

RNDr. Michal Ř e h o ř , VÚHU

Geomagnetické metody průzkumu při řešení provozních problémů

SHR

Geomagnetický průzkum pravděpodobně patří k nejstarším geofyzikálním metodám. Jeho první použití můžeme klást už do XVI. století, kdy švédští horníci hledali kompasem mělce uložené magnetické železné rudy /3/. Tento přístroj však byl málo citlivý. Až rozvoj techniky ve druhé polovině XIX. století umožnil konstrukci přístrojů vhodných pro magnetickou prospekci. Magnetické váhy a později protonový magnetometr umožnily urychlit a zpřesnit terénní měření a podstatně tím rozšířily škálu řešených problémů.

Klasickým úkolem geomagnetických metod zůstává i nadále vyhledávání hospodářsky významných ložisek železných rud. K dalším důležitým úlohám dnes patří například studium anizotropie susceptibility hornin, paleomagnetický výzkum, pomoc při regionálním geologickém průzkumu a vyhledávání rudných ložisek, vázaných na horniny o kontrastní magnetizaci vůči svému okolí. Významné jsou také možnosti pozemní magnetometrie při řešení negeologické problematiky, jako je vyhledávání neexplo-dovaných leteckých bomb, archeologický průzkum a obnovování ztracené lokalizace různých technických zařízení.

Některé z těchto úkolů jsou aktuální i v Severočeském hnědouhelném revíru. Jde především o průzkum lokalit čediče vhodných pro těžbu podsypových materiálů, vyhledávání neexplo-dovaných leteckých bomb a obnovování ztracené lokalizace zapa-žených vrtů. Uvedenými problémy se v současné době zabývá od-dělení geofyziky Výzkumného ústavu pro hnědé uhlí, které je vy-baveno potřebnou přístrojovou technikou.

Princip geomagnetických metod

Podstatou geomagnetického průzkumu je zkoumání některé složky zemského magnetického pole. Přístrojové vybavení oddělení geofyziky umožňuje sledovat totální složku intenzity geomagnetického pole I , vertikální složku intenzity geomagnetického pole Z a gradient $\frac{\delta}{\delta z}$ (T).

Velikost měřených hodnot uvedených veličin závisí na hodnotě $\vec{M}$ celkové magnetizace horniny, která je vektorovým součtem indukované a remanentní magnetizace $\vec{M}_i + \vec{M}_n$. Hodnoty $\vec{M}_i$ a $\vec{M}_n$ jsou dány současnou hodnotou intenzity magnetického pole Země na lokalitě a magnetickými vlastnostmi hornin (případně jiných hledaných objektů). Tyto vlastnosti vyjadřuje především objemová susceptibilita χ /5/. Vliv drobných změn intenzity magnetického pole Země se eliminuje opakovaným měřením na základním bodě. Výsledkem terénního průzkumu jsou tedy hodnoty I (nT), případně Z_r (nT). Z takto získaného souboru se statisticky určí normální hodnota I_n (event. Z_{rn}) pro zájmové území. Podle vztahů

$$\Delta I = I - I_n \quad /1/$$

$$\Delta Z_a = Z_r - Z_{rn} \quad /2/$$

pak lze stanovit hledané anomální hodnoty ΔI , ΔZ_a . Při gradientovém měření v podstatě zjišťujeme diferenci hodnot pole I ve dvou různých výškových hladinách. Proto v tomto případě není nutné opakované měření na základním bodě a získané hodnoty se dále neupravují.

V podmínkách Severočeského hnědouhelného revíru není možné na řadě lokalit sledovat totální složku intenzity geomagnetického pole protonovým magnetometrem. Je to dáno silnými rušivými poli. Při zjišťování změn vertikální složky intenzity pole se používá dnes již zastaralých torzních Z-vah, což značně zpomaluje průběh terénních prací (doba měření minimálně 30 s

na bod). Vzhledem k nevýhodám uvedených metod stoupá význam gradientových měření, především při práci v těsné blízkosti lomových provozů.

Oddělení geofyziky VÚHU v současnosti disponuje protonovým gradiometrem OMNI - PLUS firmy EDA (umožňuje měřit hodnoty T a $\frac{\partial}{\partial z} T$) a torzními Z-vahami (umožňuje měřit hodnotu Z_T). Práce oddělení se soustřeďuje na tři hlavní oblasti. Jde o vyhledávání a průzkum čedičových těles, vyhledávání neexplodovaných leteckých bomb a obnovování ztracené lokalizace zapážených vrtů.

Průzkum čedičových těles

V Severočeském hnědouhelném revíru jsou stále žádané horniny, které lze využít jako surovinu podsypových materiálů. Zatím mají vzhledem ke svým výhodným technologickým vlastnostem největší význam vypálené jíly. Jejich ložiska se však postupně vyčerpávají. Proto je potřebné včasné vyhledávání lokalit vulkanitů, které lze rovněž použít pro těžbu podsypových materiálů.

Čedičová tělesa jsou vázána na oblast Českého středohoří. Jde o komplex neovulkanitů, situovaný při okraji severočeské pánve. Geologické formy neovulkanitů zde reprezentují pně, kupy a lakolity, pravé i ložné žíly a přírodní kanály. Olivinické čediče tvoří v Českém středohoří asi dvě třetiny neovulkanitů a jejich technologické vlastnosti jsou poměrně výhodné /5/. Z těchto důvodů se ložiska čediče pro těžbu podsypových materiálů využívají. Nejčastěji jde o přírodní kanály obklopené zahliněnými sutěmi, hlínami a jílovitými horninami.

Volba vhodné metodiky geofyzikálního průzkumu je dána především fyzikálními vlastnostmi hornin v zájmovém území. Výhodnost aplikace geomagnetických metod plyne z tabulky 1, kte-

rá je sestavena na základě starších prací /2/. Možnosti geomagnetického průzkumu byly ověřovány na lokalitách Mnichovec, Březový vrch a Skalka. Na všech lokalitách byly zjišťovány hodnoty ΔZ_a , na Skalce navíc i hodnoty ΔI a $\frac{\partial}{\partial z} I$.

Vždy se měřilo na předem vytyčených profilech. Podle rozsahu území byla volena pravidelná síť profilů vzdálených od sebe 50 m nebo byly profily vedeny paprskovitě ze středu oblasti ve směrech S-J, Z-V, SZ-JV, SV-JZ. Krok měření činil 5 m nebo 10 m. Při průzkumu torzními Z-vahami byla rychlost měření přibližně 30 s na bod, při průzkumu protonovým magnetometrem 10 s na bod.

Při vyhodnocení byly vypočteny hodnoty ΔZ_a a ΔI . Následně byly vyneseny křivky ΔZ_a , ΔI a $\frac{\partial}{\partial z} I$ nad profily a sestaveny mapy izolinií. Pomocí hodnot ΔZ_a se vždy podařilo poměrně přesně ohraničit čedičové těleso. Hodnoty ΔI získané na lokalitě Skalka vedly k podobnému výsledku. Měření I však nebude možné na některých lokalitách využít vzhledem k rušivým polím v blízkosti lomových provozů. Hodnoty $\frac{\partial}{\partial z} I$ poskytují dobré výsledky v případě ostře ohraničených homogenních těles. Ve složitějších případech je křivka $\frac{\partial}{\partial z} I$ značně nepřehledná. Velmi dobře se osvědčila kombinace geomagnetického průzkumu a elektromagnetického průzkumu aparaturou EM-34-3, kterým lze zjistit měrný odpor horninového prostředí ρ_z . Touto kombinací metod lze spolehlivě odlišit zahliněné čedičové sutě od pevných čedičů a jílovitých hornin. Sutě jsou totiž charakteristické výraznou magnetickou anomálií, odporově se však blíží spíše jílovitým horninám. Dokumentuje to obr. 1, kde jsou ukázány křivky ΔI , $\frac{\partial}{\partial z} I$ a ρ_z nad profilem v oblasti lokality Skalka. Postup interpretace na lokalitě Březový vrch je uveden na obr. 2.

Celkové zkušenosti s aplikací geomagnetických metod na lokalitách čediče jsou tedy velmi dobré. V komplexu s elektromag-

netickým profilováním se vždy podařilo ohraničit čedičové těleso a vymezit přibližně oblastí sutí. Měření je dostatečně rychlé a efektivní. Uvedenou metodiku lze využívat v letním i zimním období.

Vyhledávání neexplodovaných leteckých bomb

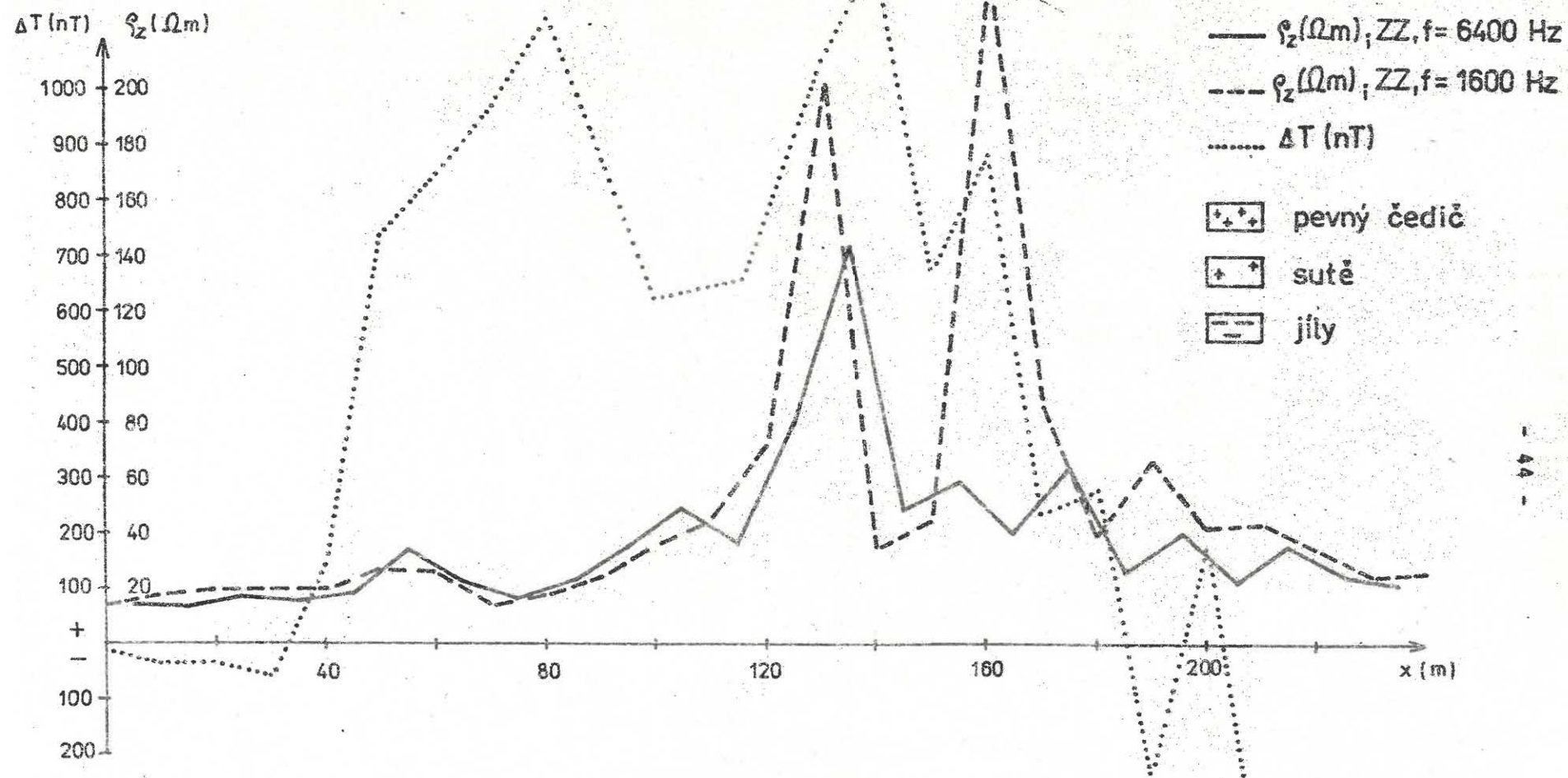
Jednou z významných překážek při provádění zemních prací jsou neexplodované letecké bomby a munice, především z druhé světové války. V oblasti Severočeského hnědouhelného revíru začal být tento problém aktuální vzhledem k chystanému rozšíření Lomu Most do pole Kopisty. Postupně bude nutné provést pyrotechnický průzkum předpolí až k objektu Chemických závodů v Záluží, který byl za války intenzivně letecky bombardován /1/. Oddělení geofyziky VÚHU získalo určité zkušenosti s vyhledáváním neexplodovaných leteckých bomb na osmi zájmových územích v oblasti Chebu /1/. Práce na lokalitě Kopisty byly zahájeny až koncem roku 1988.

Geomagnetický průzkum je základní metodou pro vyhledávání neexplodovaných bomb. Při dostatečně husté síti měření lze detekovat všechny feromagnetické materiály, jež se nacházejí v bezprostřední blízkosti. Ocelový plášť bomby způsobuje značnou magnetickou anomálii.

Na lokalitách v oblasti Chebu byla vždy zjišťována vertikální složka intenzity geomagnetického pole Z torzními Z -vahami. Bylo měřeno v síti bodů $5 \times 2,5$ m a interpretací byla získána mapa izolinií ΔZ_a . Výsledkem pak byla mapa nalezených anomálií. Neexplodovaná bomba nebyla dosud nalezena, pouze v několika případech střepiny. Hloubkový dosah průzkumu činil 3 metry. Vyhodnocení bylo podstatně zkvalitněno v případech stržení povrchu terénu vzhledem k odstranění drobného kovového odpadu.

Situace na lokalitě Kopisty je mnohem složitější. Požadovaný hloubkový dosah průzkumu činí minimálně 10 m, což zatím

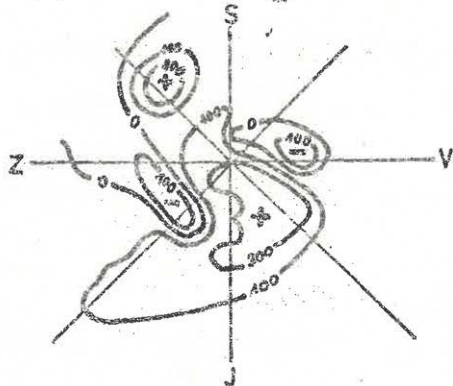
leden 1989



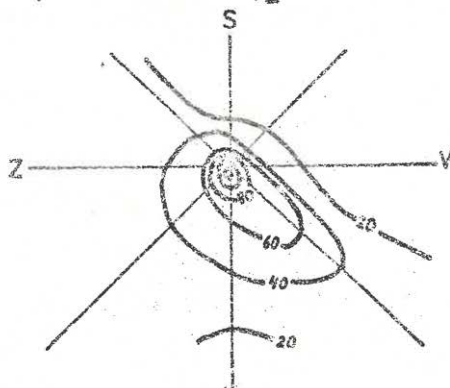
Obr. 1 - Křivky ρ_z a ΔT nad čedičovým tělesem a sutěmi

BŘEZOVÝ VRCH listopad 1987

a) mapa izolinií ΔZ_d (nT)



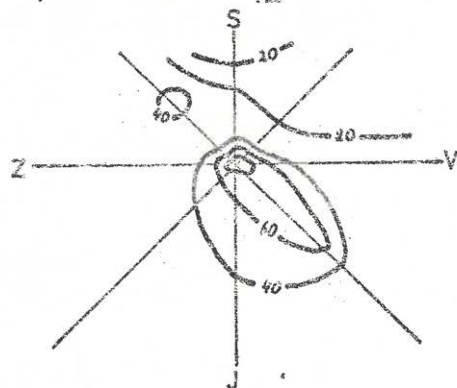
b) mapa izolinií ρ_z (Ωm)



ZZ, $f = 6400$ Hz

hl. dosah 15 m

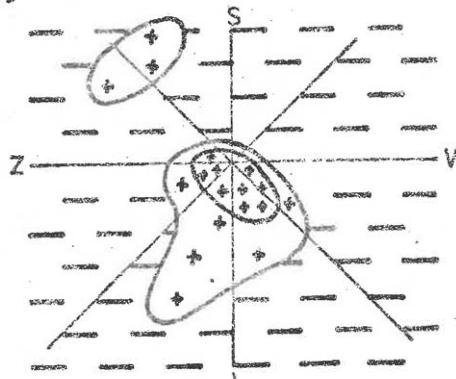
c) mapa izolinií ρ_z (Ωm)



ZZ, $f = 1600$ Hz

hl. dosah 25 m

d) vyhodnocení



— gf. profil

 pevný čedič

 sutě

 jíly

žádná aparatura nedovoluje. Stejnoseměrná elektrifikace blízkého dolu a další zdroje vyvolávají magnetické rušení až ± 500 nT, které znemožňuje sledování totální složky geomagnetického pole /4/. Ještě závažnějším problémem jsou nesčetné umělé nehledané objekty (koleje, potrubí atd.), které svými intenzivními anomáliemi zastiňují účinek těles hledaných.

V oblasti Kopist byl v roce 1988 proměřen přibližně 1 ha zájmového území. Kromě toho proběhlo několik měření malého rozsahu pro zajištění zemních prací (většinou kalojemy). Zjišťovaly se hodnoty ΔT a $\frac{\partial}{\partial z} T$. Hodnoty ΔT v podstatě nebyly při

vyhodnocení použitelné vzhledem k silnému rušení. Interpretace se opírala o gradientové měření. Vzhledem k velkému množství kovového odpadu se však přibližně čtvrtina proměřené plochy jeví jako anomální /6/. Výsledky proto nejsou prakticky použitelné. Úspěšnější byla měření malého rozsahu. Vždy se podařilo najít oblast bezpečnou pro vyhloubení kalojemu. Výhodné bylo využití detektoru kovů při ověřování povrchových anomálií.

Dosavadní výsledky geofyziky jsou tedy určitým přínosem, obtížnou situaci v oblasti lokality Kopisty však neřeší.

Obnovení ztracené lokalizace zapažených vrtů

Tato problematika patří k okrajovým úkolům geomagnetického průzkumu, v podmínkách SHR však má určitý význam. V 70. letech a na počátku 80. let byly torzními Z-vahami vyhledávány kovové předměty v předpolí velkostrojů. V současnosti se práce soustřeďují na lokalizaci ztracených zapažených vrtů. Jejich vyhledávání je nutné především vzhledem k nebezpečí kontaminace teplických termálních pramenů povrchovými vodami.

Geomagnetické metody jsou výhodné, protože kovový materiál pažnic způsobuje výraznou magnetickou anomálii. Lze zjišťovat

hodnoty ΔZ_a , $\frac{\partial}{\partial z} T$ a v případě malého rušení i ΔT .

Zatím byly geofyzikou VÚHU na základě tří požadavků Báňských staveb Most nalezeny tři vrty. Ve všech případech byla sledována vertikální složka geomagnetického pole a počítána anomálie ΔZ_a . Měřilo se v síti 2,5 x 2,5 m a při interpretaci byla sestavena mapa izolinií ΔZ_a . Jako velmi užitečná se ukázala kombinace geomagnetického měření a průzkumu detektorem kovů. Tento detektor umožnil vyčištění okolí vrtu od drobného kovového odpadu a v jednom případě jím byla přímo nalezena mělce umístěná pažnice.

Terénní měření prokázalo velmi dobré možnosti geofyziky při řešení této problematiky. Podmínkou úspěchu je uložení horního okraje pažnice v hloubce maximálně tři metry. Obrázek 3 ukazuje interpretaci měření na lokalitě Hájniště /1/.

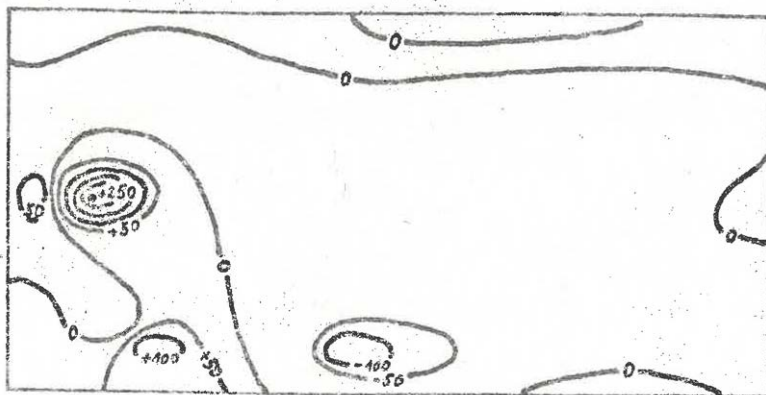
Perspektivy geomagnetického průzkumu v SHR

V blízké budoucnosti se pravděpodobně zvětší podíl geomagnetického průzkumu na řešení všech uvedených problémů. Největší důraz se bude klást na vyhledávání neexplodovaných leteckých bomb, které je zařazeno mezi výzkumné úkoly na další období. Vyhledávání čedičových těles a obnovování ztracené lokalizace zapazených vrtů bude řešeno jako přímá pomoc provozním podnikům a v rámci zakázkové činnosti. V budoucnu by bylo vhodné rozšířit škálu řešených problémů o pomoc při archeologickém průzkumu. Vzhledem k množství lokalit přímo ohrožených těžbou by to bylo záslužné.

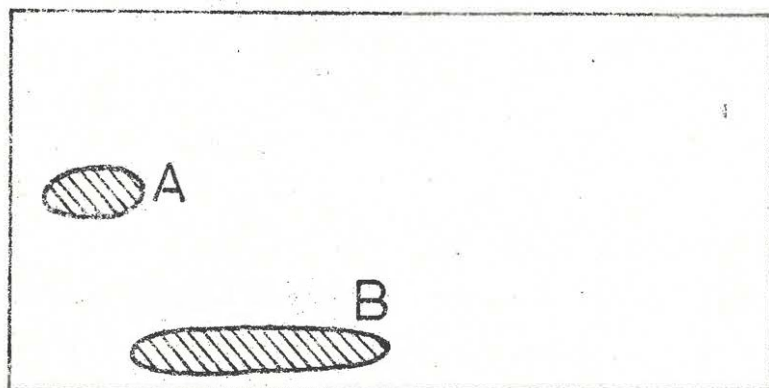
HÁJNIŠTĚ

srpen 1986

a) mapa izolinií ΔZ_a



b) vyhodnocení



0 5m

— hranice proměřovaného území

- - - izolinie ΔZ_a (nT)

A anomální oblast (hledaný vrt)

B anomální oblast (pažnice)

Obr. 3 Vyhodnocení geomagnetického průzkumu na lokalitě
Hájniště

Tabulka 1

Některé fyzikální vlastnosti hornin v zájmovém území

Hornina	Hustota (kg.m^{-3})	Objemová suscep- tibilita $\cdot 10^5$ (SI)	Měrný odpor ρ ($\Omega.m$)
pevný čedič	2510 - 3150	250 - 2500	$10^2 - 10^5$
sutě	kolísá	200 - 2500	$75 - 10^2$
jíly, jílovce	1500 - 2800	0 - 50	$10 - 10^2$
hlíny	1200 - 2600	0 - 50	$10 - 10^2$