

BP 50

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta,  
Ústav geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů

# **Ložiska zlata v rozsypech**

Bakalářská práce

Jana Kasíková



Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Jiří Zachariáš, PhD

Praha 2007

## OBSAH

1. ÚVOD .....	1
1.1. Stručná charakteristika zlata .....	1
1.2. Historie .....	1
2. DEFINICE ROZSYPŮ .....	2
2.1. Původ zlata .....	2
3. KLASIFIKACE ROZSYPŮ .....	3
3.1. Eluviální rozsypy .....	3
3.2. Aluviální rozsypy .....	3
3.3. Plážové a eolické rozsypy .....	4
3.4. Rozsypy v roklich a údolích .....	5
3.5. Rozsypy vodotečí .....	5
3.6. Současné (moderní) rozsypy .....	5
3.7. Glaciální a postglaciální rozsypy .....	5
3.8. Fosilní rozsypy .....	5
4. SUROVINY V ROZSYPECH .....	6
5. GEOLOGICKÉ PODMÍNKY VZNIKU ROZSYPŮ .....	6
5.1. Sepětí s primárními horninami / zdroji .....	6
5.2. Sepětí s faciemi klastických hornin .....	6
5.3. Geomorfologický faktor .....	7
5.4. Tektonický faktor .....	7
5.5. Klimatický faktor .....	7
5.6. Hydrografický faktor .....	7
5.7. Geologické stáří .....	8
6. MECHANISMUS VZNIKU .....	8
6.1. Parametry charakterizující těžké minerály vhodné pro akumulaci v rozsypech .....	8
6.2. Obecné principy .....	8
6.2.1. Hydraulický třídící mechanismus důležitý ke vzniku rozsypových ložisek .....	10
6.3. Abraze úlomků .....	13
6.4. Tvorba chemicky odlišných lemů .....	13
6.5. Antropogenní Au – Hg slitiny .....	14
6.6. Tvorba nugetů .....	14
7. GENETICKÝ MODEL .....	15
8.1. Typizace exogenních ložisek a výskytů zlata .....	16
8.2. Zlato a doprovodné minerály paleorozsypů .....	16
8.3. Zlato a doprovodné minerály rozsypů v nezpevněných sedimentech .....	17
8.4. Hlavní oblasti výskytu .....	17
8.4.1. Permokarbonské paleorozsypy .....	17
8.4.2. Rozsypy v křídových sedimentech .....	18
8.4.3. Rozsypy v terciálních sedimentech .....	18
8.4.4. Rozsypy v kvartálních sedimentech .....	18
9. ZÁVĚR .....	20
10. POUŽITÁ LITERATURA .....	21

## 1. ÚVOD

Zlato je jedním z prvních kovů, které se na celém světě získávaly. Je využíváno člověkem více než 5000 let, nejdříve na umělecké předměty a šperky, poté v mincovnictví a v současné době zastává důležitou roli v mnoha průmyslových odvětvích. Tento kov je však dnes nepostradatelný i v jiných oborech, např. také v bankovníctví – je hlavním prostředkem úhrad mezinárodních účtů a tvoří zlaté zásoby bank.

Prvním způsobem, jak se zlato z přírody těžilo, bylo jeho získávání z rozsypů. Těm je věnována i tato práce, která se zabývá obecnými charakteristikami, mechanismy vzniku a příklady výskytu u nás.

### 1.1. Stručná charakteristika zlata

Chemický vzorec zlata je Au, vyskytuje se v krychlové soustavě a podle Mohse mu patří tvrdost 2 – 3. Má zlatožlutou barvu a žlutý třpytivý vryp, nulovou štěpnost a hákovitý lom. Vyskytuje se jako zrnka nebo vločky, případně kostrovité dendrity, krystalizuje v podobě oktaedrů nebo rombododekaedrů. Je neprůhledné a má kovový lesk. Jeho hustota činí  $19,3 \text{ g/cm}^3$ , při příměsi stříbra je samozřejmě nižší (Jedickeová 2004).

Zlato je v periodické tabulce prvků ve skupině společně se stříbrem a mědí. Hlavními oxidačními čísly jsou I (zlatý) a III (zlatitý) a v přírodě existuje jen jeden izotop zlata:  $^{197}\text{Au}$ . Přirozeně se vyskytuje většinou samostatně nebo jako hlavní složka různých slitin obsahujících hlavně stříbro, měď a platinové kovy. Průměrný obsah zlata ve svrchní litosféře je kolem 0,005 ppm a poměr Au/Ag je kolem 0,1 (Boyle 1979).

### 1.2. Historie

Již od nejranějších dob si lidé vážili zlata ze všech prvků nejvíce. Touha po něm silně ovlivnila jeho historii a byla rozhodujícím faktorem v rozvoji alchymie. Jak získat zlato ze základních hornin tvořilo prioritní otázku alchymistů společně s výrobou elixíru mládeži či života. Více než tisíc let bádání a nespočetných experimentů dalo základ moderní chemii (Boyle 1979).

Ani dnes není známo, kdo přesně objevil zlato jako první, různé zdroje ho přisuzují různým mužům. Každopádně, objev zlata je „ztracen“ kdesi v Antice. Záznamy o tomto prvku jsou ve většině starobylých hindských, čínských a hebrejských rukopisech, a v některých z nich, jako je např. Starý Zákon, se jedná o úplně první zmiňovaný kov. Výrobky ze zlata jsou nacházeny již u velmi starobylých civilizací, jako jsou neolitické pomníky ve Francii, keltské hroby v Evropě, sumerské město Ur, predynastické pomníky v Egyptě či velmi staré důkazy použití zlata ve starobylé minojské Krétě, Indii a Číně (Boyle 1979).

Většina zlata ve starověku pocházela nejdříve z rozsypů, až poté z primárních ložisek a jejich oxidačních zón. Jedno z nejbohatších rozsypových ložisek, které dodávalo nejvíce zásob Střednímu východu, byla řeka Pactolus (Sarabat), přítok Hermu (dnešní Gediz) po zdolání Sardis v Lydii (dnešní Anatolia v Turecku). Pactolus odvodňuje zlatonosnou oblast na bocích Mount Tmolus (současné Boz Sira Daglari) a říká se o ní, že se mýtický král Midás na radu Baccha vykoupal v jejích vodách, aby uspokojil svoji fatální touhu proměnit ve zlato vše, čeho se dotkne (Boyle 1979).

Zlato je rozšířené prakticky ve všech zemích světa. V Evropě, Asii a Africe jsou starověké doly známy ze Španělska, Velké Británie, Řecka, Turecka, Saudské Arábie, Íránu, Indie, Číny, Japonska, Ruska a mnoha dalších, velké rozsypy poskytující zlato jsou na březích řek Tagus, Guadalquiver, Tiber, Po, Rhona, Rýn, Hebrus (Maritsa), Nil, Zambezi, Niger, Senegal, Pactolus (Sarabat), Oxus (Amu Darya), Ganga, Lena, Aldan, Yangtze a tisíce dalších. Egypťané těžili zlato na Sinaji, ve východním Egyptě a

v Súdánu už před 4000 roky. Od nich se techniku prospekce, těžby a metalurgie naučili i Řekové, Římané a Persičané (Boyle 1979).

V porovnání s rozsypy a doly zlata Starého světa se ty z toho Nového jeví stejně starobylé, avšak původní obyvatelé Severní a Jižní Ameriky kladli na zlato malý důraz, kromě jeho použití na ornamenty, šperky, obřadní nože apod. Kryštof Kolumbus našel tyto obyvatele v obložení zlatých nugetů, fakt, který měl později za následek jejich pronásledování a dobývání Mexika a Jižní Ameriky Španěly v honbě za bájným Eldorádem (Boyle 1979).

Zlato ovlivňovalo osidlování Ruska, USA, Austrálie, Kanady a Jižní Afriky. Státy vedly bitvy o suverenitu nejen s původními obyvateli, ale i mezi sebou navzájem. Příkladem mohou být boje o svrchovanost nad územím Kanady mezi Francií a Velkou Británií (Boyle 1979).

Rýžování zlata má relativně dlouhou historii i ve Spojených Státech Amerických. Zlato bylo známo už Indiánům, poté bylo využíváno Španěly a ranými usedlíky. Bylo to také na americkém kontinentě, kde se konaly největší a nejznámější zlaté horečky na světě. První začala roku 1848 v Kalifornii a po ní následovalo velké množství větších i menších smrtících honeb za tímto nejvzácnějším kovem po celém americkém území (Boyle 1979).

Americký kontinent ale nebyl jediný, kde se tyto horečky konaly. Zlato se rýžovalo a těžilo po celém světě, např. v Austrálii a na Novém Zélandě, v západní a jižní Africe, Kanadě, Fiji atd. (Boyle 1979).

## **2. DEFINICE ROZSYPU**

Rozsypy jsou zvětrávací reziduální nebo sedimentární výplavová ložiska v nezpevněném detritickém materiálu, jež se dají těžit rýžováním. Vznikají koncentrací těžkých, chemicky i mechanicky odolných minerálů, nejčastěji v klastických sedimentech (Smirnov 1983).

Hails (1976 in Guilbert a Park 1986) ve své definici rozsypů zohledňuje též procesy jejich vzniku: rozsypy jsou povrchová minerální ložiska vytvořená mechanickou koncentrací těžkých minerálů, zejména aluviálními, ale také marinními, eolickými, lakustrinními či glaciálními procesy.

Většina ložisek je malá a formuje se nad lokální erozní bází, proto je většina rozsypů v průběhu času rozrušena a transportována dříve, než může být zachována při pohřbení. Přesto se tak někdy stane a fosilní rozsypy nebo rozsypy pohřbené pod mladšími horninami se vyskytují a v některých oblastech dokonce těží. Např. v Sierra Nevadě (Kalifornie) a ve Victorii (Austrálie) byly rozsypy mělce pohřbeny pod mladší proudový materiál a lávové proudy (Guilbert a Park 1986).

Eluviální, aluviální, plážové a eolické rozsypy mohou být po svém vzniku pohřbeny pod: 1) vulkanické sedimenty (např. v Kalifornii, Austrálii), 2) glaciální sedimenty (např. v Kanadě, Rusku), 3) deluviální sedimenty, 4) eolické sedimenty (např. v Austrálii), 5) aluviální písky a štěrky, a 6) mořské a jezerní sedimenty (Boyle 1979).

### **2.1. Původ zlata**

Zlato ve zlatonosných rozsypech může podle Boyla (1979) pocházet z jednoho nebo více z následujících zdrojů:

- 1) zlatonosné křemenné žíly v metamorfovaných či granitických horninách
- 2) zlatonosné sulfidické impregnační zóny, porfyrová ložiska s příměsí zlata apod.
- 3) zlatonosná polymetalická ložiska
- 4) zlatonosné žilky v břidlicích a podobných horninách
- 5) zlatonosné minerály jako pyrit a ostatní sulfidy v grafitových břidlicích a ostatních horninách
- 6) zlatonosné konglomeráty, kvarcity a ostatní horniny
- 7) staré rozsypy

### 3. KLASIFIKACE ROZSYPŮ

V místě rozrušení primárních zdrojů vznikají eluviální rozsypy. Při posunu zvětralého a dezintegrovaného materiálu deluviální rozsypy. Hromaděním tohoto materiálu na úpatí svahů může vést k tvorbě proluviálních rozsypů. Jestliže je úlomkovitý a zrnitý zvětralinový materiál splavován povrchovými toky, slouží jako zdroj k vytvoření říčních / aluviálních rozsypů. Podél břehů jezer, moří a oceánů jsou umístěny příbřežní neboli laterální rozsypy. V důsledku činnosti ledovců vznikají ledovcové / glaciální, působením větru pak eolické rozsypy (Smirnov 1983).

Podle doby vzniku mohou být rýžoviska jak moderní, formovaná v přítomnosti, nebo nedaleké minulosti, tak stará neboli fosilní (Smirnov 1983).

Podle úložních podmínek mohou být odkrytá nebo pohřbená pod vrstvou mladších sedimentů (Smirnov 1983).

Lze také vyčlenit rýžoviska neobohacená a obohacená. Neobohacená – suť nerostné suroviny v úlomkovitém zvětralinovém plášti výchozích hornin. Obohacená – vznikají v důsledku částečného vynášení jalových horninových částic srážkovými vodami (rozpuštěním nebo mechanickým vymýváním) (Smirnov 1983).

#### 3.1. Eluviální rozsypy

Eluviální rozsypy se tvoří ve zvětralém reziduu v blízkosti nebo přímo na primárních ložiskách zlata všeho druhu. Jsou blízce spřízněné s aluviálními rozsypy na mnoha místech a někde vznikají aluviální rozsypy z těch eluviálních (Boyle 1979).

Hlavním mechanismem koncentrace těžkých minerálů v eluviálních rozsypech je gravitace a ploužení po svahu dolů, které je závislé na sklonu svahu, kde se rozsypy tvoří. Sekundárními faktory jsou pak např. mocnost svahových materiálů, velikost a hustota zvětralých částic v reziduu, koeficienty termální expanze a koncentrace reziduálních částic, koeficient tření, pohyby ledu a sněhu (u ledovců), roční a denní rozdíly teplot. Kontinuální ploužení po svahu dolů je zřejmě hlavní cesta, kterou se zlato dostane do roklí a koryt. Pohybující se voda hraje jen malou roli v koncentraci těžkých minerálů v eluviálních rozsypech a je časté, že jsou rozsypy na vodě nezávislé (Boyle 1979).

Zlatonosné eluviální rozsypy většinou vykazují značnou gradaci a různorodost v obsahu a povaze jejich zlata a asociovaných těžkých minerálů. Blízko primárního ložiska jsou částice zlata větší a méně vytríděné než ty dole na svahu. Během ploužení minerálů a úlomků hornin po svahu dolů mají lehčí frakce tendenci pohybovat se směrem k povrchu vrstvy a relativně rychleji se sunout dolů než částice těžší (Boyle 1979).

#### 3.2. Aluviální rozsypy

Aluviální rozsypy vznikly v současných nebo minulých vodních tocích v roklích, potocích, řekách, nivách a deltách (Boyle 1979).

Aluviální rozsypy byly těženy už od starověku prakticky ve všech zemích a za tu dobu poskytly přibližně jednu čtvrtinu lidských zásob zlata. Pokud bychom počítali i Witwatersrand jakožto fosilní rozsyp, tak by toto číslo dosáhlo až na dvě třetiny (Boyle 1979).

Aluviální rozsypy můžeme rozdělit do dvou kategorií – moderní a fosilní. Rozdíl mezi nimi je v terénu těžké rozeznat. Rozsypy vytvořené v současných vodních tocích a většina pleistocenních a terciálních rozsypů spadá do první kategorie, rozsypy starší, většinou pohřbené hluboko pod svrchními sedimenty či vulkanity, které jsou většinou litifikované, řadíme do kategorie druhé (Boyle 1979).

Pro zlato v aluviálních rozsypech platí určité charakteristiky: zlato blízko zdrojové oblasti je vždy hrubé a lze ho nalézt ve spodních vrstvách aluvia na skalním podloží, v zóně nad skalním podloží nebo

v trhlinách, zlomech apod. přímo v podloží. Aluviální zlato daleko od zdroje je obvykle jemnější a většinou je roztroušeno v mocné vrstvě sedimentů (Boyle 1979).

Aluviální rozsypy se skládají ze sypkých nezpevněných štěrků a písků, které jsou většinou čisté. Místa mohou být valounky a zlato obaleny limonitem či jinými precipitáty. Některé aluviální štěrky a písky jsou jimi silně impregnovány a tvoří tmelové štěrky a cangalli. Takové štěrky se objevují pravidelně tam, kde jsou primární ložiska i okolní hornina bohaté na pyrit, siderit, chlorit a ostatní Fe- anebo Mn-bohaté minerály. Sekundární křemičité a karbonátové tmely jsou v aluviálních štěrkách vzácné, kromě oblastí v blízkosti silikátových pramenů a vápenatých vod (Boyle 1979).

Většina aluviálních ložisek v roklicích, proudech a řekách jsou charakterizovány nedostatkem pravidelného a stálého zvrstvení či stratifikace, někdy se však může vyvinout pseudozvrstvení, laminace, proudové nebo falešné zvrstvení (Boyle 1979).

Rozsypy zlata jsou členěny vícero způsoby podle jejich lokace a geneze. Kartashov (1971 in Boyle 1979) udává klasifikaci, která rozlišuje 2 typy aluviálního zlata – autochtonní a alochtonní. V kategorii autochtonní zmiňuje typy zlata vznikající zásadně blízko primárního, nebo vzácněji blízko sekundárního zdroje zlata. Alochtonní varieta vyjadřuje transport a uložení zlata daleko od primárního či sekundárního zdroje. Tato klasifikace je docela přijatelná, ale vyžaduje znalost detailů rozsypových ložisek a dynamiky jejich vzniku (Boyle 1979).

### **3.3. Plážové a eolické rozsypy**

Mnoho významných rozsypových ložisek je spojeno se sedimenty uloženými v pobřežních systémech, kde je třídění kontrolováno hlavně dynamikou vln a tidálními fluktuacemi, ale i činností větru. Koncentrace těžkých minerálů v některých obrovských plážových rozsypových ložisek – black sands – jako je Richard's Bay v jižní Africe, jsou produkty právě obou těchto třídících procesů (McLeod a Morison 1996).

#### **Plážové rozsypy**

Plážové rozsypy mohou být rozděleny do dvou kategorií: moderní a fosilní. Jsou formovány třibící činností vln, spodních proudů a příbřežních proudů podél současných a minulých pobřeží jezer, moří a oceánů, kde bylo dostatečné množství zlata k jeho koncentraci. Na některých místech může koncentraci zdůraznit činnost tidálních pohybů a silných větrů. Plážové rozsypy se nejvíce tvoří podél rovných pobřeží, jen pár je jich známo podél rozeklaných a kamenitých břehů. Zdrojem zlata můžou být okolní horniny, sedimenty uložené v proudových systémech blízko pláží a lehce zlatonosné proudové nebo říční terasy, mořské terasy a štěrkové planiny sousedící s pobřežím.

Složky plážových rozsypů jsou v základě stejné jako u těch aluviálních. Dominují písek a křemenné valouny, ale na některých plážích může být většina složena z valounů a kamenů pocházejících z okolní krajiny. Magnetit a ilmenit tvoří největší podíl z těžkých minerálů. Ve vyvýšených terénech se mohou zformovat i jílové vrstvy.

Většina zlata v rozsypech je jemnozrnného charakteru, většinou vysoké ryzosti (Boyle 1979).

#### **Eolické rozsypy**

Transport sedimentu větrem, přestože je jeho princip podobný tomu ve vodě, se v detailu liší, a to díky menší viskozitě a hustotě vzduchu a vyššími kinetickými energiemi eolického transportu. U ekvace se kritické střížné napětí potřebné k výzdvihu jednotlivých úlomků chová lineárně v závislosti na hustotě a velikosti. Bagnold (1941) prokázal, že kritické střížné napětí pro transport eolického sedimentu se mění jako odmocnina hustoty a velikosti. Z toho vyplývá, že je jednodušší pohybovat menšími částicemi větrem než vodou (McLeod a Morison 1996).

### 3.4. Rozsypy v roklich a údolích

Tyto rozsypy jsou běžné skoro ve všech rozsypových oblastech na světě. Leží v malých údolích, roklich a úžinách ležících ve spádové oblasti. Většina se objevuje v mírných výškách a vykazují efekt dlouhotrvajícího zvětrávání a denudace. Zdroj zlata i těžkých minerálů je většinou velmi blízký, a to buď z přilehlých vrcholů nebo z okolních svahů (Boyle 1979).

Zlato je hrubé a většinou ryzejší než v primárním ložisku. Významnou roli zde mají nuggety, drátky a krystaly, časté jsou i nodule žilného křemene nebo sulfidů s žilkami zlata nebo se zlatem roztroušeným (Boyle 1979).

### 3.5. Rozsypy vodotečí

Stručná charakteristika těchto systémů je: 1) většina se objevuje v oblastech s mírnější topografií poznamenaných širokými, často terasovitými, zakleslými údolními; 2) současné nebo minulé proudové gradienty jsou střední až nízké; 3) zlatonosné polohy nejsou tak bohaté jako ty v roklich a údolích, ale jsou delší, většinou širší a více rovnoměrné; 4) zlato je většinou jemnější než v roklich a údolích, velké nugety jsou vzácné; 5) ryzost zlata bývá větší než v roklich, údolích či v eluviálních rozsypech; 6) tyto oblasti jsou přístupné k hydraulickým operacím a bagrování (Boyle 1979).

### 3.6. Současné (moderní) rozsypy

Současné rozsypy obsahující dostatečné množství zlata jsou relativně vzácné. Klasickým příkladem jsou např. plážové rozsypy Nome v Seward Peninsula (Aljaška). Ostatní, dnes už vyčerpané lokality, jsou podél pobřeží Oregonu a Kalifornie, v Novém Skotsku, Britské Kolumbii, podél některých pláží Chile a Nového Zélandu apod. (Boyle 1979).

### 3.7. Glaciální a postglaciální rozsypy

Zalednění obecně ničí preexistující rozsypy a rozptyluje zlato široko daleko. Malé množství glaciálních uloženin, jako např. tilly, kamy, morény, eskery, terasy, proudové šterky a nánosy před čelem ledovce, obsahují koncentrace zlata. Nicméně, menší množství vytríděných materiálů spojených s ledovci, ať už kontinentálního nebo horského typu, může obsahovat malé množství rozsypového zlata (Boyle 1979).

Zalednění však nutně nevyklučuje přítomnost rozsypů. Existence oblastí jako jsou např. Cariboo, Chaudière, Nome, Aldan, Lena a mnoha dalších míst s rozsypy, které byly značně zaledněny, by měla zaplašit myšlenky, že glaciace je vždy škodlivá k uchování terciérních a kvartérních rozsypů a vzniku rozsypů nových během dob zalednění. V souvislosti s tím je tedy třeba počítat, že hluboké terciérní a kvartérní údolí, pohřbené po velké mocné vrstvy glaciálních jílů, mohou obsahovat cenné rozsypy v Kanadě, Evropě, Asii i jinde. Postglaciální koncentrace zlata ve štercích a pískách říčních sedimentů a v oceánických sedimentech jsou časté např. v Kanadě, ale i v mnoha jiných zemích (Boyle 1979).

### 3.8. Fosilní rozsypy

Fosilní rozsypy zlata mohou být reziduálního, aluviálního nebo eolického původu a zahrnují staré eluviální a aluviální vějíře, podhorské vějíře, strže, údolí, říční plošiny a kanálové, deltové, plážové a pobřežní plošiny a marinní typy. Na základě existence stejných principů se předpokládá, že tyto uloženiny vznikly způsobem podobným tomu, který byl popsán výše u každého současného typu. Zřejmě existovala řada přechodných kolektorů zlata mezi jeho primárním zdrojem a finální oblastí depozice. To je pravděpodobné hlavně tam, kde jsou součástí geologické historie mnohonásobné eroze. Navíc, tento proces recyklace může částečně vysvětlit, proč je fosilní zlato jemnozrnější než to, které vidíme v dnešních rozsypech blízkých prvotnímu zdroji zlata. Většina fosilních rozsypů se nachází v transgresivních horninových sekvencích a často jsou na anebo blízko starých zvětralých a erodovaných povrchů, „unconformitech“. Věk fosilních rozsypů se pohybuje od prekambria po terciér. Rozeznáváme 2 hlavní typy: první typ je značně litifikován a obsahuje velké množství pyritu a často i ostatní sulfidy, pár takových uloženin obsahuje hematit (nebo ilmenit) jako hlavní Fe-minerál; druhý typ je pouze lehce až slabě litifikován a obsahuje málo pyritu a ostatních sulfidů, ale často velké množství oxidů železa (limonit, hematit). K prvnímu typu patří ložiska křemenných konglomerátů,

největší a nejproduktivnější známé rozsypy zlata, druhý typ zahrnuje mnoho zlatonosných pískovců, kvarcitů a konglomerátů po celém světě (Boyle 1979).

#### 4. SUROVINY V ROZSYPECH

Rozsypy mají velký význam pro těžbu řady důležitých nerostných surovin. Pochází odtud zhruba polovina světové těžby diamantů, titanu, wolframu a cínu; podstatné množství zlata a platiny bylo v minulých letech vytěženo z rozsypů přestože v současné době jejich význam klesl. Mezi další minerály těžené z rozsypů patří také tantal, niob, monazit, magnetit, granát, křišťál, baryt, korund, kasiterit, rumělka (Smirnov 1983).

#### 5. GEOLOGICKÉ PODMÍNKY VZNIKU ROZSYPŮ

##### 5.1. Sepětí s primárními horninami / zdroji

Primární zdroje užitečných minerálů rozsypů můžeme rozdělit na tři kategorie: 1) primární ložiska užitečných nerostů, 2) akcesorické minerály v horninách, 3) stará rýžoviska (Smirnov 1983).

Rozrušováním primárních ložisek vznikají rozsypy zlata, platiny, diamantu, kasiteritu, wolframu, columbitu, rumělky. Při koncentraci akcesorií se tvoří především rozsypy monazitu, ilmenitu, rutilu, zirkonu, granátu, magnetitu. Stará rýžoviska mohou být zdrojem minerálů obou skupin (Smirnov 1983).

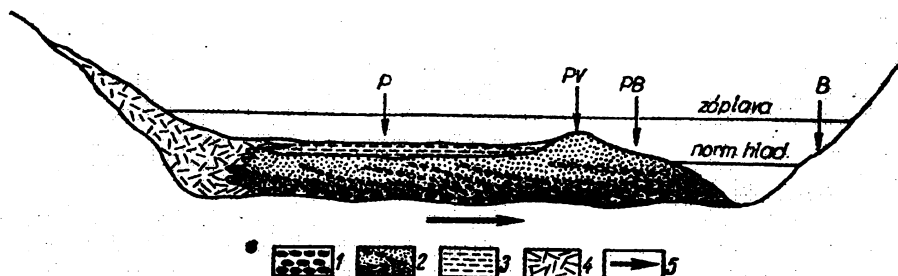
##### 5.2. Sepětí s faciemi klastických hornin

Pro vznik rozsypů má nesmírný význam zvětralinový plášť. V něm dochází ke zvětrávání většiny horninotvorných minerálů a na jejich místě vznikají okrovité a jílovité produkty, které jsou rozplavovány, vymývány a odplavovány vodou. Přitom se uvolňují těžké a odolné minerály, jež jsou potenciálním zdrojem rozsypů (Smirnov 1983).

V podmínkách vlhkého (humidního) podnebí rozplavováním jílovitého zvětralinového pláště vznikají četné aluviální rozsypy; rovněž se mohou tvořit eluviálně-deluviální a příbřežní (mořská, jezerní) rozsypy (Smirnov 1983).

V podmínkách suchého (aridního) podnebí při přepracování bauxitového zvětralinového pláště vznikají převážně eluviálně-deluviální, proluviální a eolické rozsypy; také se mohou vyskytovat příbřežní mořské rozsypy (Smirnov 1983).

U aluviálních ložisek lze sledovat, že rozsypy tíhnou k určitým faciím říčních sedimentů. Ve zralých údolích řek, vzniklých během jednoho erozivního cyklu, mohou být vyčleněny dvě faciální skupiny – řečištní a inundační (údolní nivy).



Obrázek 1. Schematické znázornění distribuce aluviálních facií (podle J. Šancera, 1951 in Smirnov, 1983). 1 – perfluviální náplavy; 2 – řečištní náplavy; 3 – inundační náplavy; 4 – proluvium; 5 – směr přemístování říčního koryta; P – údolní niva; PV – řečištní val; PB – příbřežní mělčina; B – erodovaný břeh



Mezi řečištními faciemi sedimentů vytvořených činností živého koryta vydělujeme facie: 1) perluviální; 2) korytového náplavu; 3) prahů (brodů); 4) bočních korytových mělčin. Perluviální je tvořena hrubými valouny, vyskytujícími se hlavně u dna prohlubní. Tím tato facie způsobuje vířivý pohyb proudu u říčního dna, jeho zpomalování a sedimentaci těžkých minerálů rozsypů (Smirnov 1983).

Mezi faciemi údolní nivy, vznikajícími zatopením inundačního území v době povodní, vydělujeme facie: 1) řečištního valu; 2) říčních teras; 3) vnitřní facie, 4) druhotných bazénů. Jejich převážná většina je tvořena jemným jílovitým materiálem, sedimentovaným z kalných povodňových vod, který překrývá různorodné řečištní sedimenty. Hrubší materiál se ukládá v úzkém pásmu řečištního valu. V inundačních faciích rozsypy zpravidla nevznikají (Smirnov 1983).

### **5.3. Geomorfologický faktor**

Rosypy spjaté s různými geomorfologickými prvky říčních údolí jsou kaskádovitě rozmístěny od vodních předělů k říčnímu korytu. Na náhorních plošinách vodních předělů jsou rozmístěny eluviální rozsypy, na svazích primárních hornin se vyskytují deluviální rozsypy a na úpatích svahů, v místech přiléhajících zčásti k horní terase, mohou být vyvinuty proluviální rozsypy. Níže se rozkládají aluviální rozsypy. V terasách se mohou vyskytovat rozsypy předchozích erozivních cyklů, v údolních sedimentech pod inundačními sedimenty leží údolní rozsypy, v korytových sedimentech řeky korytové a v přikorytových mělčinách boční rozsypy (Smirnov 1983).

### **5.4. Tektonický faktor**

Pro vytvoření a uchování rozsypů jsou důležité tektonické pohyby, které jsou vzhledem k době předcházející jejich vzniku doprovodné nebo následné. Ve všech případech jsou zvláště důležité přesuny velkých bloků podél regionálních poklesů. V době předcházející tvorbě rozsypů podél takových poklesů vystoupily bloky hornin s primárními ložisky, které tak byly vystaveny zvětrávání, rozrušování, rozplavování, snosu a staly se zdrojem detritického materiálu různé geneze včetně rozsypů (Smirnov 1983).

Během formování aluviálních rozsypů obnovují tektonické přesuny velkých bloků lokální i generální erozivní bázi a vytvářejí tak podmínky pro opakování cyklu erozivní činnosti, v jehož důsledku se tvoří bohaté rozsypy, vznikající opakovaným vytríděním říčních sedimentů. Nové tektonické pohyby vedou k opakování erozivně akumulčních cyklů a ke vzniku stále mladších rozsypů (Smirnov 1983).

### **5.5. Klimatický faktor**

Ve vysokých šířkách subarktického pásma probíhá intenzivní fyzikální zvětrávání primárních hornin v aktivní zóně, nalézající se mezi zemským povrchem a svrchní hranicí věčně zmrzlé půdy. Proto je zde chemické zvětrávání minimální a zvětralinový plášť se netvoří (Smirnov 1983).

V klimatických podmínkách středních šířek již existují podmínky, jež jsou příznivější jak pro vznik svahových rozsypů, tak pro zásobování řek nejen hrubým materiálem, ale i částečně granulovanou hmotou s volnými zrny užitečných materiálů (Smirnov 1983).

Nejpříznivější podmínky poskytuje subtropické a tropické klima, vedoucí k intenzivně rozloženému zvětralinovému plášti, který zásobuje obrovským množstvím snadno tříditelného materiálu pobřežní části jezer a moří. (Smirnov 1983).

### **5.6. Hydrografický faktor**

Nejlepší podmínky pro vznik rozsypů vznikají v řekách s nerovnoměrným ročním rozložením množství vody. V důsledku střídání průtoku malého a velkého množství vody se prudce mění rychlost proudu v průběhu roku, což vede k lepšímu promývání říčního materiálu a ke vzniku rozsypů. Nejpříznivější pro vznik rozsypů je soutok řek pod strmým a vstřícným úhlem, neboť tím je brzděn pohyb vody v místě, kde přítok se vlévá do řeky (Smirnov 1983).

## 5.7. Geologické stáří

Nejčastěji se vyskytují současné mladočtvrtohorní rozsypy všech genetických typů. Časté jsou rovněž pleistocénní rozsypy, uložené v mořských a říčních terasách, ale také v sedimentech čtvrtohorních paleokoryt. Čím jsou geologické útvary starší, tím se v nich rozsypy vyskytují stále ojediněleji (Smirnov 1983).

## 6. MECHANISMUS VZNIKU

Mechanismus spěje k třídění úlomkovitého materiálu podle velikosti, hustoty a tvaru částic, k obrušování a zaoblení úlomků podle stupně mechanické pevnosti a chemické odolnosti během pohybu po zemském povrchu. Všechny rozsypy vznikají spolupůsobením gravitace a činnosti povrchových vod (Smirnov 1983).

Primárním činitelem vzniku ložisek zlata je zvětrávání, proces zahrnující množství komplexních chemických reakcí:

- 1) Většina minerálů je rozrušena a odplavena pryč, zanechávajíc zlato relativně netknuté. Zlato pak zůstane na místě v oxidačních zónách nebo se přesune do aluviálních a eluviálních rozsypů.
- 2) Zlato může být rozpuštěno a transportováno hodně daleko od zdrojové oblasti. V tomto případě se rozsyp nevytvoří.
- 3) Rozpuštěné zlato může být zcela nebo částečně znovu vysráženo na nukleích zlata v reziduu nebo podobných nukleích, když jsou transportovány v aluviu proudů, řek, pláží a pod. (Poslední proces je zřejmě ve většině případů zodpovědný za vznik nugetů.) (Boyle 1979).

### 6.1. Parametry charakterizující těžké minerály vhodné pro akumulaci v rozsypech

Minerály akumulující se v rozsypech jsou charakterizovány:

- 1) velkou hustotu
- 2) chemickou odolnost
- 3) dostatečnou fyzikální pevnost

Nejčastější minerály s nízkou až střední specifickou hustotou v rozsypech jsou: křemen, muskovit, amfibol, pyroxeny, turmalín, granát, diamant, chromit, rutil, baryt, korund, limonit a zirkon; ty se střední až vysokou specifickou hmotností pak jsou: monazit, magnetit, ilmenit, kasiterit, wolframit, scheelit, cinabarit, zlato a platina. Zlato v rozsypech často doprovází také sulfidy a sulfidické soli, jako např. pyrit, galenit, sfalerit, arsenopyrit, boulangerit, jamesonit. V některých rozsypech se vyskytuje také bismut, rtuť a vzácněji arsen, stříbro, arquerit (Ag – Hg amalgam), měď, olovo, zinek, cín, realgar, sperrylit, molybdenit, chalkopyrit, hematit, karbonáty, živce, kyanit, topaz, spinel, allanit, epidot, tantalit – kolumbit či apatit (Smirnov 1983).

### 6.2. Obecné principy

Vznik rozsypových ložisek je jednoduše řečeno proces oddělující lehké a těžké minerály během sedimentace. Transport a depozice sedimentu ve fluviálních a podobných systémech je komplexní proces a porozumění základním principů umožňuje pochopení jejich vzniku (Boyle 1979).

Jeden z parametrů používaných k určení podmínek pohybu fluid je Reynoldsovo číslo, které je bezrozměrné a rozlišuje tok fluida buď jako laminární a stabilní nebo turbulentní a nestabilní. Reynoldsův vztah je vyjádřen takto:

$$Re = UL\delta_f/\eta \quad (1),$$

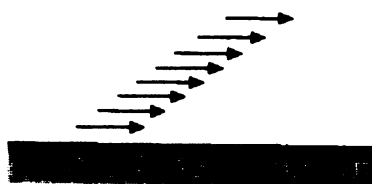
kde  $Re$  je Reynoldsovo bezrozměrné číslo,  $U$  rychlost fluida,  $L$  délka, přes kterou fluidum proudí,  $\delta_f$  hustota fluida a  $\eta$  (molekulární) viskozita fluida (Boyle 1979).

Pokud je Reynoldsovo číslo nízké, proud je laminární, v opačném případě turbulentní (obr. 2). Chování částice v říčním korytě pak bude ve velké míře závislé na typu tohoto proudění. Proud v přírodních korytech je většinou turbulentní.

Můžeme také rozlišit tři vrstvy proudu. Spodní zóna je neturbulentní viskózní subvrstva, která je velmi tenká a může se hroutit v případě, kde je podloží koryta členité a turbulence je generována vyčnívajícími klasty z podloží. Nad ní je turbulentní subvrstva s vysokými střížnými napětími a tvorbou vírů. Posledním členem profilu je vnější vrstva, kde jsou největší proudové rychlosti (Boyle 1979).



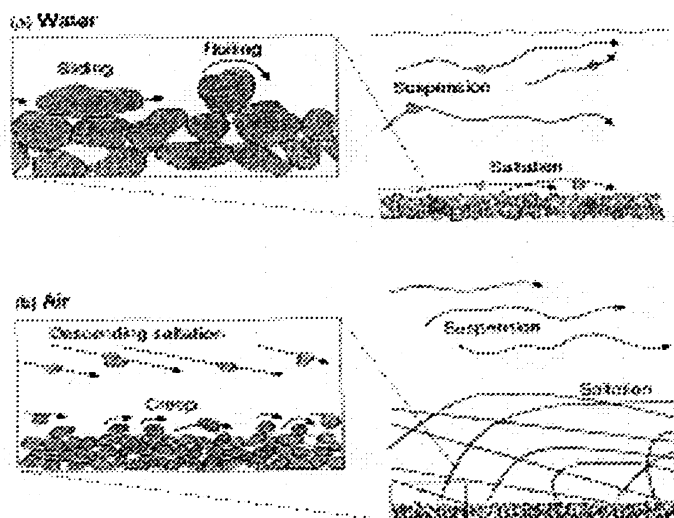
Turbulent flow



Laminar flow

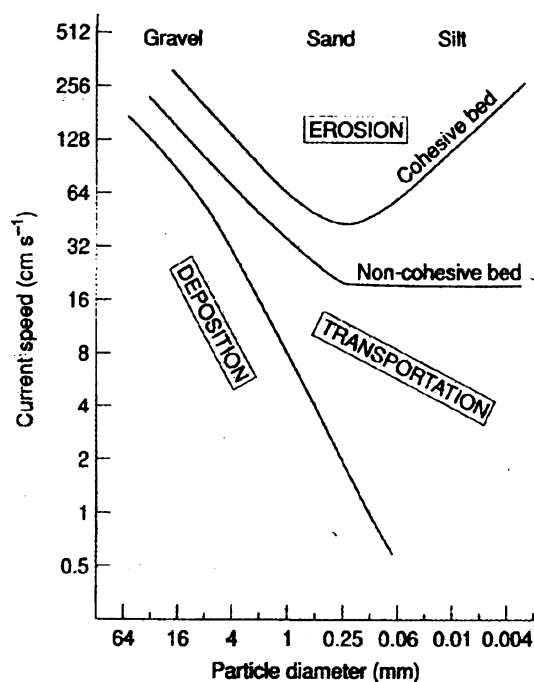
Obrázek 2. Schematická ilustrace povahy laminárního a turbulentního proudění (podle Slingerlanda a Smitha, 1986, in Robb 2007).

Typy toku fluid ve vodě (nebo i větru) definují charakter a výkonnost transportu materiálu. Částice nebo zrno se bude pohybovat skrz fluidum jako funkce svojí velikosti, tvaru a hustoty, stejně tak jako rychlosti a hustoty vlastního fluida. Ve vodě se bude částice pohybovat jednou ze tří možností: nejtěžší částice (valouny, štěrky) se válejí a klouzají po dně koryta a tvoří „bedload“ (podložní vrstvu nebo trakční koberec); průměrně velké částice (písek) efektivně poskakují ve směru proudu (= proces saltace); nejjemnější a nejlehčí materiál (prach a jíla) je pak unášen proudem v suspenzi. Ve vzduchu jsou typy pohybů podobné, ale nižší hustota a viskozita vzduchu v porovnání s vodou má za následek, že pohybující se částice jsou menší, ale jejich pohyby prudší (Boyle 1979).



Obrázek 3. Ilustrace různých mechanismů sedimentárního transportu vodou (a) a větrem (b) (podle Allena, 1984 in Robb 2007)

Typ pohybu částic ve fluvialních korytech saltací a v suspenzi je částečně funkcí charakteru toku fluida (definovaného Reynoldsovým číslem), zatímco pohyb bedloadu je určován střížným napětím hraniční vrstvy a vlastnostmi samotných částic. Kombinace těchto parametrů poskytuje užitečnou semi-kvantitativní indikaci procesů sedimentace, techniky poprvé představené Hjulströmem (obr 4; Sundborg, 1956). V tomto diagramu jsou ukázány podmínky, za kterých se bude konat buď eroze, transport nebo depozice, a které jsou závislé na rychlosti proudu a velikosti zrn. Depozice např. nastává pokud se snižuje rychlost proudu a nebo vzrůstá velikost zrna a tyto parametry jsou velmi důležité k formaci rozsypových ložisek (Boyle 1979).



Obrázek 4. Hjulströmov diagram ukazuje, jak mohou být sedimentární procesy popsány pomocí hydrodynamických (rychlost proudění) a fyzikálních (velikost zrna) parametrů. Kritické podmínky pro depozici, transport a erozi jsou ukázány pro dvě možné situace – kohezivní a nekohezivní vrstvy koryta (podle Sundborga, 1956, Friedmana a kol., 1992 in Robb 2007)

### 6.2.1. Hydraulický třídící mechanismus důležitý ke vzniku rozsypových ložisek

Slingerland a Smith (1986 in Robb 2007) rozdělili mechanismy třídění do těchto čtyř typů:

- ukládání zrn
- výzdvih částic ze zrnitého bedloadu proudící vodou
- střížné třídění zrn v pohybující se fluidizované vrstvě
- diferenciální transport zrn proudící vodou (Robb 2007).

#### Ukládání

Rychlost poklesu perfektně sférické částice ve fluidu s nízkým Reynoldsovým číslem může být popsána Stokesovým zákonem:

$$V = g d^2 (\delta_p - \delta_f) / 18 \eta \quad (2),$$

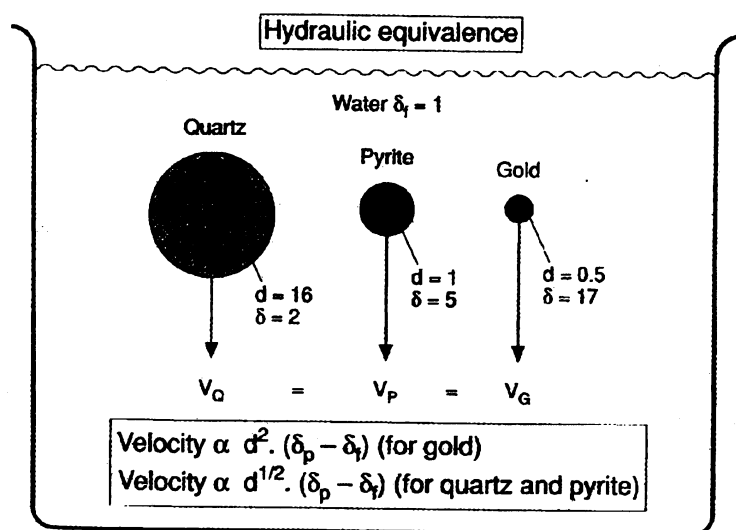
kde V je rychlost poklesu částice; g gravitační zrychlení; d průměr částice;  $\delta_p$  a  $\delta_f$  hustoty částice a fluida; a  $\eta$  je (molekulární) viskozita fluida (Robb 2007).

Vztah udává, že rychlosti ukládání částice ve stejném fluidním prostředí je závislé na průměru částic (na druhou) a hustotě. Na základě tohoto zákona je např. možné, že různě velká zrna křemene, pyritu a zlata se mohou ukládat za stejné rychlosti, stav označovaný jako hydraulická ekvivalence. Je to však

jen chudé přiblížení komplexním a dynamickým třídícím mechanismům při vzniku rozsypů a proto jsou nutné jiné procesy vysvětlující skutečnou situaci v přírodě. Je pár důvodů, proč je jednoduché Stokesovo ukládání neadekvátní pro vysvětlení vzniku rozsypů. Např. proud je většinou turbulentní (má vysoké Reynoldsovo číslo), částice nejsou sférické a velikosti částic mohou být moc velké nebo naopak moc malé pro vztah v rovnováze. Navíc, pokud je koncentrace zrn ve fluidu vysoká (> 5%), pak ukládání nemusí překonávat žádné překážky a úložné rychlosti jsou zpomalovány vzájemnými kolizemi zrn a opačným prouděním (Robb 2007).

Náhodná nestabilita turbulentního proudění má za následek nemožnost předpovědi rychlosti poklesu částice. Podobně má na rychlost vliv i tvar částice. Tabulkovité zrnó biotitu, např., se uloží 4 až 12krát pomaleji než zrnó křemene se stejným průměrem. Rychlost poklesu velkých zrn není kvadrátem jejich průměru, ale odmocninou (obr 5). Z tohoto vztahu vyplývá, že menší zrná jsou efektivněji tříděná než částice větší. Přestože poměry průměrů částic (křemen:pyrit:zlato – 32:2:1) odráží hydraulickou ekvivalenci a očekávalo by se, že by mohly tvořit zlatonosné konglomeráty jako např. ve Witwatersrandu, poloměr zlata v těchto ložiskách je mnohem menší, než aby mohlo být vysvětleno Stokesovým typem ukládání. Proto by zlato v těchto ložiskách mělo mít jiný princip mechanismu vzniku (Robb 2007).

Ukládání hraje určitě roli při vzniku rozsypů, ale sám o sobě nestačí k objasnění všech procesů, které je formují. Existence hydraulické ekvivalence nevysvětlí, jak jsou těžké minerály tříděny či koncentrovány v dynamických říčních nebo plážových systémech. V některých případech hraje dominantní roli při tvorbě rozsypových ložisek pohyb nebo tok fluidního média (Robb 2007).



Obrázek 5. Ilustrace ukazující princip hydraulické ekvivalence pro částice chovající se podle Stokesova zákona. Popisuje průměry a hustoty křemene, pyritu a zlata, které musejí částice mít, aby dosáhly stejné rychlosti poklesu v neturbulentním vodním sloupci do stejné sedimentární vrstvy (podle Robba 2007).

### Výzdvih úlomků

Důležitá vlastnost fluida je jeho schopnost dislokovat některá zrná z podloží a dopravovat je dál po proudu. Hraniční střížné napětí  $\tau_0$  musí překonat síly, které drží danou částici na místě (tj. velikost, hmotnost, tvar, tření), aby se mohla dát do pohybu. Kritické střížné napětí potřebné k iniciování pohybu jakékoli dané částice je známo jako Shieldsův parametr ( $\theta$ ) a je vyjádřen vztahem:

$$\theta = \tau_0 / [(\delta_p - \delta_f)gd] \quad (3),$$

kde  $\theta$  je bezrozměrný Shieldsův parametr;  $g$  gravitační zrychlení;  $d$  průměr částice;  $\delta_p$  a  $\delta_f$  hustoty částice a fluida;  $\tau_0$  kritické hraniční střížné napětí (Robb 2007).

Drsnost bedloadu má určitě vliv na práh výzdvihu úlomku. Dalšími faktory, které tyto procesy komplikují, jsou pak tvar klastu, zpevnění podloží a rozsah velikostí zrn v daném bedloadu. Poslední faktor je důležitý hlavně tehdy, pokud je sediment tvořen bimodálním nahromaděním velkých a malých zrn. V tomto případě nebudou malá zrna, jakkoli by byla lehká, vyzdvihována, protože by byla brzy zachycena většími částicemi a nebyla by už více dosažitelná pro výzdvih (Robb 2007).

Kritické hraniční střížné napětí vzrůstá úměrně s hustotou zrna. To znamená, že pro stejnoměrně zrnitou vrstvu s totožnými ostatními faktory, budou lehčí částice vyzdvihávány za nižšího střížného napětí, odnášeny pryč a zanechají tak reziduální koncentraci těžších minerálů, které mohou být uchovány jako rozsypové ložisko. Tenké laminy těžkých minerálů ve fluviálním prostředí nebo foresety s křížovým zvrstvením mohou být výsledkem tohoto třídícího procesu. Může se ale také aplikovat na sedimentaci a třídění pomocí větrné činnosti, ale hodnota kritického prahu bude úplně odlišná díky rozdílným mechanickým podmínkám týkajících se eolického prostředí (Robb 2007).

#### Střížné třídění

Střížné třídění zrn je proces, který se může aplikovat pouze na koncentrovaný tok suspendovaných částic ve fluidizované vrstvě. Během pohybu suspendovaných částic v husté koncentraci vytváří kolize jednotlivých zrn čistou sílu, která je kolmá na rovinu střížného napětí a rozptyluje zrna do volného prostoru (tzn. nahoru). Dispersní tlak je větší u velkých a hustých zrn ve stejném horizontu toku, díky čemuž tato zrna migrují výše v porovnání s menšími a lehčími částicemi (Robb 2007).

Tento typ třídění může být aplikován pouze na koncentrované masy suspendovaných částic, jako jsou plážové zóny a duny vytvořené větrem (Robb 2007).

#### Třídění transportem

Třídění transportem je nejdůležitější třídící proces a může se aplikovat na nejvíce prostředí, ve kterých se rozsypy tvoří. Popis třídění transportem je komplexní proces, ale koncepčně odpovídá jednoduše různým transportním prostředím, které existují během pohybu částice v proudícím fluidním médiu. Je komplexní, protože zahrnuje dvě různé komponenty, a to různé stupně pohybu částic v bedloadu (určených výzdvihem úlomků) a v suspenzi (určených ukládáním) (Robb 2007).

Koncentrace těžkých ( $h$ ) a lehkých ( $l$ ) částic, které koexistují v jakémkoli místě v korytovém systému, může být vyjádřeno rovností (Slingerland 1984 in Robb 2007):

$$(C/C_a)_h = (C/C_a)_l^{V_h/V_l} \quad (4),$$

kde  $C$  je koncentrace v daném úseku koryta;  $C_a$  referenční koncentrace;  $V_h$  a  $V_l$  jsou rychlosti poklesu těžkých a lehkých částic (Robb 2007).

Tento vztah ukazuje, že se částice v turbulentním proudu budou třídít vertikálně podle jejich rychlosti poklesu, které jsou (dle Stokesova zákona) dané jejich relativními velikostmi a hustotami. Koncept je vhodný pouze k třídění transportem (Robb 2007).

Další komponentou třídění transportem je pohyb bedloadu, který je popsán výše ve výzdvihu úlomků. Práh výzdvihu částic sedících na dně je určen Shieldsovým parametrem, ale je také velmi závislé na hrubosti podloží. V důsledku toho platí, že hodnoty transportu sedimentu by se měly snižovat se zvyšující se hrubostí podloží (Robb 2007).

#### Aplikace třídících mechanismů na vznik rozsypových ložisek

Obohacování těžkými minerály třídícími mechanismy se v přírodě objevuje ve všech měřítkách, od laminace křížového zvrstvení foresetu po koncentrace v regionálním měřítku, které se akumulovaly ve velkých sedimentárních systémech, jako jsou aluviální vějíře nebo pláže. Člověk je v pokušení věřit tomu, že malé systémy mohou být vysvětleny jen jedním typem mechanismu vzniku z výše uvedených, a že regionální systémy jsou komplexnější, zahrnující několik mechanismů. Toto

posuzování však nesedí, bohužel, protože i málo rozsáhlé systémy mohou být produktem komplexních interakcí (Robb 2007).

### 6.3. Abraze úlomků

Při tvorbě rýžovisek dochází k vyřídování úlomků nejen podle jejich velikosti a hustoty, ale také podle jejich mechanické pevnosti. Částice detritu, pohybující se po říčním dně, jsou postupně zakulacovány a vzájemně se otírají. Otěr je závislý na třecí síle, rychlosti pohybu a tvrdosti úlomků (Smirnov 1983).

Pro každý minerál existuje nejmenší kritická velikost částic, po jejímž dosažení se jejich abraze a zakulacování prakticky zastavují (Smirnov 1983).

Mechanická abraze minerálních částic v říčním proudu je provázána chemickým zvětráváním. Celkovým výsledkem mechanického opracování a chemického rozrušování je koncentrace abrazivně a chemicky odolných minerálů ve výsledných nánosech říčního transportu. Důležitý význam má přitom koeficient smáčivosti. Zrna špatně smáčitelných minerálů (monazit, některé sulfidy, většina kovů, diamant) nemají povrchovou vrstvu vody, anebo tato je velmi tenká a málo pevná, v důsledku čehož se zrna takových minerálů obrušují při přenášení rychleji než ostatní (Smirnov 1983).

Vzhledem k mechanické odolnosti vůči abrazi lze rozdělit těžké minerály do třech skupin:

- 1) nevhodné k transportu – rumělka, wolframit, scheelit, baryt ...
- 2) středně vhodné k transportu – magnetit, granáty, monazit, kasiterit, zlato ...
- 3) vysoce vhodné k transportu – chromspinelidy, ilmenit, platina, rutil, zirkon, korund, diamant

...  
Během dlouhodobého přenosu transportovaného materiálu a jeho několikeré redepozice může postupně dojít ke zonálnímu rozmístění rýžovisek odlišného minerálního složení po proudu velkých řek (Smirnov 1983).

### 6.4. Tvorba chemicky odlišných lemmů

V rozsypech se často nacházejí zlatinky s lemem z vysoce ryzího zlata. Vznik lemu v rozsypovém zlatě začíná během oxidace v primárních ložiskách, protože byly nalezeny na zlatě v oxidačních zónách zlatonosných ložisek a v eluviálních ložiskách. V oxidovaných zónách a rozsypech jsou lemy většinou širší a lépe vyvinuté než v primárním ložisku. Obohacené lemy jsou vzácné v hlubokých vodách (Boyle 1979).

Současné fluviální sedimenty v Rio Neuquén (Argentina) obsahují rozličné množství rozsypového zlata. Kromě suboválného detritického zlata obsahují sedimenty také krystalické zlato (typ 1), které se objevuje jako nárůsty a obaly na původních jádrech detritického zlata. Typ 1 je lokálně lemován zlatem s červovitou nebo krystalickou strukturou (typ 2). Chemické složení primárních jader indikuje variabilní intra- a inter-částicové homogenity ve složení. To znamená různé zdroje. Typ 1 je složen z téměř čistého zlata (> 98 % Au) a typ 2 je Au-Hg amalgám (4 – 9 % Hg), přičemž obě varianty jsou autigenní (Mc Ready a kol. 2003).

Zlato rozsypů se tvoří jako výsledek zvětrávání, mechanického uvolňování a chemického rozpouštění původního ložiska. Zlato je pak redistribuováno a koncentrováno hlavně aluviálními, eluviálními a chemickými procesy. Během transportu, hlavně ve fluviálním prostředí, je původně krystalické zlato deformováno, abradováno a roztrženo saltací. Výrazná kujnost rozkouskovaného zlata vede k celkovému zaoblení nebo zformování jiného tvaru a zpevnování zrn zlata během transportu. Získá také charakteristické znaky, které zahrnují obrácené lemy a/nebo hrany, náhodně zachycené minerální zrna, impakt marks a tools marks (Naden, 1988, McCready, 1999 in Mc Ready a kol. 2003).

Mnoho krystalů obsahuje záhadné mikrotrhliny, které se od sebe liší délkou (až 20  $\mu\text{m}$ ), komplexností (jednoduché nebo dvojité) a tvarem (rovné nebo srpkovité). Ve všech případech jsou však otevřené a nejsou vyplněné jinými minerály. Každá trhlina je pak zakončená špičkou šipkovitého tvaru (Mc Ready a kol. 2003).

Ve většině případů potahuje zlato typu 1 zrno. V některých případech potahuje zrno jen zčásti, a pak jsou původní jádra vidět. Někdy však není vidět vůbec, některé krystaly mohou původní zrno kompletně pohltit. Ve všech případech je přechod mezi jádrem a krystalickým zrnem ostrý. Některá zrna však mají zaoblené výčnělky nebo červovité morfologie – typ 2. Toto zlato potahuje kompaktní krystalické zlato (Mc Ready a kol. 2003).

Dlouho se řešilo, jakým způsobem tyto různé typy zlata vznikaly. Braly se v úvahu tyto teorie: 1) přednostní ztráta Ag, 2) přírůstek nového zlata, ať externího nebo interního původu, 3) bakteriálně zprostředkované srážení zlata, 4) uložení z koloidů a humických látek a 5) amalgamace díky kontaminaci Hg (Mc Ready a kol. 2003).

### 6.5. Antropogenní Au – Hg slitiny

Většina Hg nalezené v Au rozsypech je výsledek znečištění z procesu amalgamace používaných během extrakce Au a rtuť je nalézána většinou ve formě amalgamu na Au zrnech v rozsypech (Miller a kol 2002).

V rozsypech Talladega Creek (Alabama), Hg bylo zjištěno ve vodě ( $\leq 0,55 \mu\text{g/l}$ ), ale netvoří amalgamové lemy na Au zrnech. V Severní Karolině (South Mountains, High Point a Robbins in Miler a kol. 2002) byl obsah Hg pod detekčním limitem ( $<0,2 \mu\text{g/l}$ ) ve vodě, ale bylo detekováno v bodových koncentracích obsahujících až 44 % amalgamových lemů na Au zrnech. Obě lokality mají podobnou biotickou komunitu. Možná více provzdušněné podmínky v Talladega Creek překazily vytvoření amalgamu na zrnech v sedimentu a podpořily pohyb Hg do proudící vody, kdežto méně provzdušněné proudové sedimenty v Severní Karolině zamezily rtuti uvolnění ze sedimentu a dovolily vznik amalgamu na zlatě (Miller a kol. 2002).

Vliv světla na uvolňování Hg do vzduchu bylo zjišťováno v jezerech, splaškových kalech a pro antropogenně a přirozeně Hg-obohacené vody z dtíren a půdy v západní Nevadě. Gustin a kol. (1996 in Miller a kol. 2002) pozorovali nárůst toku Hg ze substrátových jader o 1-2 řády díky expozici náhodnému světlu v porovnání s tmou. Pro nádrž vystavenou světlu na vrchu a na stranách byl nárůst obsahu Hg nad nádrží více než třikrát větší než v noci.

### 6.6. Tvorba nugetů

Původ zlatých nugetů byl dlouho diskutovaným tématem. Převažují dvě teorie: jedna tvrdí, že nugety jsou tvořeny většinou procesem chemické akrece; druhá zastává názor, že mají detritický původ a měly v podstatě stejnou váhu, jakou můžeme vidět dneska, ale jejich tvar a významné prvky jsou poznamenány odíráním a vlečením, které utrpěly, když se pohybovaly ve šterku. Třetí teorie je kompromisem, že nugety jsou zčásti detritického a zčásti chemického původu (Boyle 1979).

Zastánci obou teorií obhajují své teorie několika kritérii, které zde jsou v krátkosti popsány.

Teorie detritického původu nugetů

- 1) Rozsypy zlata se formují hlavně blízko zdroje epigenetických ložisek zlata různých typů. Kdyby byly zahrnuty i chemické faktory, očekávalo by se, že se rozsypy budou tvořit v blízkosti zdroje, ale i ve větších vzdálenostech od něho.
- 2) Rozsypy zlata často obsahují nodule křemene s množstvím primárního zlata. Také velké nugety často mají křemen spojený s nimi způsobem podobným tomu v primárních křemenných žilách.
- 3) Ve většině rozsypů je zlato nacházející se v blízkosti zdroje hrubší než to ve větší dálce. To naznačuje vzrůstající abrazi detritického materiálu s délkou jeho cesty.
- 4) Zlato je v rozsypech doprovázeno skupinou odolných těžkých minerálů, které jsou typické pro zlato v primárních ložiskách (př. scheelit, baryt, pyrit, arsenopyrit). Tyto minerály jsou očividně detritické a nemají žádnou sekundární chemickou historii. Zlato se pravděpodobně chová stejně.



- 5) V mnoha rozsypech obsahuje zlato stejné stopové prvky nebo stopové minerály jako v primárních ložiskách zlata. Stopy těchto minerálů v nugetech je těžké vysvětlit chemicky, ale vznik akreci není nečastý.
- 6) Zlato v rozsypech vykazuje krystalickou povahu podobnou té u žilného zlata. Časté jsou i lemy relativně čistého zlata na některých nugetech, jejichž vznik byl interpretován pomocí "vyluhování" stříbra a ostatních kovů, protože mají daleko větší rozpustnost než zlato. Argument krystalinity ale není úplně platný. Zastánci této teorie předpokládají, že zlato v epigenetických ložiskách, jako jsou žíly, se ukládá ze zředěných roztoků po velmi dlouhou dobu, a tento proces dává vzniku dobré krystalické struktury (Boyle 1979).

#### Teorie chemického původu nugetů

- 1) Zlato a stříbro jsou součástí většiny přírodních vod a jsou relativně obohaceny ve vodách "louhujících" primární ložiska Au a Ag. Přenášejí se i v podmínkách permafrostu či v humických (černých) vodách. Např. v Brazílii ve vytěženém ložisku po několika letech začala opět redepozice.
- 2) Nugety mají většinou mamilární vzhled, naznačující proces chemické akrece. Někteří oponenti však říkají, že je to výsledek abraze a vlečení zrn. Podobné útvary se však objevují u některých typů zlata v oxidačních zónách a eluviálních rozsypech, a v těchto případech se jednoznačně jedná o akreci.
- 3) V rozsypech se často objevují krystaly zlata, které jsou relativně vzácné ve většině primárních ložiskách zlata. Jinými slovy, mnoho těchto krystalů narostlo přímo rozsypu.
- 4) Některé nugety a nepravidelné částice zlata mají krystalové protuberance na jejich konci. Tyto struktury jsou v primárních ložiskách vzácné.
- 5) Povlaky, drátky, vlákna, dendrity a podobné struktury se obvykle objevují na kamenech v rozsypech, na magnetitu připevněném na nugetech nebo limonitovém tmelu a hojně na organických materiálech jako je pohřbené dřevo. Takto redepozitovaného zlata je však malé množství a nemá moc komerčního využití.
- 6) Pyrit, který nahradil fosilní dřevo v některých rozsypech je neměně zlatonosný. Je to asi díky zachytávání zlatého prachu pyritem.
- 7) Experimentálně bylo dokázáno, že částice zlata nabalují rozpuštěné zlato, když je přítomna redukující hmota, např. pyrit, což je případ rozsypů (Boyle 1979).

Je těžké jednoznačně určit, jaký původ nugety mají. Spíš než výhradně jeden typ vzniku je možné, že se na něm podílejí způsoby oba (Boyle 1979).

## 7. GENETICKÝ MODEL

Prvním požadavkem pro vznik rozsypu je přítomnost zlatonosné mineralizace, např. zlatonosné křemenné žíly, rozsáhlá silicifikovaná tělesa obsahující roztroušené zlato, porfyrická ložiska mědi, roztroušená ložiska pyritových a masivních sulfidů, pre-existující rozsypy či stopové obsahy zlata v jinak nemineralizovaných horninách (McLeod a Morison 1996).

Během zvětrávacího procesu odstraní chemické a mechanické procesy část horninového materiálu, který je méně odolný než zlato. Hluboké zvětrávání, obzvláště když není narušeno zaledněním, vede ke koncentraci zlata na, v, nebo v blízkosti podloží. Gravitace a proudové hydrodynamické procesy koncentrují zlato do zlatonosných pásem v aluviu, speciálně v nerovných částech podloží. Tyto procesy mohou vést také k hromadění zlata v neprostupných vrstvách v aluviu (McLeod a Morison 1996).

Extrémně jemné částice jsou lépe transportovány a jejich koncentrace ve fluviálním nebo litorálním prostředí je určována hydraulickým tříděním (separací proudem), které záleží na velikosti, tvaru a hustotě jednotlivých zrn, rychlosti a stupněm turbulence proudu vody a charakterem podloží (tyto faktory jsou blíže popsány v kapitolách 5. a 6) (McLeod a Morison 1996).

Vznik rozsypů je výsledkem komplexní interakce procesů (Slingerland 1984; Hou a Fletcher 1992 in McLeod a Morison 1996), s tím, že role klimatických podmínek a času není úplně jasně prozkoumaná.

## 8. PŘEHLED ROZSYPU V ČESKÉM MASIVU (Podle Morávka 1992)

Exogenní akumulace jsou nejrozšířenějším typem výskytů zlata v Českém masivu – z celkového počtu lokalit představují 42 %. Nejčastěji jde o recentní aluviální rozsypy, podstatně méně o rozsypy v eluviích, deluviích, proluviích a v glaciálních sedimentech. Fosilní rozsypy ve zpevněných sedimentech proterozoika až křídý (paleorozsypy) reprezentují asi 4 % exogenních výskytů. Největší množství exogenního zlata je situováno ve středních a jižních Čechách. Řada rozsypových ložisek zlata byla v minulosti, zejména v období keltského osídlení a ve středověku, intenzivně těžena a vyžívána. Podle většiny odhadů byla historická produkce zlata z rozsypových ložisek významnější než z ložisek primárních.

V předvariských formacích Českého masivu však již nejsou známy kontrastní akumulace zlata exogenního původu, v permokarbonských platformních sedimentech se poměrně hojně vyskytuje klastické zlato. Během variské orogeneze došlo ke vzniku kontrastních primárních akumulací zlata, jejichž vrchní části rychle podlehly denudaci a staly se hlavním zdrojem klastického zlata v mladších sedimentech.

### 8.1. Typizace exogenních ložisek a výskytů zlata

Podle zastoupení užitkových složek lze rozsypy Českého masivu rozdělit na jednoduché (1 cenná složka) a komplexní (více cenných složek). Jako nejčastější užitkové složky doprovázející zlato v rozsypech Českého masivu byly zjištěny kasiterit, minerály wolframu, monazit, zirkon, minerály titanu, granáty aj.

Uváděná klasifikace vychází z klasifikace Smirnova (1983). Výskyty jsou do skupin členěny z hlediska stáří, geologické pozice a způsobu vzniku:

- I. Exogenní výskyty zlata ve zpevněných sedimentech proterozoika až křídý (paleorozsypy)
  - 1) předvariské paleorozsypy
  - 2) paleorozsypy vázané na kontinentální sedimenty permokarbonu
  - 3) paleorozsypy vázané na křídové sedimenty
  
- II. Exogenní výskyty v nezpevněných sedimentech terciéru a kvartéru
  - 1) výskyty in situ nebo v bezprostřední vazbě na primární zdroje (eluvia, deluvia, proluvia)
  - 2) výskyty vzniklé transportem a redepozicí
    - aluvia (sedimenty vodotečí včetně teras)
    - lakustrinní sedimenty (jezerní, mořské)
    - glaciální sedimenty (morény, fluvio-glaciální sedimenty)

### 8.2. Zlato a doprovodné minerály paleorozsypů

Morfologie zlata ze všech paleorozsypů je více méně stejná. Jde o mechanicky opracované, zaoblené, částečně jemně korodované, zprohýbané, okrouhlé i nepravidelné plíšky, někdy i oblá zrnka. Sytě zlatožlutá barva ukazuje na vysokou ryzost, často však jde jen o povrchové vrstvičky zlata vysoké ryzosti, které vznikají druhotně, vyloužením příměsí Ag z povrchových partií zlatinek. Na některých zlatinkách bývají vyvinuty žlutavé až stříbrné bílé povlaky amalgámů Au. K jejich vzniku však nedošlo působením antropogenních vlivů, jak tomu často bývá v recentních rozsypech.

Někdy bývají zlatinky z fosilních rozsypů pokryty červenohnědými a černými povlaky sekundárních minerálů Fe a Mn nebo mívají na sobě zbytky jílovitého tmelu. Ojediněle bývají do zlatinek zamáčknuta zrnka různých klastických minerálů. Největší zlatinky z paleorozsypů dosahují 2 – 3 mm, většina má však rozměry v 0,X mm.

Zlato z paleorozsypů má zpravidla vysokou průměrnou ryzost (nad 900); z příměsí obsahuje hlavně Ag a v 0,X % často i Hg. Kvantitativními spektrálními analýzami byly kromě toho zjištěny 0,00X –

0,0X % Cu, Pb a někdy i Bi, Pd, Sb, Te, V a Zn. Příměs Fe, zpravidla 0,0X – 0,X %, bývá vázána na druhotné povlaky hydroxidů železa.

Od zlata z primárních výskyty v Českém masivu se zlato z paleorozspů nápadně liší častými složitými vnitřními strukturami. Tyto struktury, charakterizované přítomností ostře ohraničených fází odlišného složení, vznikají převážně v průběhu superegenčních procesů na původních ložiskách nebo během transportu či diagenese.

Z doprovodných těžkých minerálů se nejčastěji uplatňují granáty, ilmenit, rutil, zirkon a některé autigenní minerály (oxidy a hydroxidy Fe, baryt, siderit, pyrit)

### **8.3. Zlato a doprovodné minerály rozspů v nezpevněných sedimentech**

Zlato z recentních rozspů Českého masivu je v mnoha ohledech podobné zlatu z paleorozspů, má však některé odlišnosti. Vyznačuje se širším rozmezím zrnitosti, relativně častějšími nálezy větších plíšků (velmi vzácněji i valounů), rozmanitější morfologií, pestřejším chemismem, četnějšími výskyty inkluzí a srůstů s jinými minerály, méně vyvinutými druhotnými povrchovými změnami chemického složení zlatinek a jen velmi vzácným výskytem složitých vnitřních struktur, které jsou naopak typické pro zlato z paleorozspů. Rozmanitější morfologie i zrnitost zlatinek jsou ovlivněny především menší vzdáleností od primárních zdrojů i jiným charakterem sedimentů, neboť zatímco paleorozsypy jsou převážně deltového a jezerního původu, recentní rozsypy jsou situovány v aluviích potoků a řek, příp. v deluviích a glaciofluviálních sedimentech.

Rozsypové zlatinky mívají někdy nesouvislé povlaky druhotných nerostů, hlavně limonitu a jílových minerálů, vzácněji i oxidů Mn. Sporadicky se na zlatě z recentních rozspů, pocházejících z celého území Českého masivu, vyskytují stříbřité, porézni, jemně krystalické povlaky auroamalgamů. Původ amalgamů je zřetelně druhotný, většinou asi antropogenní. Druhotného původu je také sloučenina AuSn, tvořící velmi vzácné, jemně krystalické stříbřité povlaky na zlatě (oblast Rýchor).

Těžké minerály, které doprovázejí zlato v recentních rozsypech, většinou neindikují typ původního zlatonosného výskytu, neboť jejich asociace závisí především na geologickém složení snosové oblasti, na délce transportu (postupně mizí méně rezistentní minerály) i na konkrétních podmínkách sedimentace.

### **8.4. Hlavní oblasti výskytu**

#### **8.4.1. Permokarbonské paleorozsypy**

Permokarbonské sedimenty obsahují zlato ve všech stratigrafických stupních – s výjimkou spodního vestfálu. Zvýšené obsahy zlata jsou vázány na hrubé klastické facie (slepence, arkózy) a pohybují se v množstvích X – X0 mg/m<sup>3</sup>. Zlato se vyskytuje ve dvou formách:

- volné, klastické zlato
- vázané zlato, zejména na pyrit a limonit

#### **a) Středočeské a západočeské pánve**

##### **Kladensko-rakovnická pánev**

Zlatonosnost hrubých klastických sedimentů byla sledována v 7 vrtech v severním okolí Slaného. Klastické zlato bylo zjištěno ve všech hlavních souvrstvích v obsazích od 1 do 91 ppb (průměr 8 ppb). Většina zlatinek má složení homogenní a obsahuje většinou 5 – 15 % Ag. Také bylo zjištěno elektrum.

##### **Plzeňská pánev**

Ve slepencích bazální polohy karbonu v pískovně na jižním okraji Kaznějova byl zjištěn obsah volného zlata < 1 ppb (Klomínský a kol. 1980). V koncentrátu těžkých minerálů převládají staurolit a zirkon. Zlato je představováno tenkými plíšky a zaoblenými zrnky o velikosti většinou pod 0,2 mm.

#### Radnická pánev

Obsahy volného zlata se pohybují od 13 do 454 ppb (medián 43 ppb). Zlato tvoří ohlazené, jemně korodované pokroucené plíšky a vzácněji těž zrnka o rozměrech 0, X mm. Zlato z karbonského reliktu je zavlečeno i do aluvia blízkého potoka Velká Radná, obdobně se dají najít i v aluviu potoka Škareda pod Radnicemi.

#### Karbonský relikt u Křivců

Karbonské sedimenty tvoří sz. od Křivců tektonicky omezený relikt. Jedná se o výplň starého říčního koryta a jeho povrch, pokrytý zvětralinovým pláštěm, je silně kontaminován historickou hornickou činností. Psamitické až psefitické sedimenty jsou charakterizovány nepatrnými obsahy klastického zlata, v průměru 5 ppb. Lokálně jsou vyvinuty obohacené slepencové polohy s 28 – 211 ppb. Zlato tvoří zprohýbané, zaoblené a mechanicky opracované okrouhlé plíšky a oblá zrnka, většina zlatinek má rozměry v 0, X mm. Zlato má vysokou průměrnou ryzost (942).

#### Manětínská pánev

Na lokalitě Manětín sledují staré kutací práce na zlato výchozy fosilně rozvětralých slepencových poloh a aluvia drobných vodotečí v širší oblasti mezi Špankovem, Nečtinami a Manětínem. Zlato z manětínské pánve obsahuje v průměru 95,6 % Au, 4 % Ag a 0,4 % Hg.

#### b) Podkrkonošská pánev

Ve srovnání s některými pánvemi středoevropského permokarbonu je podkrkonošská pánev na zlato chudší. Jedinou lokalitou, ze které je těžba zlata doložena a potvrzena novým výzkumem, je Stupná u Nové Paky, předmětem těžby však byla epigenetická zlatonosná mineralizace, vázaná na melafyrový vulkanismus.

#### c) Dolnoslezská pánev

V české části dolnoslezské pánve jsou uváděny výskyt zlata v širším okolí Trutnova (Zlatá Olešnice, Libeč, Voletiny, Debrné, Křenov). Zlato bylo ověřeno v aluviálních náplavech říčky Ličné mezi Bernarticemi a Libčí a v potoce pod Zlatou Olešnicí. Jde o opracované plíšky, zrnka a zaoblené agregáty velikosti většinou okolo 0,2 – 0,4 mm. Složení jednotlivých zlatinek je značně rozdílné, od ryzího zlata až po elektum.

#### 8.4.2. Rozsypy v křídových sedimentech

Fosilní rozsypy s malým obsahem volného zlata byly popsány z bazálních slepenců mořského cenomanu v oblasti severočeské křídý na ložisku Hamr u České Lípy. Analyticky zde byly zjištěny obsahy 50 – 130 ppb (Novák – Jansa 1985 in Morávek 1992). Zlatinky tvoří nepravidelné, značně korodované plíšky o rozměrech do 0,125 mm. Kromě klastického zlata je přítomno také zlato autigenní. Původ zlata je vysvětlován regenerací ze zmíněných cenomanských rozsypů, případně též z podloží, následkem epigenetických procesů, které vedly ke vzniku U,Zr – mineralizace.

Klastické zlato bylo také nově nalezeno v písčítých sedimentech u Kozohlod a u Přibyslavic na Čáslavsku (Holub a Procházka 1978 in Morávek 1992) a indicie zlata byly zjištěny šlichovou prospekci při okrajích české křídové pánve na Skutečsku (Tenčík a kol. 1982 in Morávek 1992).

#### 8.4.3. Rozsypy v terciérních sedimentech

V terciérních sedimentech bylo volné zlato zatím zjištěno pouze ojediněle ze starosedelských pískovců, ze sedimentů jihočeských pánví a z nezpěvněných sedimentů z oblasti Českomoravské vrchoviny. Zvýšené obsahy zlata byly zjištěny i v hnědém uhlí mostecké pánve: 20 – 700 ppb Au v popelu uhlí z vrtu.

#### 8.4.4. Rozsypy v kvartérních sedimentech

Nejrozsáhlejší exogenní akumulace zlata jsou v kvartérních uloženinách. Menší část těchto výskytů je vyvinuta v eluviích a deluviích v bezprostřední vazbě na významnější primární ložiska zastížená

erozním řezem. Obsah zlata se pohybuje v závislosti na kovnatosti primárních rudnin v rozmezí desetin až několika g/t.

Nejrozšířenější formou výskytu zlata jsou aluvia. Jsou vázány na relativně nevytříděné sedimenty vodotečí, výplně údolních niv a šterkové horizonty říčních teras. Zlato se koncentruje hlavně v blízkosti skalního podkladu. Distribuce zlata je proměnlivá, v závislosti na morfologii a sedimentologických poměrech se lokálně mohou vytvářet úseky s extrémními obsahy zlata (v g/m<sup>3</sup>).

#### a) Jižní a jihozápadní Čechy

Téměř všechny jihočeské řeky včetně četných přítoků jsou zlatonosné. Nejvýznamnější oblastí výskytu rozsypů byly náplavy Otavy, dále Blanice, Lužnice, Slaník, Volyňky a Vltavy. Největší koncentrace rýžovišť byla na Otavě v okolí Sušice, Horažďovic, Katovic, Strakonice, Protivína a Pisku, zlatonosné rozsypy sahaly z oblasti středního toku vodotečí až k primárním ložiskům Kašperských hor, Rejštejna a Křemelné do nadmořských výšek přes 900 m a často pokrývaly i deluviální a eluviální sedimenty primárních výskytů.

V povrchových partiích aluvií Otavy, Blanice a Volyňky byly zjištěny koncentrace volného zlata 8 – 40 mg/m<sup>3</sup>, v hloubce 3 m 640 mg/m<sup>3</sup> (Krejčí 1904, 1907 aj in Morávek 1992). Při prozkoumání průřezu lokalit Katovice, Strakonice, Slaník, Modlešovice a Štěkeň z hloubek 3 – 5 m byla zjištěna průměrná zlatonosnost 85 mg/m<sup>3</sup>. Zlatonosný rozsyp u Horažďovic je situován v bezprostřední blízkosti města. Zvýšené obsahy zlata jsou vázány na kvartérní šterky a písky a terciérní jílovité a písčité sedimenty. Výzkum prováděný Mosteckou uhelnou akciovou společností vykázal průměrný obsah 780 mg/m<sup>3</sup> Au.

#### b) Střední Čechy

Středočeská oblast je druhou nejvýznamnější oblastí výskytu sekundárních akumulací zlata. Rýžoviště se táhla podél toku Vltavy až k Praze a byla situována i na většině ostatních významnějších vodotečích – na dolním toku Sázavy, Želivky, podél Blanice, Kocáby, Mastníku, Skalice a řady dalších toků.

Rýžoviště se na Vltavě vyskytovala mezi Sloupem, Klínцем a Všenory (Klomínský a kol. 1983 in Morávek 1992), mezi Vraným a Davlí, u Štěchovic, mezi Cholinem a Křepeňicemi, u Kamýku, Orlika a jinde. V povodí Kocáby se rýžoviště táhla až k pramenné oblasti, na Sázavě byla hlavní oblast mezi Pikovicemi a Žampachem. Zlatonosné rozsypy jsou popisovány i na Lišnickém a Bohostickém potoce. V povodí Skalice byla rýžoviště situována zejména u Vranovic, Mitrovic, Nercestů, v okolí Březnice a u Mirovic.

#### c) Českomoravská vrchovina

Nejvýznamnějším ložiskem je rýžoviště u Podmok. Zlato je vázáno na polohu nevytříděných sedimentů, šterků a písků 0,2 – 0,6 m mocnou. Obsah zlata je až 2 g/t a v rozsypu se vyskytují 2 druhy

- silně opracované zlatinky s vysokou ryzostí
- relativně neopracované elektrum, místy srůstající s křemenem

Menší výskyty zlata byly ověřeny i v oblasti Nové Cerekve a Valch (Litochleb 1980 in Morávek 1992) a dokumentovány jsou např. i v oblasti Opatov – Předín, Zlátenka, v širším okolí Humpolce aj.

#### d) Slezsko

Pozůstatky rýžování na severní Moravě jsou soustředěny zejména ve vrbenské a zlatohorské oblasti. Jde především o zlatonosné aluviální sedimenty, části jsou zlatonosné kvartérní výplně koryt vodních toků lokalizovány v podloží fluvio-glaciálních uloženin (Rajlich 1974 in Morávek 1992), zlatonosná jsou i některá deluvia a proluvia. Bezsporu nejvýznamnější sekundární výskyt v celé slezské oblasti je situován v nezpevněných sedimentech glaciálního a fluvio-glaciálního původu v s. a sz. okolí Zlatých Hor – tzv. Pinginfeld.

## 9. ZÁVĚR

Rozsypy tvoří nezanedbatelný podíl výskytu těžby zlata ve světě. Lze je klasifikovat podle mnoha parametrů, např. podle místa vzniku (aluviální, eluviální, plážové, eolické...), podle doby vzniku (moderní a fosilní) apod. Všechny rozsypy mají ale společné to, že vznikají spolupůsobením dvou hlavních faktorů: gravitace a činností povrchových vod, primárním činitelem je pak zvětrávání.

Minerály, které se akumulují v rozsypech, musí splňovat určité vlastnosti: velkou hustotu, chemickou odolnost a dostatečnou fyzikální pevnost. Zlato všechny tyto podmínky splňuje.

Vznik rozsypových ložisek je komplexní záležitost, založená na oddělení lehkých a těžkých minerálů během sedimentace. Třídícími mechanismy jsou ukládání zrn, výzdvih částic, sřížné napětí a diferenciální transport.

Rozsypy zlata se vyskytují i u nás a dokonce jsou nejrozšířenějším typem výskytu tohoto kovu v Českém masivu. Nejčastěji jsou to rozsypy recentní aluviální. Největší množství rozsypového zlata je pak situováno ve středních a jižních Čechách.

## 10. POUŽITÁ LITERATURA

Boyle R. W., 1979. The geochemistry of gold and its deposits (together with a chapter on geochemical prospecting for the element). Ministry of Supply and Services Canada, Ottawa, 584 str.

Gilbert J. M., Park C. F., 1986. The geology of ore deposits. Library of Congress Catalogizing in Publication Data, 985 str.

Jadeicková L., 2004. Nerosty a horniny. Ottovo nakladatelství, s. r. o., Praha, 191 str.

McLeod C. R., Morison S. R., 1996. Placer gold, platinum. In: Eckstrand O. R., Sinclair W. D., Thorpe R. I. (eds.) Geology of Canadian mineral deposit types. Geological Survey of Canada, Geology of Canada, 8, 23 – 32.

McReady A. J., Parnell J., Castro L., 2003. Crystalline placer gold from the Rio Neuquén, Argentina: implications for the gold budget in placer gold formation. Economic Geology, 98: 623 – 633.

Miller J. W., Callahan J. E., Craig J. R., 2002. Mercury interaction in simulated gold placer. Applied Geochemistry, 17: 21 – 28.

Morávek P. et al. 1992. Zlato v Českém masivu. Vydavatelství Českého geologického ústavu, Praha, 284 str.

Robb L., 2007. Introduction to ore-forming processes. Blackwell Publishing, 373 str.

Smirnov V. I., 1983. Geologie ložisek nerostných surovin. SNTL, Praha, 654 str.

Yeend W. E., 1986. Descriptive model of placer Au – PGE. In: Cox D. P., Singer D. A. (eds.) Mineral deposit models. U. S. Geological Survey, Bulletin 1693, 261.

