ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA GEOENVIROMENTÁLNÍCH VĚD

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

KONTAMINACE PŮD V DŮSLEDKU TĚŽBY HNĚDÉHO UHLÍ

Vedoucí práce: doc. RNDr. Vladislav Chrastný, Ph.D.

Bakalant: Michaela Žitníková

© 2015 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra geoenvironmentálních věd

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Michaela Žitníková

Územní technická a správní služba

Název práce

Kontaminace půd v důsledku těžby hnědého uhlí

Název anglicky

Contamination of soils in the vicinity of coal mine

Cíle práce

Cílem práce je zmapovat možné kontaminace půd v okolí povrchových dolů na hnědé uhlí.

Metodika

Práce je postavena jako kompilační. Bakalantka vytvoří podrobný literární přehled za použití převážně zahraniční literatury a z části se též zaměří na Českou republiku. Součástí práce je diskuse možných environmentálních rizik a vyhodnocení získaných komplivaných dat.

Doporučený rozsah práce

40

Doporučené zdroje informací

databáze Scopus
databáze Web of Science
Malkovský, M. (1985) Geologie everočeské hnědouhelné pánve ajejího okolí. Akademia, 424s.

Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

Vedoucí práce

doc. RNDr. Vladislav Chrastný, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 22. 1. 2014

doc. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 1. 2014

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 11. 03. 2015

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma „Kontaminace půd v důsledku těžby hnědého uhlí“ vypracovala samostatně pod odborným vedením svého vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Litvínově dne 20. 3. 2015 Michaela Žitníková

Poděkování

Velice ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce doc. RNDr. Vladislavu Chrastnému, Ph.D. za odborné vedení, za poskytnutí rad a podnětných připomínek, včetně návrhů, korekcí a času s jejím zpracováním.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá kontaminacemi půd v okolí hnědouhelných pánví v důsledku těžby hnědého uhlí. Další procesy spojené s těžbou a následným zpracováním hnědého uhlí mohou vést k závažným ekologickým rizikům. Půda není tak moc ohrožena samotnou těžbou hnědého uhlí jako spíš jeho zpracováním, které představuje riziko pro ovzduší a následné znečištění půd a vod. Nejvíce jsou půdy ohroženy kontaminací těžkými kovy a to především Arsenem (As), Berylliem (Be), Chromem (Cr), Kadmiem (Cd), Polycyklickými aromatickými uhlovodíky (PAU) a Rtutí (Hg), které se dostávají do půdy díky antropogenní činnosti člověka. Těžké kovy mají schopnost se v půdách dlouhodobě ukládat a tím nadále škodit fauně i flóře. Dále se práce zabývá různými dekontaminačními procesy, díky nimž se půda alespoň z části obnoví.

Klíčová slova: půda, kontaminace, těžba, hnědé uhlí

Abstract

The thesis deals with soil contamination in the surrounding of brown coalfields due to brown coal mining. Other processes associated with mining and subsequent processing of brown coal may lead to serious ecological risks. The soil is not so much threatened by mining of brown coal but rather by its processing, which may cause risk for air and subsequent pollution of soil and water. The greatest threat to soil are heavy metals, especially Arsenic (As), Beryllium (Be), Chromium (Cr), Cadmium (Cd), Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAU) and Hydrargyrum (Hg), which are brought into the soil due to anthropogenic activity of man. The heavy metals have the ability to store themselves long-term in the soil and therefore harm fauna and flora. In addition the thesis deals with various decontamination processes, which help at least a little bit to restore the soil.

Keywords: soil, contamination, mining, brown coal

Obsah

1. Úvod 10
2. Cíl práce 10
3. Literární rešerše 10
   3.1. Hnědé uhlí 10
   3.2. Složení uhlí 11
   3.3. Těžba hnědého uhlí v Čechách 11
   3.4. Historie těžby v Podkrušnohoří 13
   3.5. Územně ekologické limity 13
4. Severočeská hnědouhelná pánev 15
   4.1. Geochemie uhelné sloje 16
   4.2. Životní prostředí na Mostecku 16
   4.3. Druhy chemického narušení horninového prostředí 17
   4.4. Znečištění půd kolem uhelných elektráren 18
   4.5. Studie v blízkosti tepelné elektrárny v Počeradech 18
5. Vedlejší dopady těžby na půdu 19
   5.1. Důlní vody 20
   5.2. Odpady z těžby nerostných surovin 20
   5.3. Zbytky po spalování uhlí 20
   5.4. Znečištění ovzduší ze spalování 21
      5.4.1. Průmyslové emise 22
      5.4.2. Techniky ke snižování emisí - odsíření 23
      5.4.3. Techniky ke snižování emisí - denitrifikace 24
6. Půda 24
   6.1. Pórovitost půdy 25
   6.2. Chemické vlastnosti půdy 25
   6.3. Půdní roztok 25
   6.4. Sorpce půdy 25
   6.5. Poškozování půdy 26

7. Kontaminace půd 26
7.1. Kontaminace půd v zahraničí 28
7.2. Těžké kovy a charakteristika vybraných prvků 28
7.2.1. Arsen (As) 30
7.2.2. Beryllium (Be) 30
7.2.3. Chrom (Cr) 30
7.2.4. Kadmium (Cd) 31
7.2.5. Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) 31
7.2.6. Rtuť (Hg) 33
8. Dekontaminace 33
8.1. Odstranění těžkých kovů z kontaminované půdy pomocí rostlin 34
9. Legislativa 35
9.1. Zákon č. 334/1992 Sb. O ochraně zemědělského půdního fondu 35
9.2. Vyhláška č. 13/1994 Sb. 36
9.3. Nařízení vlády č. 350/2002 Sb. 36
10. Diskuse 37
11. Závěr 38
12. Seznam zdrojů 39
12.1. Seznam zdrojů - Literatura 39
12.2. Seznam zdrojů - Legislativa 42
12.3. Seznam zdrojů - Internetové zdroje 43
13. Seznam obrázků, grafů a tabulek 44

Seznam použitých zkratek

MZČ	Ministerstvo zemědělství Číny
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
ppm	parts per million
VŠCHT	Vysoká škola chemicko-technologická
PAU	Polycyklické aromatické uhlovodíky
IRZ	Integrovaný registr znečišťování
CAS	Chemical abstracs service
ZPF	Zákon České národní rady o ochraně zemědělského půdního fondu

1. Úvod

Současný stav životního prostředí je velmi neutěšený a člověk se dostává v mnoha směrech při uplatňování svých zájmů do konfliktu s ekologickými zákonitostmi (Šlégl a kol. 2002).

V této práci se zabývám faktory znečišťující životní prostředí zaměřené převážně na půdu, a to zejména z průmyslové činnosti jako je těžba uhlí a následně jeho zpracování.

Půda je pro náš život důležitá, jelikož tvoří základ, jak pro život lidí, tak i rostlin a zvířat, a proto je třeba ji chránit.

Hnědé uhlí je v České republice stále hlavním energetickým zdrojem, jehož těžba je nejrozšířenější a nejintenzivnější činnost narušující krajinu a zároveň i životní prostředí.

Průmyslová těžba uhlí je velmi nebezpečným zásahem, rozrušuje povrch půdy, což vede ke zrychlené erozi, pozměňuje režim povrchových a podzemních vod a ničí půdu a vegetaci.

Těžbou hnědého uhlí a jeho následným zpracováním se do půdy dostávají těžké kovy, které půdu znečišťují a zároveň představují zvýšená zdravotní rizika. Znečišťující látky se do půdy dostávají buď přímo, anebo ze vzduchu a dešťové vody. Znečištění přírodního prostředí těžkými kovy je celosvětovým problémem, protože tyto kovy jsou nezničitelné a většina z nich má za určité koncentrace toxické účinky na celý ekosystém.

2. Cíl práce

Tato bakalářská práce je zaměřena na hodnocení půd v okolí hnědouhelných oblastí. A to především na problematiku kontaminace půd těžkými kovy. Dále pak se zabývá procesy zpracování uhlí a jeho vlivy na půdu. Ponejvíce se zaměřuje na severočeskou hnědouhelnou pánev a z části též na zahraniční problematiku kontaminace půd.

3. Literární rešerše

3.1. Hnědé uhlí

Uhlí je dnes nepostradatelnou surovinou používá se jako palivo v domácnostech a na výrobu páry ve všech průmyslových podnicích i elektrárnách. Hnědé uhlí se vyskytuje po celém světě, ale nejvíce se ho těží v Evropě (Kavalov, 2007).

Největší produkci hnědého uhlí vykazuje Německo (40,35% celkové produkce Evropské unie), na druhém místě je Polsko, třetí Řecko a na čtvrtém místě Česká republika (10,44%). Významnější těžby hnědého uhlí vykazuje ještě Rumunsko a Bulharsko. Další čtyři členské země Evropské unie těží zanedbatelná množství hnědého uhlí a zbylých 18 států vykazuje nulové těžby (Malečková a kol. 2012).

3.2. Složení uhlí

Uhlí se obvykle hodnotí jako by bylo složeno ze tří nezávislých částí: hořlaviny, popeloviny a vody. Protože zkoumání těchto složek je v praxi obtížné a nebylo by ani ekonomické, vztahuje se většina palivářských rozborů a úvah na popel. (Malkovský, 1985).

Uhlí se skládá z uhlíku, vodíku, kyslíku, dusíku, nehořících nerostných látek, tvořících při spálení popel, z vody a někdy i ze síry, v tabulce (Tab. 1) je uveden obsah stopových prvků v severočeském uhlí (Jičínský, 1944).

Tab. 1 - obsah stopových prvků v severočeském hnědém uhlí

Prvek	obsah stopových prvků (mg/kg)		
	průměr	minimum	maximum
As	14.60	0.10	1 290.00
Cu	34.00	5.00	208.00
Ni	41.00	1.00	280.00
Pb	13.60	<0.05	74.50
Hg	0.26	0.03	1.84
Co	14.60	2.00	109.00
Zn	60.00	1.00	329.00
Cr	55.00	9.00	133.00
Se	3.07	<0.10	9.60
V	102.00	15.00	435.00

Zdroj: Chemické listy 100, 2006

3.3. Těžba hnědého uhlí v Čechách

Hnědé uhlí jako prvotní palivo se podílí na výrobě elektřiny v České republice z více než 46%. Těžba hnědého uhlí v ČR je řešena výhradně povrchovým způsobem, který významně pozměňuje krajinný ráz a zasahuje do životního prostředí. To je spolu s omezenými zásobami důvodem pro postupný útlum těžby hnědého uhlí, s kterým počítá Státní energetická koncepce. Jedná se proto o odpis části zásob výhradních ložisek pod obydlenými lokalitami, které by prakticky zamezilo další těžbě. Jednotlivé podíly společností v rámci těžby z předešlých období, uvádí tabulka (Tab. 2), (Reichmann, 2000).

Tab. 2 - těžba hnědého uhlí v České republice

Těžba hnědého uhlí v ČR					
Společnosti	Těžba uhlí 2010 (mil. tun)	Těžba uhlí 2009 (mil. tun)	Podíl (%)	Volně obchodovatelné uhlí (mil. tun)	Podíl (%)
Severočeské doly	21.63	22.03	49.2	6.03	24.7
Czech Coal	13.85	14.2	31.8	13.85	56.6
Sokolovská uhelná	8.42	8.56	19.2	4.6	18.8
Souhrn	43.9	45.2	100	24.48	100

Zdroj: Czech Coal

Těžené hnědé uhlí se liší zejména výhřevností a obsahem směsí síry. Nejkvalitnější hnědé uhlí je z těžební lokality Československé armády, které dosahuje výhřevnosti 17,5 MJ/kg se sirnatostí 0,5%. To posiluje spory ohledně územních těžebních limitů, za kterými právě zde leží dalších 750 miliónů tun pro další těžbu uhlí (Fröhlich a kol. 2003).

Zásoby hnědého uhlí a jejich životnost uvádí tabulka (Tab. 3). Více než ekologické limity se však vedle těžby hnědého uhlí řeší spor o zdražení uhlí o 60-100%, který vede Czech Coal s jednotlivými teplárnami (Czech Coal, 2013).

Tab. 3 - zásoby hnědého uhlí a jejich životnost

Zásoby hnědého uhlí a jejich životnost			
Společnost	Důl	Disponibilní zásoby k 1. 1. 2013 (mil. tun)	Životnost zásob při uvedenéné těžbě (rok)
Czech Coal	VU (Vršany, Šverma)	259.7	2044 (při těžbě 8 mil. tun ročně) 2055 (při těžbě 7 mil. tun ročně)
	Důl Kohinoor, s.p.	1.3	
	LU (ČSA)	41.3	2017 (při těžbě 4.5 mil. tun ročně) 2021 (při těžbě 3 mil. tun ročně)
	Celkem	**302.3**	
Severočeské doly	Bílina	154.4	2031 (při těžbě 9,5 mil. tun ročně) 2036 (při těžbě 7 mil. tun ročně)
	Tušimice	227.2	2030 (při těžbě 13 mil. tun ročně) 2035 (při těžbě 10 mil. tun ročně)
	Celkem	**381.6**	
Sokolovská uhelná	Jiří	142.9	2023 (při těžbě 5-6 mil. tun ročně) 2034 (při těžbě 4 mil. tun ročně)
	Družba		2030 (při těžbě 4 mil. tun ročně) 2034 (při těžbě 4 mil. tun ročně)
	Celkem	**142.9**	
Celkem		**826.8**	

Zdroj: Czech Coal

3.4. Historie těžby v Podkrušnohoří

Psal se rok 1403. V Čechách panoval král Václav IV. a v Betlémské kapli kázal mistr Jan Hus. Z této doby, z 21. května roku 1403, pochází zápis v duchcovské kronice o prodeji tzv. důlních měr pro dobývání. Na Mostecku se první zmínka o těžbě uhlí váže k roku 1613. V tomto roce udělil císař Matyáš privilegium na těžbu uhlí u Havraně a Hrobu mosteckému občanu Janu Weindlichovi.

Za třicetileté války všechny zprávy o uhlí a dolech mizí. První novodobá zpráva o těžbě uhlí pochází z roku 1740. Od 60. let 18. století dochází k otvírce hnědouhelných dolů na mnoha místech pánve. Teprve však od přelomu 19. století lze zaznamenat podstatnější rozvoj těžby v oblasti pánve. Umožnila to rozvíjející se doprava uhlí po vodě. V dosahu Labe vyrůstaly stále nové a nové doly.

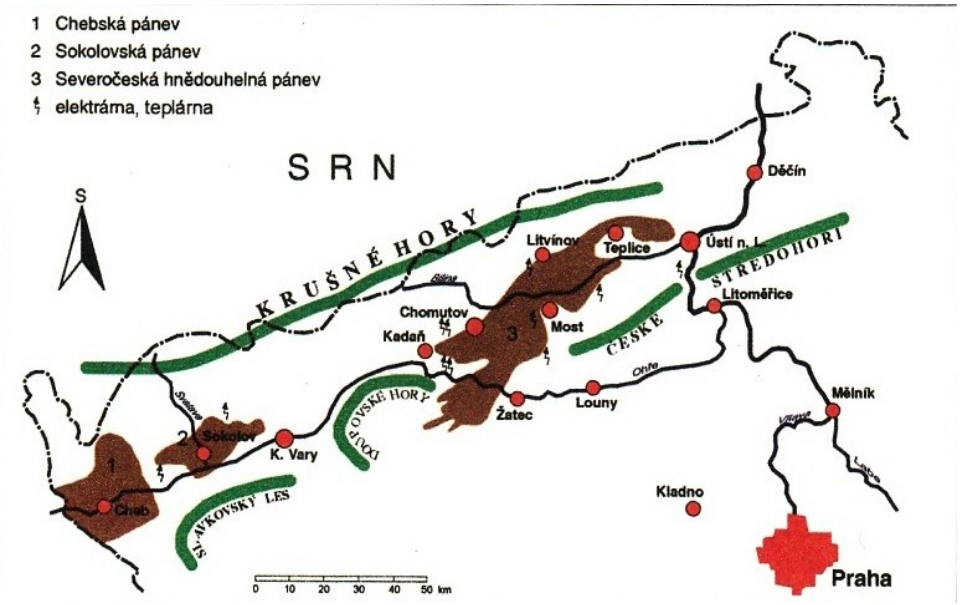
Skutečný průmyslový rozvoj těžby uhlí je spojen až s výstavbou železniční sítě v Čechách. V roce 1850 proniklo železniční spojení do Ústí nad Labem odtud v roce 1858 do Teplic. V roce 1867 do Duchcova a v roce 1870 přes Most do Chomutova. Nové dopravní spojení pak vedlo k rychlému rozvoji těžby uhlí. První záznamy o dobývání uhlí na území města Mostu a v jeho okolí pocházejí z roku 1791, kdy byly zahájeny těžební práce na dole Magdalena u Střimic (v místě dnešní rekultivované výsypky lomu Ležáky). Další doly pak vznikaly v 19. století, hlavně pak v jeho 2. polovině a zejména ve 20. století. Vytěžené uhlí zprvu nahradilo dřevo, které bylo výhradně používáno k vytápění. Po vynálezu parního stroje pak bylo používáno k jeho pohonu a s rozvojem elektrifikace přede vším k výrobě elektřiny v parních elektrárnách. Tento způsob využití převládá i dnes, kdy přibližně 59% elektřiny (ale i tepla) u nás je vyráběno z hnědého uhlí (Kukal, 2000).

3.5. Územně ekologické limity

Termíny územní limity se v územně plánovací praxi rozumí limity využití území. Jedná se zejména o limity zatížení území z hlediska ochrany složek životního prostředí a zachování ekologické stability. Územní limity pro těžbu surovin jsou stanovené vládním nařízením, označované jako územně ekologické limity. Hlavními důvody stanovení územně ekologických limitů je zamezení pokračování či zahájení těžby v území, které je buď ekologicky natolik cenné, že se vylučuje možnost jeho narušení nebo pokud je území již enormně zatíženo stávající těžbou, že by její další pokračování mělo destruktivní následky a neumožňovalo by kvalitu života na odpovídající úrovni. V případě, že se jedná o přírodovědně či ekologicky cenné lokality, jsou většinou z těžby vyloučeny legislativně, tj. zákony na ochranu přírody a krajiny, či jiného přírodního zdroje (vodárenského, půdního apod.). Na území České

republiky se ke stanovení takových regulativů přistoupilo v regionu Podkrušnohoří, kde hlavním důvodem jejich stanovení byla ochrana životního prostředí a krajiny v oblasti, která byla dlouhodobě v průběhu 20. století výrazně narušována povrchovou těžbou hnědého uhlí. Rozsah hnědouhelných pánví v Podkrušnohoří zobrazuje obrázek (Obr. 1).

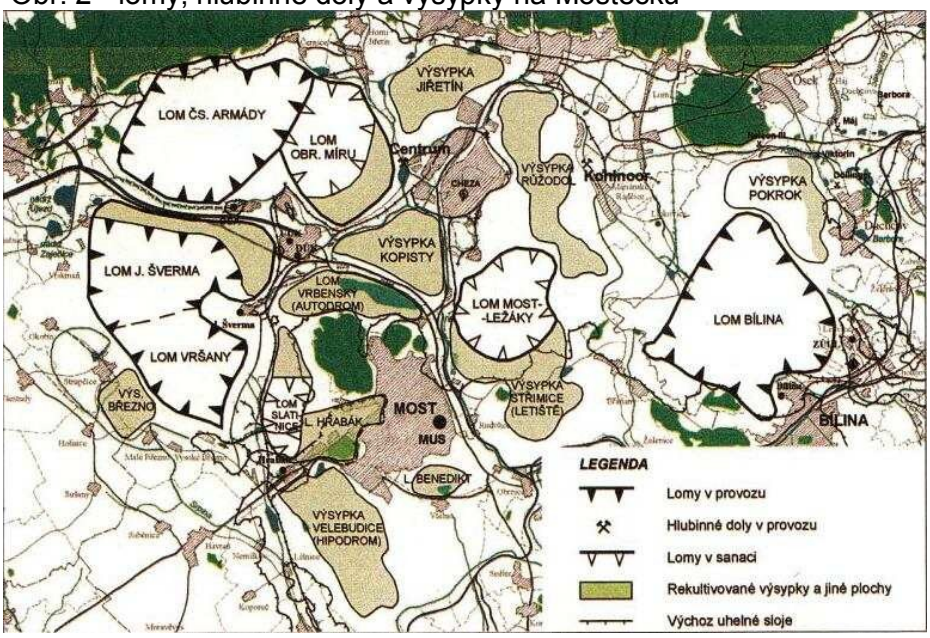
Obr. 1 - mapka Podkrušnohorských hnědouhelných pánví



Zdroj: webové stránky města Litvínov

Vytěžené hnědé uhlí bylo ve stejných pánvích spalováno v tepelných elektrárnách, což negativní následky na životní prostředí ještě více znásobilo.

Obr. 2 - lomy, hlubinné doly a výsypky na Mostecku



Zdroj: webové stránky města Litvínov

Navíc nekvalitní technologie spalování hnědého uhlí vedly ke znečištění ovzduší oxidem siřičitým a prachovými částicemi, což vedlo ke zhoršení zdravotního stavu obyvatel. Tehdejší vláda se proto rozhodla celou situaci vyřešit zavedením odsíření a odprášením elektráren. Zároveň se přistoupilo ke stanovení hranic, které nesmí ani v budoucnu jednotlivé doly překročit, jak těžební činností, tak rozsahem výsypek. Velikost zabraných území lomů, hlubinných dolů a výsypek na Mostecku znázorňuje obrázek (Obr. 2), (Smolová, 2008).

4. Severočeská hnědouhelná pánev

V České republice se hnědé uhlí nachází v Sokolovské, Chebské a Severočeské pánvi. Nejvíce se na produkci hnědého uhlí podílí pánev Sokolovská, a to z 75%, zbývající procenta patří Severočeské pánvi (okres Teplice, Most, Chomutov). Zásoby hnědého uhlí jsou odhadovány na 30-37 let, životnost zásob by se zvýšila prolomením limitů, které jsou prozatím vázány územními limity v Severočeské pánvi. Prolomením těchto limitů by se doba prodloužila téměř o 100 let (Moučková, 2006).

Severočeská hnědouhelná pánev je největší podkrušnohorská pánev, leží mezi Krušnými horami, od kterých je oddělena podkrušnohorským zlomem, Doupovskými horami a Českým středohořím, obsahuje významná ložiska hnědého uhlí (Hornická skripta). Severočeská hnědouhelná pánev je největší a hospodářsky nejvýznamnější hnědouhelná pánev v České republice. Rozkládá se na ploše 870 km^2 (Dvořák, Mach, 1999).

Severočeská hnědouhelná pánev se vnitřně člení na Chomutovskou, Mosteckou a Teplickou část (Farský a kol. 2008).

V Chomutovské části severočeské pánve se místy vyskytuje několik slojí. Uhlí z této pánve má nízký stupeň prouhelnění a vysoký obsah popela (až 50%). Problémem při využívání tohoto uhlí je ve velkých elektrárnách zvýšený obsah síry a arsenu. Nízká výhřevnost způsobuje tzv. měrnou sirnatost, která přesahuje u části zásob dříve používanou normu. V mostecké části severočeské pánve se těží uhlí s nižším obsahem popela a vyšším prouhelněním. Uhlí má místy výrazně zvýšené obsahy síry a arsenu. Sokolovská pánev západně od Karlových varů má dvě slojová souvrství. Uhlí má xylodentritický charakter, vysoký obsah vody, a poměrně nízký obsah síry (Reichmann, 2000).

Průzkum severočeské pánve a jejího okolí je takový, že nelze očekávat nálezy hnědého uhlí, které by mohli zásadně ovlivnit současný stav geologických zásob. Rozvojem netradičních spalovacích postupů nebo jiným způsobem využití uhlí,

vývojem progresivní lomové dobývací technologie a uvolněním vázaných zásob je však možno podstatně zvýšit objem vytěžitelných zásob (Malkovský a kol. 1985).

4.1. Geochemie uhelné sloje

Geochemická charakteristika uhelné sloje doplňuje údaje týkající se geochemie pánevních sedimentů. Vzorky uhlí byly odebrány z vrtných jader nebo z lomových a důlních stěn. V popelích z 60 vzorků byly zjištěny obsahy celkem 30 prvků. Vysoké koncentrace stopových prvků v uhelné sloji jsou důkazem toho, že v uhelné sloji dochází lokálně k obohacení některými prvky. Semikvantitativními analytickými metodami byla v celé pánvi vymezena území s anomálním obohacením Boru (B), Barya (Ba), Kobaltu (Co), Chromu (Cr), Gallia (Ga), Germania (Ge), Manganu (Mn), Molybdenu (Mo), Niklu (Ni), Olova (Pb) a Zinku (Zn), doplněné o kvantitativní stanovení Arsenu (As) a v některých částech pánve i Germania (Ge). Zvýšené obsahy Kobaltu (Co), Chromu (Cr), Titanu (Ti) a Niklu (Ni) v uhelné sloji jsou vázány na místa ležící v bezprostředním okolí vulkanitů Českého středohoří a Doupovských hor. Značná pestrost v chemismu mikroprvků vulkanitů, zvláště v okolí Mostu a Bíliny, se projevuje vznikem nesourodých anomálních úseků, kde se uplatňují zvýšené obsahy Chromu (Cr), Titanu (Ti), Niklu (Ni), Zinku (Zn), Barya (Ba) a Boru (B). Průměrné obsahy Titanu (Ti), Niklu (Ni), Chromu (Cr), Yttria (Y) a Zirkonia (Zr) v uhlí, geneticky spjaté s vulkanickým materiálem, silně kolísající v závislosti na množství popelovin (Malkovský, 1985).

4.2. Životní prostředí na Mostecku

Na Mostecku zaznamenal průmyslový rozvoj, zakládání nových dolů a továren, provázené čilou urbanizací obyvatelstva, hrubý a ničivý zásah do přírodního prostředí. Dochází zde k závaznějšímu místnímu znečišťování ovzduší, hromadí se odvaly hlubinné hlušiny, důlní vody začínají znečišťovat povrchové toky. V katastru Komořan je 91% půdy devastovaná a zcela neplodná plocha, zemědělské půdy je tu sotva 6%. Ovzduší je otráveno zplodinami spalování, vodní režim je rozvrácen. Tyto změny byly ponejvíce způsobeny povrchovou těžbou, nejen těžbou, ale také zde vyrostl velký chemický závod na chemické zpracování uhlí, a také tepelné elektrárny. Souhrn těchto nepříznivých okolností vyústil v nepříjemnou, ale pravdivou skutečnost: Mostecko se stalo synonymem pro špinavou, zničenou krajinu, patří mezi nejzdevastovanější oblast republiky. Nic nezůstalo nedotčeno – vzduch, půda, vody, vegetace, zvířata – vše bylo zasaženo zásahy důlního, energetického a chemického průmyslu (Vráblíková a kol. 2009).

Na Mostecku se ročně spálí kolem 6 miliónů tun hnědého uhlí, většinou nízké výhřevnosti, ale s vysokým obsahem balastních látek (20 až 40% vody, až 20% popela, 1,5 až 4% síry). Emise kysličníku siřičitého obsahují nejméně 180 000 tun, úlet popílku je větší než 160 000 tun ročně. Mostecko se tedy podílí na celostátních exhalacích SO_2 zhruba 10% a víc než 12% na emisích elektrárenského popílku. Kromě exhalací SO_2 a popílku unikají při spalování uhlí a při chemické výrobě tisíce tun dalších, neméně škodlivých látek, sirovodíku, arsenu, čpavku, chlóru, karcinogenních benzpyrenů. Ačkoli spad popílku v posledních letech klesá zejména lepším odpopílkováním, je stále vysoko nad přípustnou mezí 150 t/km^2 za rok (Bárta a kol. 1973).

4.3. Druhy chemického narušení horninového prostředí

Chemické narušení horninového prostředí je lidskými procesy vyvoláváno a urychlováno ještě více než narušení mechanické.

Antropogenní způsoby chemického narušení horninového prostředí:

a) Při vzniku nových druhotných materiálů a při chemickém ovlivňování horninového prostředí mají značný vliv důlní vody, tekoucí ze starých důlních děl nebo protékající starými haldami. Nečištěné odpadní vody z průmyslových podniků kontaminují povrchové vody a jejich prostřednictvím také vody podzemní, půdy a horniny.
b) S prvním bodem též souvisí i zrychlené rozpouštění vlivem kyselých důlních vod a působení kyselých dešťů. Okyselené vody s nižší hodnotou pH reagují rychleji převážně s horninami bohatými na karbonáty.
c) V případě nadměrného obohacení půd, nezpevněných sedimentů a hornin rizikovými prvky je lidská činnost mnohokrát důležitějším faktorem než samotné přírodní procesy. Sledují se obsahy těžkých kovů i dalších prvků, jako arsenu, beryllia a volného hliníku. Zdrojem takového narušení horninového prostředí jsou průmyslové a zemědělské podniky, svými exhalacemi a odpadními vodami, doprava, sídelní aglomerace jako celek i ukládání odpadů.
d) Průmyslové podniky, spalování paliv a doprava nejsou jen zdrojem plynných emisí, nýbrž i polétavého prachu, který se stane součástí horninového prostředí, proto se tímto problémem musíme zabývat též.
e) Kontaminace půd, hornin a podzemních vod toxickými látkami je významným problémem průmyslové civilizace se značnou produkcí zplodin z průmyslu, dopravy a zemědělství (Kukal, Reichmann, 2000).

4.4. Znečištění půd kolem uhelných elektráren

Severní Čechy patří mezi nejvíce znečištěné průmyslové oblasti v důsledku spalování hnědého uhlí s vysokým obsahem pyritu a těžkých kovů. Spalování fosilních paliv je bohaté na feromagnetické minerály, které jsou posléze zahrnuty v emisích a následně pronikají do půdy. Zdrojem kontaminace půd bývají zpravidla chemické látky, které pocházejí z průmyslových aktivit, jako je například těžba a zpracování nerostných surovin. Znečištěná půda se tak může stát zdrojem zdraví škodlivých látek. Kontaminace půdy v celé Severočeské hnědouhelné pánvi a v jejím blízkém okolí, především v Krušných horách, způsobují i po letech obtíže s obnovou lesních porostů a připisují se jí i neúspěchy u pokusů o reintrodukci původních dřevin, rostlinných i živočišných druhů, dříve zde hojných (Šrám, 2010).

4.5. Studie v blízkosti tepelné elektrárny v Počeradech

Počerady se nacházejí v severních Čechách. Tato elektrárna představuje zásadní znečištění, a to i přes účinnost elektrostatických odlučovačů. Roční emise z popílků je asi 6000 tun (v roce 1993). Systematické měření půdy bylo provedeno na 20 lokalitách rozmístěných kolem elektrárny. Vzorky půdy odebrané v blízkosti těchto lokalit byly analyzovány na Arsen (As), Kobalt (Co), Kadmium (Cd), Chrom (Cr), Železo (Fe), Olovo (Pb), Nikl (Ni), Zinek (Zn) a Měď (Cu). Na vybraných místech byla odebrána půda do hloubky 30 cm.

Tab. 4 - koncentrace těžkých kovů kolem tepelné elektrárny Počerady

Lokality	Co	As	Cd	Cr	Fe	Pb	Ni	Zn	Cu
Chomutov	5.31		0.29	1.87	3890	24.60	5.18	21.70	10.40
Libčeves	7.20	0.465	0.21	8.51	3350	15.28	16.90	18.80	12.07
Pnětluky	1.70	1.925	0.16	2.01	1380	10.92	2.10	11.60	6.33
Podsedice	8.50	1.456	0.20	4.05	4090	19.21	17.70	45.00	17.72
Válov	3.80	2.163	0.12	2.75	3350	13.26	4.80	41.20	30.15
Radičeves	4.20	1.538	0.21	4.63	1990	13.87	7.30	32.80	11.10
Sušany	5.50	1.895	0.19	2.56	2790	16.33	9.80	18.20	9.98
Zlatníky	6.50	1.483	0.25	4.58	2150	14.10	12.70	17.20	10.28
Sířejovice	4.40	2.517	0.24	2.81	1990	14.80	8.70	48.00	11.92
Sulejovice	2.70	6.814	0.39	6.03	2450	35.80	8.70	64.80	11.58
Dobroměřice	7.20	1.707	0.28	2.72		9.30	9.90	25.30	15.95
Peruc	3.20	2.818	0.40	1.89	1270	24.60	5.30	23.30	10.23
Malnice	4.80	4.244	0.47	4.23	2720	24.70	6.30	30.60	15.90
Výškov	7.50	1.244	0.30	4.06	1840	15.10	9.50	18.50	12.23
Volevčice (a)	8.40	2.131	0.33	3.07	1550	13.80	9.10	16.80	8.22
Volevčice (b)	9.20	1.630	0.42	7.00	1780	18.50	12.60	24.00	8.74
Blažim (a)	7.50	2.123	0.33	3.43	1410	17.70	8.70	16.70	10.74
Blažim (b)	6.80	1.491	0.32	3.28	1850	17.50	9.00	15.00	10.96
Polerady	12.60	0.578	0.35	4.85	1910	6.60	13.10	12.00	15.75
Staňkovice	7.20	1.195	0.44	4.76	2450	24.80	6.60	46.40	61.67
Páleček	5.10	2.520	0.35	2.99	1680	17.80	7.40	14.20	9.76
Popílek	28.4	44.3	1.21	52.6	32000	30.2	28.4	261	69.2

zdroj: Kapička a kol. 1999

Všechny oblasti byly zvoleny tak, aby nedocházelo k ovlivnění jinými místními zdroji, jako jsou silnice a kotliny. Koncentrace těžkých kovů v půdě byly stanoveny ve 2-M extrakty kyseliny dusičné (HNO_3) atomovou adsorpční spektroskopií. Vysoké hodnoty byly naměřeny severovýchodně od elektrárny, důsledkem je i přítomnost dalších zdrojů znečištění, jako jsou jiné uhelné elektrárny a průmyslové zóny. Obsah látek ve výše uvedené lokalitě popisuje tabulka (Tab. 4) a poslední řádek ukazuje údaje vydávaného popílku (Kapička a kol. 1999).

5. Vedlejší dopady těžby na půdu

Kontaminace půd vzniká při těžbě nerostných surovin, která je u nás poměrně rozsáhlá. S těžbou uhlí jsou spojeny nevratné změny v horninovém prostředí, ale zejména devastace a deformace krajiny a ztráta zemědělsky využívané půdy. Při povrchové těžbě je odstraněna veškerá vegetace a velké množství půdního profilu. Při těchto procesech dochází k rychlejší degradaci půd a zrychlení zvětrávacích procesů a eroze. U podpovrchové těžby, která je již ukončena se mohou hromadit důlní plyny a následně tak unikat, nejnebezpečnější je metan (CH_4). Povrchová

těžba uhlí s jejími ohni, zápary, prašností a hlukem jsou spolu s energetikou a chemickým průmyslem na ně navazujícími dodnes hlavním zdrojem znečištění ovzduší, půdy i vod (Šrám, 2010).

5.1. Důlní vody

Důlní vody jsou definovány v zákoně č.44/1988 Sb. O ochraně a využití nerostného bohatství.

Dalším zdrojem kontaminace půd mohou být i důlní vody. Jakmile se ze zatopeného dolu přestane čerpat voda, může docházet ke kontaminaci prostředí. Voda se stává kyselejší, což je příčinou rozpuštění a mobility kovů. Takovým to případem jsou například sulfidy, které mají tendenci na sebe vázat ostatní kovy (Arsen (As), Bismut (Bi), Kadmium (Cd), Kobalt (Co), Měď (Cu), Gallium (Ga), Indium (In), Rtuť (Hg), Molybden (Mo), Olovo (Pb), Rhenium (Re), Antimon (Sb), Selen (Se), Cín (Sn), Tellur (Te) a Zinek (Zn), (Banks a kol. 1997).

Jedním ze způsobů jak tomu zabránit, nebo rozšíření škodlivých vod do přírody potlačit, je izolace zdroje kontaminantu, použitím neutralizačních nebo redukčních činidel (pivovarské kvasnice, syrovátka), možností je také využití bakterií, ale to je stále předmětem zkoumání (Slovák, 2003).

5.2. Odpady z těžby nerostných surovin

Exploatovat, zušlechťovat a užívat nerostné suroviny znamená zpravidla produkovat ve velké míře odpady. Využít ložisko hnědého uhlí znamená odklidit a někam uložit skrývku (na 1 tunu uhlí připadá 5 i více tun nadloží), v úpravně odstranit z těživa kámen a popeloviny, při spalování počítat s plynnými exhalacemi, které unášejí do ovzduší jedovaté sloučeniny síry a úlety, vypořádat se s uložením elektrárenských popílků (Kožíšek, 1987).

5.3. Zbytky po spalování uhlí

Ročně je vyprodukováno na 13 miliónů tun zbytků po spalování uhlí. Část z nich především popílek se využívá jako druhotná surovina například ve stavebnictví, při čištění odpadních vod a také při rekultivacích a část se ukládá na skládku. Problémem u těchto zbytků je celá řada toxických prvků, které mohou ovlivňovat životní prostředí a zdraví lidí. Koncentrace v jednotlivých zbytcích po spalování uhlí se pohybují od méně než 1 mg/kg až do 3 500 mg/kg. Zbytky po spalování uhlí a v nich obsažené chemické látky vykazují specifickou toxicitu a některé ještě navíc i karcinogenitu, mutagenitu, teratogenitu apod. Jednotlivé stopové prvky obsažené ve

zbytcích po spalování uhlí jsou závislé na velikosti částic na charakteru vazeb v uhelných hmotách a také na geochemickém chování prvků. Pokud se tyto zbytky bez další úpravy aplikují do životního prostředí, hrozí prosakování toxických výluhů do podzemní a povrchové vody. Prostřednictvím kontaminované půdy se škodlivé látky následně dostávají do potravních řetězců a do ovzduší. (Cidlinová a kol. 2012)

Létavý popílek vznikající při moderní technologii spalování uhlí se stává vážným technickým i zdravotním problémem (Kolář, 1969).

Chemické složení popílku závisí na složení původního uhlí, záleží také na chemických reakcích během hoření, které ovlivňuje přítomnost vody, vodní pára, dostatek kyslíku, obsah síry, konstrukce komínu a řízení procesu hoření. Většina nespálených fosilních paliv je non-magnetická, s magnetickou složkou odpovídající 10 ppm magnetické hmotnosti, avšak produkty při spalování fosilních paliv jsou na magnetit bohaté s odhadovaným obsahem 500-10 000 ppm. Jedním z nejdůležitějších minerálů v uhlí je pyrit. Při spalování o teplotě 1000 °C a vyšší se pyrit odloučí a tvoří se pyrhotin a páry síry, při ještě vyšší teplotě se pyrhotin rozkládá na železo a ionty síry (Flanders, 1994).

Antropogenní magnetit se dopravuje spolu s těžkými kovy v atmosféře ve formě oblaku, který cestuje po větru. Pevné částice z tohoto oblaku mohou pronikat do půdy a sedimentů, a proto se provádí povrchové magnetické měření, které určuje koncentraci feromagnetických minerálů, umožňuje identifikaci oblasti charakterizované zvýšeným znečištěním (Thompson, Oldfield, 1986).

Oxidy železa nejsou sami o sobě toxické nebo přímo škodlivé, i když často koexistují s toxickými těžkými kovy. Toto soužití je založeno na jejich zapojení v genezi během výrobního procesu, na společné dopravě a ukládání, nebo na adsorpci těžkých kovů na povrchu oxidů železa. Po chemické stránce je elektrárenský popílek bazický materiál s pH 7,0 až 10,5 je dobře zásoben vápníkem a přiměřeně draslíkem a má určité množství fosfátů. Existují však popílky, především hnědouhelné, jejichž charakter je zcela jiný. Jsou kyselé, obsahují velmi málo draslíku, fosforu, vápníku a hořčíku. Stopové prvky jsou přítomny ve vysokých koncentracích například hliník, mangan, železo a nikl mohou být pro rostliny toxické (Kolář, 1969).

5.4. Znečištění ovzduší ze spalování

Tepelné elektrárny spolu s teplárnami mají rozhodující podíl na znečištění ovzduší. Nejen proto, že vyrábějí značné množství energie, ale především plynných i

pevných emisí. Navíc používané suroviny obsahují příměsi, z nichž při spalování vznikají další plynné a pevné škodliviny. V exhalátech tepelných elektráren se tak kromě oxidu uhličitého a uhelnatého jako základních produktů hoření objevují i oxid siřičitý, oxidy dusíku, popílek s obsahem těžkých kovů a polycyklických aromatických uhlovodíků (Šlégl, 2012).

Spalováním fosilních paliv vznikají v energetice znečišťující látky – průmyslové emise, především oxid siřičitý, oxidy dusíku, tuhé znečišťující látky neboli prašné částice a také oxid uhličitý. Dopady těchto látek na znečištění ovzduší jsou s určitostí největším environmentálním problémem v otázce nakládání s fosilními palivy (CENIA, 2013).

5.4.1. Průmyslové emise

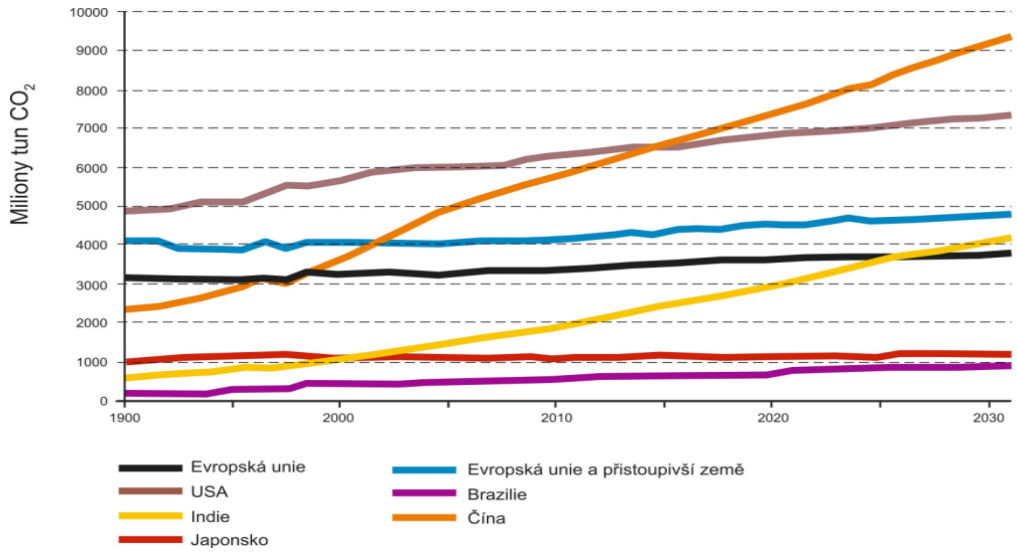
Průmyslové emise, tj. odpadní látky produkované průmyslovými podniky ve formě kouře, sazí, popílků, prachu a plynných zplodin, jsou dalším zdrojem poškozování půdy a jejího vegetačního krytu. Zvláště škodlivě působí emise obsahující kysličník siřičitý, chlor, sirovodík, zplodiny arzenu, fluóru, hořčíku i jiné látky, které jednak poškozují vegetaci, jednak zhoršují půdní vlastnosti. Snadno se půdou absorbují zejména kysličníky síry při koncentracích vyšších než 0,01 mg/m^3, působí-li po dobu několika hodin a za optimálních podmínek světla, tepla a půdní paliv a vzdušné vlhkosti (Hrabal a kol. 1977).

Mezi toxicky působící plyny patří hlavně oxid siřičitý, oxidy dusíku a ozon. Plynný oxid siřičitý (SO_2) vzniká spalováním fosilních a vysokým obsahem sloučenin síry (např. naše hnědé uhlí obsahuje až 5% síry). Oxidy síry a dusíku v ovzduší reagují s vodní parou a vznikají kyseliny (kyselina dusičná, kyselina sírová), ty se vrací zpět na zem v podobě kyselého deště, který ničí jak ekosystémy, tak i stavby a v neposlední řadě i zdraví lidí. Kyselé deště se dostávají do půdy a působí zde změnu chemických vlastností, například vyluhování hliníku, sníženou dostupnost živin, a vedou i ke změnám edafonu. Následkem bývají poruchy ve výživě rostlin, což se projeví sníženou odolností k chorobám a snížením výnosů (Šlégl, 2002).

Dnes už dokážeme snížit vypouštění oxidu siřičitého z tepelných elektráren, ale příslušné technologické zařízení je velmi drahé. Emise z uhelných elektráren představují největší zdroj oxidu uhličitého. Fosilní paliva způsobují až 75% člověkem vyrobených emisí oxidu uhličitého, a tím se výrazně podílí na globálním oteplování, množství vypuštěného SO_2 uvádí graf (Graf 1). Moderní elektrárny využívají mnoho technik, aby omezili škodlivost odpadních látek a zvýšili účinnost. Uhlí také obsahuje mnoho stopových prvků včetně rtuti a arsenu, které jsou nebezpečné, pokud se

dostanou do ovzduší. Dále pak v uhlí nalezneme malé množství uranu, thoria a další přirozeně se vyskytující radioaktivní izotopy, jejichž vypouštění do ovzduší může vést k radioaktivnímu zamoření. I když jsou tyto prvky v uhlí pouhými stopovými nečistotami, způsobují, že v okolí uhelných elektráren je úroveň radioaktivního záření mnohdy vyšší, než v okolí elektráren jaderných. (Šlégl, 2002)

Graf 1 - emise CO_2 z energetiky



Zdroj: Teplárenské sdružení

5.4.2. Techniky ke snižování emisí - odsíření

Během spalování fosilních paliv s obsahem síry vzniká oxid siřičitý. Pro snížení emisí SO_2 bylo vyvinuto několik technologií, které buď vzniku SO_2 zabrání, nebo již vzniklý SO_2 ze spalin odstraňují. Mezi opatření patří využití nízkosirného paliva tj. s nízkým obsahem síry, nebo se použijí absorbenty. Absorbenty na sebe naváží SO_2 přímo v kotli, po svém nasycení se zregenerují a tím se z nich získává síra. Nejpoužívanější metoda odsíření je sekundární metoda, tzv. mokrá vápencová vypírka. Při této metodě se ze spalin běžně odstraní asi 95% SO_2. Spaliny se sprchují tekutou směsí tvořenou namletým vápencem, při níž proběhne následující chemická reakce: SO_2 se naváže na vápenec za vzniku síranu vápenatého. Zákon stanoví emisní limity, které musí každý provozovatel dodržovat, a v současné době jsou všechny uhelné elektrárny v České republice odsířené. Technologie prochází neustálým vývojem, který v posledních desetiletích vedl ke zvýšení spolehlivosti a účinnosti zařízení (CENIA, 2013).

5.4.3. Techniky ke snižování emisí - denitrifikace

Mezi oxidy dusíku (NOx) řadíme oxid dusičitý, oxid dusnatý a oxid dusný. Vznikají buď z dusíku obsaženého v palivu, nebo ze spalovacího vzduchu při vysokých teplotách spalování. Vzduch totiž obsahuje zhruba 80% dusíku a 20% kyslíku.

Primární opatření pro zabránění vzniku oxidu dusíku (NOx), jsou založena na nízkém přebytku vzduchu či postupném přivádění vzduchu do topeniště, aby se v topeništi udržovala nižší teplota a potlačila se tvorba oxidu dusíku (NOx).

Do Sekundárního opatření řadíme selektivní katalytickou redukci a selektivní nekatalytickou redukci. Tato opatření jsou založena na vstřikování amoniaku, nebo močoviny do spalin a redukují oxidy dusíku (NOx) na molekulární dusík. Těmito metodami lze dosáhnout až 98% účinnosti denitrifikace, tedy odstranění oxidů dusíku. Zařízení pro sekundární odstranění oxidu dusíku (NOx) nejsou na rozdíl od odsíření běžně nainstalována ve všech elektrárnách. Pro splnění zákonem daných emisních limitů často stačí primární opatření spolu s odsířením, kde se část oxidu dusíku (NOx) odstraní spolu s SO_2 (CENIA, 2013).

6. Půda

Půda je odpradávna základním výrobním prostředkem, její ochrana je tedy klíčovým úkolem, a to nejen kvůli její úrodnosti, ale také při ochraně proti vodní a větrné erozi a zabránění kontaminace půdy nežádoucími látkami. Rovněž se musí půda chránit před úbytkem v souvislosti s rozrůstáním obcí a měst, výstavbou průmyslových zón, těžební činnosti, nebo výstavbou dopravní infrastruktury (eAGRI, 2009).

Půda je životním prostředím půdních organismů, stanovištěm planě rostoucí vegetace, slouží k pěstování kulturních rostlin. Je regulátorem koloběhu látek, může fungovat jako úložiště, ale i zdroj potenciálně rizikových látek. Půda je dynamický, stále se vyvíjející živý systém. Přežití a prosperita všech suchozemských biologických společenstev, přirozených i umělých, závisí na tenké vrchní vrstvě Země. Je proto bezesporu nejcennější přírodní bohatství. Je přirozenou součástí národního bohatství každého státu. Půdu je proto nutné chránit nejen pro současnou dobu, ale se značným výhledem do budoucna. (Ministerstvo životního prostředí, 2008).

Půda je komplexní systém skládající se ze čtyř fází, a to půdního vzduchu (20-30%), půdní vody (20-30%), anorganických pevných materiálů (45%) a organických pevných materiálů (5%), (VŠCHT, 2007).

6.1. Pórovitost půdy

Pórovitost představuje prázdný prostor v půdě vyjádřený v procentech celkového objemu. Rozděluje se na makropórovitost (tj. nekapilární pórovitost) a mikropórovitost (tj. kapilární pórovitost). Nekapilárními póry se pohybuje gravitační voda a po jejím odtoku jsou póry vyplněny vzduchem. Kapilární póry jsou schopny zadržet vodu, takže nemůže odtéci vlivem gravitace, umožňují však také její výstup k povrchu půdy při velkém výparu (Moravec a kol. 1994).

6.2. Chemické vlastnosti půdy

Prvky či sloučeniny, které určují hlavní chemické vlastnosti půdy, lze rozdělit do 3. kategorií podle způsobu existence v půdě:

- Prvky či sloučeniny rozpuštěné v půdním roztoku,
- Prvky či sloučeniny vázané ve výměnné formě půdními koloidy,
- Prvky či sloučeniny vázané v neaktivní formě, představují půdní rezervu (Moravec a kol. 1994).

Jednotlivé prvky jsou po chemické stránce nejjednodušší složkou, které jsou tvořeny jednoduchými, chemickými a velmi složitými organominerálními sloučeninami. Jejich zastoupení, formy výskytu, způsob vazby a též i migrace závisí na jejich zastoupení v periodické soustavě prvků, na poměru v horninách a od biochemického a geochemického chování. V půdách se nejvíce hromadí Kyslík (O), Křemík (Si), Uhlík (C), Dusík (N) a Síra (S), (Bičík a kol. 2009).

6.3. Půdní roztok

Půdní roztok se vytváří ve vodě schopné pohybu. Obsahuje rozpuštěné anorganické soli, např. sírany, chloridy, dusičnany, uhličitany či hydrouhličitany různých kationtů (sodíku, draslíku, vápníku, hořčíku aj.), nebo jednodušší organické sloučeniny a jejich komplexy s některými kovy (např. železem, hliníkem, manganem), (Moravec a kol. 1994).

6.4. Sorpce půdy

Pod pojmem sorpce rozumíme její schopnost vázat různé látky z disperzního prostředí. Je jednou z nejdůležitějších charakteristik půdy a to především vazbou původních i dodávaných živin a potencionální kontaminující látek. (Materna, Sáňka, 2004).

6.5. Poškozování půdy

Poškozováním půdy se rozumí snižování její úrodnosti a následně i snížení hospodářského výnosu. Antropogenní dopady jsou pak neuvážená chemizace a vysoké imisní hodnoty spolu s depozicemi popílků atd. (Šarapatka, 1996).

Půdy jsou však v průmyslových zemích zatěžovány různými škodlivinami. Může to být přímý způsob, kdy jsou odpady z technologického procesu uskladňovány na různých skládkách a škodlivé látky se odtud dostávají do půdy, nejčastěji spolu s prosakující vodou. Toxické látky se dostávají do půdy v takovém množství, že podstatně zvyšují koncentraci škodlivin nad povolenou hranici. Nebo jde o nepřímý vliv, kdy se tyto látky ve formě podobající se sazím, tedy prachu, dostávají do vzduchu a postupně sedimentují. Jindy jsou škodlivé látky ve formě plynné, kdy vzduch zamořený škodlivinami se dostane do kontaktu s půdou, a tyto látky jsou půdou sorbovány. Zdrojem škodlivých emisí je spalování fosilních paliv. Dešťová voda v průmyslových oblastech dokonce obsahuje škodlivé látky, které potom spolu se vsakující se vodou, pronikají hlouběji do půdy. Odpadní látky vypouštěné z průmyslových center do řek se postupně prostřednictvím podzemní vody dostávají do půd. K nejčastějším škodlivinám patří rozpustné sloučeniny prvků Olova (Pb), Manganu (Mn), Kobaltu (Co), Mědi (Cu), Niklu (Ni), Zinku (Zn) a Arsenu (As), (Kutílek, 2012).

7. Kontaminace půd

Kontaminace půd se projeví zejména snížením hodnoty pH (okyselení), zvýšeným obsahem škodlivých nebo toxických sloučenin (těžké kovy, různé soli, organické látky) nebo nepříznivými změnami poměru chemických látek v půdě a zvýšeným obsahem nebo násobným účinkem patogenních mikroorganismů (bakterií, hub), (Kolář, 1999).

Nepříznivé vlivy kontaminovaných půd na životní prostředí je omezení využitelnosti vlastní kontaminované půdy v závislosti na stupni kontaminace, zvýšené znečišťování podzemních vod umístěných pod kontaminovanými místy, zvýšené znečištění povrchových vod vodní a větrnou erozí v blízkosti kontaminovaných lokalit. Kontaminace zeminy je nejčastějším důsledkem antropogenního působení. Za kontaminaci je považován stav, kdy v důsledku lidské činnosti se v zemině, podzemní vodě nebo v jiné složce životního prostředí vyskytují chemické látky pro dané prostředí cizorodé svojí podstatou, koncentrací nebo množstvím (VŠCHT, 2007).

Kontaminace půd představuje hrozbu především z hlediska narušení funkcí jednotlivých ekosystémů, jakož i zdraví rostlin, živočichů a lidí. Půda může být v zásadě kontaminována látkami anorganickými či látkami organickými. Každá půda se vyznačuje určitou schopností vyrovnat se, se znečišťujícími látkami, je-li tato schopnost překročena, jsou narušeny základní funkce půdy. V České republice jsou hlavními kontaminanty rizikové prvky a persistentní organická xenobiotika. Znečištění půd je omezeno na malá území a většinou se jedná o bodová, nikoliv difúzní znečištění. Nejvíce ohroženy oběma skupinami polutantů jsou oblasti severních Čech (tepelné elektrárny, povrchové doly, chemický průmysl). Podle vyhlášky Ministerstva životního prostředí 13/1994 Sb., jsou povolené obsahy rizikových prvků rozděleny pro písčité půdy a pro ostatní půdy (ČZU Praha, 2009).

Na nejstarších a pedologicky významných antropozemích výsypek mostecké pánve byl v letech 1998-2013 realizován dlouhodobý výzkum těchto nových půd rizikovými stopovými prvky. Výzkum ukázal, že jejich zatížení není tak významné. Problematickým prvkem u půdních profilů rekultivovaných k zemědělským účelům se stává v některých částech hodnocené oblasti pouze nadlimitní obsah arsenu (As). Povrchová těžba uhlí spolu s rozvinutou průmyslovou činností v oblasti mostecké pánve byla zejména v minulosti provázena rozsáhlou devastací krajiny a s tím souvisejícím zhoršením životního prostředí. Při zahlazování báňské činnosti jsou realizovány rozsáhlé rekultivační práce, jejichž výsledkem je i vznik nových půd, určených pro zemědělské i lesnické účely. Vytváření těchto antropozemí na různých geologických substrátech je provázeno i rizikem jejich potencionální kontaminace nežádoucími látkami z těchto substrátů a melioračních hmot používaných k rekultivačním účelům (Zpravodaj hnědé uhlí, 2014).

Zjištěné obsahy rizikových stopových prvků byly porovnány s limitním pozadím požadovaným pro půdy náležející do zemědělského půdního fondu dle vyhlášky Ministerstva životního prostředí ČR č. 13/1994 Sb. Jen u Arzenu je zatížení výjimečně i nadlimitní, jinak u dalších prvků jako beryllium, kadmium, kobalt, chrom, měď, molybden, nikl, olovo, vanad, zinek a rtuť bylo zjištěné zatížení podlimitní (Zpravodaj hnědé uhlí, 2014).

V půdě se vyskytují cizorodé látky, a to látky anorganické (malé množství), do kterých řadíme kovy (nejčastěji Měď, Zinek, Rtuť, Arsen, Olovo, Kadmium, Chrom), radionuklidy a ostatní anorganické složky (asbest, kyanidy, fluoridy). Látky organické (velké množství), těkavé organické látky, ropné látky, polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) a polychlorované bifenyly a pesticidy.

Kontaminované půdy bývají často zcela znehodnoceny pro zemědělské účely a v mnoha případech i pro stavební účely (VŠCHT, 2007).

7.1. Kontaminace půd v zahraničí

Ukládání popílku ovlivňuje suchozemské ekosystémy ve všech průmyslových oblastech Evropy. Oblasti podél hranice mezi Německem a Polskem jsou silně ovlivněny spalováním hnědého uhlí v uhelných elektrárnách.
(Klose, Makeschin, 2004).

V blízkosti uhelné elektrárny ve středním Slovensku byla v půdě zjištěna zvýšená koncentrace arsenu. Studie hodnocení životního prostředí v blízkosti uhelné elektrárny v západní Makedonii (Řecko) ukázala větší hodnoty mědi a niklu a v menší míře i manganu v povrchových půdách (Stalikates a kol. 1997).

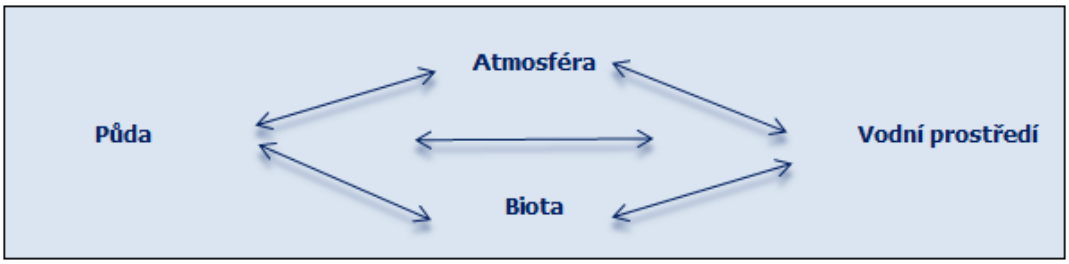
Ve Španělsku v blízkosti uhelné elektrárny, byla kontaminace rtuti v půdě pětkrát vyšší než v oblastech vzdálených pouhých 20 km od elektrárny (Novoa a kol. 2008).

7.2. Těžké kovy a charakteristika vybraných prvků

Těžkými kovy rozumíme kovy, které mají hustotu vyšší než 5 g/cm^3, mezi ně patří například železo, měď, zinek, chrom, nikl, kadmium, olovo a rtuť. Některé z nich jsou pro živé organismy nezbytné (železo zinek, měď), ale i při vyšších koncentracích jsou toxické, jiné jsou ovšem při všech koncentracích jedovaté (olovo, rtuť, kadmium). Lidskou činností se velká část těchto kovů dostává do půdy, atmosféry a organismů. Cyklický koloběh těžkých kovů v prostředí znázorňuje obrázek (Obr 3), (Šedlbauer, 2013).

Většina těžkých kovů je ze spalin odstraňována současně s odlučováním popílku, neboť tyto látky kondenzují na pevných částicích. Výjimkou je rtuť, která je v odlučovačích při provozní teplotě v plynném stavu. Další podíl kovů, včetně rtuti, se vyloučí během procesu odsiřování. V případě vysokých koncentrací kovů se pak používají speciální techniky k jejich odstraňování ze spalin, například mokrá vypírka v kyselém prostředí či zachycení na aktivním uhlí nebo použitím uhlíkových filtrů (CENIA, 2013).

Obr. 3 - koloběh těžkých kovů v prostředí



Zdroj: Environmentální toxikologie (Kočí, 2013)

Kovy patří do skupiny anorganických kontaminantů, které při vyšších koncentracích a za nepříznivých fyzikálně-chemických podmínek představují určité riziko. Převážně v důsledku lidské činnosti se tyto kovy dostávají do životního prostředí, kde dříve či později přicházejí do styku s půdou nebo horninovým prostředím. (VŠCHT, 2007).

V atmosféře pochází většina kovů z antropogenních činností ve formě popílku či aerosolu. Hlavními polutanty jsou olovo, kadmium, arsen a rtuť. Jedná se zejména o produkty průmyslové činnosti, dopravy a energetiky. (Richter, 2004).

Míra ohrožení životního prostředí závisí primárně na fyzikálních a chemických vlastnostech daného kontaminantu, a také na jeho skupenství. Plynné kontaminanty (například SO_2, freony), které ohrožují kvalitu ovzduší přímo, se do půdy či do podzemní vody v první fázi prakticky nedostávají. V dalších fázích je jejich působení již komplexní, spolu se sněhovými a dešťovými srážkami ovlivňují okolí v místech spadu. Tuhé kontaminanty - u nich záleží, zda jsou rozpustné či nikoli. Rozpustné kontaminanty jsou deponovány ve svrchních několika centimetrech povrchové vrstvy půdy. Do spodnější vrstvy se dostávají pouze transportem se srážkovými vodami puklinami v půdách. Rozpustné kontaminanty jsou srážkovými vodami transportovány do spodních vrstev půdního horizontu a tím představují ohrožení kvality podzemních vod. Kapalné kontaminanty jsou akutním ohrožením pro podzemní vody, protože jejich transport pomocí srážkových vod je relativně rychlý (VŠCHT,2007).

Už při těžbě nerostných surovin, vznikají odpady, často nebezpečné. Hlušina, vyvážená na haldy, obsahuje zbytky těžené substance, mnohdy se stává, že dešťová voda vyluhuje z důlních hald toxické těžké kovy (Mezřický a kol. 1986).

7.2.1. Arsen (As)

Mezi nejvýznamnější antropogenní zdroje patří spalování fosilních paliv (spaliny i popel a struska). Ve výluzích elektrárenských popílků je obsaženo značné množství arsenu. Spalováním se dostává do ovzduší, odkud se pak dostává do půdy nebo vody, kde přetrvává velice dlouhou dobu. Arsen se nachází také v uhlí. Průměrná koncentrace je 0,5-100 $mg.kg^{-1}$, u českého hnědého uhlí až 1,5 $g.kg^{-1}$ (Narukawa, 2005).

Zvláště vysoké hodnoty arzénu byly zjištěny na Chomutovsku a Mostecku. Vina se dává hnědému uhlí, které obsahuje arzenu poměrně hodně. Zvýšená koncentrace arzenu v půdě způsobuje kontaminaci plodin a následně nepříznivé účinky na lidské zdraví (Baig a kol. 2011).

V Číně byla provedena studie, která zkoumala zemědělské půdy v okolí uhelného dolu, a bylo zjištěno potencionální zvýšené riziko na lidské zdraví v důsledku konzumace pšenice a rýže z kontaminovaných oblastí. Obsah arzenu v rýžových zrnech byl mnohem vyšší, než určují bezpečnostní normy (MZČ, 2004).

Arzen způsobuje rakovinu plic a močového měchýře (Rahman, 2002).

7.2.2. Beryllium (Be)

Zdrojem beryllia je zejména spalování fosilních paliv, metalurgický a elektrotechnický průmysl. Spadem se dostává do povrchových vod a kyselými srážkami do vod podzemních. Beryllium v potravě a pitné vodě představuje zvýšené riziko pro zdraví, zejména soli beryllia jsou toxické a karcinogenní, poškozují játra, ledviny a také nervový systém (Aurisicchio, 1988).

7.2.3. Chrom (Cr)

Chrom se dostává do životního prostředí především ve formě CrIII a CrVI v důsledku přírodních procesů a lidské činnosti. Chrom se vyskytuje ve velkém množství v prachových částicích uvolňovaných při spalování fosilních paliv (ve formě CrIII). V ovzduší se chromové sloučeniny vyskytují především v jemných prachových částicích, které se usazují na zemi nebo ve vodě. Odstraňování chromu ze vzduchu napomáhá déšť a sníh. Chromové sloučeniny obvykle přetrvají ve vzduchu nejvýše deset dní. Většina chromu v půdě se snadno nerozpouští ve vodě a k půdě může silně přilnout. Přesto se však velmi malé množství chromu z půdy ve vodě rozpustí a dostane se hlouběji do podzemních vod. Pohyb chromu v půdě závisí na typu půdy a dalších podmínkách a faktorech souvisejících s životním prostředím (Petrlík a kol. 2010).

7.2.4. Kadmium (Cd)

Významným zdrojem kadmia je spalování fosilních paliv. Do půdy se dostává hlavně atmosférickou depozicí městských průmyslových aerosolů. Kadmium se může vázat na popílek, prachové a půdní částice a jílové půdy. Kadmium uvolňované do atmosféry se váže na emitované částice popílku, poté se atmosférickými srážkami dostává do vody nebo půdy. Vysoké koncentrace kadmia v půdním roztoku nepříznivě ovlivňují schopnost půdních mikroorganismů rozkládat organickou hmotu i polutanty. Vyskytuje se ve všech složkách životního prostředí, akumuluje se v půdách a sedimentech s rizikem potencionálního nárazového uvolnění například změnou pH. Je to vysoce toxický prvek, jehož detoxikace je pomalá a hrozí nebezpečí chronických otrav. Kromě toho zesiluje toxické účinky jiných kovů, například zinku a mědi (Harte a kol. 1991).

7.2.5. Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

Polycyklické aromatické uhlovodíky patří do skupiny nejvíce znečišťujících látek, které jsou rizikem pro životní prostředí i lidské zdraví. Tyto látky jsou široce rozšířeny v atmosféře, vznikají především z antropogenních zdrojů, a jsou jedním z prvních látek znečišťujících ovzduší. Polycyklické aromatické uhlovodíky jsou třída komplexních organických sloučenin, které obsahují uhlík a vodík s kondenzovanou kruhovou strukturou, která obsahuje alespoň dva benzenové kruhy (Ravindra a kol, 2008).

Polycyklické aromatické uhlovodíky jsou látky, které se ve většině případů cíleně nevyrábějí, snad až na výjimky spojené s laboratorními výzkumy. Mezi PAU jako skupina látek jsou obsaženy v celé řadě běžných průmyslových produktů, například v motorové naftě, výrobků z černouhelného dehtu, asfaltu a materiálů používaných při stavbě silnic a pokrýván střech (Van Loon, 2005).
Spalování uhlí pro výrobu elektrické energie je nejvýznamnější antropogenní zdroj PAU v životním prostředí (Arditsoglou a kol. 2004).

Tvorba a uvolňování PAU vyplývajícího ze spalovacího procesu je závislá na vlastnostech uhlí a na provozních podmínkách (Van Loon, 2005).

Tyto organické sloučeniny vznikají nedokonalým spalováním jakýchkoliv materiálů obsahující uhlík tedy i uhlí. Jsou toxické pro celou řadu živých organismů. Největším problémem PAU je schopnost odolávat přirozeným rozkladným procesům. Spalovacím procesem se v podobě sazí a prachových částic šíří atmosférou na velké vzdálenosti a tím ohrožují i odlehlá území Země. Jsou to látky karcinogenní a

teratogenní. V rámci registru znečišťování, znázorňuje tabulka hodnot, kde jsou uvedeny vlivy na zdraví a životní prostředí (Tab. 5), (IRZ, 2011).

Tab. 5 - polycyklické aromatické uhlovodíky

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)	
další názvy	polyaromatické uhlovodíky, polyaromáty, PAU, PAH
číslo CAS*	50-32-8 (benzon(a)pyren, zástupce skupiny)
chemický vzorec*	$C_{12}H_{12}$ (benzon(a)pyren, zástupce skupiny) molekuly obsahující atomy Ca H
ohlašovací práh pro emise a přenosy	
do ovzduší (kg/rok)	50**
do vody (kg/rok)	5**
do půdy (kg/rok)	5**
ohlašovací práh mimo provozovnu (kg/rok)	50**
rozikové složky životního prostředí	voda, půda, ovzduší
věty R* (benzo(a)pyren, CAS: 50-32-8)	
R45	Může vyvolat rakovinu
R46	Může vyvolat poškození dědičných vlastností
R5050/53	Vysoce toxický pro vodní organismy, může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí
R60	Může poškodit reprodukční schponost
R61	Může poškodit polod v tělě matky
věty S* (benzo(a)pyren, CAS: 50-32-8)	
S45	V případě nehody, nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc (je-li možno, ukažte toto označení)
S53	Zamezte expozici - před mouřitím si obstarejte speciální instrukce
S60	Tento materiál a jeho obal musí být zneškodněny jako nebezpečný odpad
S61	Zabraňte uvolnění do životní prostředí. Viz speciální pokyny nebo bezpečnostní listy
* - R a S věty, číslo CAS a chemický vzorec jsou uvedeny pro benzo(a)pyren jako zástupce skupony látek	
** - Polyciklické aromatické uhlovodíky (PAU) se měří jako (benzo(a)pyren (50-32-8), benzo(b)fluratnhen (205-99-2), benzo(k)fluoranthen (205-99-2), benzo(k)fluoranthen (207-08-09) a indeno1,23,-cd)pyren (193-39-5) (Odvozeno z Protokolu o perzistentních organických polutantech k Úmluvě o dálkovém znečištění ovzduší přesahujícím hranice států)	

Zdroj: Integrovaný registr znečišťování

Absorpce polycyklických aromatických uhlovodíků, na tuhé půdní částice a jejich pohyblivost závisí na fyzikálně - chemických vlastnostech půdy. Závisí na typu půdy, obsahu organické hmoty, půdní vlhkosti, teplotě, hodnotě pH a přítomnosti dalších látek. Nejvyšší obsah organické hmoty mají hrubé půdy, které také vykazují nejvyšší koncentrace PAU. Oproti tomu nejnižší obsah mají půdy písčité. Výrazný nárůst koncentrace PAU v půdě byl zaznamenán v posledních 100-150 letech, který je připisován hlavně zvýšené průmyslové činnosti a automobilismu. Poločasy rozpadu polycyklických aromatických uhlovodíků v půdě jsou v rozmezí dvou let až dvou měsíců (Fiala a kol. 1999).

Kontaminace půd v oblastech spojených se zpracováním uhlí dosahují řádově stovek až tisíc miligramů PAU na kilogram suché zeminy (Fiala a kol. 1999).

7.2.6. Rtuť (Hg)

Elementární rtuť i její sloučeniny jsou vysoce toxické látky, které poškozují hlavně nervový a kardiovaskulární systém živých organismů. Jednou z hlavních charakteristik rtuti je, že je schopna dálkového přenosu v atmosféře a způsobuje tak kontaminaci životního prostředí ve velkých vzdálenostech oblastního zdroje znečištění. Rtuť a především dimethylrtuť je vysoce toxická pro těhotné ženy a malé děti, kdy prokazatelně zpomaluje vývoj jejich nervového systému (Ebbing, 1987).

V hlubších vrstvách půd

- Výluh do půdního roztoku a transport do spodních vod
- Transport do kořenových systémů rostlin
- Adsorpce a srážení
- Chemický a mikrobiologický rozklad sloučenin

Na povrchu půd

- Uvolnění erozními procesy (působení vody a větru)
- Přechod do plynné formy
- Fotochemická reakce

Důležitým procesem je transport kovů do rostlin. Z půd se tak děje kořenovým systémem a různé druhy rostlin mají i různou míru tolerance vůči kovům (Vágnerová, 2012).

8. Dekontaminace

Proces dekontaminace znamená odstranění škodlivých látek z půdy a její navrácení k původnímu či náhradnímu použití.

Dekontaminační technologie půdy vychází ze tří strategií:

- Rozklad nebo přeměna polutantů (tepelné, biologické a chemické metody)
- Extrakce nebo separace polutantů (termická desorpce, praní půd, extrakce rozpouštědly, extrakce půdních par)
- Imobilizace polutantů (stabilizace/solidifikace a technologie omezující migraci polutantů

Dekontaminace znečištěných půd se provádí buď přímo na místě bez nutnosti kontaminovanou půdu vytěžit (proces in situ), nebo se vytěží a zpracuje přímo v kontaminované lokalitě podle obsahu a charakteru znečištění, zpravidla v mobilních dekontaminačních jednotkách (proces on situ), a v posledním případě se kontaminovaná zemina vytěží a odveze se ke zpracování do stabilního zpracovatelského závodu (proces off site). Kontaminanty bývají buď anorganického

či organického původu. Dekontaminační procesy musí být voleny s ohledem na vlastnosti odstraňovaných látek, případně jejich směsí a vlastnosti půdního komplexu (VŠCHT, 2007).

Metody používané při dekontaminaci:

- Fyzikální procesy (separace, koncentrace, izolace) – zde nedochází k rozkladu chemických látek, mohou fungovat samostatně.
- Chemické procesy (oxidace, dechlorace, neutralizace atd.) – rozklad či převedení kontaminantu do ekologicky únosnější formy pomocí reagencií. Tento proces vyžaduje opatrnost a dokonalý průzkum stavu půdy.
- Tepelné procesy – tepelné dekontaminační technologie jsou velmi nákladné, technicky náročné a mohou být doprovázeny emisemi nebezpečných látek.
- Biologické procesy – jsou zvláště vhodné pro půdy, které obsahují jen malé množství kontaminantu. Předností je, že nenarušují fyzické ani chemické složení půdy a nevýhodou je, že jsou pomalé a závislé na okolních podmínkách.
- Solidifikační procesy – soubor různých procesů, jejichž cílem je snížit vyluhovatelnost ekologicky škodlivých látek do životního prostředí.

Vznikají, též nové dekontaminační technologie jako je elektrodekontaminace, která odstraňuje těžké kovy z půdy pomocí elektrokinetického principu, dále pak extrakce s komplexujícími činidly, bioventing a fytoremediace (VŠCHT, 2007).

8.1. Odstranění těžkých kovů z kontaminované půdy pomocí rostlin

Jedním z rychle se rozvíjejících směrů v moderní biotechnologii je fytoremediace. Jedná se o technologii, která zbavuje životní prostředí nebezpečných látek pomocí rostlin pro fixaci, akumulaci a v případě organických sloučenin i rozklad kontaminantů. Nadzemní části rostlin naakumulované kontaminanty jsou následně bezpečně uloženy na skládkách, anebo dále zpracovány, buď chemicky, tepelně anebo mikrobiologicky (Schier, 2005).

Rostliny použitelné pro fytoremediaci by měli rychle růst, produkovat velké množství biomasy, mít dostatečně hluboké kořeny, lehce sběratelnou nadzemní část a akumulovat velké množství kovů do nadzemní části. Všechny tyto podmínky, bohužel, nesplňuje zatím žádná rostlina. Zatím se používají dvě dostupné strategie. První je použití hyperakumulátorů, které dokážou vstřebat jeden nebo dva druhy kovů. Malá produkce biomasy je pak kompenzována vysokým obsahem těžkých kovů v nadzemních částech rostlin. Druhou možností, je pěstování rostlin, které mají vysokou produkci biomasy, ale zpravidla nepřijímají některé specifické druhy kovů.

Vedle rostlin s přirozenou schopností kontaminanty akumulovat a detoxikovat jsou v současné době připravovány i geneticky modifikované rostliny. Ty mají implementovány cizorodé geny zvyšující jejich akumulační potenciál (Diez, 1995).

9. Legislativa

Právní předpisy přímo chránící půdu:

- Zákon č. 17/1992 Sb. o životním prostředí specifikuje v § 2 půdu jako jednu ze složek životního prostředí
- Zákon č. 334/1992 Sb. O ochraně zemědělského půdního fondu

Právní předpisy nepřímo chránící půdu:

- Zákon č. 156/1998 Sb. o hnojivech, ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č.185/2001 Sb., o odpadech ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č.289/1995 Sb., o lesích a o změně a doplnění některých předpisů ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 167/2008 Sb., o předcházení ekologické újmě a její nápravě a o změně některých zákonů
- Vyhláška č. 17/2009 Sb., o zjišťování a nápravě ekologické újmy na půdě
- Vyhláška č. 13/1994 Sb. Ministerstva životního prostředí, kterými se upravují, některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu v příloze této vyhlášky se nacházejí přípustné hodnoty pro rizikové prvky v půdách náležejících do zemědělského půdního fondu

9.1. Zákon č. 334/1992 Sb. O ochraně zemědělského půdního fondu

Z pohledu člověka jde o nejintenzivněji využívaný druh půdy zemědělskou činností. Z důvodu závislosti na zemědělské výrobě a z pohledu důležitosti jako výrobního faktoru, jde o vysoký důvod potřeby ochrany půdního fondu zákonem:

- Při stavební, těžební a průmyslové činnosti a při geologickém a hydrogeologickém průzkumu
- Aby bylo zabráněno škodám na zemědělském půdním fondu při stavební, těžební a průmyslové činnosti, popřípadě, aby tyto škody byly omezeny na míru co nejmenší, jsou právnické a fyzické osoby tyto činnosti provozující, povinny řídit se zásadami ochrany zemědělského půdního fondu zejména, skrývat oddělené svrchní kulturní vrstvy půdy, popřípadě i hlouběji uložené:

a) Zúrodnění schopné zeminy na celé dotčené ploše a postarat se o jejich hospodárné využití nebo řádné uskladnění pro účely rekultivace anebo zajistit na vlastní náklad jejich odvoz a rozprostření na plochy určené orgánem ochrany zemědělského půdního fondu, pokud v odůvodněných případech, tento orgán neudělí výjimku z povinnosti provést skrývku uvedených zemin.

b) Ukládat odklizené zeminy ve vytěžených prostorech a není-li to možné nebo hospodářsky odůvodněné, uložit je v prvé řadě na plochách neplodných nebo na plochách horší jakosti, které byly za tím účelem odňaty ze zemědělského půdního fondu (sbírka zákonů, ochrana půdy a rostlin).

9.2. Vyhláška č. 13/1994 Sb.

Tato vyhláška v § 2 vymezuje limity obsahů rizikových prvků a rizikových látek v půdě, které jsou uvedeny v příloze 1 a 2 vyhlášky. Problémem je, že tyto limitní hodnoty nejsou založeny na účinku a není podrobně specifikován postup orgánu ZPF v případě jejich překročení. To je pouze částečně specifikováno v § 3 zákona č. 334/1992 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Odstavec 3 uvádí: Jsou-li pro to závažné důvody, mohou orgány ochrany zemědělského půdního fondu uložit odstranění zjištěných závad podle odstavce 1, popřípadě rozhodnout, že pozemek kontaminovaný škodlivými látkami ohrožující zdraví nebo život lidí nesmí být používán pro výrobu zemědělských výrobků vstupujících do potravního řetězce.

Specifikaci rizikových prvků a rizikových látek udává příloha č. 2 k vyhlášce č. 275/1998 Sb. ve znění pozdějších předpisů.

9.3. Nařízení vlády č. 350/2002 Sb.

Limitní hodnoty koncentrací látek v ovzduší (imisní limity) jsou stanoveny Nařízením vlády č. 350/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, přílohou č 1. Přestože hlavním cílem tohoto nařízení je ochrana lidského zdraví, jedná se současně o prevenci vstupů látek do půdy (MŽP, 2002).

10. Diskuse

Tato práce se zabývá kontaminací půdy v důsledku těžby hnědého uhlí. Půda je pro nás důležitým výrobním faktorem a také důležitou složkou životního prostředí. A proto by problematika její ochrany měla být důležitým úkolem, kterým bychom se měli zabývat nejen na státní, ale i mezinárodní úrovni. Přesto je tato problematika často opomíjena.

Jak již bylo řečeno na začátku, půda je cennou složkou životního prostředí, je to nejsvrchnější vrstva zemské kůry, která obsahuje mimo jiné i vodu, vzduch a organismy. Její vznik je dlouhodobým procesem přeměny horninového prostředí, kdy se stává substrátem pro rostliny a tím důležitým článkem v potravním řetězci. Kontaminovaná půda může negativně ovlivnit zdraví lidí i živočichů. K takovému ohrožení může docházet buď přímým kontaktem s půdou, anebo zprostředkovaně přes vodu nebo rostliny. Pro mnoho rostlin není přijímané množství kovů toxické, protože toxicita se může projevit až ve vyšších stádiích potravního řetězce. To zda se toxicita projeví u živočichů a lidí závisí na koncentracích ve tkáních a na druhu kovu.

Jedny z nejnebezpečnějších látek, vyskytujících se v půdě, jsou těžké kovy. Ty se do půdy dostávají nejčastěji antropogenní činností. Největší množství těchto kovů, které vstupují do životního prostředí, jsou právě z těžby nerostných surovin a dalších průmyslových procesů.

Naštěstí dnes existuje několik způsobů dekontaminace půdy, které se dají použít podle způsobu a množství kontaminace půdy nebezpečnými látkami.

Problematika znečištění půd je často opomíjena, i přestože je půda cenou složkou životního prostředí. Kontaminace půd je nejvíce způsobena lidskou činností, a to zejména tam, kde je koncentrace negativních vlivů na okolí vyšší. Naše chování k půdě je nešetrné, schopnost půdy produkovat stále více potravin pro lidi a krmiva pro zvířata chovaná lidmi není nekonečná a zvyšování této produkce je již dnes pomalejší než růst počtu lidí na Zemi. Hlavním problémem jsou těžké kovy, které se v půdě soustřeďují, akumulují, a to negativně ovlivňuje půdu, a následně se tyto prvky dostávají do rostlin, kde tyto prvky působí toxicky na rostlinné tkáně a - na procesy, jež v nich probíhají. Spalování uhlí má největší vliv na koncentraci škodlivých látek v půdě a na lidské zdraví. Každé sebemenší riziko zvýšení kontaminace půdy přestavuje velké zdravotní riziko.

11. Závěr

Na základě zadání byla zpracována bakalářská práce na téma kontaminace půdy vlivem těžby hnědého uhlí a to se zaměřením na oblast Mostecka. Nyní se pokusím zhodnotit poznatky, které jsem měla možnost v rámci studia této problematiky, zjistit.

V první částí mé práce jsem se pokusila popsat jak vznik a složení hnědého uhlí. Druhy a způsoby těžby a to se zaměřením na oblast Podkrušnohorské oblasti. Určitou část jsem věnovala i historii těžby, která v severních Čechách sahá až do konce středověku. V té době se začala pozornost obracet k výskytům hnědého uhlí, neboť byl nedostatek dřeva a jeho cena stále stoupala.

Další části jsou věnované půdě, jejím složkám, chemickým vlastnostem a pórovitosti. Jak již bylo v této práci mnohokrát zmíněno, půda je důležitou složkou životního prostředí, a proto je zde zmíněna i její legislativní ochrana. Půda bývá kontaminována nejčastěji průmyslovou činností, zvláště těžba a následné spalování hnědého uhlí, jsou častými původci znečištění.

Poslední část jsem věnovala cizorodým látkám, které půdu ohrožují nejčastěji a mohou tak mít negativní vliv na více složek životního prostředí. Nejvíce toxické pro organismy, zvířata, a také pro lidi, jsou těžké kovy. Ty se mohou přes kontaminovanou půdu dále šířit a narušovat tak potravní řetězce.

Jelikož těžba a zpracování hnědého uhlí na Mostecku bude i v dalších letech pokračovat, nelze očekávat nějaké větší zlepšení v oblasti kontaminace půdy. Je vidět že životní prostředí je předmětem mimořádného zájmu, protože znečištění prostředí kovy je celosvětovým problémem, jelikož tyto kovy jsou nezničitelné a většina z nich má toxické účinky na živé organismy.

12. Seznam zdrojů

12.1. Seznam zdrojů - Literatura

Arditsoglou A. a kol., 2004: Science celkového prostředí, 153-167 s.

Aurisicchio C., Fioravanti G., Grubessi O., Zanazzi F., **1988:** Reappraisal of the crystal chemistry of beryl, American Mineralogist, 837 s.

Banks D., Younger P., Arnesen R., Iversen E., Banks S., 1997: Mine-water chemismy: the good, the bad and the ugly, Enviromental geology 32, 157-174 s.

Bárta Z. a kol., 1973: Příroda Mostecka, Severočeské nakladatelství, 146 s.

Bičík I. a kol., 2009: Půda v České republice, *Consult, Praha*, 255 s.

Cidlinová A., Zimová M., Melicherčík J., Wittlingerová Z., Ševčíková P., 2012: Metody hodnocení ekologických a zdravotních rizik při využívání odpadů, Waste Forum 1, 15 – 21 s.

Čermák P., Řehoř M., Schmidt P., 2014: Výsledky dlouhodobého výzkumu kontaminace výsypkových antropozemí a skrývkových zemin mostecké pánve rizikovými stopovými prvky, Zpravodaj Hnědé uhlí, 2014 (2), 20-23 s.

ČZU, 2009: Atlas půd České republiky, Praha, 150 s.

Dvořák Z., Mach K., 1999: Deltaic vklady v severočeské hnědouhelné pánvi a jejich dokumentace povrchového dolu v Bílině, *Acta Universitatis Carolinae 4,* 633-641 s.

Ebbing D., 1987: General Chemistry, Houghton Mifflin Company, Library of Congress Catalog, 979 s.

Farský M., Zahálka J., 2008: Severočeská hnědouhelná pánev – determinace a disparity vývoje krajiny, Životní prostředí, 42(4). 212-216 s.

Fiala Z., 1999: Polycyclic aromatic hydrocarbons I, Environmental contamination and exposure of persons, Karls University of Prague, 89 s.

Fröhlich E., Valášek V., Kabrna M., 2003: Problematika využitelnosti disponibilních zásob hnědého uhlí Podkrušnohorských pánví a následné rekultivace území postižených důlní činností, Ostrava, 167 -173 s.

Harte J., Holdren C., Schneider R., Shirley Ch., 1991: Toxies A to Z a guide to everyday pollution hazards, University of kalifornia press.

Hrabal A., Jůva, K., Tlapák, V., 1977: Ochrana půdy, vegetace, vod a ovzduší, SZN, Praha, 105 - 130 s.

Jičínský J., 1944: Úvod do hornictví, Melantrich, Praha, 460 s.

Kapička A. a kol., 1999: Journal of Geochemical exploration 66, 291-297 s.

Kavalov B., Peteves S. D., 2007: The future of coal. Institut for Energy, Luxemburg. 52 s.

Klose S., Makeschin F., 2004: Chemical properties of forest soils along a fly ash deposition gradient in eastern Germany. Europ J. For. Res. 123, 3 - 11 s.

Kočí V., 2013: Environmentální toxikologie, Akademický bulletin, VŠCHT Praha.

Kolář J., 1999: Hygiena půd, Jihočeská univerzita – Zemědělská fakulta, České Budějovice, 153 s.

Kožíšek J., 1987: Nerostné suroviny pro 21. Století, Nakladatelství technické literatury, Praha, 248 s.

Kukal Z., Reichmann F., 2000: Horninové prostředí České republiky - jeho stav a ochrana, Český geologický ústav, Praha, 192 s.

Kutílek M., 2012: Půda planety země, Nakladatelství dokořán, Praha, 199 s.

Malkovský M., 1985: Geologie severočeské hnědouhelné pánve a jejího okolí, československá akademie věd, 424 s.

Materna J. a Sáňka M., 2004: Indikátory kvality zemědělských a lesních půd, *Ministerstvo životního prostředí, Praha, 84 s.*

Moravec J. a kol., 1994: Fytocenologie, Nakladatelství academia, Praha, 403 s.

Moučková P., 2006: Těžba a její dopady na životní prostředí. Chrudim Vodní zdroje Ekomonitor, 97 s.

Narukawa T., Takatsu A., Chiba K., Riley W. K., French D. H., 2005: Investigation on chemical species of arsenic, selenium and antimony in fly ash from coal fuel thermal power stations, J. Environ. Monit. 7, 1342-1348 s.

Oldfield F., Thompson R., 1986: Environmental magnetism, Allen and Unwin, London, 227 s.

Ravindra, K. a kol., 2007: Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: Source attribution, emisions factors and regulativ, Atmospheric Environment, 27 s.

Smolová I., 2008: Těžba nerostných surovin na území ČR a její geografické aspekty, Univerzita Palackého, Olomouc, 195 s.

Šarapatka B., 1996: Pedologie, Univerzita Palackého, Olomouc, 240 s.

Šlégl J., Kislinger F., Laníková J., 2002: Ekologie a ochrana životního prostředí. Nakladatelství fortuna, Praha, 157 s.

Vágnerová M., 2012: Rtuť v životním prostředí, Zpravodaj hnědé uhlí, 2012 (1), 1 - 3 s.

Van Loon G. W., Duffy S. J., 2005: Environmental Chemistry a Global Perspective, Oxford University Press.

Vráblíková J., Vráblík P. 2009: Těžba uhlí – významná disparita a Krušnohoří, Studia Oecologica. 2(1), 58-65 s.

Wuana R. A. a Okiemen F. E., 2011: Heavy Metals in Contaminated Soils: A reviewof Sources. Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation, ISRN, Ecology, 20 s.

Roční zpráva skupiny Czech Coal: Hospodaření a udržitelný rozvoj v roce 2010, 2011. Czech Coal, Most, 128 s.

12.2. Seznam zdrojů - Legislativa

Zákon č. 17/1992 Sb., ze dne 16. 1. 1992 o životním prostředí, v platném znění

Zákon č. 44/1988 Sb., ze dne 19. 4. 1988 o ochraně a využití nerostného bohatství, v platném znění

Zákon č. 334/1992 Sb., ze dne 12. 5. 1992 o ochraně zemědělského půdního fondu

Zákon č.156/1998 Sb., ze dne 12. 6. 1998 o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd

Zákon č. 185/2001 Sb., ze dne 15. 5. 2001 o odpadech, v platném znění

Zákon č. 289/1995., ze dne 3. 11. 1995 o lesích, v platném znění

Zákon č. 167/2008 Sb., ze dne 22. 4. 2008 o předcházení ekologické újmě a o její nápravě, v platném znění

Vyhláška 17/2009 Sb., ze dne 1. 9. 2009 o zjišťování a nápravě ekologické újmy na půdě, v platném znění

Vyhláška č. 13/1994 Sb., ze dne 29. 12. 1993 o podrobnostech ochrany zemědělského půdního fondu, v platném znění

Vyhláška č. 275/1998 Sb., ze dne 12. 11. 1998 o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků, v platném znění

Nařízení vlády č. 127/2002 Sb., ze dne 14. 8. 2002 kterým se stanoví imisní limity a podmínky a způsob sledování, posuzování, hodnocení a řízení kvality ovzduší, v platném znění

12.3. Seznam zdrojů - Internetové zdroje

Ministerstvo životního prostředí, úmluva o rtuti,
online: www.mzp.cz/cz/umluva_o_rtuti

Česká geologická služba, publikace, online: www.geology.cz/extranet/publikace

Multimediální ročenka životního prostředí, voda, vzduch a půda, online: www.vitejtenazemi.cz/cenia/

Zelený kompas, znečišťující látky a jejich původ, online: zelenykompas.cz/cs-CZ/statick%C3%BDobsah/informaceo%C5%BEivotn%C3%ADmprost%C5%99ed%C3%AD/voda.aspx

IRZ 2014, Integrovaný registr znečišťování, Informace o látkách ohlašovaných do IRZ, online: www.irz.cz/node/20

Vysoká škola chemicko-technologická, kontaminace zemin,
online: biomikro.vscht.cz/cz/research/groups/microbiology/projects.php

Česká informační agentura životního prostředí, Publikace CENIA,
online: www1.cenia.cz/www/publikace-cenia

Těžba uhlí v České republice a v Evropské unii, Produkce hnědého uhlí, online: slon.diamo.cz/hpvt/2012/Sekce%20V/V%2023.pdf

Transgenní rostliny pro fytoremediaci těžkých kovů, biotechnologie v praxi, online: www.otevrena-veda.cz/ov/data/konf/sbornik/026.pdf

Odčerpání těžkých kovů z kontaminovaných ploch pomocí rostlin, Česko-bavorský seminář "Těžké kovy v zemědělské půdě a rostlinách“, online: www.stary.biom.cz/biom.html

Ministerstvo zemědělství, eAgri, Půda,
online: eagri.cz/public/web/mze/vyhledavani/index$41111.html?query=p%C5%AFda&segments=eagri.

Město Litvínov, online: litvinov.sator.eu/kategorie/krusnohori/v-prirode/tezba-uhli-v-podkrusnohori

Sborník přednášek z kursu mladý environmentalista ležící, spící, Šedlbauer J.,
online: bezk-bp7.ecn.cz/cele.htm

AQUATEST, Slovák J., přírodní remediační procesy a jejich role při zahlazování následků důlní činnosti,
online: http://slon.diamo.cz/hpvt/2003/sekce_z/PZ04%20P.htm

13. Seznam obrázků, grafů a tabulek

Obr. 1 - mapka Podkrušnohorských hnědouhelných pánví 14
Obr. 2 - lomy, hlubinné doly a výsypky na Mostecku 14
Obr. 3 - koloběh těžkých kovů v prostředí 29

Graf 1 - emise CO_2 z energetiky 23

Tab. 1 - obsah stopových prvků v severočeském hnědém uhlí 11
Tab. 2 - těžba hnědého uhlí v České republice 12
Tab. 3 - zásoby hnědého uhlí a jejich životnost 12
Tab. 4 - koncentrace těžkých kovů kolem tepelné elektrárny Počerady 19
Tab. 5 - polycyklické aromatické uhlovodíky 32