

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra aplikované ekologie**



**Bakalářská práce**

**Vliv výsypkových vod z výsypky Erika na kvalitu vody v řece  
Svatavě**

**Vedoucí práce: Ing.Bc. Jiřina Ticháčková**

**Bakalant: Jiří Semotam**

**ČZU 2014**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra aplikované ekologie

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Semotam Jiří

Územní technická a správní služba - kombinované Karlovy Vary

Název práce

**Vliv výsypkových vod z výsypky Erika na kvalitu vody v řece Svatavě**

Anglický název

**Influence of dump water from the dump Erika on water quality in the river Svatava**

---

### Cíle práce

1. Popsat vznik a výskyt výsypkových vod
2. Analyzovat složení vody v řece Svatavě a vyhodnotit vliv těžby hnědého uhlí na kvalitu vody
3. Porovnat zjištěné parametry vody v řece Svatavě s podobnou problematikou ve světě
4. Analyzovat možnosti snižování koncentrací znečišťujících látek ve vztahu s dostupnou technologií

### Metodika

Jelikož se jedná o rešeršní práci, metodika je založena na shromažďování literárních dat a vyhodnocení dostupných výsledků.

### Harmonogram zpracování

květen - prosinec 2013 - shromažďování dat  
leden - březen 2014 - sepsání bakalářské práce

### **Rozsah textové části**

40 stran včetně příloh

### **Klíčová slova**

těžba hnědého uhlí, kvalita vody, řeka Svatava , znečištění

---

### **Doporučené zdroje informací**

Bejšovec, Z. et Millíč, J., 1994: Zhodnocení vodního režimu v okolí vytypovaných zbytkových jam vlivem ukončení těžební činnosti. závěrečná zpráva PO2 Hydrologie jako limitující faktor těžební činnosti v Sokolovské pánvi. VÚHU Most, pp.5 -18

Frouz, J., 1999: Návrat přírody do krajiny poznamenané těžbou uhlí, Sokolovská uhelná a.s., Formica, v.o.s., Sokolov pp.15

Pitter, P., 1999: Hydrochemie - Vydavatelství VŠCHT, Praha

Malkovský, M., 1985: Geologie severočeské hnědouhelné pánve a jejího okolí, Ústřední ústav geologický, Praha 1985

---

### **Vedoucí práce**

Ticháčková Jiřina, Ing. Bc.

---

Elektronicky schváleno dne 22.1.2014

**prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22.1.2014

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Děkan fakulty

---

**Čestné prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma:

**Vliv výsypkových vod z výsypky Erika na kvalitu vody v řece Svatavě**

vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce Ing.Bc. Jiřiny Ticháčkové a uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Praze 9.4. 2014

.....

### **Poděkování:**

Děkuji vedoucí bakalářské práce Ing.Bc. Jiřiny Ticháčkové za odbornou pomoc, vstřícný přístup a odborné informace. Také bych chtěl poděkovat kolektivům ze společnosti Sokolovská uhelná, a.s. a Povodí Ohře za poskytnuté materiály a informace ke zpracování této bakalářské práce.

*Vliv výsypkových vod z výsypky Erika na kvalitu vody v řece Svatavě*

*Influence of dump water from the dump Erika on water quality in the river  
Svatava*

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá kvalitou důlních a výsypkových vod v Sokolovské pánvi, konkrétně ve výsypce a bývalém pískovcovém lomu Erika a následně jejich výsypkovými vodami, které stékají do nedaleké řeky Svatavy.

Důlní a výsypkové vody jsou zvláštní svým složením, a proto je třeba se znečištěnými vodami a jejich kvalitou zabývat. Tento problém je řešen všude na celém světě, kde probíhá nebo probíhala těžba nerostných surovin.

**Klíčová slova:** těžba hnědého uhlí, výsypka, kvalita vody, řeka Svatava, znečištění

## **Abstract**

This thesis regards quality of mine and dump water in Sokolov basin area, specifically in dump and former sandstone mine Erika. It also regards it's dump waters which flow from there to close river Svatava.

Mine and dump waters are interesting for it's structure, which is why it's necessary to deal with impure water and it's quality. This is an issue that is being dealt with world wide, everywhere, where there are or used to be mineral mines

Keywords: lignite mining, dump, water quality, Svatava river, pollution



## OBSAH

1. Úvod	11
2. Cíle práce	12
3.1. Základní pojmy	13
3.2. Sokolovská pánev	14
3.3. Těžba na Sokolovsku	15
3.4. Doly, výsypky a jejich charakteristika	16
4. Důlní a výsypkové vody	17
4.1. Vznik důlních a výsypkových vod	18
4.2. Složení, vlastnosti a sledované hodnoty	19
4.2.1. Senzorické vlastnosti	19
4.2.2. Mikrobiologické vlastnosti	20
4.2.3 Fyzikální a chemické vlastnosti	22
4.2.4. Organické látky	23
4.2.5 Anorganické látky	23
4.2.6. Aktivita radia	25
4.2.7. Nerozpuštěné látky	26
4.2.8. Rozpuštěné látky	26
5. Prevence kyselých důlních a výsypkových vod, rekultivace	26
5.1. Prevence	26
5.2. Rekultivace	27
5.2.1. Rekultivace lomů	27
5.2.2. Rekultivace dolů	37
5.2.3. Druhy rekultivací	28
6. Popis vybrané lokality	29
6.1. Řeka Svatava	29
6.2. Výsypka a pískovna Erika	30
6.2.1. Výsypka Erika	30
6.2.2. Pískovna Erika	34

6.3. Odebírání vzorků	35
6.4. Výsledky rozborů vzorků vod za rok 2013	38
6.5. Podobná problematika ve světě	42
7. Alternativy čištění důlních a výsypkových vod	43
7.1. Úpravna důlních vod Svatava	45
7.2. Čištění důlních vod ve světě	48
8. Diskuse	50
9. Závěr	51
10. Přehled literatury a zdrojů	52

## 1. Úvod

Důlní a těžební práce jsou již z doby historické antropogenní činností, která do velké míry ovlivňuje charakter a ráz krajiny.

S dobýváním nerostných surovin úzce souvisí i fakt, do jaké míry je krajina zdevastována. Je nutno řešit, jak naložit s vytěženou hlušinou, jak doly a lomy navrátit do původního stavu, jakým způsobem zrekultivovat krajinu. Při těžbě jsou doprovodným faktorem výsypkové vody, které mají své specifické složení. Obsahují například vysoké koncentrace železa a manganu a mohou tak negativně ovlivňovat vodní toky v dané oblasti.

Proto je nutné je sledovat kvalitu těchto vod a upravovat je tak, aby byly vhodné k dalšímu využití nebo následnému vypuštění zpět do toků, či k dalšímu využití.

V dnešní době je nezbytné starat se o životní prostředí jako celek při trvale udržitelném rozvoji a zachovat tak planetu a funkce ekosystémů pro následné generace.

## **2. Cíle práce**

Cílem mé bakalářské práce je popsat vznik a výskyt důlních a výsypkových vod, dále analyzovat složení vody v řece Svatavě a vyhodnotit vliv těžby hnědého uhlí na kvalitu vody, porovnat zjištěné parametry v řece Svatavě s podobnou problematikou ve světě a analyzovat možnosti snižování koncentrací škodlivých látek ve vztahu s dostupnou technologií.

### **3.1. Základní pojmy**

#### **Těžba uhlí**

Proces, při kterém se získává ze svrchní části zemské kůry surovina (v případě Sokolovské pánve hnědé uhlí). Dle způsobu těžby ji lze rozdělit na hlubinnou a povrchovou.

#### **Lomy**

Lom můžeme charakterizovat jako důl povrchový, který slouží k získávání uhlí, kamene, kaolínu a jiných nerostných surovin. Jedná se zpravidla o stavební materiály ať již pro hrubé stavby nebo pro okrasné účely jako jsou například stěrky, mramory, pískovce, břidlice, žula a jiné.

#### **Doly**

Důl je prostor charakteristický svým nerostným bohatstvím, jde o prostor, z něhož těžíme například uhlí nebo jiné rudy.

Povrchové doly: těžba se provádí odkrýváním jednotlivých vrstev zeminy. Těžbou a ukládáním skrývkové zeminy dochází ke změně krajiny. Touto antropogenní činností vznikají krajinné prvky jako zbytkové jámy, výsypky vnější i vnitřní atd. Tyto útvary lze rozdělit do tří hlavních typů, jako jsou rozsáhlé velkolomy a výsypky tvořené zeminou a propadliny, které jsou důsledkem hlubinné těžby, často bývají zaplněny bezodtokovou vodou (Bejček et al., 1999).

Důlní oblasti se vyznačují provozováním těžké techniky, která do jisté míry dokáže změnit ráz krajiny (zhutnění půdy) (Schröder et al., 2010).

Hlubinné doly: těžba zde probíhá v podzemí, k tomu slouží systém štol a šachet. Rozumíme tím tedy hlubinné dobývání k získání různých nerostných surovin v podzemí hornickou činností (Švéda, 1987).

K hlubinné těžbě v ČR dochází dnes už jen na Ostravsku a Kladensku.

## **Výsypka**

Jiným názvem někde uváděna také jako kypa nebo odval, aj. Jedná se o velké nahromadění sypkého materiálu, který je vedlejším produktem při jakékoliv těžbě nerostných surovin. Výsypka tedy slouží jak k dočasnému, tak i trvalému uložení skrývkového materiálu. Má charakter antropogenního krajinného rázu, obsahuje nadložní i podzemní vrstvy vytěžené z hlubinných dolů, ale i z povrchových lomů (Bejček et al., 1999).

Dle umístění lze výsypku charakterizovat ještě jako vnější (blízké okolí těžby) a vnitřní (místo, kde se již těžilo).

## **Skrývka**

Vrstva horniny neboli nadloží, které je třeba odstranit při počátku těžby z dané těžební oblasti. Odstraňuje se zpravidla na výsypky, zejména těžkou technikou.

## **Rekultivace**

Proces, jehož se využívá zejména po nevhodné antropogenní činnosti, jako jsou těžby a lomy. Jedná se o snahu navrátit původní krajinný ráz oblasti nebo se alespoň k němu přiblížit. Často se využívá přeměny v rekreační oblasti (jezera, golfové hřiště), pole, lesy, aj.

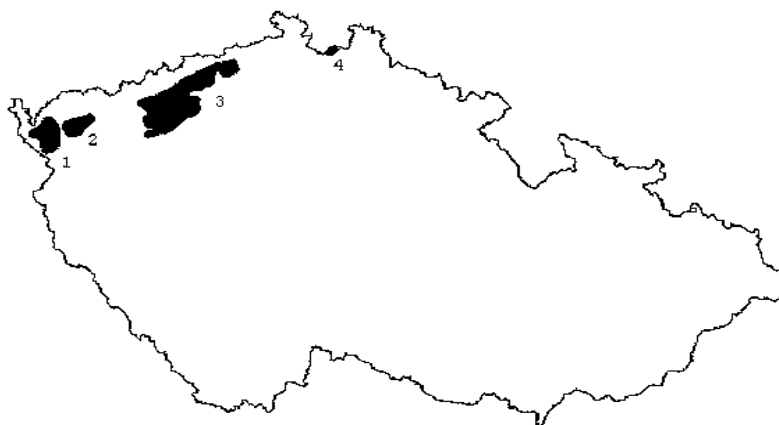
### **3.2. Sokolovská pánev**

V jihozápadní části v Podkrušnohoří se nachází Sokolovská pánev, kterou nalezneme v pomyslném trojúhelníku mezi městy Sokolov, Karlovy Vary a Habartov. Jedná se o plochu více jak 200 km<sup>2</sup> tvořenou vzájemně propojenými izolovanými reliktami terciéru sestavenými v depresivním sv. směru (Galek 2002).

Jedná se o příkopovou propadlinu, která se nachází mezi Slavkovským lesem a Krušnými horami. Sokolovská pánev je příčně asymetrický, ohraničený, stupňovitý příkop.

Rozkládá se po délce 36 km do šíře 9 km, celková rozloha je v tomto případě odhadována na cca 312 km<sup>2</sup>. Sokolovská pánev je území, ve kterém se těžilo a ještě dodnes těží hnědé uhlí (Pešek 2010).

Dle Rojíka (2004) je Sokolovská pánev Podkrušnohorský prolom protkán sopkami, někdy také nazýván jako propadlinové neboli riftové údolí. Území je složeno z několika rozlámaných tektonických ker, které tím, že poklesávají každá jinak, utvoří místa, kde se ukládají říční písky, jezerní jíly a rašeliny, což později vede k tvorbě uhelných slojí.



Legenda: 1 Chebská pánev, 2 Sokolovská pánev, 3 Severočeská pánev, 4 Žitavská pánev

Obr.1. Sokolovská a Chebská pánev,

[http://www.geofond.cz/dokumenty/nersur\\_rocenky/rocenkanerudy99/html/h\\_uhli.html](http://www.geofond.cz/dokumenty/nersur_rocenky/rocenkanerudy99/html/h_uhli.html)

### 3.3. Těžba na Sokolovsku

Prvotní zmínky o nalezištích uhlí jsou datovány k 16. století a první záznamy o těžbě jsou vedeny v kronikách Sokolovské pánve ke století osmnáctému. Zpočátku sloužilo vytěžené uhlí pouze ke spotřebě obyvatel a vzhledem k pracnosti a složitosti těžby, kdy se uhlí dobývalo jen motykami a odváželo na vozíčkách, nebylo množství vytěženého uhlí valné. Postupem času docházelo stále ke zvyšování vytěžených tun uhlí, spotřeba i nadále stoupala a to už i pro průmyslové účely. Těžba

uhlí v této době je spojována již s těžkou technikou a dochází i k elektrifikaci dopravy.

V současné době se těžba uhlí snížila téměř o polovinu, využitelnost některých lomů se odhaduje k roku 2025.

Těžba uhlí ničí životní prostředí, ráz krajiny, rekultivační práce jsou nákladné. Proto dnešní společnost má snahu vyvíjet stále jiné komodity, které nahradí uhlí jako takové za jiné nevyužitelné zdroje.

K dnešnímu datu jsou i nadále využívány lom Jiří a velkolom Družba, jejichž produkce činí cca 10 mil. tun uhlí (Dimitrovský, 2001).



Obr.2. Povrchová těžba hnědého uhlí v sokolovské pánvi - lom Jiří ve Vintířově (Jirásek, 2006)

### **3.4. Doly, výsypky a jejich charakteristika**

I přesto, že jakákoliv těžba nerostných surovin má negativní dopad na životní prostředí, lze ji považovat za jakýsi experiment, který nám umožňuje studovat řadu nových přírodních procesů a příležitosti prozkoumávání vědeckých poznatků a třeba i výskytu živočišných a rostlinných druhů, které se na výsypkách vyskytují (Frouz et al., 2007).



Výsypky jsou složeny z mnoha hornin, které jsou po rozrušení díky těžbě prvotními surovinami při rekultivacích. Dle původu lze horniny rozlišit jako vyvřelé, usazené a přeměněné (Dimitrovský, 2001).

Výsypky jsou součástí dolů, které se nachází v jejich blízkém okolí nebo přímo uvnitř lomu. Půda je charakteristická svojí vlhkostí a je vystavena vysokým teplotám, proto by výsypky měly být odvodněny.

Výsypky svojí rozlohou zaujímají nemalé území, někdy až stovky hektarů, vytvářejí nový tvar a charakter krajiny, svým působením jak výsypka, ale i těžba samotná působí i na blízké okolí, proto je nutné jim věnovat pozornost (Štýs et al., 1981).

Krajina na výsypkách je otevřený systém, který je definován tokem solární energie, látek a vody v daném prostoru a čase. Půda bez porostu a vegetace trpí kolísáním vlhkosti díky vystavením se vysokým teplotám a v tomto případě dochází v půdě i ke ztrátám důležitých živin (Ripl, 1995).

#### **4. Důlní a výsypkové vody**

Výsypkové a důlní vody jsou nedílnou součástí těžebních činností, mnohdy mají negativní dopad na životní prostředí nejen v jejich blízkém okolí. Všechny tyto vody by měly tedy být sváděny do retenčních nádrží zejména za účelem neblahé důsledky minimalizovat.

Jsou to klasické pozůstatky po hornické činnosti, které se pak následně rozmanitými metodami a technologiemi rekultivují za nemalé finanční částky (Heviánková, Bestová, Zechner, 2009).

Důlní vody bývají sváděny soustavou odvodňovacích drenů do již zmíněných retenčních nádrží, kde po jejich následné úpravě jsou vypouštěny zpět do vodních toků.

Úprava se provádí zpravidla areací (provzdušňováním) a provápňením (Pešek et al., 2010).

Velkým faktorem, co do činění půd, je i voda podzemní a srážková, kde při jejich nadbytku nebo naopak nedostatku ovlivňují optimální režim výsypek (Štýs et al., 2010).

Důlní vody, které v hlubinných dolech stékají samospádem do nejnižší položených míst, kde se nahromadí, se čerpají čerpadly do žumpových chodeb nebo vodních stok.

Protože důlní vody stékají po rozmanitých horninách, jedná se obvykle o vody tvrdé, kyselé a agresivní, v některých případech obsahují i sirovodík (Říman, 1964).

Horní zákon definuje důlní vody takto:

*„Důlními vodami jsou všechny podzemní, povrchové a srážkové vody, které vnikly do hlubinných nebo povrchových důlních prostorů bez ohledu na to, zda se tak stalo průsakem nebo gravitací z nadloží, podloží nebo toku nebo prostým stékáním srážkové vody a to až do jejich spojení s jinými stálými povrchovými nebo podzemními vodami.“ (§40 zák. 44/1988, horní zákon).*

Dle výše uvedeného zákona je organizace, která pracuje a používá důlní vody povinna tyto vody hospodárně využívat a pečovat o ně.

#### **4.1. Vznik důlních a výsypkových vod**

Tyto vody vznikají tak, že v povrchových nebo hlubinných prostorech se spojily s vodami povrchovými i a podzemními.

Vodní režim výsypek je pak zcela závislý na kvantitě a kvalitě zemin, jež výsypka obsahuje, souvisí však i s jejich zrnitostí, zastoupením jílovitého podílu, fyzikálními vlastnostmi, obsahem minerálů, atd. (Štýs et al., 1981).

Pro povrchové lomy, ale i pro hlubinné platí pravidlo odvodňování z důvodu samovolného zatopení oblastí. V samotném lomu by tedy na nejnižším místě měla být vybudována retenční nádrž. Vody, které stékají po rozsáhlých horninových plochách jsou pak odčerpávány do vodních toků (Kuncová, Tylller, 2009).

## **4.2. Složení, vlastnosti a sledované hodnoty**

Důlní vody obecně mají specifické složení, záleží na původu a druhu těžené horniny, na složení hornin, přes které voda stéká, aj. Nejčastějším sledovaným parametrem je pH, tedy kyselost či zásaditost důlních vod.

Obvykle se vyznačují vysokým obsahem železa, manganu, jsou kyselé, tedy s nízkým pH a obsahují i jiné anionty a sírany.

Z důvodu kyselosti těchto vod představují i v dnešní době techniky poměrně velký problém nejen v ČR, ale také v zahraničí. Zejména vysoký obsah sulfidických minerálů, které zoxidují s atmosférou a dochází tak k jejich zreagování (Akčil a Koldas, 2004).

Příznivou vlastností důlních vod je nízká trofie a koncentrace nově vzniklých vod (Příkryl, 2006).

### **4.2.1. Senzorické vlastnosti**

Organoleptické vlastnosti vody jsou vlastnosti, které můžeme zjistit lidskými smysly. Některé tyto údaje však nelze objektivně kvantifikovat.

#### **Teplota**

Teplota důlních vod dokáže do jisté míry ovlivnit nejen průběh a rychlost chemických reakcí, ale ovlivňuje také množství rozpuštěných plynů ve vodě. V tomto případě platí, že čím je voda teplejší, tím méně plynů se v ní dokáže rozpustit (Heteša, Kočková, 1997).

#### **Průhlednost**

Vyjadřujeme jí tzv. turbiditu (zákal) vody, kterou způsobují anorganická znečištění, jako jsou např. zvířené sedimenty. Fakt do jaké míry je voda průhledná vypovídá i o přítomnosti biogenního zákalu, který může být tvořen např. jednobuněčnými organismy. Čím je voda průhlednější, tím více světelného záření

proniká do vody, tím lépe probíhá fotosyntéza, což je primární pro vznik mikroorganismů (Rajchard et al., 2002).

## **Barva**

Barva vody je faktor, který udává spektrum procházejícího světla a opět tento jev souvisí s mírou tvorby fotosyntézy fytoplanktonu. Na zbarvení vody mají vliv i některé průmyslové odpadní vody. Barevná škála může být od žluté, zelené až po tmavě hnědou. Hnědé zbarvení vod mají na svědomí huminové kyseliny a přítomnost řas zbarví vodu do zelena (Heteša, Kočková, 1997).

## **Zápach**

Zápach vod způsobují biologické procesy, které jsou pro vody přirozenou součástí, často se však jedná o rozklad organických látek (Horáková a kol., 1986).

## **Teplotní stratifikace**

Jak uvádí Pitter (1999) na jaře a na podzim vlivem proudění vzduchu dochází k promíchání chladné vody u dna a teplejší vody na povrchu a teplotní rozdíly se vyrovnají. V letním období je svrchní část vody teplá a chladná voda se udržuje u dna.

Teplotní stratifikace datuje také jiné ukazatele vody, kterými jsou např. obsah sloučenin manganu, železa, alkalitu, aciditu, obsah rozpuštěného kyslíku nebo oxidu uhličitého (Kalač et al., 2010).

### **4.2.2. Mikrobiologické vlastnosti**

Mnohdy jsou důlní vody aktivní i mikrobiologicky. Některé mikroorganismy dokáží tolerovat i vyšší koncentraci metaloidů a rozpuštěných kovů, energii pro svůj růst dokáží získat z chemických reakcí, které v důlních vodách neustále probíhají (Ambrožová, 2008).

Heterotrofní bakterie získávají energii z organické hmoty, která se oxiduje a organický uhlík pro ně působí jako stavební materiál (Ambrožová, 2008). Jsou přímo závislé na organismech autotrofních.

Autotrofní bakterie – stavebním materiálem je pro ně také organický uhlík a jako zdroj energie využívají fotosyntézy nebo též oxidující organické látky (Ambrožová, 2008).

Na mikrobiologickou aktivitu mají v neposlední řadě vliv:

**Teplota:** Pro psychrofilní bakterie je optimální teplota 10-15 °C, pro mesofilní 25-40 °C a pro termofilní je optimum 50-80°C (Ambrožová, 2008).

**pH:** Bakterie běžně nemají rády pH pod 5 a nad 8,5. Každý mikroorganismus potřebuje ke svému životu určité pH. Při pH 1,5 dokáží žít některé autotrofní bakterie pouze výjimečně, při pH 9 až 10 dokáží prosperovat jen houby izolované z alkalických půd (Ambrožová, 2008).

**Kyslík:** K dýchání potřebují kyslík aerobní bakterie, anaerobní žijí pouze v nepřítomnosti kyslíku a dokáží i redukovat sírany na sulfidy. Při velmi nízkých koncentracích kyslíku pak dokáží žít bakterie mikroaerofilní (Ambrožová, 2008).

### **4.2.3 Fyzikální a chemické vlastnosti**

#### **pH**

Je reakce vody, kdy bereme v úvahu hodnotu záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů (Ambrožová, 2003).

Důlní vody bývají z velké části kyselé. Jestliže nedojde k neutralizaci přítomných kyselin při oxidačních procesech, pak okyselené vody jsou schopné tím víc vyluhovat převážně těžké kovy z hornin (Příkryl, 2006).

#### **Vodivost**

Vodivost lze definovat jako převrácenou hodnotu odporu. Závisí na koncentraci rozpuštěných disociovaných látek, na pohyblivosti iontů, aj. (Diviš, 2008).

#### **Povrchové napětí**

Závisí na obsahu rozpuštěných látek a teplotě vody. Nízké povrchové napětí má neblahý vliv na život mikroorganismů – nedochází k přestupu kyslíku v povrchové vodě (Pitter, 1999).

#### **Oxidačně – redukční potenciál**

Vlastnost, kterou můžeme definovat jako přijímání elektronů, je závislý na hodnotě pH a teplotě.

Vysoký oxidačně – redukční potenciál mají především aerobní systémy díky tomu, že obsahují kyslík, který je schopen právě elektrony přijímat (Lellák, Kubíček F., 1991).

## **Neutralizační kapacita**

Je vlastnost, do jaké míry voda dokáže přijmout látkové množství kyseliny nebo zásady tak, aby vzniklo požadované pH vody (Kalač et al., 2010).

### **4.2.4. Organické látky**

Stanovení organických látek ve vodách se provádí pomocí analýzy CHSK a BSK<sub>5</sub>.

**Chemická spotřeba kyslíku (CHSK)** – posuzuje se jí veškerá oxidace organických látek. Metoda CHSK je oblíbená díky své jednoduchosti a nenáročnosti (Horáková a kol., 1986).

Jedná se tedy o koncentraci organických podílů ve vodě, která se zjišťuje pomocí činidla, které se spotřebuje na jejich oxidaci (Pitter, 1999).

**Biologická spotřeba kyslíku (BSK<sub>5</sub>)** - lze ji definovat jako množství spotřebovaného kyslíku, který spotřebuje na biochemické pochody a rozklady organických látek ve vodách v anaerobních podmínkách. Jednou z hlavních složek, která znečišťuje vodu, jsou právě organické látky, BSK<sub>5</sub> je tedy ukazatel kyslíkového režimu (Heteša, Kočková, 1997)

### **4.2.5 Anorganické Látky**

Anorganickými látkami máme na mysli tzv. neústrojné látky, tedy sloučeniny nebo chemické prvky. Důlní vody obsahují velké množství jak kationtů, tak i aniontů. Kationty a anionty důlních a výsypkových vod se ve světové literatuře souhrnně uvádějí jako kyselé důlní vody pod termínem AMD (acid mine drainage).

## Anionty

**Amoniakální dusík:** V podstatě  $\text{NH}_3$  nebo  $\text{NH}_4^+$ , tedy amonné soli nejsou přírodního původu, jsou prvotním produktem při rozkladu organických dusíkatých látek rostlinného i živočišného původu (Heteša, Kočková, 1997).

**Sírany:** Jsou přítomné ve všech přírodních vodách a to v podobě  $\text{SO}_4^{2-}$ . Zdrojem síranů mohou být např. exhalace průmyslových a městských vod, které proniknou do atmosférické vody a následně i do vod důlních nebo pak vody, které přijdou do styku s minerály jako je sádrovec ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) a anhydrit ( $\text{CaSO}_4$ ).

**Dusitany:** Tedy anionty  $\text{NO}_2^-$  jsou obsaženy zejména ve vodách podzemních (Kalavská, Holoutek, 1987). Vznikají biochemickou redukcí dusičnanů nebo oxidací amoniakálního kyslíku (Heteša, Kočková, 1997).

**Dusičnany:** ( $\text{NO}_3^-$ ) bývají ve velmi malých koncentracích ve všech vodách, jsou základním sledovaným parametrem převážně u vod povrchových (Horáková, 2003).

**Fosforečnany:** ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) jejich přírodním zdrojem je vyluhování z minerálů jako jsou variscit, strefit, apatit, vivianit nebo zvětráváním metamorfovaných či vyvěřelých hornin (Pitter, 1999).

V podzemních vodách jsou fosforečnany obsaženy v pouze nízkých koncentracích (Lellák, Kubíček, 1991).

## Kationty

**Draslík:** Je uvolňován z půdy zvětráváním, ve vodách se vyskytuje ve formě jednoduchého kationtu  $\text{K}^+$  (Pitter, 1999)

Může se do vody dostat ale i ze slanisek nebo z draselných solí, někdy z draselných hnojiv. Ve většině případů se objevuje společně se sodíkem (Heteša, Kočková, 1997).



**Hořčík:** Objevuje se ve formě  $Mg^{II+}$ , nebývá dominantním prvkem obsaženým ve vodách. Do nich se dostává vyluhováním hornin nebo dolomitů (Wetzel, 1983).

**Mangan:** Bývá obsažen ve vodách ve formě kationtů  $Mn^{II+}$ ,  $Mn^{III+}$ ,  $Mn^{IV+}$ . Ve spodních vodách se objevuje ve vyšší koncentraci než ve vodách povrchových (Kalavská, Holoubek, 1987).

**Sodík:** Jeho výskyt bývá ve formě jednoduchého kationtu  $Na^+$ , ve vodách je velmi běžný, stanovuje se pouze ve výjimečných případech s výjimkou vod minerálních (Lellák, Kubíček, 1991).

**Vápník:** Je podobně jako hořčík velmi běžným prvkem ve vodách, vyskytuje se především ve formě  $Ca^{II+}$ . Do vody se dostává rozložením vápenatých a hořečnatých hlinitokřemičitanů a také vyluhováním např. vápence, sádrovce, magnezitu, dolomitu a jiných minerálů (Pitter, 1999).

**Zinek:** Jeho hodnota je závislá na celkovém chemismu dané vody, protože právě to ovlivňuje rozpustnost zinku. Jedná se o mikrobiální prvek ve vodách přítomný ve formě  $Zn^{II+}$  (Pitter, 1999).

**Železo:** Je ve vodách zastoupené ve formách  $Fe^{II+}$  a  $Fe^{III+}$ . Mocnost kationtu je závislá především na pH, na organických a anorganických látkách a na oxidačně-redukčním potenciálu. Ve vodách bohatých na kyslík se vyskytuje spíše jako trojmocný kationt (Horáková a kol., 1986).

#### 4.2.6. Aktivita radia

V důlních vodách se často vyskytují také radioaktivní prvky v poměrně zvýšeném obsahu. Pozornost je u rozborů věnována zejména radiu a to jeho izotopu  $^{226}Ra$ , který je nebezpečný svými vlastnostmi jako jsou generovaná záření alfa a gama, nebezpečné svojí karcinogenitou. Poločas rozpadu již zmíněného izotopu je

1600 let. Je třeba zmínit, že při rozpadu izotopu uranu vzniká radon, neméně nebezpečný svojí radioaktivitou (Grmela, 2008).

#### **4.2.7. Nerozpuštěné látky**

Obsah těchto látek vypovídá o množství organických a anorganických látek ve vodách.

#### **4.2.8. Rozpuštěné látky**

Rozpuštěné látky ve vodách datují množství rozpuštěných solí tzv. mineralizaci. V tomto případě se tedy jedná o některé organické látky, bílkoviny, huminové kyseliny, hydrogenuhličitany, apod. (Heteša, Kočková 1997).

### **5. Prevence kyselých důlních a výsypkových vod, rekultivace**

Obsah kyselých látek tedy AMD (acid mine drainage) je velmi častý problém. Odstranění těchto látek je velmi finančně nákladný a komplikovaný proces, na rozdíl od preventivních opatření vzniku kyselých látek v důlních vodách.

#### **5.1. Prevence**

Metody prevence vzniku kyselých důlních vod mohou být různé, jsou ale také z pohledu financí náročné.

Jednou z metod prevence je využívání mikroorganismů, přičemž každá bakterie je specifická svými potřebami a podmínkami k životu. Některé anaerobní bakterie dokáží redukovat  $\text{Fe}^{\text{III}+}$ , některé redukují síran na sulfid, jiné dokáží hromadit kovy ve svých útrokách a v případě, že odumřou, na dně nádrží vytváří redukční podmínky (Ambrožová, 2008).

Lze využít i metod desorpce a adsorce, přičemž nerozpuštěné ionty se nahromadí na poskytnutém sorbentu (pevné látce). Na tyto metody má velký vliv zejména teplota a pH. Obecně platí, že kationty se adsorbují při pH neutrálním a anionty zejména při nízkém pH. Při neutrálním pH se ve větší míře adsorbují převážně zinek, kadmium, olovo a nikl, naopak při nízkém pH se nejlépe adsorbuje arzen a molybden (Ambrožová, 2008).

## **5.2. Rekultivace**

Těžbou a důlní činností vznikají nevzhledné novotvary území. Těžba jako taková zasahuje i do prostoru biosféry, hydrosféry, pedosféry, apod. Rekultivací krajiny se snažíme o navrácení krajiny téměř do původního stavu, zahlazují se jámy po těžbě, dochází k likvidaci vytěžené hlušiny, apod. Na místech zdevastovaných báňskou činností dnes vznikají zemědělské nebo lesní kultury, různé vodní plochy, apod. (Štýs, 1981).

Aktivně se začalo k rekultivacím přistupovat až na konci 50. Let. Tehdy však na rozdíl od dnešních metod byly rekultivace prováděny pouze jednoduchými a nenáročnými způsoby, šlo prakticky jen o rekultivaci zemědělskou.

### **5.2.1. Rekultivace lomů**

Těžební činnost v lomech zasahuje do skladby zemské kůry, vznikají vnitřní i vnější výsypky a nový charakter horninového prostředí a terénu. Cílem rekultivace takového území je úsilí o navrácení území zpět do původního stavu vlivem technických i biologických metod (Štýs, 1981).

### **5.2.2. Rekultivace dolů**

Vlivem hlubinné těžby dochází k deformaci reliéfu krajiny, terén klesá nebo se propadá. Rekultivace těchto propadlin po báňské činnosti by měla obnovit funkčnost ekosystému, dle přírodních, ale musí splňovat i požadavky veřejné správy. (Štýs, 1981).

### 5.2.3. Druhy rekultivací

**Lesnická rekultivace:** k tomuto druhu rekultivace jsou vybírány dřeviny vhodné do zájmového území a dřeviny zejména domácího původu. Má dvě fáze. Nejdříve se připraví plocha a vysadí se sazenice. Tato fáze trvá 1-3 roky. Druhá fáze trvá 6-8 let a hovoříme o pěstební péči. (Štýs, 1981).

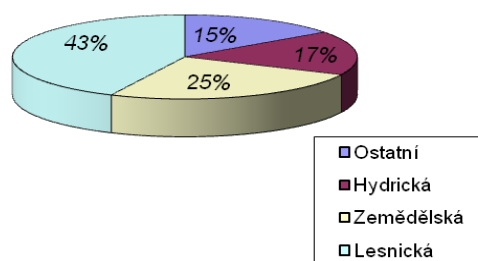
**Zemědělská rekultivace:** podléhá zákonu o ochraně zemědělského půdního fondu a povinnosti skrývky kulturních vrstev půdy. Tuto metodu ovlivňují konečné požadavky na území. Může se jednat např. o pastviny, louky, ornou půdu aj. (Štýs, 1981).

**Vodohospodářská:** na místě bývalé těžby se budují zejména velká vodní jezera pro rekreační účely, v případě malých vodních ploch jde o retenční nádrže, příkopy, drény atd.

(Štýs, 1981). **Ostatní:** v případě jiných rekultivací dochází k budování např. sportovních ploch, parků, sadů nebo v mnoha případech jen o tzv. roztroušenou zeleň nebo stromořadí (Štýs, 1981).

Opuštěné pískovny nebo kamenolomy se z větší části nerektivují, protože jde o velmi cenné lokality z hlediska druhové pestrosti, mnohdy zde můžeme najít i některé chráněné druhy.

plánované rekultivace do roku 2050



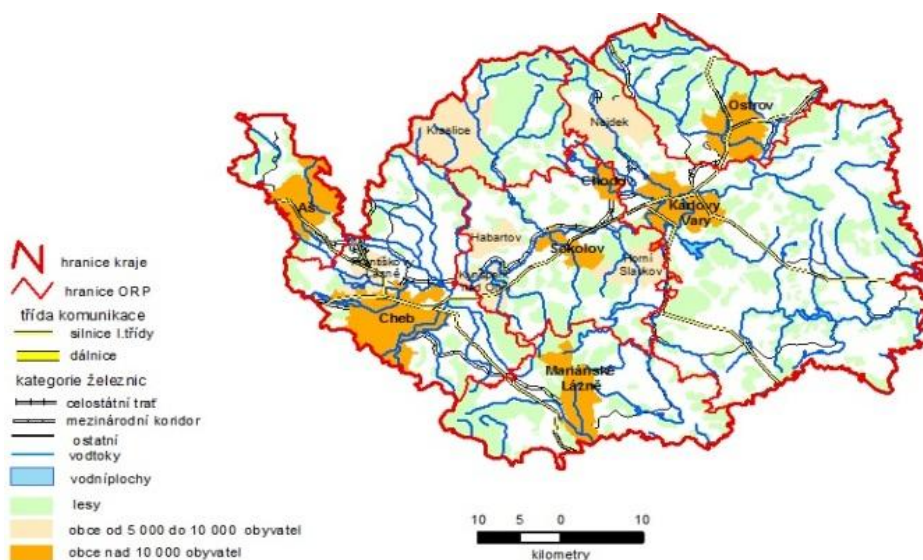
Obr. 3. Graf plánu rekultivací do roku 2050, (Štýs, 1981).

## 6. Popis vybrané lokality

### 6.1. Řeka Svatava

Řeka Svatava patří do povodí Ohře, jejím správcem je Povodí Ohře, s.p., Karlovy Vary – oblastní závod. Je vodním tokem třetího řádu. Můžeme ji charakterizovat jako stálý, přírodní vodní tok, který nevysychá ani v obdobích delšího sucha. Ústí do řeky Ohře v Sokolově (v nadmořské výšce 400 m n.m.) a je jejím levobřežním přítokem. Teče od severu k jihu, pramení v Německu u města Schöneck a její délka je 41, 685 km, z toho v České Republice 30,330 km. Na území České Republiky má patnáct přítoků.

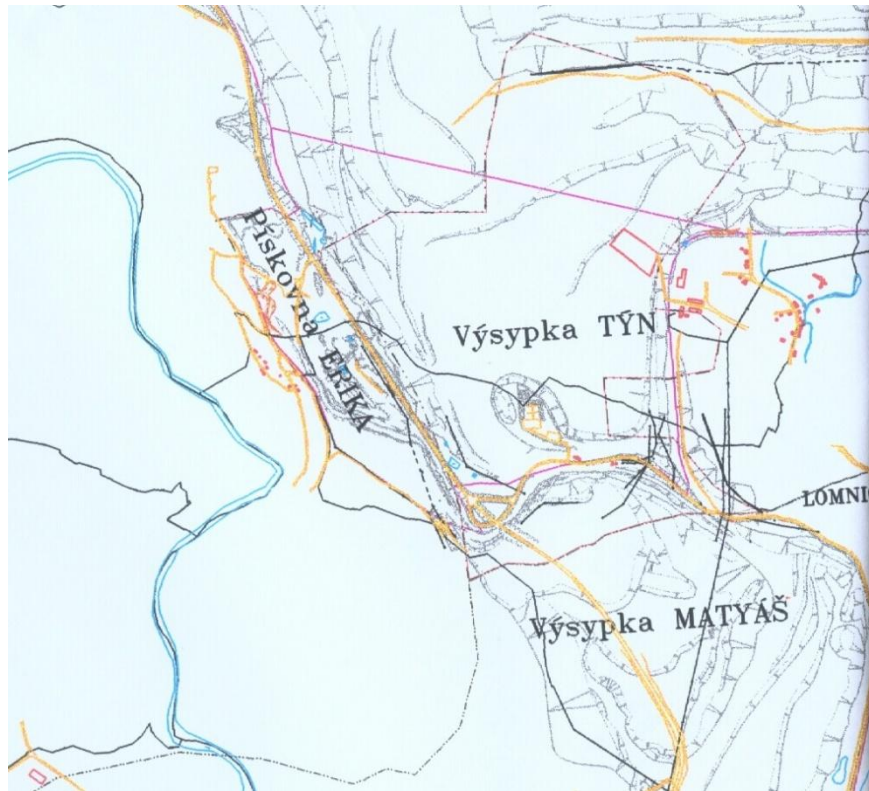
Spadá do katastrálního území obcí Sokolov, Svatava, Čistá u Svatavy, Radvanov, Luh nad Svatavou, Boučí, Dolina u Krajkové, Oloví, Studenec u Oloví, Rotava, Kraslice, Hraničná.



Obr. 4. Mapa Karlovarského kraje, (z materiálů Povodí Ohře)

Řeka Svatava je vodohospodářsky významná, jedná se o tzv. lososovou vodu a spadá do pstruhového pásma. Z větší části své délky protéká převážně lesnatou krajinou a její vegetační doprovod je jedním ze základů územního systému ekologické stability. Krajina kolem je ekologicky vyvážená a má funkci jak ochrannou, tak i protierozní. Vytváří zde přirozený biokoridor (podklady z Povodí Ohře).

## 6.2. Výsypka a pískovna Erika



Obr. 5 Přehledná mapa Sokolovské uhelné, 1.25 000, 2005

### 6.2.1. Výsypka Erika

Výsypka Erika (někdy také nazývána výsypka Týn leží 3 km severozápadně u silnice III/210 Sokolov – Kraslice v těsném sousedství pískovny Erika. Vznikla zasypaním hnědouhelného lomu Erika II (na Sokolovsku byl ještě lom Erika I, který se nacházel u Vintířova).

S těžbou v dole Erika II, jejímž majitelem byla společnost pro využití uhlí O. Spinzig a spol., komanditní společnost v Karlových Varech se začalo na jaře roku 1941 v místě starého Schmiegerova lomu v dolovém poli Ignác v Týně. Dobývalo se povrchově ze sloje Josef, která měla mocnost 10 metrů. Největší hloubka těžby nepřesáhla 18 m. Výhřevnost uhlí se pohybovala okolo 22 MJ/kg a sloj obsahovala i vrstvičky voskového uhlí, které však bylo méně kvalitní než voskové uhlí z okolí Pily u Karlových Varů. Při zásobách 1 500 000 tun se zásoby bituminózního uhlí odhadovaly na 20%, to je 300 000 tun (Jiskra, 1997).

Částečně vyschlé uhlí obsahovalo:

- 9,72% vody
- 12,11% popelovin
- 58,09% uhlíku
- 25,10% dehtu
- 6,01% vodíku
- 11,65% kyslíku s dusíkem
- 2,42% síry
- 14,15% montánního vosku

(Jiskra, 1997)

V roce 1941 vybuďovala společnost také zařízení pro provoz jako třídírnu, kde se uhlí rozduřovalo na 5 druhů, dále garáže, váhu, dílny, zásobník na dřevo a trafostanici. Závod neměl vlečku a tak se uhlí muselo dopravovat po ose na nádraží ve Falknově. Pro dopravu uhlí se využívalo dvou nákladních automobilů, která se za války přestavěla na dřevoplyn.

V roce 1943 se důl dostal na seznam důležitých podniků pro nacistické válečné hospodářství. Uvažovalo se také o výstavbě voskárny, ale toto se nerealizovalo pro vysokou výrobní cenu a také protože výrobu ovládal německý monopol. Místo toho se v roce 1943 zavedla výroba voskového podpalovače uhlí ve staré plavírně kaolínu v Mírové, která velmi dobře prosperovala (Jiskra, 1997).

Rok	Těžba uhlí (t)	dělníci	výkon na hlavu a směnu	z toho hlubina (t)
1942	25 330	40	2,19	9329
1943	26 479	37 (+24)	1,69	
1944	23 999	27 (+14)	1,35	
1945	6 774			
1946	2 523			

(údaje v závorce – váleční zajatci)

Tabulka č.1 Výše těžeb dolu Erika II v letech 1942-1946 (Jiskra, 1997)

Koncem války se projevil citelný nedostatek pracovních sil a tak firma objednala malé kolečkové rýpadlo a skryvkové vozy pro strojní těžbu skryvky. Uhlí se těžilo hlavně voskové, pro výrobu zmíněných podpalovačů v Mírové. Těžilo se

ručním způsobem v ručně ražených chodbách v neuvolněné sloji. Dobývání bylo ukončeno na podzim roku 1947 (Jiskra, 1997). V roce 1974 se začalo s novou otvírkou, která měla oblast vyuhlit. O rok později se již v severní části lomu těžilo uhlí. Toto uhlí se odváželo ke zpracování na třídírnu Medard nebo dtírnu Lidice. Závod zaměstnával 555 lidí, od roku 1976 ve čtyřtřenném provozu (Jiskra, 1997).

<b>Rok</b>	<b>těžba uhlí (t)</b>	<b>těžba skrývky (m3)</b>
1974		36 734
1975	246 844	713 779
1976	604 888	1 129 286
1977	771 133	1 732 276
1978	840 052	1 764 521
1979	1 080 276	1 999 626
1980	1 113 744	2 014 736
1981	1 440 926	1 935 212
1982	1 380 491	1 889 715
1983	1 537 816	1 689 761
1984	1 579 816	1 366 279
1985	1 691 572	1 164 713
1986	1 040 277	1 303 984
1987	314 908	158 492
<b>Celkem</b>	<b>13 842 106</b>	<b>18 899 114</b>

Tabulka č.2 Výše těžeb uhlí a skrývky v letech 1974-1987 (Jiskra, 1997)





Obr. 6. Lom Erika, archiv Sokolovské uhelné

Po ukončení těžby se lom začal používat jako výsypka Erika (někdy také zvaná výsypka Týn), kde se ukládaly hlavně nadložní jílovce převážně z dolů Medard a Michal. Tato výsypka se stala součástí Podkrušnohorské výsypky. Ukládání bylo ukončeno v roce 1993 (Jiskra, 2014).



Obr. 7. Výsypka Erika, foto Semotam, 2014

### 6.2.2. Pískovna Erika

Pískovna Erika leží 3 km severozápadně od Sokolova u silnice Sokolov – Kraslice, nad levým údolním svahem řeky Svatavy. Štěrkovitý písek se zde těžil lopatovým rypadlem ve dvou těžebních horizontech. Ložisko mělo mocnost 22 m, ale těžila se vrchní kvalitnější část mocná asi 12 m. Písek se nakládá do nákladních automobilů a úzkorozchodných vlakových souprav. Těžilo se okolo 20 až 50 tisíc m<sup>3</sup> ročně. Písek z této pískovny se používal na podsyp důlních kolejí, dále jako podkladové vrstvy cest, hutněné zemníky, pláže připravovaných vodních nádrží na výsypkách a po přesítování do malty a betonu. Poslední štěrkopísky byly vytěženy v roce 2001 (Rojík, 2010).

Po inventarizačním mapování Natura 2000 byla pískovna Erika vyhlášena evropsky významnou lokalitou, také se tato pískovna stala mezinárodně známou typovou lokalitou pro eocénní kontinentální flóru a jsou zde výborné podmínky pro sledování různých druhů vrstevnatosti a zvrstvení (Rojík, 2010).

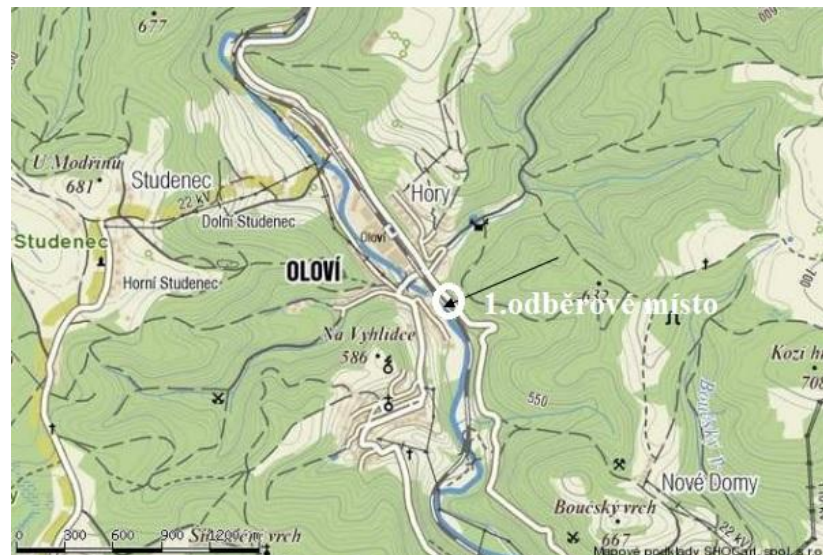




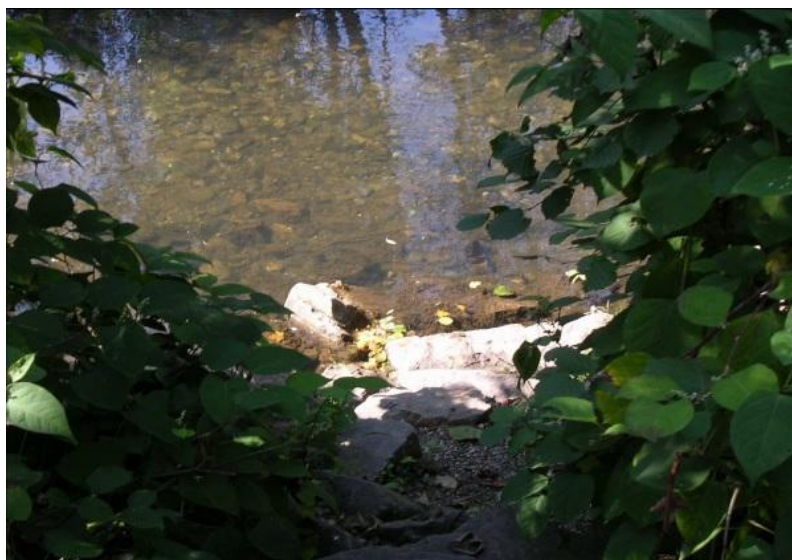
Obr. 8. Pískovna Erika, foto Semotam, 2014

### 6.3. Odebírání vzorků

Odběr vzorků vody z řeky Svatavy před vlitím výsypkových vod se provádí z kontrolního profilu 1612/ Svatava Oloví na 13,5 říčním kilometru v obci Oloví na pravé straně řeky u kamenných stupňů, cca 8 km od ústí výsypkových vod z výsypky Erika proti proudu řeky Svatavy (1. odběrové místo).



Obr. 9 Odběrové místo v řece Svatavě (mapu poskytl Bednárek, 2014)



Obr. 10 Foto odběrového místa v řece Svatavě, foto poskytl (Bednárek, 2014).

Vzorky vod, které vtékají do řeky Svatavy z výsypky a pískovny Erika se odebírají na dvou místech a to v ústí těchto vod do řeky Svatavy (2. odběrové místo, nazvané Erika) a dále cca 300 metrů po proudu v místě zvaném Svatava za Erikou (3. odběrové místo).

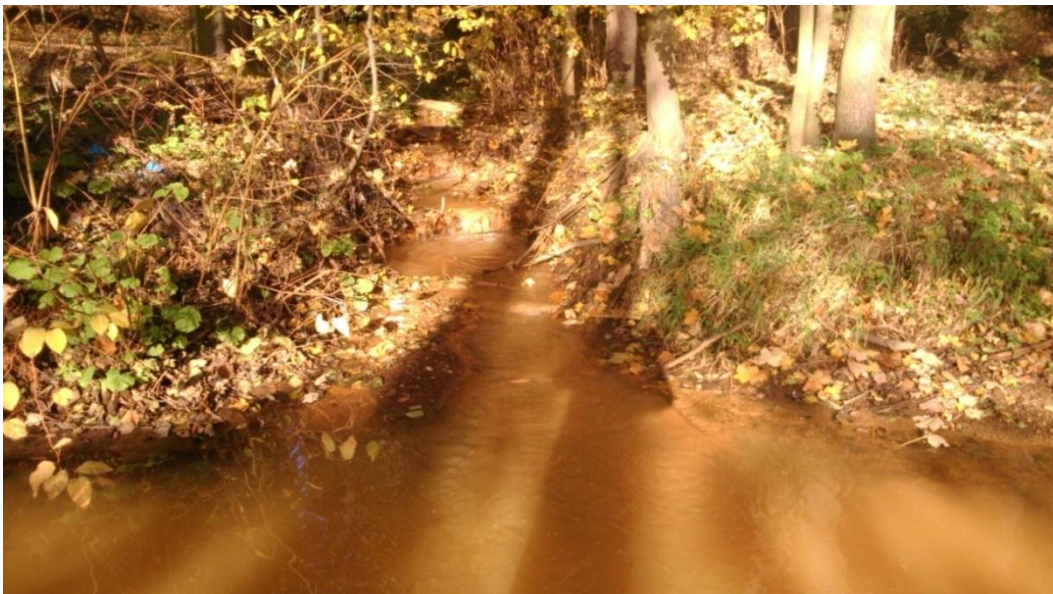


Obr. 11 Odběrová místa Erika a Svatava za Erikou ([www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))





Obr. 12. Voda z pískovny a výsypky Erika, foto Semotam, 2014



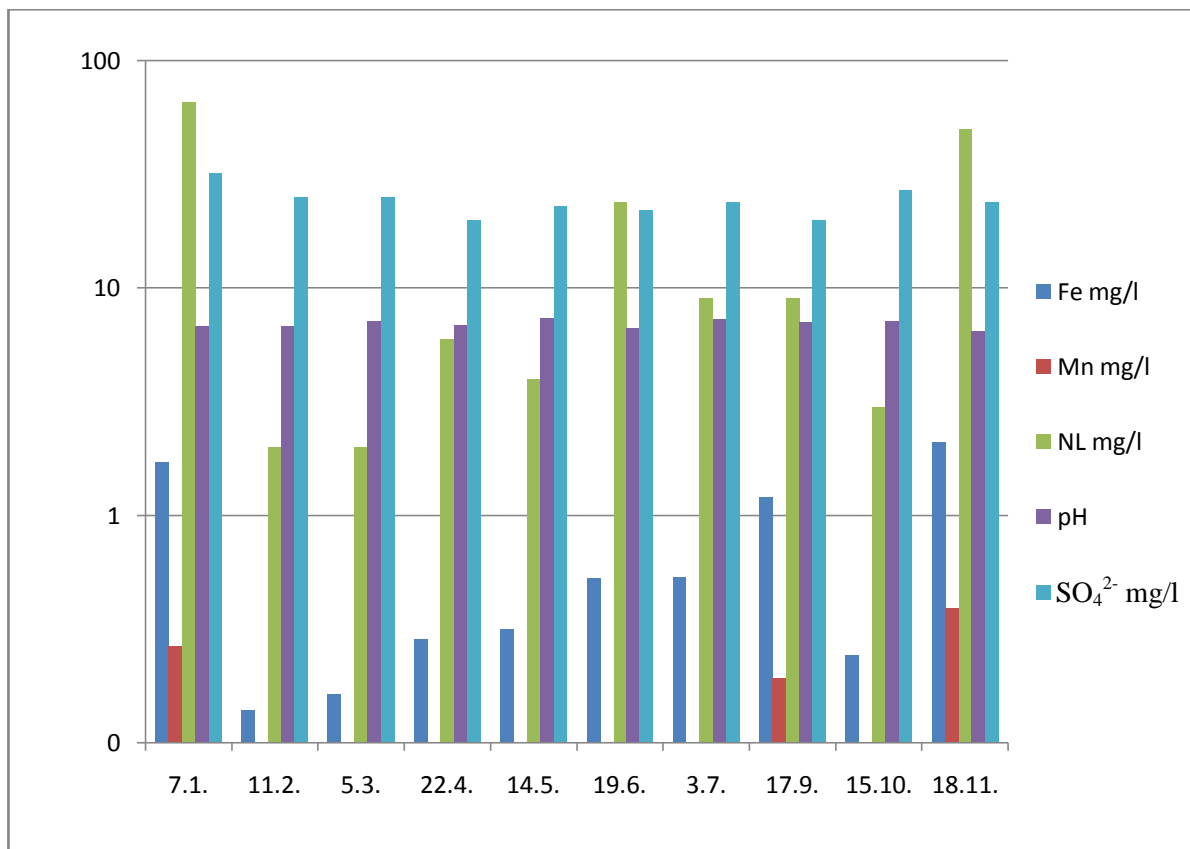
Obr. 13. Ústí výsypkových vod do řeky Svatavy, foto Semotam, 2014

## 6.4. Výsledky rozborů vzorků vod za rok 2013

Odběrové místo 1 – Svatava v Oloví

ukaz	NL	Fe <sub>celk</sub>	Mn	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	pH
den	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	
7.1.	66	1,708	0,265	32	6,8
11.2.	64	0,138	0,048	25	6,8
5.3.	2	0,163	0,058	25	7,2
22.4.	6	0,286	0,061	20	6,9
14.5.	4	0,315	0,058	23	7,4
19.6.	24	0,532	0,073	22	6,7
3.7.	9	0,538	0,063	24	7,3
17.9.	9	1,210	0,191	20	7,1
15.10.	3	0,243	0,042	27	7,2
18.11.	50	2,11	0,390	24	6,5

Tabulka 3. Vybrané údaje o kvalitě vody v řece Svatavě, hodnoty poskytl (Bednárek, 2014).

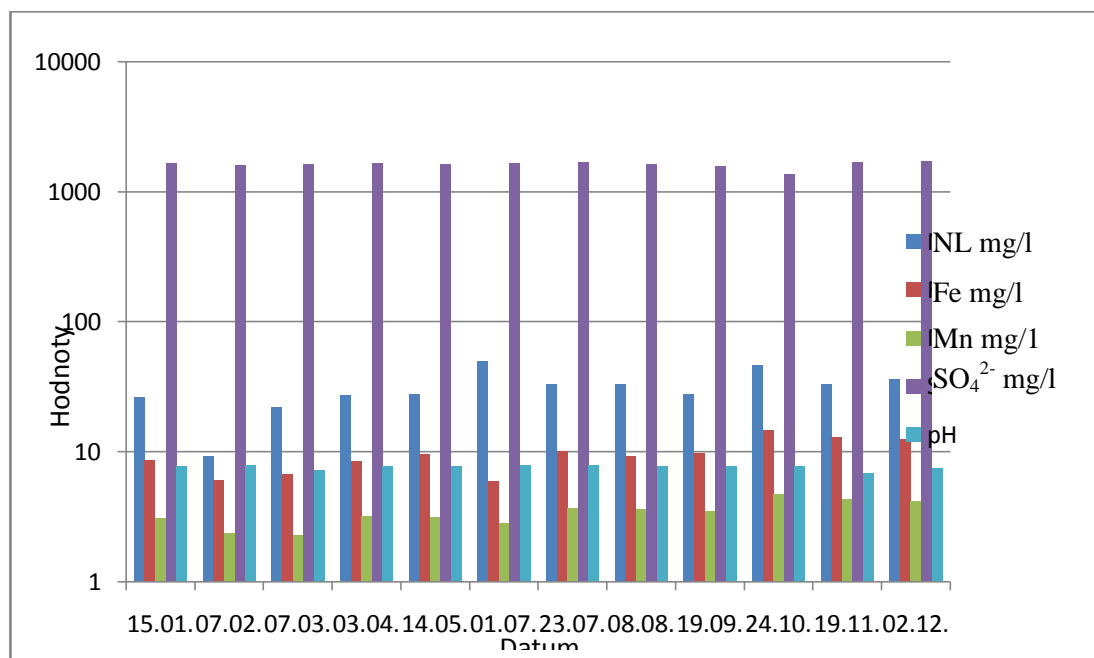


Obr. 14 – Graf – převod tabulky č. 3 do grafu

Odběrové místo číslo 2 – Erika

ukaz	NL	Fe <sub>celk</sub>	Mn	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	pH
den	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	
15.01.	26	8,56	3,09	1670	7,71
07.02.	9,2	6,1	2,35	1590	7,85
07.03.	22	6,71	2,29	1640	7,25
03.04.	27	8,4	3,21	1670	7,7
14.05.	28	9,62	3,14	1640	7,78
01.07.	50	5,91	2,8	1650	7,84
23.07.	33	10,1	3,67	1700	7,85
08.08.	33	9,32	3,61	1640	7,82
19.09.	28	9,74	3,49	1570	7,78
24.10.	46	14,7	4,72	1370	7,76
19.11.	33	13	4,33	1700	6,8
02.12.	36	12,6	4,18	1732	7,48
<b>průměr</b>	30,9	9,6	3,4	1631	6,8
<b>max</b>	50,0	14,7	4,7	1732	7,9

Tabulka 4. Výsledky rozboru vody z odběrového místa č. 2 hodnoty poskytl (Jiroch, 2014)

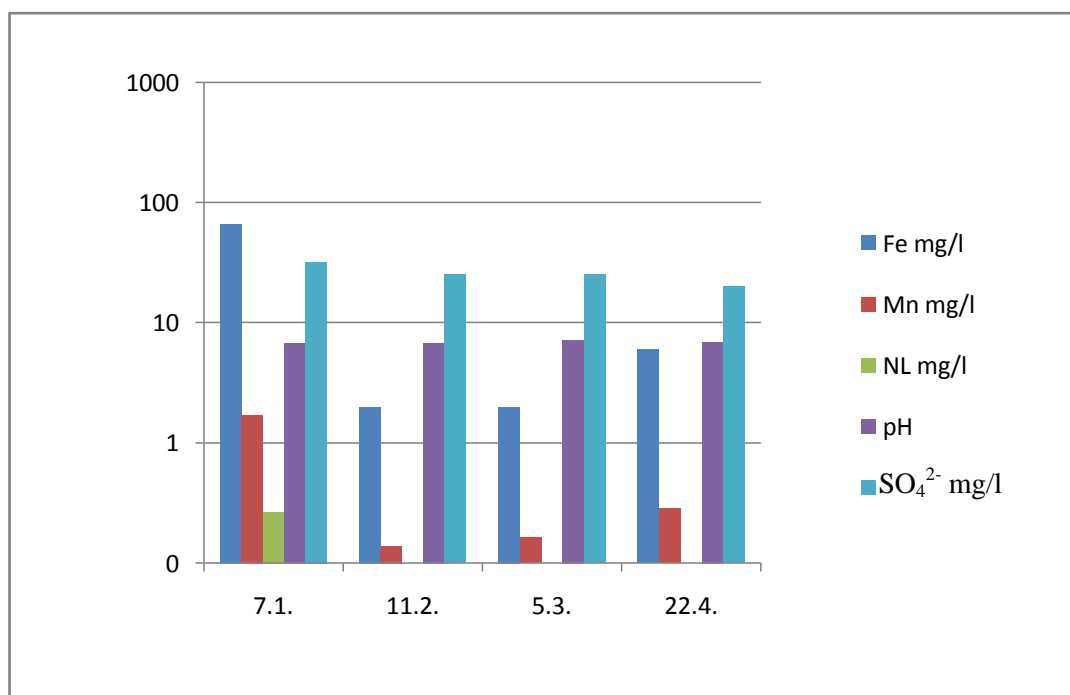


Obr. 15 Graf – převod tabulky č. 4 do grafu

Odběrové místo číslo 3 – Svatava za Erikou

ukazatel	NL	Fe <sub>celk</sub>	Mn	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	pH
den	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	
07.03.2013	6,4	2,27	0,787	347	7,24
01.07.2013	6,7	2,21	0,801	348	7,38
19.09.2013	10	1,94	0,571	333	7,55
02.12.2013	4,1	2,11	0,651	184	6,46

Tabulka 5. Výsledky rozboru vody z odběrového místa č. 3 hodnoty poskytl (Jiroch, 2014)



Obr. 16 Graf – převod tabulky č.5 do grafu

Při porovnání údajů z grafů a tabulek zjistíme, že pH vody z odběrového místa Erika a pH vody z odběrového místa Svatava za Erikou zůstalo skoro stejné. Nerozpuštěné látky, železo, mangan a sírany jsou však v odběrovém místě Svatava za Erikou 5x nižší než v odběrovém místě Erika. Tato změna je dána pravděpodobně rozředěním látek ve výsypkové vodě při jejím vlití do řeky Svatavy.



měsíc	NL mg/l		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l		Fe mg/l		Mn mg/l		pH	
	Sv. Oloví	Sv. za Erikou	Sv. Oloví	Sv. za Erikou	Sv. Oloví	Sv. za Erikou	Sv. Oloví	Sv. za Erikou	Sv. Oloví	Sv. za Erikou
březen	2	6,4	25	347	0,163	2,27	0,058	0,787	7,2	7,24
červenec	9	6,7	24	348	0,538	2,21	0,063	0,801	7,3	7,38
září	9	10	20	333	1,210	1,94	0,191	0,571	7,1	7,55
listopad/prosinec	50	4,1	24	184	2,11	2,11	0,390	0,651	6,5	6,46

Tabulka 6. Porovnání sledovaných hodnot ve stejném časovém úseku

Při porovnání hodnot z tabulek a grafů zjistíme, že pH se vlitím vody z výsypky Erika do řeky Svatavy nezměnilo vůbec nebo jenom minimálně. V měsících březen a červenec se výrazně zvýšil obsah železa a manganu, v období září a listopadu/prosince jsme již tak výrazné změny v koncentracích těchto látek sledovat nemohli. Obsah nerozpuštěných látek také velké změny nezaznamenal, dokonce v listopadu/prosinci byl obsah těchto látek výrazně nižší. Jediná sledovaná hodnota, která zaznamenala velmi výrazný vzestup, byl obsah síranů, který se zvýšil více jak 10x.

Čištění důlních a výsypkových vod z lokality výsypky a pískovny Erika probíhá přírodní cestou. Severovýchodním směrem od lokality Erika se nachází rozsáhlá plocha Podkrušnohorské výsypky, na níž rovněž probíhají rekultivace. Z partií, označovaných jako X. a XI. etapa, jsou vody (převážně povrchové - srážkové) gravitačně sváděny do prostoru výsypky Erika a působí ředění obsažených znečišťujících látek ve vodách z drenáží vlastní výsypky Erika. Na dolní (jihozápadní) straně Podkrušnohorské výsypky byl vytvořen mokřad, který rovněž účinně snižuje zatížení odtékajících vod (Jiroch, 2014).

Další uplatněnou metodou pro snížení koncentrací znečišťujících látek je metoda hrázkování, která účinně snižuje rychlost proudění výsypkových vod a tím i napomáhá ke snižování koncentrací znečišťujících látek.



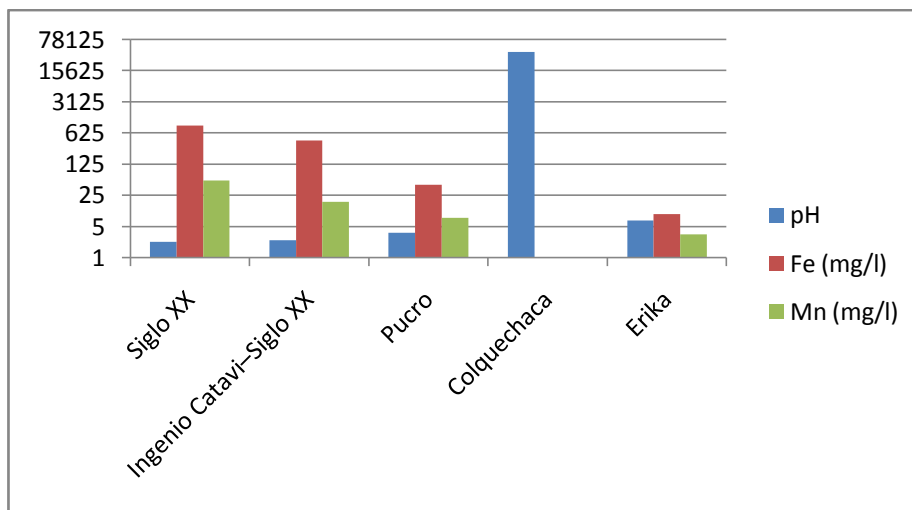
Obr. 17 Hrázka snižující rychlost proudění výsypkových vod, foto Semotam, 2014

### 6.5. Podobná problematika ve světě

Důlní činnost na severu kraje Potosí v Bolívii, konkrétně doly Siglo XX, Ingenio Catavi– Siglo XX, Pucro, Colquechaca produkují důlní vody, které obsahují vysoké koncentrace těžkých kovů a tyto vody se vlévají do řeky Chayanta. Vodu z této řeky využívají obyvatelé vesnice Quila Quila pro zavlažování kukuřice, fazolí a brambor (Rojas a Vandecasteele, 2007).

	<b>Siglo XX</b>	<b>Ingenio Catavi–Siglo XX</b>	<b>Pucro</b>	<b>Colquechaca</b>
<b>pH</b>	2.1–2.4	2.3–2.6	3.3–3.8	2.9
<b>Fe (mg/l)</b>	817–1010	224–617	42–44	neuveđeno
<b>Mn (mg/l)</b>	16–93	13–23	2.2–13	neuveđeno

Tabulka 7. Vybrané údaje důlních vod jednotlivých dolů (Rojas a Vandecasteele, 2007).



Obr. 18 Graf porovnání naměřených průměrných hodnot důlních vod v Potosí v Bolívii a důlních vod z výsyvky Erika

Oproti vodám z výsyvky a pískovny Erika mají vody z těchto dolů velmi nízké pH, což znamená, že jsou velmi kyselé. Obsah železa je znatelně vyšší, dokonce v případě dolu Siglo XX může být až stonásobně vyšší. Také obsah manganu je v případě dolu Siglo XX až dvacetinásobně vyšší.

<b>pH</b>	4,5 – 6,9
<b>Fe (mg/l)</b>	3,1 - 15
<b>Mn (mg/l)</b>	1,2 – 2,4

Tabulka 8. Údaje z rozboru vody v řece Chayanta (Rojas a Vandecasteele, 2007).

Po porovnání hodnot z řeky Chayanta a hodnot z řeky Svatava je zřejmé, že voda z řeky Chayanta bývá kyselejší, má až několikanásobný obsah železa a stejně tak vyšší obsah manganu.

## 7. Alternativy čištění důlních a výsypkových vod

Stejně jako při prevenci kyselých důlních vod je jejich čištění různorodé a jiné pro každou lokalitu. Je vhodné a účinnější používat hned několik metod nebo jejich kombinaci (Ambrožová, 2008).

Čistící techniky by měly mít úlohu především snížit koncentraci rozpuštěných síranů, kovů, oxidovat či redukovat daný roztok, snížit koncentraci kovů a zvýšit pH (Ambrožová, 2008).

V zájmové oblasti dochází k čištění výsypkových vod již zmiňovanými přírodními způsoby tj. pomocí mokřadů a zpomalením toku (vytváření hrázek).

Mokřady - přesněji pasivní mokřadní systémy, používají se zejména k dočišťování důlních vod (Kalin, 2004), mokřady jsou všeobecné schopné absorbovat látky, a to především těžké kovy. Využití mokřadních systémů probíhá dvěma způsoby.

Aerobním tzv. povrchovým a anaerobním tzv. podpovrchovým (Stum a Morgan, 1996).

Další variantou, účinnější ale finančně náročnější, je čištění výsypkových vod v úpravnách vod.

Zde mezi čistící procesy patří:

**Zvýšení pH** - použitím vápence (Ambrožová, 2003)

**Neutralizace** – kyselé vody se neutralizují např. vápnem v sedimentačních bazénech

**Mechanické provzdušňování**

**Evaporace** – vypařování

**Sedimentace** – používají se sedimentační reaktory, kde se usazují sraženiny, tyto se následně likvidují jako nebezpečný odpad

**Adsorpce** – touto metodou se likviduje přítomnost zejména radioaktivních prvků ve vodách

**Cílené řízené zředění a následné vypuštění do přírodních vod**

**Další technologie**, jako jsou například elektrodialýza, iontová membrána, elektrolýza, osmóza aj. (Ambrožová, 2008).

## 7.1. Úpravna důlních vod Svatava



Obr. 19 Úpravna důlních vod Svatava (Šoupalová, 2013)

Úpravna důlních vod (dále jen ÚDV) se nachází v obci Svatava na Sokolovsku. Byla postavena okolo roku 1995 a je jediná svého druhu. Je vodohospodářským dílem, jehož účelem je upravení důlních vod z čerpací stanice Rafanda, což je bývalý důl Marie a čerpací stanice Lomnice do recipientu, na hodnoty určené Vodohospodářským rozhodnutím. Podmínky a způsoby vypouštění vody z úpravní do řeky Svatavy a následně do řeky Ohře vydal Krajský úřad Karlovarského kraje, Odbor ŽP a zemědělství. V ÚDV se odstraňuje vysoký obsah železa, manganu, nerozpuštěných látek a zvyšuje se hodnoty pH důlních vod. Úprava pH spočívá v alkalizaci (snížení kyselosti) důlních vod na hodnotu 6-9, oxidaci dvojmocného železa na trojmocnou formu, odseparování vzniklého kalu od vyčištěné vody a mechanickém a gravitačním odvodnění kalu (Šoupalová, 2013).

Z čerpací stanice Lomnice a Rafanda jsou důlní vody přiváděny pomocí výtlačných řadů PE DN 500 (Lomnice) a DN 355 (Rafanda). Tyto řady se před přechodem přes řeku Svatavu propojují v jeden výtlačný řad PE DN 500 a pokračují do uklidňovací jímky, která je 259 m od Svatavy. Uklidňovací jímka je železobetonový objekt, který je rozdělen do třech sekcí, nátokové, odtokové a přelivné.

Nátoková část jímky je betonovou stěnou oddělena od sekce s odtokovým potrubím 2x DN 500, které odvádí vodu do úpravní. V dělicí stěně je otvor u dna na opačné straně od odtokových potrubí. V odtokové části je v dělicí stěně u dna umístěna ocelová deska, která zachycuje drobné mechanické nečistoty obsažené v surové důlní vodě. Potrubí, přivádějící důlní vodu z uklidňovací jímky do úpravní, jsou v armaturní šachtě před úpravnou osazena elektricky ovládanými klapkami. Stupeň otevření klapky je signalizován na kontrolním panelu řídicího systému.

Alkalizace důlních vod je prováděna vápennou suspenzí v provzdušňovací nádrži. Alkalizací a oxidací důlních vod se nerozpuštěné železo mění na trojmocné, které vytváří vločky. Objem nádrže je 364 m<sup>3</sup>. Přívod surové důlní vody je zaústěn ke dnu aerační nádrže. V aerační nádrži jsou důlní vody nepřetržitě provzdušňovány. Zdrojem stlačeného vzduchu jsou dvě dmychadlová soustrojí. Potrubním rozvodem je stlačený vzduch přiváděn do systému provzdušňovacích hadic, ukotvených na dně aerační nádrže. Řídicí panel zajišťuje pravidelnou výměnu chodu dmychadel. Dvěma postupy ve stěně nádrže upravená voda odtéká do dvou samostatných reaktorů. Do upravené vody se dávkuje SOKOFLOK 16 k rozmíchání roztoku. Je to práškový vápenný hydrát, dopravován šnekovými dopravníky do rozpouštěcích nádrží k přípravě vápenné suspenze. Dva identické reaktory přiléhají k nádrži aerace. Jsou to železobetonové nádrže s hloubkou 7 m. Objem jednoho reaktoru je 1287 m<sup>3</sup>. Reaktory mají koagulační, separační a kalové prostory, které jsou od sebe vzájemně odděleny. Koagulační je neustále promícháván horizontálním míchadlem. Chod míchadla je signalizován na kontrolním panelu. Objem koagulační části je 344 m<sup>3</sup>. Reaktory mají separační prostory, na hladině každé separační části jsou umístěny tři odtokové žlaby. Vyčištěná voda odtéká žlaby do komor, odkud je odváděna do Parshallova žlabu. Každý reaktor má dva kalové prostory pro primární zahuštění kalu. V horní části kalového prostoru je po celé délce umístěna děrovaná trubka pro odtah odsazené vyčištěné vody, která je odváděna do odtokové komory. Ve spodní části kalového prostoru je umístěno děrované potrubí, uzavřené na konci elektroklapkou, sloužící k odkalení příslušného prostoru. Aplikací polyelektrolytu dochází ke shlukování vloček kalu a k vytváření kalového mraku. Zahuštění kalu probíhá v předlohové nádrži, vyrovnávací a zahušťovací nádrži. Do předlohové nádrže (pojmenována „Vítkovice“) je zaústěno odkalovací potrubí DN 300 z

kalových prostor reaktorů (jsou dva), kterým je odkalován primárně zahuštěný kal z reaktorů. Na dně nádrže na vodicích tyčích je uloženo kalové čerpadlo s výtlačkem potrubí DN 200, které kal čerpá do vyrovnávací nádrže. Vyrovnávací nádrž má objem 540 m<sup>3</sup>. Ve vyrovnávací nádrži je zabudováno vrtulové míchadlo, které slouží k občasnému promíchání. Pod nádrží jsou umístěna dvě čerpadla, která čerpají kalovou suspenzi z nádrže vyrovnávací do nádrže zahušťovací. Zahušťovací nádrž je ocelová zastřešená a zateplená nádrž užitečného objemu 405 m<sup>3</sup>. Je opatřena pomaluběžným míchadlem, které zvýrazňuje zahušťovací efekt. Všechny signály jsou vyvedeny na panelu řídicí jednotky. Odtah zahuštěného kalu je ze dna nádrže. Pro zvýšení koncentrace kalové suspenze se používá 0,1% roztoku organického polyelektrolytu SOKOFLOK 16 BH. Zahuštěný kal s obsahem sušiny 2-6% je odváděn z vyspádaného dna zahušťovací nádrže potrubím DN 200 do sacích hrdel dvou vřetenových čerpadel, umístěných v prostoru pod zahušťovací nádrží. Následuje odvedení přímo do kalolisu. Objem kalu v kalolisu je 5,5 tuny. 72 desek s příslušnými plachetkami pro filtraci jsou po dobu cyklu stlačovány hydraulickým pístem se zavíracím tlakem cca 300 bar. Vzniklý kal padá ihned do nákladního vozu pod kalolise a je odvážen na skládku. Upravená voda odtéká do řeky Svatavy. Důležité jsou odběry vzorků upravené vody, které se odebírají pravidelně ve vypouštěcím profilu u řeky Svatavy (Šoupalová, 2013).



Obr. 20 Kalolis v ÚDV Svatava (Šoupalová, 2013)

## 7.2. Čištění důlních vod ve světě

Nejen naše republika se potýká s likvidací a úpravou důlních a výsypkových vod. Čištěním těchto vod se zabývají i v zahraničí. Bohužel některé metody bývají finančně nákladné.

Jako nejméně nákladná metoda se osvědčily zejména mokřadů, jejichž funkčnost, stabilita a účinnost je závislá na okolních přírodních podmínkách (Lottermoser, 2010), i přesto všechno nejsou však mokřady co do nákladů a vstupů náročné. Výhodou je také, že procesy probíhají samovolně bez chemikálií.

Jak uvádí Černík et. al. (2008) v lokalitách Shilfotle a Whittle v okrese Alnwick v Anglii dochází k čištění kyselých důlních vod vlivem aerobních mokřadů. Přírodní mokřady využívají v Anglii i v oblasti Bowden Close.

V jihozápadním Španělsku, tzv. Iberský pyritový pás, který oplývá ložisky masivních sulfidů a je znám nejvyšší koncentrací kovů a sulfidů na světě se nachází rudní revír Rio Tinto (dle řeky, u které se nachází, vlévá se do Středozemního moře). Tato oblast se potýká s vodami s velmi nízkým pH, které dosahuje hodnoty pod 2,3 a obsahem železa 4mg/l. Na druhou stranu je současně i významnou ekologickou nikou různých druhů mikroorganismů a poblíž oblasti probíhá stále ještě těžba (Ambrožová, 2008).

Umělých mokřadů využívají i v tropických oblastech Afriky, konkrétně v Kamerunu a v Keni, kde se daří konkrétním plovoucím rostlinám tvořící trsy druhu *Hydrocotyle* (Moorhead a Reddy, 1998).

V Polsku, Nizozemí a v Africe odstraňují z důlních vod převážně železo a mangan mokřady tzv. systém s povrchovým tokem (Greiner a DeJong, 1984).

Ve Francii ve městě Jarny se vyznačují důlní vody taktéž vysokou solností, kterou dokáže odstranit nanofiltrací až z 98% (Honzaiková et al., 2011)



O něco lépe je na tom bývalá těžební oblast v Dolním Sasku, okres Gostar, konkrétně lyžařský areál St. Andrasberg, kde se těžilo stříbro. Tyto důlní vody neobsahují vysoké koncentrace látek, tudíž není zapotřebí nějakých úprav (Simon, 2003).

## 8. Diskuse

Výsypkové a důlní vody obsahují většinou větší množství železa, manganu, síranů a nerozpustných látek, mají také většinou nízké pH. Vody z pískovny a výsypky Erika však mají pH téměř neutrální, průměr v roce 2013 činil 7,6, přičemž mezní hodnota byla 9. Co se týče nerozpuštěných látek mezní hodnota byla 75 mg/l, ale sledované vody dosahovaly průměrné hodnoty 31 mg/l. Ani v případě železa nebo manganu nebyly překračovány mezní limity.

Vody z pískovny a výsypky Erika jsou vypouštěny přímo do řeky Svatava bez jakékoliv úpravy a při porovnání výsledků odběrů z místa Svatava za Erikou, které je cca 300 metrů po proudu od ústí důlních vod do řeky se zdá, že výsypkové vody kvalitu v řece Svatavě téměř neovlivňují.

Naproti tomu důlní vody z oblasti Potosí v Bolívii ovlivňují kvalitu vody v řece Chayanta velmi, hlavně z hlediska obsahu těžkých kovů. Nejvyšší hodnota manganu zde byla naměřena 3x vyšší než nejvyšší hodnota v řece Svatavě. Nejvyšší hodnota železa převyšovala nejvyšší hodnotu v řece Svatavě dokonce 7x. Podle mého názoru by do řeky bez předchozí úpravy být rozhodně vypouštěny neměly, už kvůli tomu, že voda v řece je posléze využívána při pěstování zemědělských plodin.

## 9. Závěr

Ve své bakalářské práci jsem se zabýval vlivem výsypkových vod z výsypky Erika na kvalitu vody v řece Svatavě. V první, obecné části práce jsem se zabýval popisem základních pojmů, kterých se tato problematika týká, výskytem a složením důlních a výsypkových vod, možnostmi jejich čištění v České republice i v zahraničí.

Druhá část práce se již týkala konkrétních území, bývalého hnědouhelného dolu Erika, který se po ukončení těžby stal výsypkou, pískovny Erika a řekou Svatavou. Zabýval jsem se výsledky rozborů vod, které z pískovny a výsypky vytékaly v roce 2013. Z výsledků měření koncentrací jednotlivých ukazatelů vyplývá, že výsypkové vody z uvedené lokality mají nízké hodnoty obsažených nerozpuštěných látek, železa, manganu a síranů, zejména díky přírodnímu čištění těchto vod. Výsypka Erika je součástí Podkrušnohorské výsypky a na této výsypce probíhají rekultivace. Z části této lokality označovaných jako X. a XI. etapa jsou srážkové vody gravitačně sváděny do prostoru výsypky Erika a tyto vody způsobují ředění škodlivých látek obsažených ve vodách výsypky Erika. Dále byl na jihozápadní straně Podkrušnohorské výsypky vytvořen mokřad, který rovněž účinně snižuje koncentrace škodlivých látek odtékajících vod. Při porovnání údajů rozborů z řeky Svatavy před a po vyústění výsypkové vody z lokality Erika je zřejmé, že s výjimkou obsahu síranů mají výsypkové vody z výsypky a pískovny Erika na vodu v řece Svatavě malý nebo skoro žádný vliv a mohou tak být do řeky vypouštěny.

## 10. Přehled literatury a zdrojů

AKCIL, A. a S. KOLDAS. *Acid mine drainage (AMD): Causes, treatment and case studies*. Journal of Cleaner Production,14(12-13), pp. 1139-1145., 2006.

AMBROŽOVÁ, J. *Aplikovaná a technická biologie*. Praha: VŠCHT Praha, 2003. ISBN 80-7080-521-8.

AMBROŽOVÁ, J. *Mikrobiologie v technologii vod*. Praha: VŠCHT Praha, 2008. ISBN 978-80-7080-676-0.

ADAMEC, Z., A. GRMELA, K. NOVOTNÝ a V. SLIVKA. *The Revitalization of Underground and: Elimination of Risks from Mine Waters and Gases*. Kraków, Poland, 2008. ISBN 978-83-921582-6-4.

BEJČEK V. a ŠŤASTNÝ K. *Fauna Tušimická*. Praha: Praga Publishing, spol s.r.o., 1999.

DIMITROVSKÝ, K. *Tvorba nové krajiny na Sokolovsku*. Sokolovská uhelná, a.s., Sokolov, 2001.

ČERNÍK, M., J. ZEMAN, J. SLOVÁK, I. ŠUPÍKOVÁ, A. KOPŘIVA, S. KOŘALKA, A. ŘÍČKA, M. ŽÁČEK, L. POLÁCH, T. LEDERER a R. ŠURÁŇOVÁ. *Geochemie a remediace důlních vod*. AQUATEST a.s., Praha, 2008.

DIMITROVSKÝ, K. *Tvorba nové krajiny na Sokolovsku*. Sokolovská uhelná, a.s., 2001.

DIVIŠ, M. *Monitorování vod*. SPŠ Karviná, 2008.

FROUZ J., ELHOTTOVAS, D., PIZL V., et al. The effect of litter quality and soil faunal composition on organic matter dynamics in post-mining soil: A laboratory study Applied soil ecology 37, 2007

- FROUZ, J., L. POPPERT, I. PŘIKRYL a J. ŠTRUDL. *Tvorba nové krajiny na Sokolovsku*. Sokolovská uhelná, a.s., Sokolov, 2007.
- GALEK, R. *Důlní vody uhelných ložisek*. Sokolovská uhelná, a.s., 2002.
- GREINER, R.W., de JONG J. The use of marsh plants for the treatment of wastewater in areas designated for recreation and tourism. RIJP Report No.225, Lelystad, Nederland, 19684.
- GRMELA, A., P. JELÍNEK, J. MALIŠ a V. SLIVKA. *Databáze dostupných dat o chemickém složení vod petřvaldské dílčí pánve okr. Ostrava*. Ostrava, 2008.
- GRMELA, A. *Důlní vody uranových ložisek předplatformních formací České republiky*. Montanex. Praha, 2012.
- HETEŠA, J. a E. KOČKOVÁ. *Hydrochemie*. Brno: MZLU Brno, 1997.
- HEVIÁNKOVÁ, S., I. BESTOVÁ a M. ZECHNER. Úprava důlních vod na ÚDV Svatava. *Zpravodaj Hnědé uhlí*. 2009, č. 2.
- HOLOUBEK, I. a D. KALAVSKÁ. *Analýza vod*. Bratislava: SNTL/Alfa, 1987.
- HONZAJKOVÁ, Z., M. KUBAL, M. PODHOLA, T. PATOČKA, M. ŠÍR a P. KOCOUREK. *Membránové technologie a jejich použití při čištění podzemních vod a skládkových výluhů*. Chemické listy, 2011.
- HORÁKOVÁ, M. *Analytika vod*. VŠCHT Praha, 2003.
- HORÁKOVÁ, M., P. LISCHKE a GRÜN WALD. *Chemické a fyzikální metody analýzy vody*. Bratislava: SNTL/Alfa, 1986.
- JISKRA, J. *Z historie uhelných lomů na Sokolovsku od Johana Davida Edler von Stacka po Sokolovskou uhelnou a.s.* Sokolov: Sokolovská uhelná a.s., 1997.

- KALACĚ, J. TRĚSKA, I. KOLĀŘ a E. JIROVCOVĀ. *Chemie ťivotního prostředí*. JihočeskĀ Univerzita ČeskĀ BudĚjovice, 2010.
- KALIN, M. *Passive mine water treatment: the correct approach?*. — *Ecological Engineering*. Toronto, 2004.
- KALAVSKĀ, D. a I. HOLOUBEK. *Analýza vod*. Bratislava: SNTL/Alfa, 1987.
- KUBĚČEK, F., ZELINKA, M. *ZĀklady hydrobiologie*. SPN Praha, 1982.
- KUNCOVĀ, S. a R. TYLLER. *RomantickĀ cesty neznĀmým Sokolovskem*. Sokolov: Fornica Publishing, 2009. ISBN 9788087194102.
- LELLĀK, J., KUBĚČEK, F. *Hydrobiologie*. Karolinum Praha, 1992.
- LELLĀK, J., KUBĚČEK, F. *Hydrologie*. Karolinum Praha, 1991.
- LOTTERMOSER, B.G. *Mine Wastes: Characterization, Treatment and Environmental Impact*. Queensland, Australia: James Cook University, Queensland, Australia, 2010. ISBN 978-3-642-12418-1.
- MOORHEAD, K.K., REDDY, K.K. Oxygen transport through selected aquatic macrophytes. *J. Environ. Qual.* 17, 1988
- PEŠEK ET AL., J. ČESKĀ GEOLOGICKĀ SLUŽBA. *TerciĀrnĀ pĀnev a loťiska hnĚdĚho uhlĪ ČeskĀ republiky*. Praha, 2010.
- PITTER, P. *Hydrochemie*. VŠCHT Praha, 1999.
- PITTER, P. *Hydrochemie*. VŠCHT Praha, 2009.
- PŘIKRYL, I. *Vody vznikajĪcí v PodkrušnohořĪv souvislosti s tĚzbou nerostů: SbornĪk prĪspĚvků XIV. konference VĚskĀ limnologickĀ společnosti a Slovenskejlimnologickej společnosti*, Nečtiny, 2006.

RAJCHARD, J., Z. BALOUNOVÁ, J. KVĚT, H. ŠANTRŮČKOVÁ a D. VYSLOUŽIL. *Ekologie*. Jihočeská Univerzita České Budějovice, 2002.

RIPL, W. *Management of water cycle and energy flow for ecosystem control (ETR model): Ecological Modelilng*. 1995.

ROJAS, Jenny C. a Carlo VANDECASTEELE. Influence of Mining Activities in the North of Potosi, Bolivia on the Water Quality of the Chayanta River, and its Consequences. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2007, vol. 132, 1-3, s. 321-330. DOI: 10.1007/s10661-006-9536-7. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10661-006-9536->

ROJÍK, P. *Sokolovská hnědouhelná pánev*, In: Jiskra, J., ed.: Velká kniha hornictví Karlovarského kraje. Jan Bodrov, Tiskárna a studio OKO, Svatava, 2004.

ROJÍK, P. et al. (2010): *Sokolovská pánev*. – In Pešek J. ed: Terciérní pánve a ložiska hnědého uhlí České republiky. – ČGS Praha.

ŘÍMAN, A. *Základy dobývacích metod v kamenouhelných dolech*. Praha, Bratislava: SNTL/SVTL, 1964.

SCHRÖDER, P. D., DANIELS, W. I., ALLEY, M. M. Chemical and physical properties of reconstructed mineral sand mine soils in Southeastern Virginia Soil Sciences, 2010.

STUMM, W. a J.J. MORGAN. *Aquatic chemistry - Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters*. Wiley, New York, 1996.

ŠTÝS A KOL., S. *Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin*. Praha: SNTL, 1981.

ŠVÉDA, K. *Hornictví II*. Praha: SNTL, 1987.

WETZEL, G., R. *Limnology*. Saunders College Publishing, Orlando USA, 1983.

### **Internetové zdroje:**

Česká geologická služba - Geofond. *Hnědé uhlí* [online]. 2002-2005 [cit. 2014-03-01]. Dostupné z:  
[http://www.geofond.cz/dokumenty/nersur\\_rocenky/rocanerudy99/html/h\\_uhli.html](http://www.geofond.cz/dokumenty/nersur_rocenky/rocanerudy99/html/h_uhli.html)

ČR. Horní zákon: Zákon o ochraně a využití nerostného bohatství. In: *§40 zák. 44/1988Sb.* Praha, 1988. Dostupné z: <http://www.cbubbs.cz/docs/1988-044%20a%20498-2012.doc>

ČVUT. *Katedra hydromeliiorací a krajinného inženýrství* [online]. [cit. 2014-03-19]. Dostupné z: [storm.fsv.cvut.cz/on\\_line/zip/Prez-Rekultivace.pdf](http://storm.fsv.cvut.cz/on_line/zip/Prez-Rekultivace.pdf)

SIMON, J. *Konzipierung einer passiven Grubenwasserreinigungsanlage im Hagental bei Gernrode.* Freiberg, 2003. Dostupné z:  
<http://www.wolkersdorfer.info/publication/pdf/SimonDiplomarbeit.pdf>.  
Diplomarbeit. TUB Freiberg.

ŠOUPALOVÁ, Petra. *Kvalita důlních a výsypkových vod v oblasti Sokolovské pánve.* 2013. Dostupné z: [vskp.czu.cz](http://vskp.czu.cz)

VŠB - TU Ostrava: Hornicko - geologická fakulta. *Institut geologického inženýrství* [online]. [cit. 2014-02-11]. Dostupné z:  
[http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/vyuziti\\_uhli.html](http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/vyuziti_uhli.html)

### **Ostatní zdroje:**

BEDNÁREK, J., 2014: Poskytnuté obrázky a rozborů vody v řece Svatavě. (elektronicky) Povodí Ohře s.p.

JIROCH, J., 2014: Poskytnuté hodnoty důlních vod a další informace. (ústně, elektronicky) Sokolovská uhelná a.s.

archiv Sokolovské uhelné a.s.