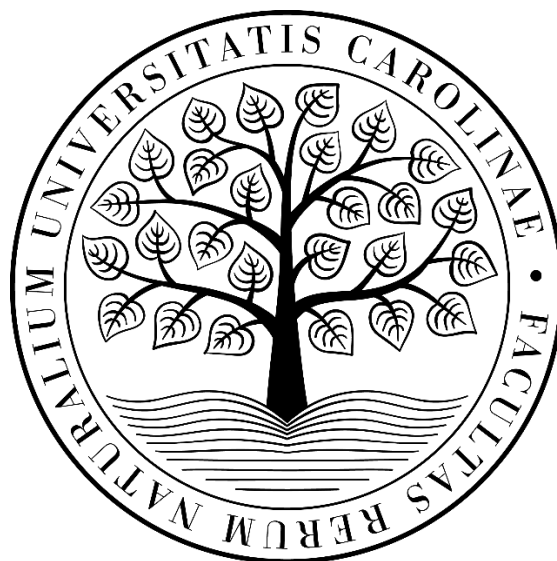


Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta

Ústav geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů



Sekundární zlatá mineralizace v okolí Bezručic

Secondary gold mineralization at Bezručice area

Bakalářská práce

Bc. Tomáš Mladý

Vedoucí bakalářské práce Doc. RNDr. Jiří Zachariáš, Ph.D.

Praha 2021

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval/a samostatně a že jsem uvedl/a všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze

Podpis

klíčová slova:

zlato, rumělka, rozsypy, orogenic gold

Key words:

gold, cinnabar, placers, orogenic gold

Abstrakt

Tato práce se zabývá ložiskovým typem orogenic gold a rozsypy zlata. První část shrnuje předpoklady pro vznik ložisek typu orogenic gold a jejich časové a prostorové rozšíření. V další části jsou popsány sekundární ložiska zlata, takzvané rozsypy. Poté jsou také rozebrány mechanismy transportu a sedimentace ve vodním prostředí a další procesy, které mění morfologii částic zlata.

Praktická část práce se zabývá lokalitami v okolí Bezdržic v západních Čechách. Zkoumanými lokalitami jsou výchoz paleorozsypu v písčinně u obce Křivce, remízek s relikty po těžbě cinabaritu u obce Nová Ves a potoky, které tento remízek obtékají ze severu a z jihu.

Cílem práce bylo určit, zda je zlato u Nové Vsi recyklované z karbonských paleorozsypů, které jsou i v blízkosti starých prací, nebo jestli pochází z primárních výskytů a vznikalo v blízkosti cinabaritu. Odebrané vzorky byly podrobeny analýze optickým mikroskopem a také analýze pomocí energiově dispersního analytického systému sdruženého se SEM. Tyto analýzy umožnily odlišení zlatinek z potoků od Nové Vsi od zlatinek z paleorozsypu.

Abstract

This thesis is focused on orogenic gold deposits and placer gold deposits. The first part describes predispositions for formation of orogenic gold deposits and their place in time and space. Next part of this thesis discusses mechanisms of formation of secondary gold deposits, so called placers.

Practical part of this thesis is studying the sites in the neighbourhood of Bezručice in West Bohemia – paleoplacer in sand quarry near municipality Křivce, grove with old mine works near municipality Nová Ves and the creeks which surround the grove from north and south.

The aim of this thesis is to define whether the gold nearby Nová Ves originates in the Carboniferous paleoplacers which are in the proximity of old mines or if it comes from primary deposit and was formed close to cinnabar mineralization. Specimens were analysed under optical microscope and by energy dispersive system coupled with SEM. These analyses helped to distinguish gold flakes from the creeks of Nová Ves and the gold flakes from paleoplacer.

Poděkování

Rád bych tímto způsobem poděkoval vedoucímu mé práce Doc. RNDr. Jiřímu Zachariášovi, Ph.D. za velkou pomoc a cenné rady jak v terénu, tak v laboratoři.

Obsah

1	Úvod	1
2	Ložiska typu „Orogenic gold“	2
2.1	Prostorové rozšíření a čas vzniku	2
2.2	Morfologie ložisek a zdrojové oblasti fluid a kovů	4
2.3	Rozpustnost zlata a zdroj ligandů	5
2.4	Mechanismy srážení zlata	5
3	Rozsypy	6
3.1	Transport částic zlata ve vodním prostředí	6
3.2	Sedimentace	8
3.3	Koncentrace	8
3.4	Paleorozsypy	9
4	Praktická část	11
4.1	Metody práce	11
4.1.1	Odběr vzorků v terénu	11
4.1.2	Úprava vzorků	11
4.1.3	Analýza	11
4.2	Křivce	12
4.2.1	Geologie lokality	12
4.2.2	Vzorky	13
4.3	Nová Ves	13
4.3.1	Geologie lokality	13
4.3.2	Vzorky	14
4.4	Optická analýza	14
4.4.1	Křivce	15
4.4.2	Severní potok	16
4.4.3	Jižní potok	17
4.4.4	Staré práce	18
4.5	Elektronová mikroanalýza	19
4.5.1	Křivce	19
4.5.2	Severní potok	20
4.5.3	Jižní potok	21
5	Diskuze	21
6	Závěr	22
7	Použitá literatura	23

1 Úvod

Zlato již po tisíce let plní významnou úlohu v lidské společnosti. V současné době je vnímáno spíše jako pouhá surovina pro výrobu elektroniky či šperků. Dříve však sloužilo i jako platidlo a pro dávné kultury mělo i symbolickou, až nadpozemskou, hodnotu. Již starověcí zlatníci vdechovali zlatu život a plnili svatyně svých bohů fascinujícími předměty z tohoto tak vzácného kovu. Také v Českých zemích v pravěku byly kultury protkány zlatými předměty, například velmi známé zlaté keltské mince, takzvané duhovky, anebo zlaté šperky, které badatelům pomáhají v odlišení pravěkých elit. V těchto dobách byly rozsypy pravděpodobně primárním zdrojem zlata.

Práce se skládá ze dvou částí. První část se zabývá rešerší primárních ložisek zlata typu orogenic gold a vznikem sekundárních rozsypových ložisek zlata. V druhé části práce, budou zkoumány částice zlata (zlatinky) odebrané z recentních rozsypů a karbonského paleorozsypu v okolí Bezdržic v západních Čechách. Analýza přinese nové informace o vztahu zlata a cinabaritové mineralizace. Zlato a cinabarit zde byly historicky těženy, což dokládají rozsáhlé relikty hornických prací na obou zkoumaných lokalitách – v remízku mezi obcemi Bezdržice, Nová Ves a Potín a v lese na západ od obce Křivce.

2 Ložiska typu „Orogenic gold“

Orogenic gold je označení pro velkou skupinu ložisek zlata. Bylo zavedeno v článku Groves et. al. (1998), aby nahradilo plejádu historických termínů. Termín orogenic gold zahrnuje ložiska zlata, která vznikala ve velkém rozmezí hloubek od 2 do 15 km, možná až 20 km, z fluid s obsahem H₂O a CO₂ a nízkou salinitou za podmínek tepelné a chemické nerovnováhy s okolní horninou (Groves, 2020).

2.1 Prostorové rozšíření a čas vzniku

Ložiska typu orogenic gold se tvoří v rámci kontinentální kůry, v akrečních a kolizních teránech, ve vulkanickém oblouku, v zaobloukové pánvi nebo na okrajích kratonů. Vznikala během archaika, proterozoika i fanerozoika a byla objevena na všech kontinentech. Není znám případ ložiska tohoto typu, který by se v současnosti vytvářel. Nejmladší objevená méně významná ložiska typu orogenic gold vznikala před 12–15 miliony let v Alpách a nejmladší významnější ložisko vzniklo před 50 miliony lety (Groves, 2020).

Vznik ložisek typu orogenic gold může souviset s termálními událostmi spojovanými s růstem kontinentální kůry. V globálním měřítku bylo několik epizod vzniku těchto ložisek, 3100 Ma, 2700-2500 Ma, 2100-1700 Ma a fanerozoikum (Moritz, 2000).

Některá ložiska typu orogenic gold jsou zachována v pásích zelenokamenů. Nejstarší známá ložiska tohoto typu vznikala ve středním archaiku. Části Kaapvaalského kratonu v Jižní Africe je Barbertonský pás zelenokamenů, který je datován do rozmezí 3,57-3,08 Ga. Tyto zelenokameny obsahují objevené rudy orogenic gold. Ekonomicky významná ložiska v Barbertonském pásu zelenokamenů vznikala okolo 3.1 Ga. V této oblasti docházelo k akreci a subdukcí mezi 3230–3080 Ma, po které následovala změna režimu na transtenzi, s níž současně vznikaly zlatonosné žíly. Z hlavních ložisek v této oblasti bylo celkem vytěženo asi 10 milionů uncí zlata (311 tun). Některé další, ale menší, výskyty z této doby jsou například výskyty na kratonu Pilbara v Austrálii a menší ložiska na Ukrajinském štítu (Goldfarb, 2001).

Další epizoda, která je brána jako velmi příznivá pro vznik ložisek typu orogenic gold, je svrchní archaikum. Části kratonů v západní Austrálii, Indii, jižní a centrální Africe, na severu Jižní Ameriky a v Severní Americe obsahují velké procento světových zásob zlata. Z velkých částí archaické kůry nejsou známa významná ložiska. Důvodem je, že relativně velké procento archaických hornin je zakryto mladšími sedimenty a to, že archaické horniny vycházející na povrch jsou většinou vysoce metamorfované (Goldfarb, 2001).

V paleoproterozoiku ještě probíhal podstatný růst kontinentální kůry, který skončil asi 1,9-1,8 Ga, kdy bylo vytvořeno 75–80 % hmoty kontinentů. Významná ložiska vznikala v Západoafrickém kratonu a v Amazonském kratonu, během vzniku spekulovaného superkontinentu Unrug. Deformace západoafrického kratonu probíhala během Eburneanské orogeneze a Amazonský kraton byl deformován během Transamazonské orogeneze. Tyto orogeneze probíhaly společně a jsou datovány na 2,1 Ga a stabilizace proběhla 1,9 Ga na západoafrickém a 2,0 Ga na Amazonském kratonu (Goldfarb, 2001).

Na západoafrickém kratonu vznikala zlatá pole Ashanti v pásu zelenokamenů Birimian, jsou datována 2105-2080 Ma. V této oblasti probíhala světově významná těžba zlata v rozmezí od 14. do 18. století. Podobné jednotky hostí aktivní důl na ložisku zlata Sadiola Hill v Mali. Menší výskyty zrudnění jsou také známy ze Senegalu, Burkiny Faso, Guinei a Pobřeží Slonoviny (Goldfarb, 2001).

Množství menších ložisek se nachází v páslech zelenokamenů v Svekofennidách na jihozápadě Finska a ve Švédsku. Tyto pásy byly akretovány na Karelský kraton asi mezi 1,9 a 1,8 Ga. Během této deformace vznikala ložiska zlata v dnešním Finsku během 1,89-1,86 Ga a v části, která je dnešní Švédsko mezi 1,87 a 1,82 Ga. K ložiskům, která takto vznikala se řadí ložiska v oblasti Tampere na jihu Finska, v regionu Rantasalmi na jihovýchodě Finska a na západě Finska v regionech Seinajoki a Haapavesi. Na švédské straně vznikala VMS – bohatý distrikt Skellefte. Další menší ložiska se stejným stářím jsou popsána ze severovýchodní části Karelského kratonu a z paleoproterozoika Ukrajinského štítu (Goldfarb, 2001).

Pohyby litosférických desek v dalším geologickém období, paleozoiku, vedly ke vzniku velkého množství ložisek typu orogenic gold – mimo jiné také ložisek zlata, která vznikala v Českém masivu při Variské orogenezi. Jedním z těchto ložisek je Jílové u Prahy, jehož zlatonosné zrudnění vznikalo okolo 339 Ma. Ložisko se skládá z křemenných žil až žilníků, které obsahují menší, místy i větší množství karbonátu. Těžba na tomto místě probíhala již od středověku a odhaduje se, že odsud bylo vytěženo 10 t zlata (Zachariáš et al., 2013).

Další ložisko na území České republiky je ložisko Kašperské Hory, které je jedním z největších v Českém masivu. Skládá se z křemenných žil, které obsahují zlatou mineralizaci. Křemenné žíly zde vznikaly v několika fázích mezi 344 a 336 Ma. Hlavní část mineralizace ve formě viditelného zlata se nachází v mladším křemenu (Strnad et al. 2012). Ve francouzském Masif Central proběhl vznik žil o něco později asi 320-285 Ma. Zlatá ložiska, která vznikala díky variskému vrásnění byla významná v minulosti, byla těžena kromě Českého masivu i v Portugalsku v Jales, které spadá do Iberského masivu (Goldfarb, 2001).

Vznik ložisek typu orogenic gold v mezozoiku spojuje Goldfarb (2001) s růstem kontinentální kůry v Severní Americe, na východě Číny a Ruska a na Novém Zélandu. Tento růst byl závislý na růstu Pacifického oceánu.

Terciární ložiska jsou spojována s aktivními okraji kontinentů. Například na jihu Aljašky jsou spojovány pohyby na severo-americkém aktivním okraji se zlatým pásem Juneau. Nejmladší datovaná ložiska tohoto typu jsou známa z Italských Alp z provincie Monte Rosa (Goldfarb, 2001).

2.2 Morfologie ložisek a zdrojové oblasti fluid a kovů

Ložiska typu orogenic gold se skládají z žil, žilných pásem a žilníků které jsou vázány na křehké zlomy až duktilní střížné zóny, extenzní fraktury nebo na zámky vrás. Nejen díky prostředí, ale také díky vícečetným pulzům mineralizačních fluid mohou mít žíly složitou vnitřní stavbu (Moritz, 2000).

Ložiska typu orogenic gold se často nacházejí v zónách, kde docházelo k rychlému výzdvihu, kvůli němuž došlo ke snížení litostatického napětí a následně k hydrofrakturaci hornin na propojených systémech puklin. Díky těmto událostem se v systému výrazně měnil tlak a došlo tak k efektivnímu vysrážení zlata při chemických reakcích (Groves, 2018).

Zdroj fluid a kovů byl dlouho diskutovaným tématem. V dnešní době je nejuznávanější model vzniku fluid metamorfní dehydratací oceánské desky nebo metamorfními reakcemi pelitických sedimentů, při jejich pohřbívání v orogénu, na přechodu z facie zelených břidlic do amfibolitové facie, kdy se chlorit mění na amfibol (Gaboury, 2019).

Další významné kritérium je množství uvolněných fluid a jejich možnost dostat se až k místu vzniku ložiska. V přírodních drahách může docházet k reakcím, které spotřebovávají fluida, takže pro vznik ložiska orogenic gold je nutná vyšší průchodnost přírodních drah a relativně krátké období intenzivního vzniku fluid. Přechod z facie zelených břidlic do amfibolitové facie je určován teplotou a může probíhat ve větším intervalu tlaků. Proto je pro vznik dobře průchodných přírodních drah výhodnější vyšší geotermální gradient, kdy dojde k uvolnění fluid za nižšího tlaku. Naproti tomu, horniny procházející postupným zvýšením tlaku a teploty uvolňují fluida postupně, čímž limitují vznik dobře proudícího systému přírodních drah (Gaboury, 2019).

Zdrojem zlata pro ložiska orogenic gold je podle Goldfarb a Groves (2015) pyrit obohacený zlatem v sulfidických sedimentech oceánské kůry. Tento názor zaujímá i Gaboury (2019) a

dodává, že primární pyrit, který vzniká na mořském dně díky bakteriím, je nejen zdrojem zlata, ale také zdrojem síry, která slouží jako ligand.

2.3 Rozpustnost zlata a zdroj ligandů

Zlato je za atmosférických podmínek netečné a nepůsobí na něj většina rozpouštědel. Pro přenos zlata v hydrotermálním systému je nutný ligand, který zvýší jeho rozpustnost. Vhodné jsou zejména (Cl^-) a (HS^-) . Obecně vhodnějším ligandem je HS^- . Tato skutečnost je potvrzena častou přítomností prvků jako jsou As, Sb, B, Se, Te, Hg, Bi, Mo a W na ložiscích zlata, které jsou všechny upřednostňovány sírou. Naproti tomu Cu a Zn, které jsou preferenčně vázány na chloridové komplexy (Cl^-) v ložiscích orogenic gold prakticky chybí (Gaboury, 2019).

Při metamorfóze se pyrit (FeS_2) přeměňuje na pyrhotin (FeS), jež obsahuje méně síry než pyrit. Ne všechna síra uvolněná při této přeměně se ale využije pro přenos zlata. Mobilizovaná síra je z velké části navázána na Fe-silikáty procesem zvaným „sulfurizace“. Přeměna pyritu na pyrhotin probíhá za teplot 500-550 °C a jsou pro ni příznivější nižší tlaky (Gaboury, 2019).

Zdrojem fluid, kovů i ligandů jsou tedy většinou sedimenty oceánských desek nebo sedimentární horniny zaobloukových pánví, kde se během metamorfní přeměny chloritu na amfibol z hornin postupně uvolňuje zlato a další kovy, které jsou unášeny fluidy subvertikálními přívodními drahami (zlomy, frakturami) směrem vzhůru k budoucímu ložisku.

2.4 Mechanismy srážení zlata

K vytvoření ložiska je nutné, aby se zlato rozpuštěné v roztoku znovu vysráželo do kovové podoby. Ložiska většinou vznikají v místech, kde se zásadně mění prostředí. Díky této změně se mění i vlastnosti fluid, které v sobě obsahují kovy. Když dojde ke změně vlastností na takové, které již neumožňují udržení kovů v roztoku, začnou se kovy srážet a vzniká mineralizace.

Zlato se v žilách se většinou vyskytuje jako kov („metalické zlato“) nebo jako mikro až nano částice v zrnech sulfidů („refraktory gold“ nebo „invisible gold“). Zlato se může začít srážet, když je HS^- , které sloužilo jako ligand spotřebováno na tvorbu pyritu při reakci s Fe_2^+ . Rozpustnost $Au(HS)_2^-$ komplexu a vysrážení zlata je také ovlivňováno zvýšením fugacity kyslíku. Dalším mechanismem pro vysrážení zlata může být změna pH fluida. Zlato je nejrozpuštěnější za neutrálního pH, které ve fluidech udržuje rozpuštěné CO_2 ve formě kyseliny uhličité a jejích konjugovaných zásad. Při odebrání CO_2 z jednofázového systému a vytvoření plynu se změní pH, rozpustnost zlata klesne a zlato se začne srážet. K odmísení plynné a

kapalné fáze dochází při snížení tlaku při náhlém otevření/uvolnění přírodních drah (zlomů) (Gaboury, 2019).

3 Rozsypy

K tvorbě ložisek typu orogenic gold dochází ve velkém rozmezí hloubek (3–20 km). Když dojde k erozi ložiska, například při výzdvihu území, dochází k uvolňování detritického zlata do svahovin, vodních toků a ve finále až do sedimentárních pánví v předpolí horských masívů. Díky hustotě zlata, která je asi desetkrát vyšší než hustota ostatních minerálů, se zlato zachytává na místech, kde voda ztratí svou unášecí schopnost. Tímto způsobem vznikají sedimenty obohacené zlatem tzv. rozsypy.

Rozsypy byly velice intenzivně využívány v historických dobách, protože pro jejich těžbu není nutné razit rozsáhlá podzemní díla ve skalním masivu a vytěženou rudu dále upravovat drcením a mletím pro extrakci co největšího množství zlata. U rozsypů udělala příroda většinu práce za člověka. Ten tak musí jen objevit vhodnou lokalitu a následně oddělit zlato od ostatních složek.

3.1 Transport částic zlata ve vodním prostředí

Po přesunu materiálu obsahujícího zlato do vodního prostředí se začíná odehrávat velké množství dějů, které závisí na rychlosti a typu proudění anebo na rozdílech hustoty, které řídí transport a sedimentaci částic sedimentu.

Transport zrn ve vodním prostředí probíhá několika mechanismy, mezi které patří posun po dně, saltace a přenos v suspenzi. Posun po dně probíhá, když jsou zrna moc velká na to, aby se dostala do vznosu, a když má proud nižší rychlost. Saltace je typ pohybu, který se sestává ze „skoků“ zrn, která se na okamžik oddělí od dna a přesunou se dále po proudu. Do vznosu se dostávají částice, když proud dosáhne dostatečné rychlosti a má sílu na dlouhodobé udržení těchto částic v suspenzi. Poměr velikosti zrn a jejich hustoty, částečně též i tvar zrn, určují, vedle rychlosti proudění, jaký typ přenosu bude dominovat.

V tocích se rozlišují dva typy proudění. Prvním je laminární proudění, jehož vektory jsou rovnoběžné a mění se jen rychlost, kterou voda proudí. Druhé je proudění turbulentní, při kterém se voda víří a dráhy částic se proplétají. Typ proudění se dá číselně vyjádřit pomocí Reynoldsova čísla, které závisí na rychlosti proudu, hloubce koryta, hustotě a viskozitě vody. Když je Reynoldsovo číslo menší než jedna, je proud laminární. Naopak když je větší než jedna, je turbulentní (Maňour, 1987).

Proud v korytě se dá rozdělit na tři vrstvy – svrchní, střední a spodní. Ve svrchní vrstvě má proud nejvyšší rychlost. Ve střední vrstvě je vysoké tření a vzniká turbulence. Spodní vrstva je viskózní mezivrstva, která pokrývá zrna na dně toku. Její síla rozhoduje o drsnosti dna. Když viskózní mezivrstva pokrývá celá zrna na dně je rozhraní tzv. hladké. K tomuto může dojít při nižších rychlostech toku, nebo když jsou malé průměry zrn. Při opačném případě, kdy viskózní mezivrstva nepokryje všechna zrna, je rozhraní tzv. drsné. Drsnost dna je významným parametrem pro erozi a transport zrn (Robb, 2005).

Shrnutí a vizualizace závislosti eroze, transportu a ukládání na rychlosti proudu a velikosti zrn prezentuje Hjulströmův diagram. Tento diagram poukazuje na fakt, že velká zrna potřebují pro svou erozi velké rychlosti proudu, a při zmenšování zrn se snižuje rychlost proudu potřebná pro jejich erozi. Pro odnos prachových a jílových zrn jsou ale nutné větší rychlosti proudu. Toto je zapříčiněno elektrochemickými vazbami mezi jílovými minerály (Nichols, 2009).

Při zvýšené hladině vodního toku, například po větších deštích nebo tání sněhu, se výrazně zvyšuje schopnost toku unášet materiál. Když dojde k takové události, dochází k erozi koryta a odnosu materiálu. Během transportu jsou zrna materiálu opracovávána nárazy a třením. Čerstvě erodovaný materiál je zpravidla vysoce ostrohranný. Čím déle je materiál transportován, tím má hladší povrch. Částičky zlata o různých velikostech se přesunují tokem spolu s ostatním materiálem. Zlato, které je dobře kujné se místo výrazného opracování hran při nárazech o kameny zplošťuje a tvoří plíšky – zlatinky.

Alves et al. (2020) pozorovali, že částice zlata jsou také v korytě různě ohýbány a otloukány. Díky tomu na nich mohou vznikat druhotné textury. Pokud není povrch zlatinek příliš přepracován, lze na nich vidět otisky minerálů, se kterými zlato krystalizovalo a které byly odemlety při transportu (primární textury).

Barrios (2015) píše, že tvar částic zlata závisí na vzdálenosti transportu a na dynamice toku, kterým bylo transportováno. Studium těchto přeměn může přinést informace o vzdálenosti od zdrojové oblasti, mechanismech transportu a také prostředí, v kterém zlato sedimentovalo.

Zlatinky se mohou transportovat i na značné vzdálenosti od jejich primárního zdroje. To je zapříčiněno jejich tvarem, jelikož tyto částice zlata jsou ploché, s tloušťkou mnohokrát menší než šířka a délka. Proud tedy může působit svou energií na plochu a unášet zlato i přes jeho vysokou hustotu. Z tohoto důvodu mohou zlatinky také flotovat na hladině. Transport může být také ovlivněn srůsty zlata s lehkými minerály (Maňour 1987).

Kromě mechanického opracování, dochází též k chemickým reakcím mezi zlatinkami a vodou. Alves et al. (2020) uvádí, že procesy ovlivňující rozpouštění a migrace zlata v řečišti jsou zatím z velké části nejasné. Nejčastějším projevem těchto procesů je vznik druhotné zonálnosti zlatinek: směrem k povrchu zlatinky je zlato ryzejší než ve středu. Mechanismy vedoucí ke vzniku tohoto jevu zahrnují selektivní elektrochemické rozpouštění stříbra, rozpouštění a srážení ovlivněné bakteriemi („bio procesy“) anebo rekrystalizace zlata, která usnadní odnos stříbra v rozpuštěné formě.

3.2 *Sedimentace*

Pro vznik rozsypů zlata je nutná sedimentace a následná koncentrace zlatinek. K sedimentaci dochází, když proud ztratí energii a nemá již schopnost transportovat zrna o určitých parametrech, která se následně usazují. Rychlost sedimentace ze suspenze je možné vyčíslit pomocí Stokesova zákona. Podle gravitačního zrychlení, průměru částice, hustot částice a kapaliny a viskozity kapaliny je možné vypočítat rychlost, kterou bude částice tvaru koule padat sloupcem kapaliny při laminárním proudění (Robb, 2005).

Ze Stokesova zákona vyplývá, že rychlost je závislá na průměru částice a na její hustotě. To znamená, že velké částice minerálu jako křemen nebo živec, které mají nízkou hustotu, mohou sedimentovat stejnou rychlostí jako částice zlata, která je menší, ale má mnohem vyšší hustotu. Tento jev je označován jako hydraulická ekvivalence. Tímto způsobem mohou vznikat vrstvy materiálu, který má rozdílné průměry zrn a rozdílnou hustotu (Robb, 2005).

Stokesův zákon ale přesně nepopisuje dynamické chování v tocích, kde na částice působí mnoho jevů. Proudů v korytech toků nejsou většinou lineární a kvůli náhodnému chování turbulentních proudů je skoro nemožné předpovídat rychlosti usazovaných částic. Také kvůli nepravidelným tvarům zrn je předpovídání rychlosti obtížné. Reálná rychlost sedimentace velkých zrn se od vypočtené liší z důvodu hydraulického odporu a turbulentních proudů, které na částicích vznikají (Robb, 2005).

3.3 *Koncentrace*

Jak již bylo zmíněno, zlato se od ostatních minerálů liší kromě jiného také hustotou. Menší částice zlata má stejnou hmotnost jako podstatně větší kus jiného minerálu, který tedy kvůli velikosti, může proud unášet jednodušeji. Zlato může být koncentrováno více mechanismy, které jsou často spojené se selektivní erozí ostatních minerálů (Robb, 2005).

S vysokou hustotou zlata jsou spojeny i mechanismy koncentrace. Když je usazeno společně se stejně těžkými, ale většími částicemi, při další události se zvýšenou energií jsou větší zrna jednodušeji uváděny do pohybu a zlato zůstává na místě. Rozsyp je tedy anomální koncentrace zlata (nebo jiného těžkého minerálu) který vzniká na místech, kde dochází k erozi, transportu nebo sedimentaci, které postihují lehčí složky sedimentu než zlato (Maňour 1987).

Jemnozrné zlato může také propadávat mezi hrubšími sedimenty, které se uložily společně s ním. Takto zlatinky propadnou mimo působení eroze a mohou být koncentrovány (Maňour 1987).

V měřítku řeky nebo potoka jsou místa, kde se koncentruje zlato například v jesepech, na začátcích a koncích barů, na soutocích anebo za kameny a jinými překážkami. Jako pasti pro zachycení zlatinek mohou sloužit také vhodně orientované pukliny a deskovitě odlučné horniny ve dně toku. Pokud jsou struktury orientovány po proudu, materiál je z nich jednoduše vypláchnut. V případě, že jsou orientovány kolmo na proud, koncentruje se v nich zlato (Maňour 1987).

Ke koncentraci zlata dochází ve všech měřítkách, od čeřin a dun přes střední měřítko až po měřítko celých deltových vějířů. Čeřiny a duny vznikají na dně koryta. Zde se kvůli selektivnímu odnosu lehčího materiálu z hřbetu a lavinám materiálu sypajícím se na spádovou stranu koncentruje zlato v laminách právě na spádové straně duny. Střední měřítko může být reprezentováno koncentrací relativně hrubozrného zlata na vnější straně meandru toku z důvodu selektivní eroze a sedimentace v turbulentním proudu. Takto uložené zlato je následně překryto materiálem, který sedimentuje v jesepe. V měřítku celých deltových vějířů se pak koncentruje zlato v konglomerátech (Robb, 2005).

3.4 *Paleorozsypy*

Rozsypy, které nacházíme uložené ve zpevněných sedimentech fosilních vodních toků jsou nazývány paleorozsypy. Světově jsou paleorozsypy významným zdrojem zlata, hlavně díky unikátnímu ložisku Witwatersrand (JAR). V Českém masivu tvoří paleorozsypy asi 4 % exogenních výskytů zlata (Morávek et. al 1992).

Pánev Witwatersrand, ležící blízko středu Kaapvaalského kratonu na jihu Afriky, vznikala mezi 2,98 a 2,71 Ga. V době vzniku zde byly divočící řeky a mělká jezera, do kterých periodicky nepřicházel sediment, díky čemuž mohlo dojít ke koncentraci zlata. Pánev je zaplněna jemnými sedimenty, pískem a štěrkem. Zlato se zde nachází v tenkých vrstvách konglomerátu tvořeného

křemennými valouny. Ložiska této oblasti jsou dohromady největším známým nahromaděním zlata v kůře (Nwaila et. al 2020).

Paleorozsypy v Českém masivu se nacházejí v západních Čechách na lokalitách jako jsou okolí Újezdu u Radnic, Křivce anebo v oblasti mezi Spankovem, Nečtinami a Manětínem. Zlato se zde nachází v klastických sedimentech, slepencích a arkózách, které jsou často kaolinizované. Sedimenty se ukládaly v karbonu v plzeňské, manětínské a radnické pánvi, přibližně ve stejné době, kdy v kladensko-rakovnické pánvi vznikala ložiska černého uhlí.

Paleorozsypy byly historicky těženy na několika lokalitách. O historické těžbě není moc písemných dokladů a odhady ji datují do středověku. Těžba paleorozsypů je oproti získávání zlata rýžováním z rozsypů dnešních řek náročnější. Přesto byly paleorozsypy v této oblasti těženy. To jen dokazuje hodnotu, kterou pro člověka zlato mělo a má (Morávek et. al 2017).

Karbonské paleorozsypy se nacházejí také ve vnitrosudetské pánvi u Zlaté Olešnice. Zde byly těženy rozsypy, které koncentrovaly zlato z paleorozsypů. V okolí Nové Paky se zlato do rozsypů dostávalo jak z paleorozsypů, tak z melafirů, kam se dostalo asi díky diagenetickým roztokům z podložních sedimentů (Bernard, Pouba et. al 1986).

4 Praktická část

Praktická část této práce se bude zabývat studiem zlata z náplavů v okolí Bezdržic a zlatem z paleorozsypanin u Křivců.

4.1 Metody práce

Práce se sestávala z odběru vzorků v terénu, separace zlatinek a cinabaritu, analýzy zlata metodami optické mikroskopie, skenovací elektronové mikroskopie a elektronové mikroanalýzy.

4.1.1 Odběr vzorků v terénu

Vzorky byly odebírány z dvou bezejmenných potoků u Nové Vsi, ze zaniklých hornických prací mezi obcemi Bezdržice, Potín a Nová Ves a ze zaniklé pískovny u Křivců. Místa pro odběr vzorků byla vybrána náhodně, kromě lokality Křivce, kde byl přednostně odebírán materiál z okolí vrstev konglomerátů.

Vzorky odebírané z potoka jižně od Potína byly na místě přerýžovány a šlich byl uschován do nádob pro přepravu k separaci. Vzorky z potoka severně od Potína, na kterém leží bývalý Žižkův mlýn, byly na místě jen zkoncentrovány a finální vyrýžování proběhlo v nádobě s vodou. Vzorky ze starých hornických děl u Bezdržic a z pískovny v Křivcích bylo nutné přepravit k Úterskému potoku, kde byly přerýžovány a šlich byl také uložen v nádobách pro přepravu.

Materiál byl před rýžováním síťován a následně rýžován pomocí pánvi typu čínský klobouk. Finální dočištění bylo provedeno na malé plastové pánvi Eastwing.

4.1.2 Úprava vzorků

Po usušení byl šlich separován pod binokulární lupou Meopta DM23. Byly vybírány zrna zlata a cinabaritu. Cinabaritu bylo v těžké frakci mnoho, proto bylo přistoupeno k separaci pouze větších zrn. Nádoba, na níž byly vzorky separovány, byla mezi jednotlivými vzorky důkladně vyčištěna, aby se předešlo kontaminaci vzorků.

4.1.3 Analýza

Optická mikroskopie byla provedena mikroskopem Leica DMLP (ÚGMNZ PřF UK). Fotografie byly pořizovány pomocí kamery Jenoptik ProgRes C5. Jako software pro posun Z osy při focení a následné skládání fotografií byl použit NIS-Elements AR.

Před analýzou skenovacím elektronovým mikroskopu (SEM) byly zrna zlata a cinabaritu upevněna na měděnou lepící pásku, aby byla zaručena vodivost podkladu. Analýza skenovacím elektronovým mikroskopem byla provedena na přístroji Tescan Vega (ÚPSG PřF UK) s nainstalovanými detektory BSE, SE a CL a ED detektorem X-Max 50, který byl použit pro studium chemismu minerálních zrn. Byl sledován povrch zlatinek, následně byly vzorky naprášeny uhlíkem a byla prováděna bodová měření složení. Vzhledem k tomu, že chemismus byl určován z neupraveného povrchu zrn (tzn. zrna nebyla zalita do pryskyřice a vyleštěna), mají data o chemismu pouze semikvantitativní charakter.

4.2 Křivce

Zkoumaná lokalita se nachází v Plzeňském kraji v okrese Tachov v katastrálním území Křivce, které je částí města Bezručice. Vzorky byly odebrány v zaniklé pískovně, která je založena v karbonských arkózách. Pískovna leží asi jeden kilometr západojihozápadně od obce Křivce. Lokalita geomorfologicky spadá do Krušnohorské subprovincie a Karlovarské vrchoviny (Geomorfologická mapa ČR).

4.2.1 Geologie lokality

Zlato se zde nachází v karbonských arkózách a slepencích stupně westphal-stephan. Tyto horniny tvoří tektonicky omezený relik, jehož podloží podle Morávek et.al (1992) tvoří krystalinikum žlutické zóny a který je obklopen svory a žulami až ortorulami (Geologická mapa ČR).

Relikt u Křivců je výplní karbonského říčního koryta a je tvořen hrubozrnnými pískovci a konglomeráty. Konglomeráty sestávají z klastů s pestrým petrografickým složením. Zlatinky se nacházejí především v polohách slepenců (Morávek et. al 1992).

Sedimenty obsahují jen malé množství zlata, které se koncentruje zejména ve spodních částech konglomerátových vrstev. Částice zlata mají především zaoblený a zprohýbaný tvar a vykazují mechanické opracování, v malé míře jsou ostrohranné. Vyskytují se zde i zrna zlata srostlá s primárním křemenem. Velikost zrn zlata dosahuje až 3 mm, ale většinou se jejich velikost pohybuje v desetinách milimetru. Zlato z této lokality má vysokou ryzost a obsahuje průměrně 0,5 % Hg. Místy jsou zlatinky pokryty amalgámem s obsahy 24–30 % rtuti a do 2 % Ag. (Morávek et. al 1992)

Karbonské sedimenty jsou severně od pískovny pokryty starými důlními pracemi, které sledují polohy konglomerátů jak na povrchových výchozech, tak šachticemi v hloubce. Materiál byl

pravděpodobně rýžován na místě a šachtice byly zaplňovány valouny, ze kterých byl obrán jemnozrný materiál (Morávek et al., 1992).

4.2.2 *Vzorky*

Z paleorozsypu u Křivců bylo odebráno asi 150 kg materiálu, z kterého byly separovány 4 zlatinky o velikostech od 0,3x0,3 mm do 1,4x1 mm. Materiál pro vzorkování byl odebírán přednostně ze slepencových polohl.

4.3 *Nová Ves*

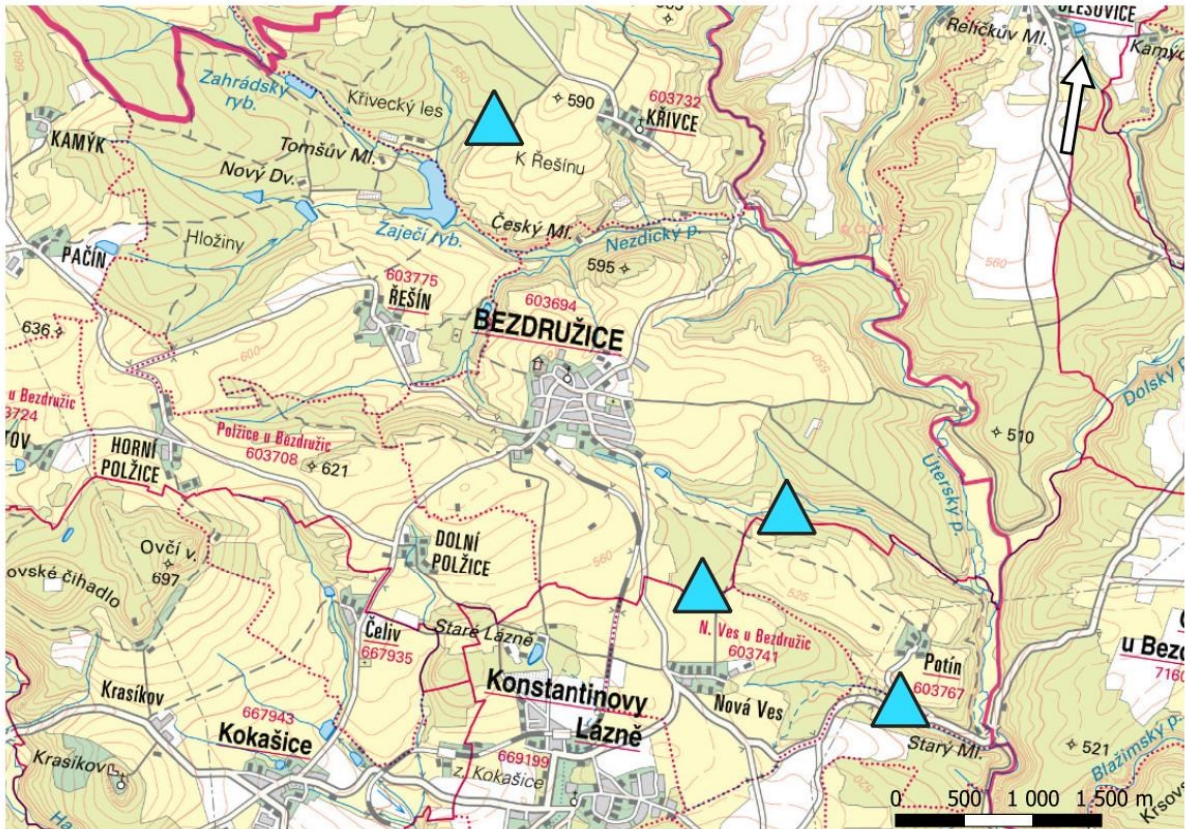
Druhá zkoumaná lokalita se nachází asi čtyři kilometry od Křivců, na katastrálním území obcí Bezručice a Nové Vsi. Vzorky byly odebrány z pinek, jež zbyly po těžbě v lese mezi Novou Vsí, Bezručicemi a Potínem a dále z bezejmenných potoků, které zmíněný kus lesa obtékají ze severu a z jihu a jsou pravými přítoky Úterského potoka. Geomorfologicky lokalita spadá do Krušnohorské subprovincie a Karlovarské vrchoviny (Geomorfologická mapa ČR).

4.3.1 *Geologie lokality*

Lokalita se nachází v neoproterozoických fylitech tepelského krystalinika. V severní části staré těžební oblasti se nachází relikty karbonských sedimentů, jež mají podobnou povahu jako konglomeráty u Křivců, ale klasy v nich jsou ostrohranější (Geologická mapa ČR).

Ve zmíněném lese mezi obcemi probíhala v minulosti těžba cinabaritu. Práce zde probíhaly někdy v rozmezí let 1680 a 1720. Po těžbě se zde zachovaly propadlé šachty a jámy, které mají místy i deset a více metrů na šířku. Na okraji oblasti se nachází nevelká nádrž, jež nasvědčuje úpravu rudy na místě (Velebil, 2008).

Z průzkumů v 70. letech minulého století bylo zjištěno, že v haldovém materiálu se nacházejí až 2 cm velká zrna cinabaritu, ale o zlatě odsud zmínky nejsou. Podle některých autorů je zde primární výskyt zlata společně s cinabaritem. Zároveň jsou ale také zmíněny nálezy zlata poblíž karbonských relikty. Není tedy jisté, jestli zlato vznikalo spolu s cinabaritem, nebo je recyklováno z paleorozsypů, které jsou v blízkosti. Zlato z této lokality obsahuje 14–19 % stříbra a 0,3–6 % rtuti, což je více než u zlata, které pochází z paleorozsypů u Křivců (Velebil, 2008).



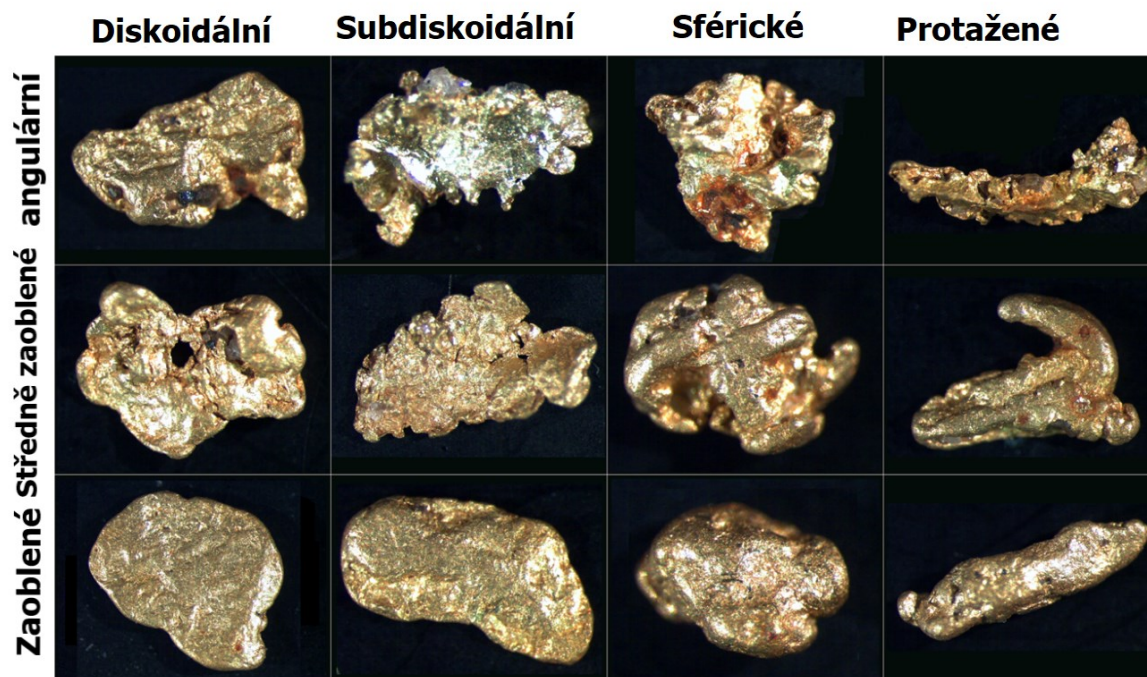
Obrázek 1: Mapa oblasti s vyznačenými lokalitami. Od severu: Pískovna u Křivců, potok severně od Potína, staré hornické práce, potok jižně od Potína. Podkladová mapa ČUZK

4.3.2 Vzorky

Ze zaniklých prací bylo odebráno přibližně 100 kg materiálu, z něhož byla separována jedna zlatinka. Z toku severně od Potína bylo odebráno přibližně 15 kg materiálu z koryta. Z tohoto materiálu byly separovány 3 zlatinky. Z toku jižně od Potína bylo odebráno několik desítek kilogramů materiálu a vyseparováno bylo 6 zlatinek. Velikost těchto zlatinek byla od 0,2x0,1mm do 0,8x0,4mm.

4.4 Optická analýza

Za pomoci optického mikroskopu byly zkoumány tvary a morfologie povrchu zlatinek, které byly následně porovnávány s tabulkou od Barrios et. al (2015) a rozčleněny do odpovídajících kategorií.



Obrázek 2: Tabulka pro srovnání opracovanosti zlatinek (Barrios et. al, 2015, upraveno)

4.4.1 Křivce

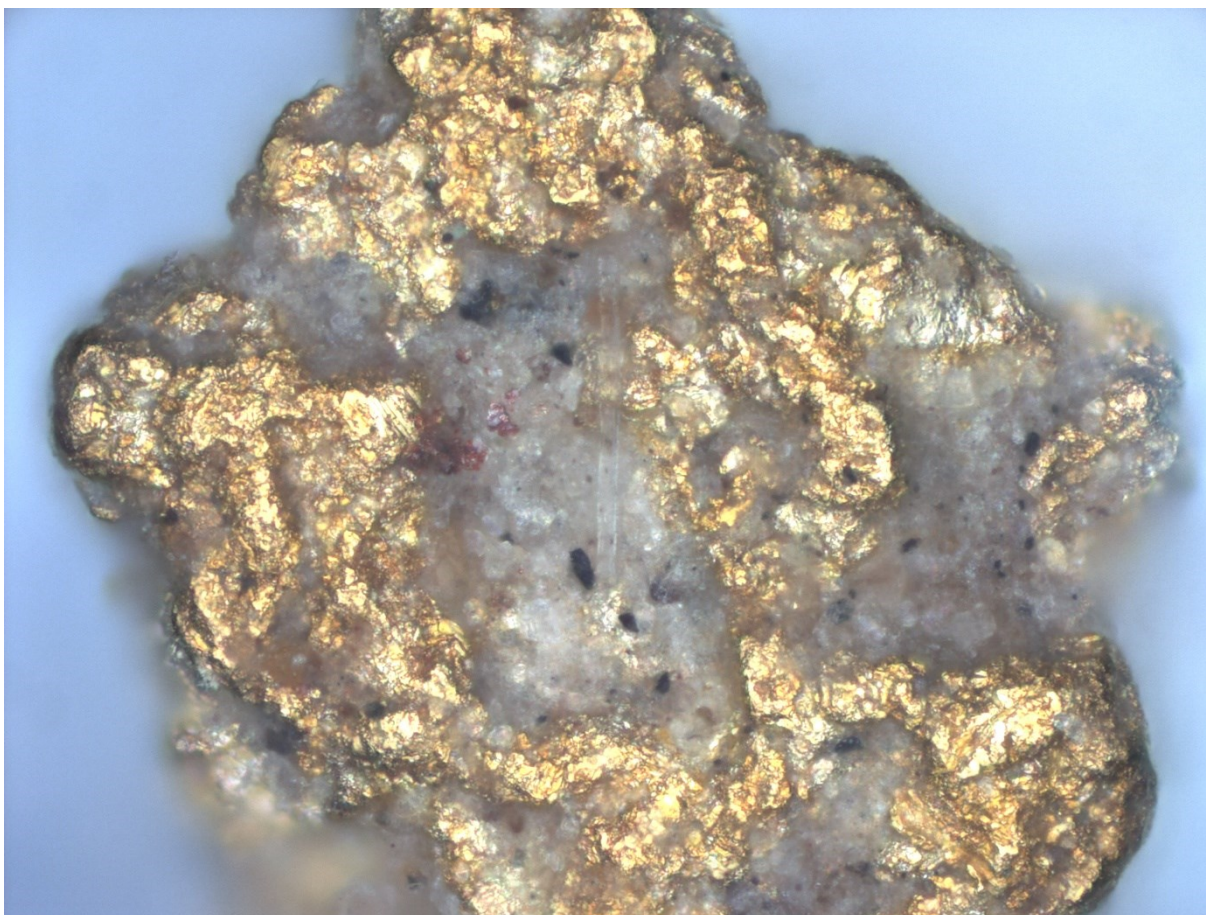
Všechny 4 zlatinky z paleorozsypu u Křivců jsou zaoblené. Dvě větší jsou subdiskoidální a dvě menší diskoidální. Na zlatinkách jsou také oranžové povlaky Fe oxidů. Na povrchu jedné zlatinky byly pozorovatelné částice světle šedého křemene, z nichž jedna křemenná částice se svými rozměry 0,3x0,2 mm zabírá asi 1/5 zlatinky a další dvě zrna křemene jsou menší s rozměrem 0,1 mm a jsou pokryty zlatem. U další ze zlatinek se na povrchu kromě menších zrn křemene objevily také usměrněné vrypy neznámého původu.



Obrázek 3: Zlatinka zaoblená diskoidální. Lokalita Křivce. zvětšení 200x

4.4.2 *Severní potok*

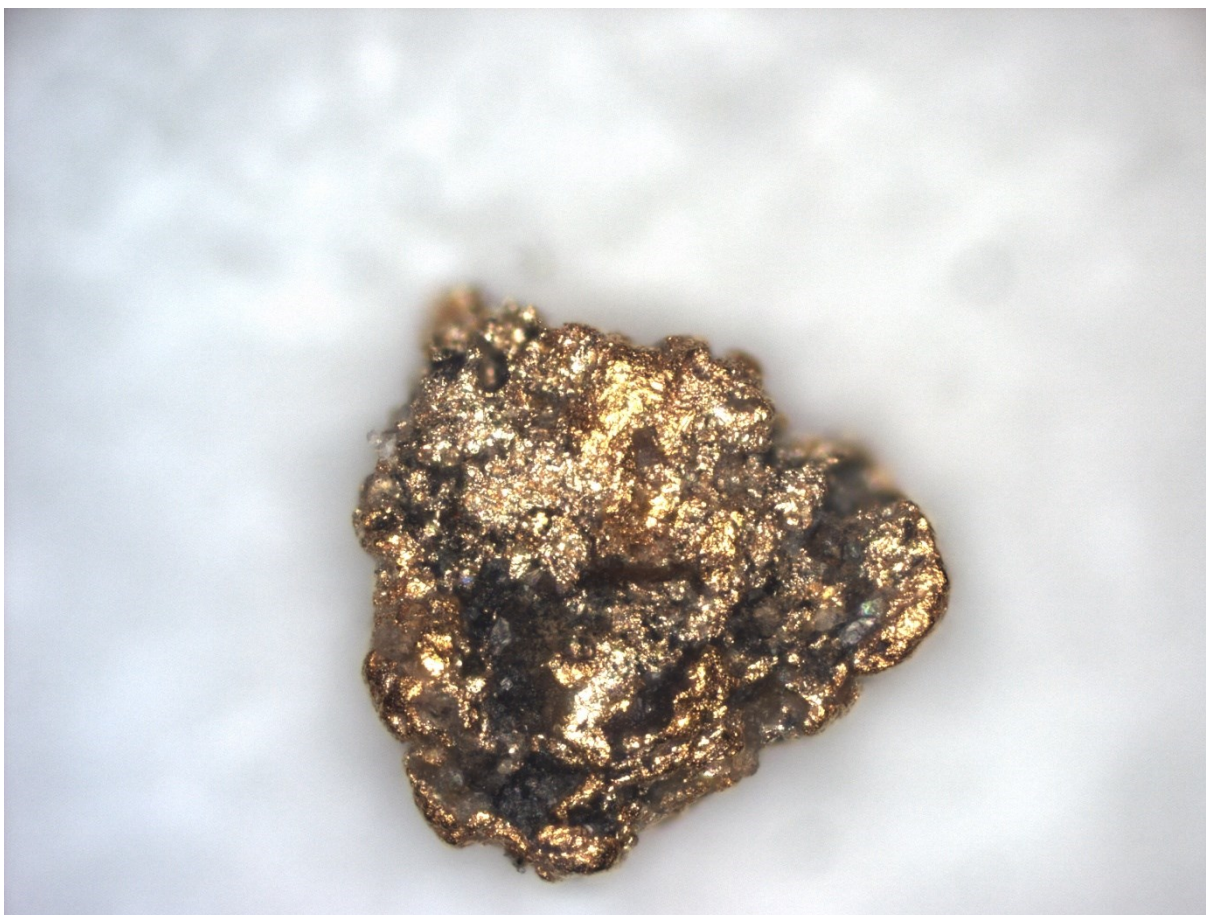
3 nalezené zlatinky z toku severně od Potína je možné rozdělit na dvě angulární subdiskoidální až sférické, a jednu zaoblenou diskoidální. Jedna z angulárních subdiskoidálních až sférických zlatinek má na povrchu rozsáhlé oblasti s bílým křemenem, v němž jsou místy černé minerály. Zaoblená diskoidální zlatinka druhé skupiny se tvarem i povrchem odlišuje od ostatních, na povrchu má několik vrypů a zrna křemene s rozměry asi 5 μm .



Obrázek 4: Zlatinka angulární sférická, na povrchu s křemenem a dalšími minerály. Lokalita severní potok zvětšeno 500x

4.4.3 Jižní potok

Na 6 zlatinkách odebraných z toku jižně od Potína je možné pozorovat více opracování a tvarů. Dvě jsou angulární a sférické. Tyto zlatinky mají na povrchu křemen a další minerály. Dvě zlatinky jsou středně opracované a protažené. Ve středu má jedna z nich na povrchu oblast pokrytou oxidy železa. Dvě zlatinky jsou zaoblené a subdiskoidální.



Obrázek 5: Zlatinka angulární sférická. Lokalita jižní potok zvětšeno 200x

4.4.4 Staré práce

Zlatinka, která byla odebrána na starých pracích je středně opracovaná a sférická. Na jejím povrchu je možné pozorovat oranžovo-červené povlaky a drobná zrna šedého minerálu, asi křemene.



Obrázek 6: Zlatinka středně opracovaná sférická. Lokalita staré práce, zvětšení 200x

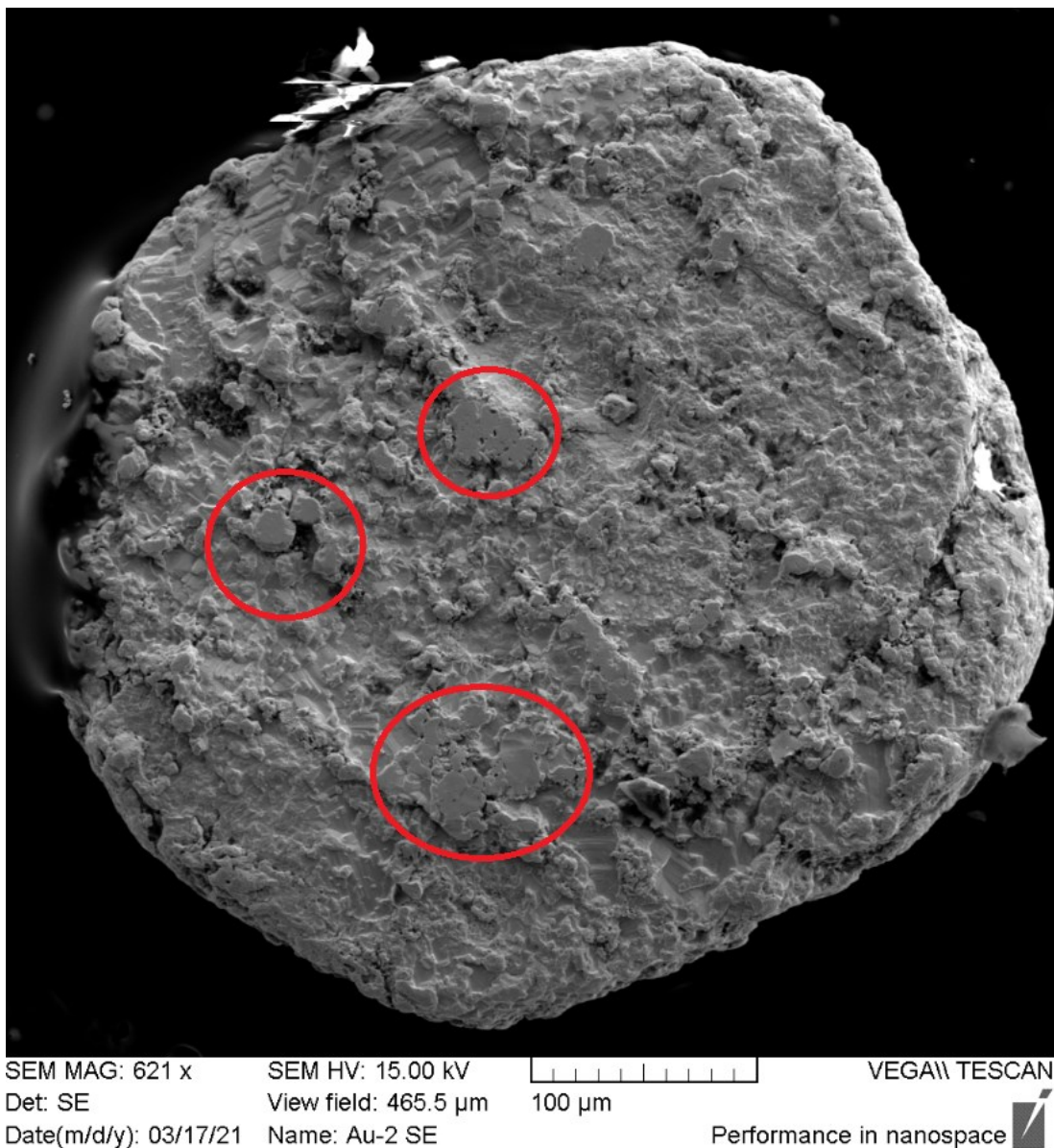
4.5 Elektronová mikroanalýza

Po prvotní inspekci a dokumentaci zlatinek, byly vzorky analyzovány pomocí energiově dispersního analytického systému sdruženého se SEM. Souběžně byly na SEM studovány: morfologie povrchu zlatinek, identifikace cizorodých minerálních fází a chemismus zlatinek formou bodových analýz.

4.5.1 Křivce

Zlatinky z paleorozsypu u Křivců vykazovaly podobnou morfologii povrchu. Jsou výrazně opracované a zprohýbané. Na povrchu mají také rovná místa, kde mohl být povrch zploštěn nárazem viz obr. 6. Podle analýz prvkového složení obsahovaly místy až 27 % stříbra. Standartní hodnoty se ale pohybovaly kolem 5–15 % Ag. Na několika bodech byly naměřeny obsahy rtuti okolo jednoho procenta.

Na zlatinkách byly železité povlaky, kaolinit a zrna křemene.



Obrázek 7: Zlatinka s vyznačenými plochými oblastmi. Lokalita Křivce foto: J. Zachariáš

4.5.2 Severní potok

Zlatinky ze severního potoka byly díky pozorování pod optickým mikroskopem rozděleny do dvou skupin. Díky pozorování SEM jsou skupiny potvrzeny. Vzorky zde odebrané mají diametrálně odlišné znaky. Na jedné skupině je možné sledovat vysoce angulární morfologii a povlaky o složení, které se nepodařilo změřit. Na zlatince z druhé skupiny je vidět opracování a zrna křemene vystupující na povrch.

4.5.3 Jižní potok

Povrchy většiny zlatinek z jižního potoka jsou nerovné a nevykazují vyšší míru opracování. Jedna zlatinka, měřená z několika bodů, má obsah stříbra až 37 %. Ostatní vzorky obsahují jednotky procent stříbra. Na dvou zlatinkách se vyskytují zrnka cinabaritu o velikosti 2 μm . Další minerály, které je možné nalézt na površích zlatinek jsou kalcit a křemen. Místy byly pozorovány železité povlaky.

5 Diskuze

Zlatinky, které byly odebrány z paleorozsypu u Křivců vykazují opracování, deformace a morfologii povrchu spojené s transportem ve vodním prostředí, které jsou rozpoznatelné pomocí optické a elektronové mikroskopie. Oproti tomu zlatinky, které byly separovány z rozsypů okolo starých těžebních prací u Bezdružic jsou angulární nevykazují zploštění a jejich morfologie nenapovídá dlouhému transportu.

Indicie pro vznik zlata v blízkosti cinabaritového zrudnění u Bezdružic jsou zrna cinabaritu, která byla nalezena na dvou zlatinkách z jižního potoka.

Tato práce rozšiřuje tvrzení Morávek et al. (1992), že v koncentráte z haldového materiálu je zlato ve formě tenkých plíšků a ojediněle jsou zlatinky angulární. Ze starých prací se nepodařilo odebrat reprezentativní vzorek, ale toky, které relikty po těžbě obtékají, obsahují zlato vykazující minimální transport ve vodním toku.

Z jižního potoka byly odebrané zlatinky málo opracované nepodobající se výrazně opracovaným zlatinkám z Křivců. V materiálu ze severního potoka byly zlatinky jak angulární, tak opracované. Pokud nešlo o kontaminaci, je možné, že v severním potoce je zlato jak z primárního výskytu, tak zlato recyklované z paleorozsypu.

Množství vzorků bylo z důvodu nízkého obsahu zlatinek v sedimentu malé, ale rozdílnost zlatinek od Bezdružic a zlatinek z paleorozsypu od Křivců je patrná. Při terénním odběru vzorků šlo hlavně o nalezení zlatinek pro analýzu, z tohoto důvodu byla množství sedimentu rozdílná a nebyla pečlivěji zaznamenávána, takže není možné vyčíslit obsahy zlatinek v rozsypech (koncentraci). Jediný závěr, který je tímto ovlivněn, je možnost recyklace zlatinek z reliktu karbonu, který se nachází v severní části těžební oblasti u Bezdružic. V tomto směru by bylo nutné odebrání většího množství materiálu za severního potoka a také ovzorkování místního reliktu permokarbonských sedimentů.

Bodová měření s pomocí SEM nebyla provedena v ideálních podmínkách (leštěné preparáty), ale přímo z povrchu pouze uhlíkem napařených zlatinek. Výsledkem jsou semikvantitativní data, kterým se dá rámcově věřit a při interpretaci byl tento fakt brán v potaz.

6 Závěr

Po první části práce, která obsahuje rešerši primárních ložisek zlata typu orogenic gold a rozsypů zlata, bylo provedeno laboratorní zkoumání zlatinek z paleorozsypů u Křivců a recentních náplavů potoků, které odvodňují oblast historických těžebních prací. Na základě pozorování morfologie částic zlata optickým mikroskopem byly porovnány s tabulkou pro srovnání opracovanosti zlatinek. Takto je možné rozdělit zlatinky na dvě skupiny. První skupina zahrnuje zlatinky zaoblené, které byly objeveny v paleorozsypu u Křivců. Do druhé skupiny jsou pak zařazeny angulární až středně zaoblené zlatinky, které byly extrahovány z náplavů potoků v okolí starých hornických prací u Nové Vsi.

První skupina zlatinek vykazuje zploštění a zaoblení, což jsou doklady o delším transportu. Oproti tomu zlatinky druhé skupiny jsou ostrohranné a na povrchu mají křemen, kalcit anebo povlaky železitých oxidů.

Potvrzením spojitosti cinabaritové mineralizace a zlata jsou analýzy pomocí energiově dispersního analytického systému sdruženého se SEM, kterými byly, kromě studia morfologie, provedeny bodové analýzy zlatinek a cizorodých minerálů na jejich povrchích. Bodové analýzy odhalily zrna cinabaritu na zlatinkách, což ukazuje na srážení zlata v blízkosti cinabaritového zrudnění.

Tato data pocházejí z malého souboru vzorků, který by bylo vhodné do budoucna rozšířit. Při dalším odběru vzorků by bylo vhodné lépe monitorovat množství odebraného materiálu a zamezit možné kontaminaci, aby bylo možné odhadnout poměr recyklovaných a primárních zlatinek v severním potoce.

7 Použitá literatura

- Alves, K.S., Sánchez, S.B., Barreiro, J.G., Palomares, R.M., Prieto, J.M.C., 2020. Morphological and compositional analysis of alluvial gold: The Fresnedoso gold placer (Spain). *Ore. Geol. Rev.* 121, 1-17.
- Barrios, S., Merinero, R., Lozano, R., Orea, I., 2015. Morphogenesis and grain size variation of alluvial gold recovered in auriferous sediments of the Tormes Basin (Iberian Peninsula) using a simple correspondence analysis. *Miner. Petrol.* 109, 679-691.
- Bernard, J.H., Pouba, Z., et al., 1986. Rudní ložiska a metalogeneze československé části Českého masívu, Academie, Praha.
- Gaboury, D., 2019. Parameters for the formation of orogenic gold deposits, *Appl. Earth Science*, 128:3, 124-133.
- Goldfarb, R.J., Groves, D.I., 2015. Orogenic gold: Common or evolving fluid and metal sources through time. *Lithos* 233, 2-26.
- Groves, D.I., Goldfarb, R.J., Gebre-Mariam, M., Hagemann, S.G., Robert, F., 1998. Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore. Geol. Rev.* 13, 7-27.
- Goldfarb, R.J., Groves, D.I., Gardoll, S., 2001. Orogenic gold and geologic time: a global synthesis. *Ore. Geol. Rev.* 18, 1–75.
- Groves, D.I., Santosh, M., Goldfarb, R.J., Zhang, L., 2018. Structural geometry of orogenic gold deposits: Implications for exploration of world-class and giant deposits. *Geosci. Front.* 9, 1163-1177.
- Groves, D.I., Santosh, M., Deng, J., Wang, Q., Yang, L., Zhang, L., 2020. A holistic model for the origin of orogenic gold deposits and its implications for exploration. *Miner. Deposita* 55, 275–292.
- Maňour, J., 1987. Metodická příručka 6 – Šlichová prospekce, Ústřední ústav geologický, Praha.
- Morávek, P., et al., 1992. Zlato v Českém masívu, Český geologický ústav, Praha
- Morávek, P., et al., 2017. Stezkami zlatonosných revírů Čech a Moravy, Česká geologická služba, Praha.

- Moritz, R., 2000. What have we learnt about orogenic lode gold deposits over the past 20 years?.
Section des Sciences de la Terre, University of Geneva, Switzerland. On-line staženo
5.4.2021: https://www.unige.ch/sciences/terre/research/Groups/mineral_resources/archive/pub_archive/moritz_gold_brgm_2000.doc
- Nichols, G., 2009. Sedimentology and stratigraphy, Wiley-Blackwell, Oxford.
- Nwaila, G.T., Bourdeau, J.E., Jinnah, Z., Frimmel, H.E., Bybee, G.M., Zhang, S.E., Manzi, M.S.D., Minter, W.E.L., Mashaba, D., 2021. The Significance of Erosion Channels on Gold Metallogeny in the Witwatersrand Basin (South Africa): Evidence from the Carbon Leader Reef in the Carletonville Gold Field. *Econ. Geol.* 116, no. 2, 265–283.
- Robb, L., 2005. Introduction to Ore-Forming Processes, Blackwell Publishing, Oxford.
- Strnad, L., Goliáš, V., Mihaljevič, M., Pudilová, M., 2012. The Variscan Kašperské Hory orogenic gold deposit, Bohemian Massif, Czech Republic. *Ore. Geol. Rev.* 48, 428-441.
- Velebil, D., 2008. Mineralogie a geneze historických ložisek cinabaritu v Čechách. Bakalářská práce, PřF MUNI, Brno, 65 s.
- Zachariáš, J., Žák, K., Pudilová, M., Snee, L.W., 2013. Multiple fluid sources/pathways and severe thermal gradients during formation of the Jílové orogenic gold deposit, Bohemian Massif, Czech Republic. *Ore. Geol. Rev.* 54, 81-109.

Internetové zdroje:

- Geologická mapa ČR 1:50 000. <https://mapy.geology.cz/geocr50/> (2.5.2021)
- Geomorfologická mapa ČR. <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/?p=84> (2.5.2021)
- ÚGMNZ PřF UK, stránky ústavu. <https://www.natur.cuni.cz/geologie/geochemie/veda-a-vyzkum/laboratore> (2.5.2021)
- ÚPSG PřF UK, stránky ústavu <https://www.natur.cuni.cz/geologie/petrologie/laboratore/sem> (2.5.2021)