský mineralogický klub, České Budějovice. str.: 207-213.

**Coyone C. (2010):** *Přírodní bohatství země*. 1. vydání Praha: Reader's Digest, Výběr s.r.o. 160 s.

**Červený A. (2012):** Minerály horního Pootaví. Město Horažďovice a Městské muzeum, str. 98-106.

**Dědková J, Glisníková V. (2008):** Přírodní památka Halásecká jezera. Ve službách archeologie. Geopek, Archeologický ústav SAV, Brno, str. 36-40.

**Dleštík P., Bábek O. (2013):** Mělké geofyzikální mapování pohřbeného hranického krasu metodou elektrické odporové tomografie, *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku, Aplikovaná geologie, Brno*, str. 174 - 177.

**Drda P., Rybová A. (1997):** Keltská oppida v centru Boiohaema, Památky archeologické, str.: 65-123.

**Dubský B. (1949):** Pravěk jižních Čech, Blatná - Knih-tiskárna Bratří Římsové, 700 s.

**Dubský B. (1932):** Laténe jižních Čech, Strakonice, vlastní náklad, 140 s.

**Duras R., Hradecký J., Pánek T., Dušek R., (2005):** Využití geofyzikálních metod při analýze georeliéfu horských oblastí. Geografický časopis - roč. 57, š. 3. str.: 270-275.

**Fröhlich J. (1993):** Ruční mlýny na rozemílání zlaté rudy na Kometě. Rozpravy Národního technického muzea v Praze, Studie z dějin hornictví 22, národní technické muzeum Praha. str.: 7 - 10.

**Fröhlich J., Koppová E. (1991):** Výzkum středověkých dolů a úpraven zlata na Kometě. Zpráva o činnosti za rok 1991 s odbornými přílohami. Prácheňské muzeum v Písku. str.: 29-38.

- Fröhlich J. (1997):** Písecko v zrcadle archeologie. Prácheňské muzeum v Písku. Písek. 250 s.
- Fröhlich J. (2005):** Archeologické doklady rudných mlýnů a stoup v Čechách, na Moravě a ve Slezsku, In: Montánna archeológia na Slovensku. Sborník prednášok. Bánská Štiavnica, str.: 87-90.
- Fröhlich J. (2006):** Zlato na Prácheňsku, Kapitoly z historie těžby a zpracování zlata, Prácheňské nakladatelství firmy IRES Písek, 95 s.
- Fröhlich J. (2012):** Stoupové a mlýnské kameny z rudných úpraven v Evropě. Acta renum naturalium 12, str.: 119-125.
- Instituto Geografico de Agostini S.p.A. (1996):** Minerály a drahokamy - vyhledávání, určování a sběr minerálů a drahokamů, z německé verze - Mineralien und Edelsteine, překlad: Pavel Povondra, Euromedia Group k., 224 s.
- Gajdoš V. (2013):** Elektromagnetické vlastnosti hornin. Vysokoškolské skripta - Univerzita Komenského v Bratislavě, Přírodovědecká fakulta - Katedra aplikovanej a enviromentálnej geofyziky. Bratislava. 97 s.
- Griffiths D.H., Barker, R.D. (1993):** Two - Dimensional Resistivity Imaging and Modeling in Areas of Complex Geology. Journal of Applied Geophysics, 21-26.
- Gruntorád J. (1985):** Principy metod užitě geofyziky. Vydání. 1 Praha, Nakladatelství technické literatury. str. 190.
- Gruntorád J., Karous M. (1990):** *Geoelektrické metody*. In: MAREŠ, Stanislav (ed.). *Úvod do užitě geofyziky*. Druhé, přepracované vydání. Praha: STNL – Nakladatelství technické literatury, str.: 287-419.
- Havlice J. (2017):** Těžební a důlní objekty a areály, In: *Metodika terénní prostorové identifikace, dokumentace a popisu nemovitých archeologických památek*, Národní památkový ústav, edice odborné a metodické publikace, svazek 91, str.: 137-138.
- Havlice J. (2017):** Středověké zlatodoly Kometa, In: *Metodika terénní prostorové identifikace, dokumentace a popisu nemovitých archeologických památek*, Národní památkový ústav, edice odborné a metodické publikace, svazek 91, str.: 169-171.
- Hlaváč I. a kol. (2010):** Aplikace geofyzikálních metod při ochraně vodních zdrojů. Metodická příručka MŽP. Praha, Ministerstvo životního prostředí, 40 s.

**Chábera S. et al. (1985):** Neživá příroda – Jihočeská vlastivěda – Jihočeské. nakladatelství, Č. Budějovice, 270 s.

**Chlupáč I. et al. (2002):** Geologická minulost České republiky. – Academia, Praha. 436 s.

**Kafka J. (2003):** Rudné a uranové hornictví České republiky , Ostrava - Diamo, 647 s.

**Kaláb Z. (2013):**. *Inženýrská geofyzika I: gravimetrie, magnetometrie, termometrie, seizmické metody*. Interní podklady k přednáškám oboru Fyzikální geodézie a geofyzika. Ostrava: HGF VŠB-TUO, 24 s.

**Kaláb Z; Lednická Z. (2012):** Geofyzikální průzkum pro geotechnickou praxi. Geotechnika, str. 30.

**Karous M. (1998):** Geofyzikální metody v inženýrské geologii a geotechnice. Geonika, s.r.o., Praha, 77 s.

**Karous M. (2010):** Geofyzikální metody v hydrogeologii. Geonika s.r.o. Praha, str. 40.

**Keller G.V., (1987):** Rock and Mineral Properties in Neitzel, E.B., Electromagnetic methods in applied geophysics, Society of Exploration, Geophysicist, str.: 13-52.

**Kořan J. (1955):** Přehledné dějiny československého hornictví 1. Praha ČSAV, 214 s.

**Kovář P. (2016):** Mělký geofyzikální průzkum masívu Květnice (Tišnovský kras) metodami elektrické rezistivní tomografie (ERT) a dipólového elektromagnetického profilování (DEMP), Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci - Přírodovědecká fakulta, katedra geologie. Olomouc, 60 s.

**Křišťuf P. 2010:** Zpráva o výzkumech mohylových pohřebišť provedených Katedrou archeologie ZČU v Plzni v letech 2007 a 2008. In: Křišťuf, P.; Vařeka, P., Opomíjená archeologie 2007–2008 –Neglected archeology. Plzeň, str.: 90–97.

**Klanica R. (2015):** *Magnetotelurické sondování zemské kůry v oblasti se silnými průmyslovými elektromagnetickými poruchami*. Praha, Diplomová práce - Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Ústav hydrogeologie, inž. geologie a užitá geofyziky. Vedoucí práce Pek, Josef. 106 s.

**Kroová H., Karous M. (1999):** *Možnosti použití geofyzikálních metod při ověřování nejasných strukturně geologických, popř. jiných vztahů na lokalitách při průzkumu a nápravě*

*starých ekolog. zátěží*. Planeta: Odborný měsíčník pro životní prostředí. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha. roč. VII. číslo 1/99.

**Kroul J., Kubica J.(2013):** Geotechnika I. Dobývání ložisek nerostů. Střední průmyslová škola Karviná, Karviná. 271 s.

**Křivánek R. (1999):** Magnetometrický průzkum hradiště Lštění, okr. Benešov. Archeologické rozhledy LI/4, str.: 809-823.

**Křivánek R. (2000):** 24. kongres European Geophysical Society (EGS), Den Haag, 19-23.4.1999. Archeologické rozhledy LII/1. str.: 136-138.

**Křivánek R. (2007):** Využití geofyzikálních metod Archeologického ústavu v Praze při průzkumech archeologických lokalit v jižních Čechách, Archeologické výzkumy v jižních Čechách 20, str.: 435-451.

**Křivánek R. (2014):** Možnosti a omezení geofyzikálních metod při sledování archeologických situací na území pražské aglomerace. Středočeský vlastivědný sborník. str.: 291-301.

**Křivánek R. (2014):** Přehled geofyzikálních měření ARÚ Praha při archeologických výzkumech na území Praha-východ a Praha-západ. Středočeský vlastivědný sborník, Muzeum a současnost 32, str.: 124–137.

**Kudrnáč J. (1993):** Expozice "Zlato na Písecku" v Prácheňském muzeu. Prácheňské muzeum v Písku. Zpráva o činnosti za rok 1992, str.: 17-22.

**Kudrnáč J. (1970):** Nové poznatky o středověkých úpravách zlaté rudy v Čechách. Dějiny věd a techniky 3. str.: 35-43.

**Kuna M. (2003):** Nedestruktivní archeologie. Teorie, metody a cíle. Academica, Praha. 20s.

**Kužvart, M.,Böhmer, M. (1972):** Vyhledávání a průzkum ložisek nerostných surovin. Praha, 432 s.

**Kutílek M., Kuráž V., Císlerová M. (2004):** *Hydropedologie 10*, Skriptum. Praha: ČVUT, 176 s.

**Labuda J. (1997):** Montanna archeologica na Slovensku - Prispievok k dejinam stredoveku. Slovenská archeologia XLV-1, str.: 83-150.

**Litochleb J., Sejkora J., Palatý T., Šimon M. (2007):** Těžba zlatonosných rozsypů v jižním okolí Prahy (střední Čechy). In *Stříbrná Jihlava - Studie k dějinám hornictví a důlních prací. Archeologické výzkumy na Vysočině, Jihlava, 15-25 s.*

**Lewis P.R., Jones G.D.B. (1970):** Roman gold minning in north-west Spain. *Journal of Roman Studies*, str.: 169-185.

**Loke M. (1999):** Elektical imaging survays for enviromental and engineering studies. *Practical guide to 2-D and 3-D surveys. Penang,. Malaysia, str. 57.*

**Loke M.H., Chambers J.E., Kuras O. (2011):** "Instrumentation, electricalresistivity." In *Solid Earth Geophysics Encyclopedia (2nd Edition), Electrical&Electromagnetic, Gupta, Harsh (ed), Berlin, 599–604 s.*

**Lowrie W. (2007):** Fundamental sof geophysics. 2nd ed. New York: Cambridge University Press, 391 s.

**Macháček J. (2002):**Geofyzikální průzkumné metody. In: Vaníček I.. *Sanace skládek a starých ekologických zátěží. Učební texty ČVUT, Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, str.: 41-66.*

**Machart J. (1971):** Vznik a rozšíření pootavských ložisek zlata. In: J Kudrnáč, *Zlato v Pootaví, Písek, str.: 7-15.*

**Marek M. J. (1929):** Staré zlatodoly na vrchu "Kometě" u Všeteče. *Báňský svět 8, č. 3, Praha, str.: 28 - 28.*

**Mašín J., Válek R. (1963):** Přehled užití geofyziky pro geology, *Státní pedagogické nakladatelství, Praha, str.: 147.*

**Mrlina J, Křivánek R., Majer A. (2005):** Geofyzikální průzkum k lokalizaci hrobky v katedrále sv. Víta v Praze. In: J. Maříková-Kubková - M. Bravermanová - A. Kováč - R. Křivánek - P. Měchura - J. Mrlina - J. Šindelář - M. Šindelářová - B. Vácha - J. Vandělík. *Předběžná zpráva o průzkumu staré královské hrobky v chóru katedrály sv. Víta na Pražském hradě, Castrum Pragense 6, str.: 99-124.*

- Morávek et al. (1992):** Zlato v Českém masívu. Praha. Český geologický ústav. 245 s.
- Mussett A., E., & Khan M., A. (2000):** Looking into the Earth, An introduction to geological geophysics. Subpart 1-5, Cambridge, str.:181- 200.
- Nováček K. (1993):** Klasifikace povrchových stop po zaniklé těžbě surovin. *Rozpravy Národního technického muzea v Praze. Studie z dějin hornictví 23*, Roč. 128, str.: 8-10.
- Nowak R. (2010):** Použití geofyzikálních metod při vyhledávání vertikálních důlních děl - Bakalářská práce, Vysoká škola Báňská - Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta - Institut geologického inženýrství, Ostrava, 40 s.
- Palacký G. J. (1987):** „Resistivity characteristic of geologic targets, in *Electromagnetic Methods in Applied Geophysics* , vol. 1, Nabighian M. N., ed. Series: Investigation in Geophysics, vol. 3. Soc. of Expl. Geophys. Tulsa, Oklahoma 221 p.
- Pavlů L. (2018):** Základy pedologie a ochrany půdy. Česká zemědělská univerzita v Praze, katedra pedologie a ochrany půdy. Praha. 77 s.
- Pleskotová P. (1983):**. Zlato: O šesti-tisícileté historii drahého kovu. 1. vyd. Praha: Nakladatelství Albatros, 184 s.
- Poláček A.; Cervantes B. (2012):** Využití metody elektrické rezistivní tomografie a georadaru při průzkumu a vyhledávání starých důlních děl. *Uhlí-Rudy-Geologický průzkum*. Praha: Zaměstnavatelský svaz důlního a naftového průmyslu, str.: 19-24.
- Popov H., Jackenhovel A., Groer, Ch. (2011):** Ada Tepe (Ost-Rhodopen, Bulgarien): Spät bronzezeitlicher - altereissen zeitlicher Golg bergbau, In: *Anatolian Metal V Bochum*, p.: 111-126.
- Rozložník L., Havelka J., Čech F., Zorkovský V. (1987):** Ložiska nerastných surovín a ich vyhladavanie. 1. vyd. Bratislava, 693 s.
- Skopec J., Mareš S. (1996):** Seismika a seismologie - Geofyzikální metody v ochraně a tvorbě životního prostředí. Vysoká škola báňská, Technická univerzita Ostrava, Praha. str.:139.
- Struž J., Studýnka B. (2005):** *Zlato, Příběh neobyčejného kovu*, 1. Vydání Praha: Grada, 336 s.

**Stočes B. (1954):** Základy hornictví. Česká grafická unie, Vyd. 1. Praha, 605 s.

**Svoboda J. a kol. (1983):** Encyklopedický slovník geologických věd. SV.1. A-V. Praha, Academica, 851 s.

**Šarapatka B. (1996):** *Pedologie*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého. 235 s.

**Šolle M. (1977):** Zkušenost a výsledky spolupráce přírodních věd včetně geofyzikálních metod při archeologických výzkumech českých hradišť 8. - 12. století. In: *Geofyzikální prospekce v archeologii– 2. celoštátní seminár archeo geofyziky Nové Vozokazy*. Zprávy Československé společnosti archeologické 19, str.: 90-96.

**Švancara J. (2004):** Gravimetrická mapa České republiky - Československý časopis pro fyziku), Praha. Fyz. ústav AV ČR, roč. 4. 220 s.

**Švec J. (2005):** Radioaktivita a ionizující záření, Doplnující učební text pro předměty Bakalářská fyzika, Aplikovaná fyzika, Ochrana před zářením, Technická univerzita Ostrava - Fakulta bezpečnostního inženýrství. Ostrava, 36 s.

**Tásler R., Jirásek L., Tichý A. (2003):** Těžba zlata v okolí Svobody nad Úpou, Albeřice, 50s.

**Tábořík P., Pánek T. (2010):** Elektrická odporová tomografie ve výzkumu horského reliéfu - Případové studie z flyšových Karpat. In. *Geografie pro život ve 21. stol.. Sborník příspěvků z XXII. sjezdu České geologické. společnosti*. str. 70-80.

**Večera J. (2011):** Tajé hornické krajiny, Časopis Minerál VII,3, str. 283-286.

**Vodehnal O. (2011):** Mělký geofyzikální průzkum podpovrchových krasových jevů v okolí Javořicka - Diplomová práce, Univerzita Palackého v Olomouci - Přírodovědecká fakulta, katedra geologie. Olomouc, 69 s.

**Zapletal L. (1968):** Geneticko-morfologická klasifikace antropogenních forem reliéfu, Acta Univ. Pal. Olom., Geographica - geologica 8, str.: 239 - 426.

**Zapletal L. (1978):** Geografie kamenolomů, štěrkoven, pískoven a hlinišť v Československu, Acta Univ. Pal. Olom., Geographica - geologica 17, str.: 197 - 225.



**Zima L. (1996):** *Geoelektrické metody*. In: Mareš S. (ed.): *Geofyzikální metody v ochraně a tvorbě životního prostředí*. Vysoká škola báňská -Technická univerzita Ostrava, Praha, 1996, 139 s.

**Zumr D., Levorová M., Císlerová M. (2009):** *Využití ERT pro kvantitativní vyhodnocení infiltračních experimentů*. In: *Udržitelná výstavba 5*. Praha: ČVUT, Fakulta stavební, str.: 218-222.

**Wahl J. (1988):** Tres Minas - Vorbericht uber die archaologischen Unter ruchengenim Bereich des romischen Gold bergwerks. *MadriderMitteillungen*. str.: 221-243.

**Waldhauser J. (2002):** *Encyklopedie Keltů v Čechách*, Nakladatelství Libri, Praha, 591 s.

**Welser P. (2007):** *Mineralogická charakteristika jižních Čech*. Minerál XV., č. 1. PROTISK s.r.o., České Budějovice. 96 s.

**Witten A., J. (2006):** *Handbook of Geophysics and Archeology*, London, Chapter – 13, p.: 299 – 317.

## Internetové zdroje:

**Pitrák M., Kobr M. (2001):** Postupy měření, zpracování a prezentace karotážních hydrogeologických orientovaných dat. Dostupné na adrese: [online] [cit. 2020-02-10]. <http://web.natur.cuni.cz/unhigug/present/kobr/karot/welcome.htm>.

**Wojewoda J. A., Gotowala R. a Sobczyk A. (2016):** GEOLOGY OF THE AQUIFER AREAS OF AN INDUCED INFILTRATION INTAKE IN THE CITY OF WROCLAW. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* [online] [cit. 2020-02-05]. Dostupné z: <<http://biuletynpig.publisherspanel.com/gicid/01.3001.0009.4763>>

<https://ags.cuzk.cz/dmr/>[online]. [cit.2020-12-01]. < <https://ags.cuzk.cz/dmr/>>

<http://www.e-fyzika.cz/kapitoly/21-elektericky-proud-v-kovech.pdf>[online]. [cit.2019-24-08]. <<http://www.e-fyzika.cz/kapitoly/21-elektericky-proud-v-kovech.pdf>>

<http://geofyzika.webz.cz/princelekt> [online].[cit.2020-02 03].

<<http://geofyzika.webz.cz/princelekt.php>>

<http://palba.cz/forumfoto/displayimage.php?pid=16155&fullsize=1>. [online].[cit.2020-03 03]. < <http://palba.cz/forumfoto/displayimage.php?pid=16155&fullsize=1>. >

<http://www.gfinstruments.cz>[online]. [cit.2020-02-04].< <http://www.gfinstruments.cz>>

<http://www.kometa.blog.cz>[online]. [cit.2020-11-04].< <http://www.kometa.blog.cz>>

<http://www.landviser.net/content/instrumentation-electrical-resistivity-solid-earth-geophysics-encyclopedia>[online]. [cit.2020-07-01].

<<http://www.landviser.net/content/instrumentation-electrical-resistivity-solid-earth-geophysics-encyclopedia>>

<https://www.gefos-leica.cz/>[online]. [cit.2019-10-10].< <https://www.gefos-leica.cz/>>

<http://www.georadar.rtg-tengler.cz/plosny-pruzkum-gpr>[online]. [cit.2019-11-09].



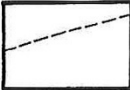
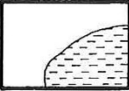


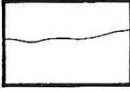

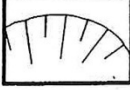

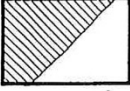
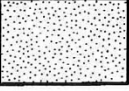

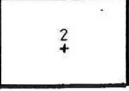
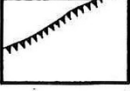
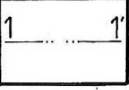

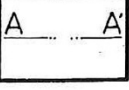

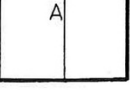
<<http://www.georadar.rtg-tengler.cz/plosny-pruzkum-gpr>>

<http://geofyzika.webz.cz/pouzseism.php>[online]. [cit.2019-08-08].

<<http://geofyzika.webz.cz/pouzseism.php>>

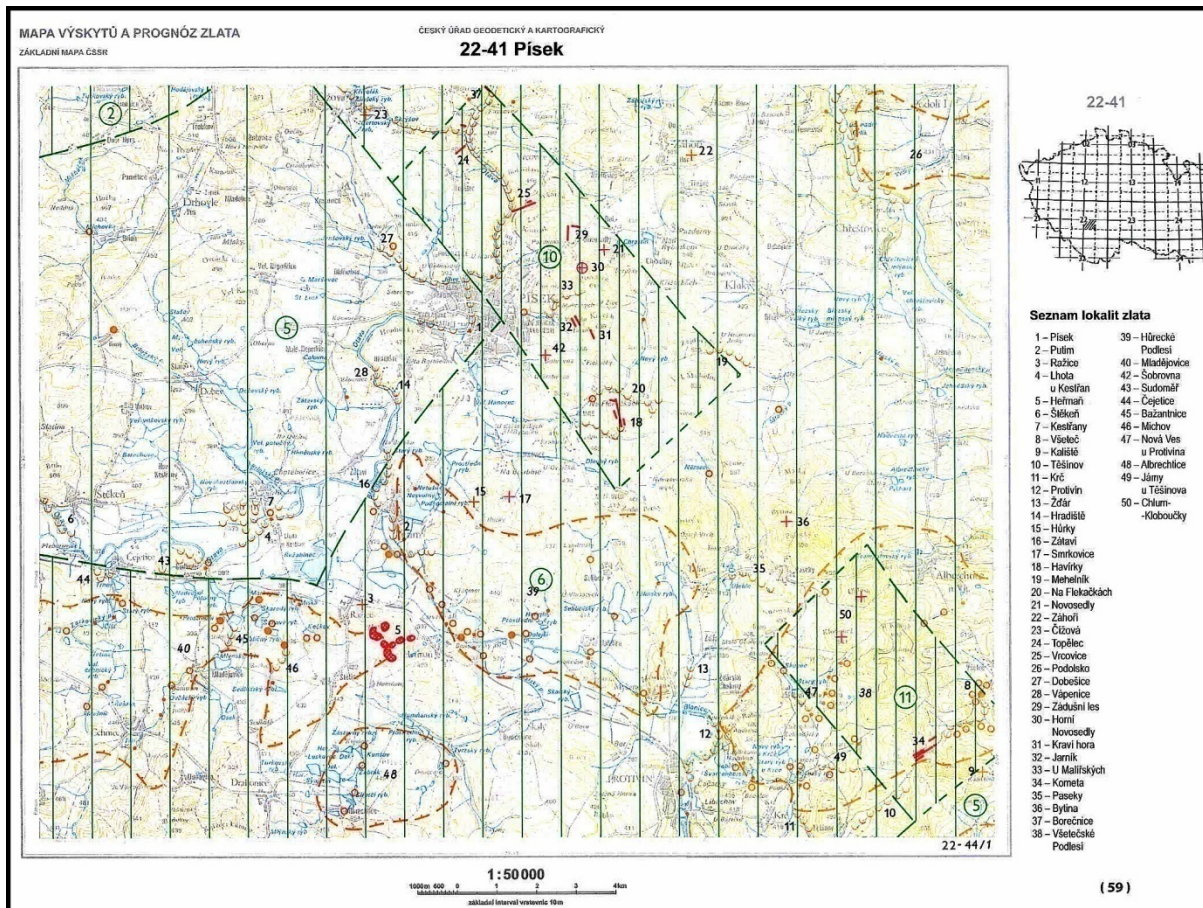
## **10. Přílohy a fotografie.**

# LEGENDA K MAPÁM ŠACHET NA KOMETĚ

	Ohraničení dutiny skalní stěnou		Svah ve výplni počvy
	Pravděpodobné ohraničení dutiny		Vodní nádrž
	Ohraničení dutiny mimo hlavní zobrazovanou rovinu		Zaměřené balvany
	Ohraničení dutiny výplněmi počvy (v profilech a řezech)		Počva krytá balvany
	Obrys pinky na povrchu		Počva krytá sutí
	Skalní počva a půdorysný průmět šikmé skalní stěny		Počva krytá hlínou
	Ústí šachty		Měřičský bod
	Svislý skalní stupeň		Linie podélného profilu v půdorysu
	Převislý skalní stupeň		Linie příčného řezu v půdorysu
	Stupeň ve výplni počvy		Linie příčného řezu v podélném profilu

Obr.40.: Legenda k mapě na obrázku č. 32, 33, 34. Upraveno podle Cícha (1992).





Obr.41.: Zlatorudná oblast Píseckých hor a okolí. Upraveno podle Morávek (1992).

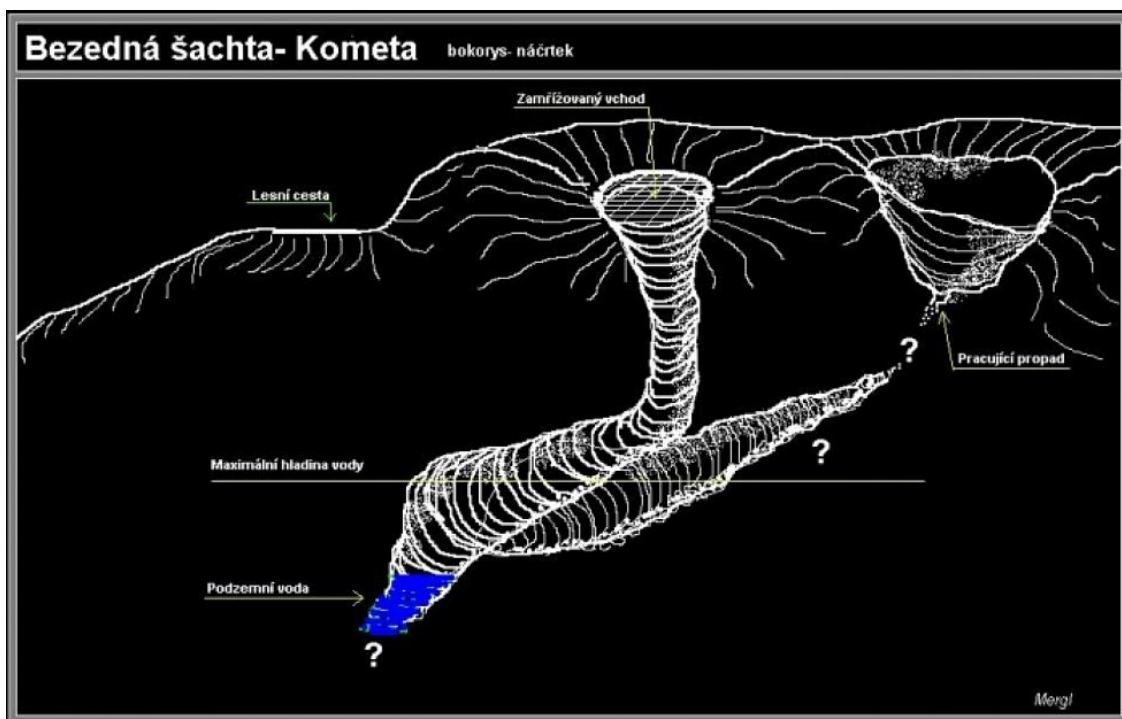


Obr.42.: Autor diplomové práce u vchodu do podzemí v areálu zlatodolů "Na Kometě". Foto:

P. Šeřčík.



## Šachta Bezedná:



Obr.43.: 3D náčrtek Bezedné šachty zlatodolů "Na Kometě". Převzato z internetového zdroje (<http://www.kometa.blog.cz>).



Pohled na SV část podzemní prostory

foto M. Píček

Obr.44.: Fotografie podzemí Bezedné šachty. Upraveno podle Cícha (1992).



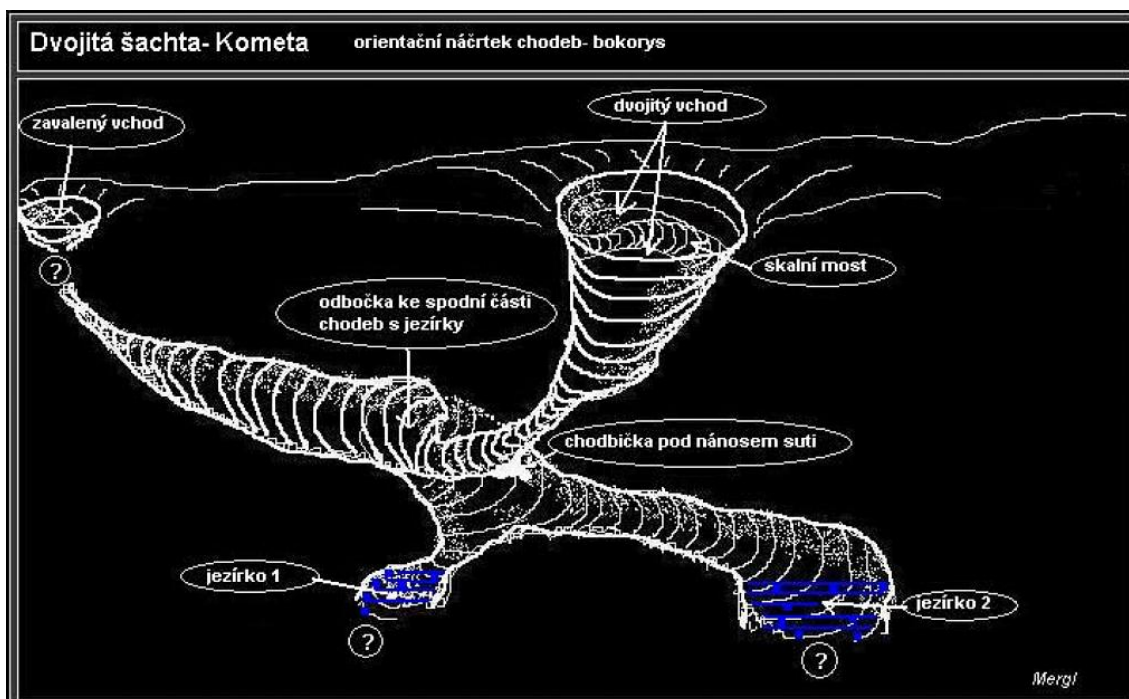
*Obr.45.: Charakter vstupu do Bezedné šachty. Fotografie převzata z internetového zdroje (<http://kometa.blog.cz/>).*



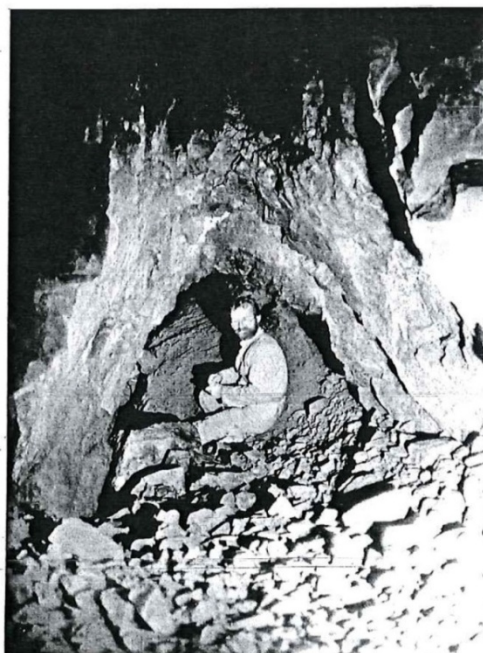
*Obr.46.: Vnitřní prostory Bezedné šachty. Spodní partie jsou zatopeny vodou. Fotografie převzata z internetového zdroje (<http://kometa.blog.cz/>).*



## Šachta Dvojitá:

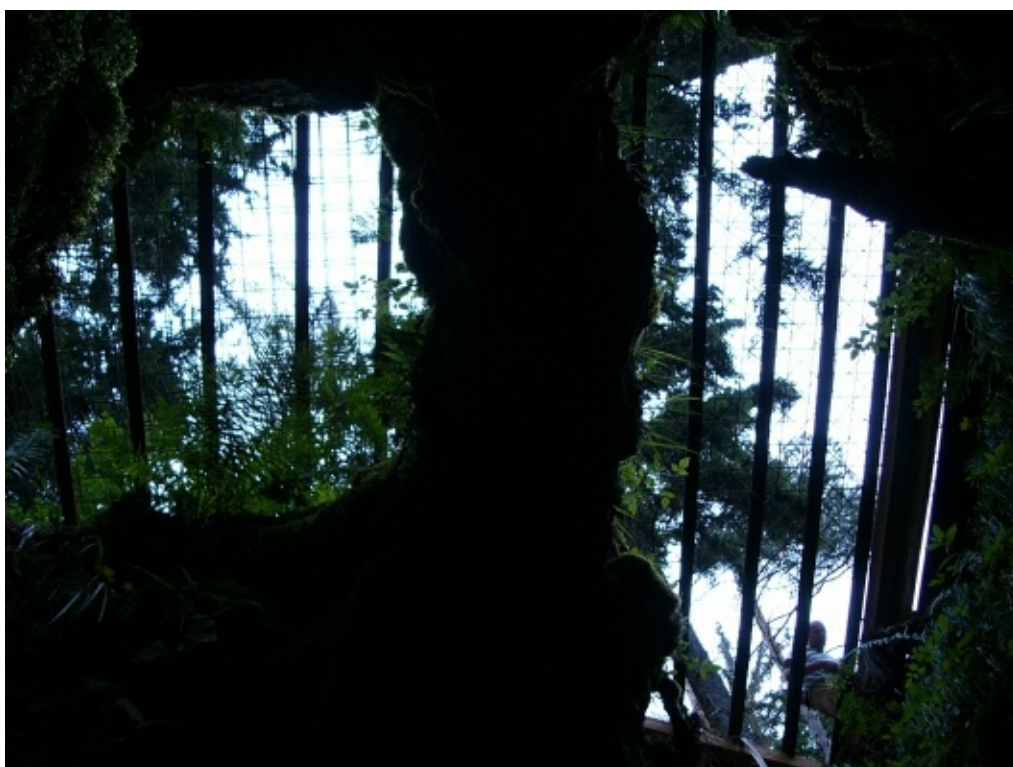


Obr.47.: 3D náčrtek Dvojité šachty zlatodolů "Na Kometě". Převzato z internetového zdroje (<http://www.kometa.blog.cz>).



Charakter podzemních prostor  
Foto M. Píček

Obr.48.: Fotografie podzemí Dvojité šachty. Upraveno podle Cícha (1992).



*Obr.49.: Zachovalý pilíř (skalní most) ve vstupu do Dvojité šachty, jež vznikl spojením dvou sousedních šachet. Fotografie převzata z internetového zdroje (<http://kometa.blog.cz/>).*



*Obr.50.: Úzké průchozí prostory v Dvojité šachtě. Fotografie převzata z internetového zdroje (<http://kometa.blog.cz/>).*





*Obr.51.: Charakter podzemních prostor Dvojité šachty. Fotografie převzata z internetového zdroje (<http://kometa.blog.cz/>).*



*Obr.52.: Úzké průchozí prostory v Dvojité šachtě. Fotografie převzata z internetového zdroje (<http://kometa.blog.cz/>).*



*Obr.53.: Spodní partie Dvojité šachty jsou zatopené. Na obrázku je vidět prosvícená vodní hladina, kde pokračuje dále úzká šachta do značných hloubek. Fotografie převzata z internetového zdroje (<http://kometa.blog.cz/>)*





*Obr.54.: Charakter podzemní Dvojité šachty. Fotografie převzata z internetového zdroje (<http://kometa.blog.cz/>).*



*Obr.55.: Úzké průchozí prostory v Dvojité šachtě. Fotografie převzata z internetového zdroje (<http://kometa.blog.cz/>).*

## Šachta Bezejmenná:



Pohled ke spodnímu konci hlavní chodby

foto J. Cícha

*Obr.56.: Fotografie podzemí Bezejmenné šachty. Upraveno podle Cícha (1992).*



*Obr.57.: Úzké partie podzemí Bezejmenné šachty. Fotografie převzata z internetového zdroje (<http://kometa.blog.cz/>).*





*Obr.58.: Charakter podzemních prostor Bezejmenné šachty. Fotografie převzata z internetového zdroje (<http://kometa.blog.cz/>).*



*Obr.59.: Charakter podzemních prostor Bezejmenné šachty. Fotografie převzata z internetového zdroje (<http://kometa.blog.cz/>).*



## Fotografie z terénu:



*Obr.60.: Geologické kladívko na zatlókání elektrod. Foto: D. Šefčík, 2020.*



*Obr.61.: Vykopané kusy zlatorudného křemene v areálu zlatodolů "Na Kometě" o velikosti 10-20 cm. Foto: D. Šefčík 2020.*





*Obr.62.: Vytyčení profilu pomocí pásma a propojení multielektrodového kabelu s měřicí aparaturou ARES na lokalitě "Na Kometě". Foto: S. Dvořáčková, 2019.*



*Obr.63.: Přenosná aparatura ARES s automobilovou baterií a oranžovými tubusy na kovové elektrody. Foto: D. Šefčík, 2020.*





*Obr.64.: Zapojená aparatura ARES 200E ke zdroji napětí a k multielektrodovému systému.  
Foto: D. Šefčík, 2020.*



*Obr.65.: Prostřední linie zlatokopeckých stařin. Charakter geomorfologie pinek. Foto: D.  
Šefčík 2019.*





*Obr.66.: Vstupy do šachet jsou zabezpečeny proti pádu ocelovou mříží a ohrazeny plotem.*

*Foto: D. Šefčík 2019.*



*Obr.67.: Fotografie podzemí prostřední linie zlatokopečských stařin. Jedná se propadlý vstup do téměř zasuceného podzemí. Šířka záběru do cca 2 m. Foto: D. Šefčík, 2019.*





*Obr.68.: Typický obval zasuceného materiálu okolo propadlé a zasucené šachty v areálu zlatodolů "Na Kometě". Foto: D. Šefčík, 2019.*



*Obr.69.: Geomorfologie propadlin (pinek) prostřední linie zlatokopečských stařin. Foto: D. Šefčík, 2019.*



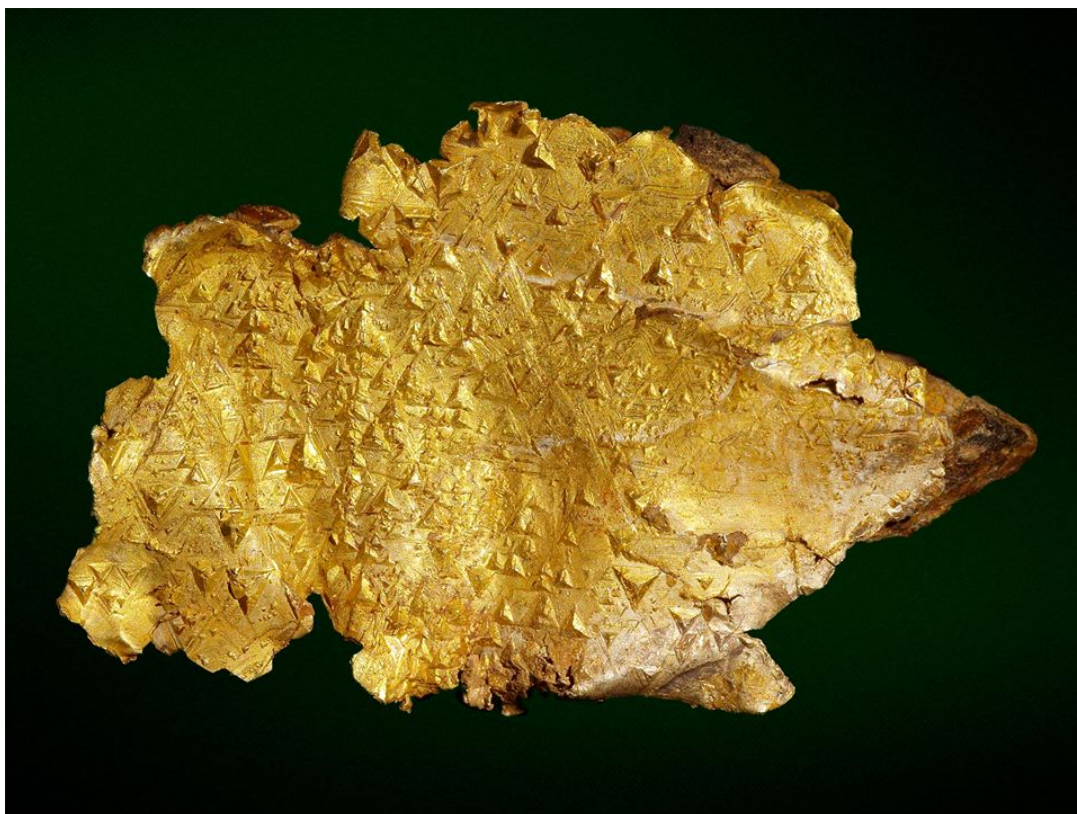


*Obr.70.: Zlaté nuggety nalezené v oblasti Vodňanska ze sbírek Prácheňského muzea v Písku.  
Foto: J. Cícha (2019).*



*Obr.71.: Valoun křemenné žiloviny bohatě prorostlý agregáty zlata z okolí Písku, velikost 30x28x25 mm, hmotnost 53,3 g ze sbírek Prácheňského muzea v Písku. Foto: J. Cícha (2020).*





*Obr.72.: Křepické zlato nalezené v Křepicích u Vodňan z roku 1927. Velikost 46x31 mm. Ze sbírek Prácheňského muzea v Písku. Foto: J. Cícha 2020.*



*Obr.73.: Zlatinky vyrýžované z náplav řeky Otavy ze Soutoku u Putimi, velikost zlatinek do 2 mm. Nález a foto: D. Šefčík 2019.*





*Obr.74.: Veliký kus nuggety z náplav řeky Otavy získaný pomocí rýžovnického splavu a rýžovnické pánve. Velikost nuggety okolo 1 cm. Foto: D. Šefčík.*



*Obr.75.: Detail zlatinky z řeky Otavy od Písku. Velikost okolo 2 mm. Nález a foto: D. Šefčík 2019.*



*Obr.76.: Těžký podíl sedimentů z řeky Otavy. Červené minerály jsou české granáty, zirkony a spessartiny. Modré valounky uprostřed reprezentují korundy (safíry). Šířka záběru 1,5 cm.*

*Nález a foto: D. Šefčík 2018.*



*Obr.77.: Čistý safír z řeky Otavy ze Soutoku u Putimi u Písku. Velikost x cca 1 mm. Nález a foto: D. Šefčík 2018.*





*Obr.78.: Rýžování zlata z říčních sedimentů na Soutoku u Putimi nedaleko Písku. Foto: J. Hronek.*



*Obr.79.: Autor diplomové práce při rýžování zlata pomocí rýžovnické pánve nedaleko Písku na řece Otavě. Foto: J. Kocáb.*