

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

**KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE**

**ZDRAVOTNÍ A EKOLOGICKÁ RIZIKA ZBYTKŮ**

**PO SPALOVÁNÍ UHLÍ**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Vedoucí práce : Ing. Anna Cidlinová

Bakalant : Petra Tothová

2013

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra aplikované ekologie

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tothová Petra

Územní technická a správní služba - kombinované Karlovy Vary

Název práce

**Zdravotní a ekologická rizika zbytků po spalování uhlí**

Anglický název

**Health and ecological risks of coal ash**

### Cíle práce

Cílem bakalářské práce bude zhodnocení zdravotních a ekologických rizik zbytků po spalování uhlí a to na základě současných poznatků a literární rešerše. Práce bude zaměřena na určení a zdůvodnění prioritních kontaminantů s ohledem na charakter, míru a rozsah kontaminace a na identifikované příjemce znečištění při aplikaci zbytků po spalování uhlí do životního prostředí.

### Metodika

Bakalářská práce bude zpracována formou literární rešerše, svým zpracováním musí odpovídat „Metodickým pokynům pro zpracování bakalářské práce na FŽP na ČZU“.

### Harmonogram zpracování

září 2012: vyhledání podkladových materiálů, sumarizace literatury, konzultace k postupu zpracování

říjen 2012: zpracování daného tématu – úvod, cíle práce, obsah apod.

prosinec 2012: zpracování literární rešerše

leden 2013: zpracování závěru BP

únor 2013: předložení 1. verze práce

březen 2013: zpracování konečné verze BP

do 15.4. 2013: zaslání výsledné práce

do 30.4. 2013: odevzdání BP

## Rozsah textové části

cca 40 stran

## Klíčová slova

popílek, těžké kovy, karcinogeny

## Doporučené zdroje informací

ENVIRONMENT CANADA (1998): Development of Earthworm Toxicity Tests for Assessment of Contaminated Soils, Report prepared by Aquaterra Environmental for the method Development and Applications Section, Environmental Technology Centre, Environment Canada, Ottawa, 52 pp (Appendices)

Using Coal Ash in Highway Construction: A Guide to Benefits and Impact. EPA – 530-K-05, April 2005

Human and Ecological Risk Assessment of Coal Combustion Wastes. Draft, U.S. EPA, Office of solid Waste, Research Triangle Park, NC 27709, August 6, 2007

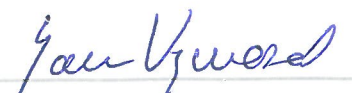
Odborná periodika: Journal of Waste management, odpadové forum apod.

Další odborná literatura v dané oblasti

## Vedoucí práce

Cidlinová Anna, Ing.



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

  
**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**  
Děkan fakulty

V Praze dne 28.2.2013

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma " Zdravotní a ekologická rizika zbytků po spalování uhlí " vypracovala samostatně a veškeré literární prameny, z nichž jsem čerpala, jsou uvedeny v přiloženém seznamu literatury a použitých zdrojů.

V Praze dne 10. 4. 2013

.....

Petra Tothová

## Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí bakalářské práce Ing. Anně Cidlinové, za odborné vedení, za poskytnuté cenné rady a pomoc při zpracování této bakalářské práce

V Praze dne 10. 4. 2013

.....

Petra Tothová

## **Abstrakt**

Tato práce se zabývá problematikou zbytků po spalování uhlí, které obsahují velké množství toxických látek a tím působí negativně na lidské zdraví a životní prostředí. Převážná většina těchto zbytků však může být dále využita jako vedlejší energetické produkty a následně výrobek z nich. Je ovšem naprosto nezbytná neustálá a průběžná kontrola těchto zbytků po spalování uhlí. Dále se práce zabývá jejich vznikem, složením a způsoby, jak je možno tyto zbytky po spalování uhlí využívat. Část práce je věnována obsahu nebezpečných a toxických prvků, které se při špatné kontrole mohou ze zbytkových materiálů uvolňovat a nepříznivě působit na životní prostředí a lidské zdraví. S tím související zákony a jejich nedostatky, které definují, kdy je možno zbytky po spalování uhlí dále používat jako vedlejší energetické produkty. V uvedené práci jsou posouzeny významné chemické prvky s toxickými případně i karcinogenními vlastnostmi a z nich plynoucí zdravotní riziko a riziko pro životní prostředí v souvislosti s jejich zvýšenou koncentrací ve zbytcích po spalování uhlí. Jedná se hlavně o těžké kovy.

**Klíčová slova:** popílek, těžké kovy, karcinogeny

## **Abstrakt**

This thesis is about problem that deals with the rest of coal, which contains a big amount of toxic substances that has negative effect on human health and environment. The majority of this rest could be further used as a side energetic products , furthermore as a products from it. For sure, it is necessary to repeatedly and constantly check these rests for coal combustion. Furthermore, this thesis is about its formation, consistence, and different ways, how these rests of coal after combustion could be used. Part of this thesis is about dangerous and toxic elements, which during bad control from the rest of material, could release and could adversely affect environment and human health. Due to which are also related laws that defines when the rest of coal combustion could be further used as a side energetic products, on the other hand also the false of this law are described. Moreover, in this theses are considered significant chemical element with toxic and even with carcinogenic properties and their resulting of health risks and risks for environment related to its higher concentration of rest of coal combustion. Mainly it is about heavy metals.

**Keywords:** ash, heavy metals, carcinogens

## Obsah

<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>2. CÍL PRÁCE</b> .....	<b>10</b>
<b>3. LITERÁRNÍ REŠERŠE</b> .....	<b>11</b>
3.1 VZNIK A VLASTNOSTI ZBYTKŮ PO SPALOVÁNÍ UHLÍ .....	11
3.2 POPÍLEK .....	12
3.2.1 Kvalita popílku podle ČSN EN 450.....	13
3.2.2 Možnosti využití popílku.....	13
3.2.3 Využití popílků ve stavebnictví.....	14
3.2.4 Využití popílku v jiných odvětvích průmyslu .....	16
3.3 ENERGOSÁDROVEC .....	16
3.4 FLUIDNÍ POPÍLEK A POPÍLEK Z POLOSUCHÉ METODY ODSÍŘENÍ .....	17
3.5 ŠKVÁRA A STRUSKA .....	18
3.5.1 Využití škváry a strusky.....	19
3.6 MOŽNOSTI VYUŽITÍ ZBYTKŮ PO SPALOVÁNÍ UHLÍ VE SVĚTĚ .....	20
<b>4. LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY</b> .....	<b>22</b>
<b>5. RIZIKA NAKLÁDÁNÍ SE ZBYTKY PO SPALOVÁNÍ UHLÍ</b> .....	<b>26</b>
5.1 ARSEN .....	30
5.1.1 Vliv na zdraví člověka a zvířat.....	31
5.1.2 Výskyt arsenu v pitné vodě v ČR.....	32
5.2 OLOVO.....	33
5.2.1 Vliv na životní prostředí.....	33
5.2.2 Vliv na zdraví člověka.....	33
5.3 RTUŤ.....	36
5.3.1 Vliv na životní prostředí.....	36
5.3.2 Vliv na zdraví člověka.....	36



5.4 BERYLLIUM .....	38
5.4.1 Vliv na životní prostředí .....	38
5.4.2 Vliv na zdraví člověka .....	39
5.5 CHROM .....	40
5.5.1 Vliv na životní prostředí .....	40
5.5.2 Vliv na zdraví člověka .....	41
5.6 KADMIIUM .....	42
5.6.1 Vliv na zdraví lidí a zvířat .....	42
5.6.2 Výskyt v životním prostředí .....	43
5.7 NIKL .....	43
5.7.1 Vliv na zdraví lidí a zvířat .....	43
5.7.2 Výskyt v životním prostředí .....	44
5.8 THALIUM .....	44
5.8.1 Stručná charakteristika .....	44
5.8.2 Vliv na zdraví lidí a zvířat .....	44
5.8.3 Výskyt v životním prostředí .....	45
<b>6. DISKUSE .....</b>	<b>46</b>
<b>7. ZÁVĚR .....</b>	<b>48</b>
<b>8. SEZNAM ZDROJŮ .....</b>	<b>50</b>
<b>9. LEGISLATIVNÍ PŘEDPISY .....</b>	<b>55</b>
<b>10. ODKAZY NA INTERNETOVÉ ZDROJE.....</b>	<b>58</b>
<b>11. ZDROJE OBRÁZKŮ A TABULEK.....</b>	<b>59</b>
<b>12. SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....</b>	<b>60</b>

## 1. Úvod

Předkládaná bakalářská práce se zabývá bezpečností stavebního materiálu, který je produkován ze zbytků po spalování uhlí. V současné době je produkce zbytků po spalování uhlí energetickými společnostmi větší než 13 milionů tun ročně. S převážnou částí těchto zbytků po spalování uhlí je nakládáno jako s druhotnou surovinou, která se následně využívá jako stavební výrobek ve stavebnictví. Pouze asi pětina těchto zbytků po spalování uhlí je uložena na skládkách v rámci zákona o odpadech.

K prioritám globálního významu patří zabezpečení elektrické energie pro lidskou potřebu. Fosilní paliva tvoří největší část zdrojů pro energetický průmysl, je to zejména uhlí, které pokrývá nejméně devadesát procent potřeby energetického průmyslu.

Mimo obrovské množství plynných emisí exhalovaných do atmosféry dochází při spalování uhlí tepelnými elektrárnami a teplárnami také k velké produkci tuhých odpadů. Největší množství z nich tvoří popílky (Mezencevová 2003). V minulosti se téměř veškerá produkce popílku a strusky v České republice ukládala ve formě hydrosměsí na odkalištích takzvaným plavením. Jen velmi malá část produkce popela se ukládala suchým způsobem nebo byla využívána. Produkty odsíření a produkty spalování ve fluidních kotlích se v ČR začaly produkovat poprvé až v období let 1992 – 1998.

V současné době výrazně klesla produkce odpadů ze spalování uhlí, avšak rapidně vzrostla produkce vedlejších energetických produktů. Zbytky po spalování uhlí nám mohou sloužit jako plnohodnotná náhrada přírodních surovin ve stavebnictví. Tyto zbytky po spalování uhlí ovšem obsahují velké množství toxických látek, které se mohou následně uvolňovat do životního prostředí a tím ohrozit nejen životní prostředí, ale i lidské zdraví.

Zbytky po spalování uhlí mohou obsahovat například zinek, arsen, beryllium, kobalt, nikl, rtuť, chrom, kadmium a thalium. Množství obsahu těchto prvků ve zbytcích po spalování uhlí závisí na charakteru uhlí z něhož jsou produkovány, ale i například na způsobu jeho spalování. Při nedostatečné kontrole těchto prvků při klasifikaci zbytků po spalování uhlí na vedlejší energetické produkty, může docházet k uvolňování těchto prvků do životního prostředí. Je nutná stabilizace těchto toxických látek, aby nedocházelo při umístění do životního prostředí k jejich výluhům a následně potom k poškození podzemních i povrchových vod a dále nevstupovali do potravních řetězců.

## **2. Cíl práce**

Cílem bakalářské práce je zhodnocení zdravotních a ekologických rizik zbytků po spalování uhlí a to na základě současných poznatků a literární rešerše. Práce je zaměřena na určení a zdůvodnění prioritních kontaminantů s ohledem na charakter, míru a rozsah kontaminace a identifikované příjemce znečištění při aplikaci zbytků po spalování uhlí do životního prostředí. Jsou zde rozebrány některé toxické látky obsažené ve zbytcích po spalování uhlí, jenž se mohou při umístění do životního prostředí uvolňovat. Je zde popsáno jakými expozičními cestami mohou ovlivňovat zdraví populace. Jsou zde určeny prioritní kontaminanty, které se mohou ze zbytků po spalování uhlí uvolňovat do životního prostředí a možná zdravotní rizika jako následek.

### 3. Literární rešerše

#### 3.1 Vznik a vlastnosti zbytků po spalování uhlí

Při výrobě elektrické energie spalováním uhlí vzniká velká řada zbytků po spalování uhlí. Druh zbytků po spalování uhlí je velmi úzce spojen se způsobem spalování uhlí, ale i s jeho kvalitou. Známe spalování uhlí v práškových či roštových kotlích či modernější a méně ekologicky závadné fluidní spalování. Při spalování uhlí zároveň dochází k redistribuci radioaktivních látek z fosilních paliv do jejich jednotlivých produktů a také k jejich zkoncentrování (Veverka 2009).

Povaha zbytků po spalování uhlí velmi závisí na tom, jak kvalitní je spalované uhlí. Kvalita záleží na obsahu vody, hořlavin a popelovin (Fečko 2003). Již víme, že chemické, mineralogické, morfologické, fyzikální, ale i technologické rysy zbytků po spalování uhlí jsou úzce spjaty s typem použitého uhlí a také s technologií spalovacího procesu. Zároveň závisí na způsobu nakládání se zbytky z místa vzniku, zda se jedná o suchý, či mokvý způsob. U produktů odsíření spalin záleží na typu technologie čištění spalin (ACAA 2009, Michalíková, Sisol 2010).

Současný vývoj technologií spalování méně hodnotného uhlí směřuje k zvyšování účinnosti spalování a současně k minimalizaci negativních vlivů na životní prostředí. V případě klasických kotlů spočívají technické možnosti snížení emisí oxidu síry a dusíku v předpřípravě uhlí a v primárních a sekundárních opatřeních. Primární opatření se týkají především konstrukčních zásahů do spalovacích zařízení a sekundární opatření souvisí se snižováním emisí do ovzduší a to instalací odsiřovacích a denitrifikačních technologií. Implementací ekologičtějších a nahrazením starších granulačních a roštových kotlů a také cyklonových ohnisek, kotli s fluidním spalováním, vznikají nové, méně ekologicky závadné odpady po spalování uhlí (Mezencevová 2003). Spalováním uhlí nebo čištěním kouřových plynů vznikají tyto tuhé odpady (Kuraš 2008):

- popílek z elektrostatických odlučovačů
- škvára a struska ze spalování uhlí, které spolu s popílkem tvoří popel
- energosádrovec
- popílek z fluidního spalování

- produkt polosuché metody odsíření kouřových plynů
- produkt suché aditivní metody odsíření

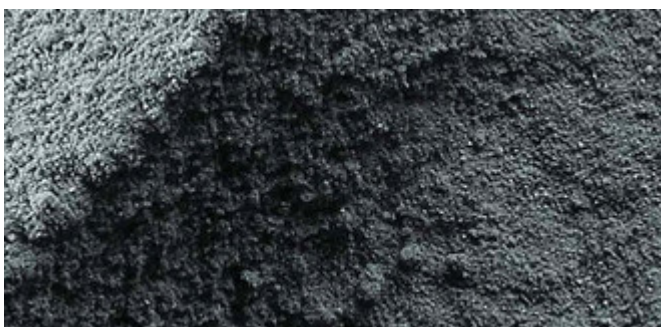
Pokud chceme průmyslové materiály zpracovávat ve stavebnictví či v jiných oborech, musíme odběratelům doložit jejich vlastnosti. U přírodních surovin a výrobků z nich se jedná o soubor technických vlastností. Průmyslové odpadní materiály však mohou obsahovat nebezpečné složky, a proto je nutná pravidelná kontrola jejich technických vlastností, ale i jejich působení na ekologické systémy. Tyto průmyslové odpadní materiály nebo výrobky na jejich bázi následně uvádíme na trh, v souladu se zákonem o výrobcích. Zákon o výrobcích udává, že na trh mohou být uváděny jen výrobky bezpečné a odpovědnost za to nese výrobce nebo dovozce. Ti jsou povinni uvést, k jakému účelu výrobek slouží, a jsou odpovědní za to, že při daném použití výrobek neohrozí zdraví lidí ani životní prostředí. Pokud odpady využíváme jako materiál, řídíme se zákonem o odpadech a souvisejícími legislativními požadavky pro využívání odpadů. Když chceme průmyslové odpadní materiály uvést na trh a přitom spadají do definice odpadů, je naší povinností zajistit splnění podmínek daných zákonem o odpadech, a dále přistupujeme k odpadu opět jako k výrobku. Výklad pojmu odpad je velmi diskutován, a v případě pochybností má konečné slovo kraj, který rozhodne, zda se movitá věc za odpad považuje (Průdková a kol. 2007).

### 3.2 Popílek

Nejčastěji je jako druhotná surovina ze spalování uhlí používán popílek. Ten je tvořen prachovými částicemi kulovitěho tvaru o velikosti zrn od několika  $\mu\text{m}$  až po několik stovek  $\mu\text{m}$ . Z exotologického hlediska má pro popílek velký význam především obsah těžkých kovů jako chrom, olovo, beryllium, zinek a arsen (Narukawa 2005; Malá, Maršálková 2009).

Jeho chemické složení je závislé především na složení anorganické složky. Popílek z odlučovačů je surový s obsahem řady prvků nepřipustných z hlediska životního prostředí. Proto se popílek dále upravuje kyselým loužením při zvýšené teplotě, kde je následně promýván vodou a odvodněn. Vlhkost takto upraveného popílku se potom pohybuje v rozmezí 25-35 %. Tento popílek je suchý, sypký a bez zápachu, jeho pH vodního výluhu je 6,90 jako na obrázku jedna (Průdková, Rovnaníková 2005).

Obrázek číslo 1: Popílek



Zdroj : Silo transport a. s. 2013

### 3.2.1 Kvalita popílku podle ČSN EN 450

Tato evropská norma nahradila v roce 1996 českou normu ČSN 72 2064 Popílek jako aktivní složka do betonu i materiálový list z roku 1985. V současné době je jediným dokumentem, podle kterého lze prokázat vhodnost popílku jako pucolánové příměsi druhu II pro výrobu betonu nebo betonových výrobků a konstrukcí vyhovujících nové betonářské normě ČSN EN 206-1. Popílek ve smyslu této normy je produktem práškového antracitu, černého nebo hnědého uhlí a je zachycován v elektrostatických nebo mechanických odlučovačích z plynů topenišť jako velmi jemně zrnitý prášek. Popílek je ve své podstatě odpad a jako každý odpad může vykazovat proměnlivé chemické, mineralogické i granulometrické složení podle druhu spalovaného uhlí, lokality (typ kotlů a technické řešení spalování) a způsobu odlučování. Popílek z černého uhlí má obvykle menší variabilitu vlastností, a je tedy kvalitativně vhodnější příměsí do betonu než popílek z hnědého uhlí (Popílek a jeho využití do betonu).

### 3.2.2 Možnosti využití popílku

Když je možnost zbytky po spalování uhlí jakýmkoliv způsobem využít, lze o nich mluvit jako o druhotných surovinách. V tomto směru je nejčastěji využíván právě popílek (Zimová 2010). Popílky se nejčastěji využívají ve stavebnictví, dále při rekultivacích, ale i při čištění odpadních vod.

Ne všechny používané popílky ale vyhovují normovým předpisům pro betonářské použití. Některé popílky byly přehodnoceny z odpadu na materiál vhodný pro betonářské nebo stavební použití. Z těchto hodnocení pak vyplývá závazná povinnost producenta popílku pečovat o kvalitu výrobku včetně systému

jakosti a kontroly a pro zpracovatele popílku používat jen takové popílky, které splňují uvedenou povinnost ve vazbě na příslušnou normu výrobku a účel použití (Popílek a jeho využití do betonu).

### 3.2.3 Využití popílků ve stavebnictví

Nejvíce se energetický popílek zpracovává ve stavebnictví. Kvalita jednotlivých druhů popílků nejvíce závisí na druhu a způsobu spalování.

Využití popílků pro stavební účely je podmíněno jeho fyzikálními, chemickými a mineralogickými vlastnostmi. Po fyzikální stránce závisí u popílků na těchto vlastnostech: zrnitost, respektive velikost specifického povrchu, morfologie, hustota, sypná a objemová hmotnost, tvrdost, možnost zhutnění, námrazivost a tavitelnost (Mezencevová 2003).

Po chemické stránce je rozhodující zejména velikost obsahu spalitelných látek, obsah vápníku, obsah škodlivých a radioaktivních prvků, minerální novotvary vznikající při tepelných procesech, mezi kterými mají mnohé pucolánové vlastnosti a ty se vyhledávají především ve stavebnictví. Jedním z hlavních ukazatelů kvality popílků je jeho jemnost, obsah spalitelného zbytku, obsah síry a vápníku, obsah mullitu. Množství nespáleného zbytku uhlí v popílcích kolísá od 0 do 20 %. V případě jeho vyššího obsahu je nutná separace flotací, tříděním či elektrostatickou separací (Mezencevová 2003).

Přítomnost mullitu, který se tvoří při teplotách vyšších než 950°C, snižuje reaktivitu popílku a tím i jeho použitelnost ve stavebnictví. Fluidní popílky vzhledem k poměrně nízké teplotě spalování, jež je kolem 800 – 900°C, neobsahují nereaktivní mullit (Brandšteter, Havlica 1996).

Ve stavebnictví se popílky využívají hlavně v těchto oblastech:

- výroba maltovin - umělá hydraulická vápna
- popílkovo – portlandské cementy
- trosko – popílkový cement

V cementárnách popílek zpravidla zlepšuje objemovou stálost cementu, zpomaluje a snižuje vývoj hydratačního tepla a je odolný vůči agresivním látkám (Mezencevová 2003).



## **Výroba betonu**

Při zpracování betonových směsí má popílek význam jako náhrada stavebních materiálů cementu a kameniva. Pokud popílek slouží jako náhrada, představuje aktivní složku. Popílek se používá právě díky svým výborným hydraulickým a pucolánovým vlastnostem, které dobře ovlivňují vývoj počáteční a konečné pevnosti betonu. Pucolánová vlastnost popílku představuje schopnost oxidu křemičitého a oxidu hlinitého v popílku reagovat s hydroxidem vápenatým v přítomnosti vody a vznikají kalciumsilikátové a kalcium-aluminátové hydratační produkty, tak zvané CSH-fáze, která má pojivové vlastnosti. Produkty reakcí popílku vyplňují mezery částicemi hydratovaného cementu v cementové kaši, čímž dochází k omezení trhlin, snižování propustnosti a rychlosti difuze vlhkosti a agresivních látek do betonu (ACI Commitee 1987). Popílek nahrazuje zpravidla 20 – 30 % cementu a díky jeho použití se zlepšuje zpracovatelnost a odolnost vůči agresivním látkám (Mezencevová 2003).

## **Výroba lehkých betonů**

Zde se využívají převážně popílky z klasického spalování s vysokým obsahem oxidu křemičitého. Používají se hlavně v pórobetonech jako náhrada křemičitého písku, jejich předností jsou hlavně výborné tepelně – izolační vlastnosti. Výroba pórobetonu je dobře rozvinutá v Polsku, kde se popílek uplatňuje jako kamenivo a částečně jako pojivo (Mezencevová 2003).

## **Použití v silničním stavitelství**

Popílky se zde využívají ke stabilizaci podkladových vrstev. Slouží především jako náhrada primárních surovin, zemin, písku a šterku (Krličková 1998).

## **Výroba umělého kameniva**

Odlehčené kamenivo se vyrábí peletizací za studena přidáváním pojiv, spékáním anebo hydrotermálním vytvrzováním, zobrazeno na obrázku číslo dva (2) (Mezencevová 2003).

Obrázek číslo 2.: Umělé kamenivo



Zdroj: Silo Transport a. s. 2013

### **Výroba cihel a keramiky**

V cihlářské výrobě se popílek využívá hlavně jako korekční přísada, je vhodným ostřivem, které snižuje citlivost výrobků vůči sušení a zrychluje jeho průběh, nebo jako základní surovina, která částečně nahrazuje hlinu a jílu potřebné pro výrobu cihel (Mezencevová 2003).

### **3.2.4 Využití popílku v jiných odvětvích průmyslu**

#### **V hutnictví**

Zde je možné popílkou využívat na přípravu licích zásypů, zateplujících vrstev a směsí, dále jako zásypové samomazné hmoty, formovací hmoty při odlévání oceli a slitin, cenosférové směsi spolu s grafitovým prachem a také jako izolační zásypové směsi – mikrosféry s koksovým prachem atd. (Michalíková 2000).

#### **V hornictví**

Zde se nejvíce využívají popílkou na zakládání vytěžených důlních prostorů. Popílek, který obsahuje aktivní složky, zejména oxidu vápenatého a oxidu hořečnatého, může částečně nahradit drahé pojivo, například cement nebo nedostatečné jemné podíly základových směsí (Líčka 1993).

### **3.3 Energosádrovec**

Je to produkt mokré vápencové vypírky kouřových plynů při odsíření velkých celků, je zobrazen na obrázku číslo tři (3). Je jiný a čistší než přírodní sádrovec. Je využíván v cementárnách jako přísada pro regulaci tuhnutí cementu a náhrada přírodního vápence, který je u nás vzácný. Časté je i jeho použití jako suroviny pro

výrobu sádry a sádrokartonových desek. Po zahřátí na teplotu 100°C vzniká běžná sádra, takzvaná  $\beta$ -sádra. Při vyvinutí většího tlaku (0,4-0,5 MPa) a vyšší teploty 120-130°C, však vzniká hmota, která má navíc výrazně lepší pevnostní vlastnosti a odolnost proti mrazu, než obyčejná sádra, tak zvaná  $\alpha$ -sádra. Ta může být použita ve směsích se struskou jako plnohodnotná náhrada betonu na vnější stavby, dvojitě podlahy (obsah 92 % sádry, % celulózy) a podobně (Havlicová 2002).

Obrázek číslo 3: Energosádrovec



Zdroj : Silo Transport a. s. 2013

### 3.4 Fluidní popílek a popílek z polosuché metody odsíření

V neposlední řadě je možno zužitkovat i popel z polosuché metody odsíření, popel z fluidních kotlů a tak dále (stabilizát, aglomerát, deponát) a to pro nenáročné stavby (výplně výkopů, zásypy, násypy, konstrukční vrstvy silnic a dálnic, zakládku důlních prostorů, doplňkový materiál při výrobě tunelů, stabilizát – jako těsnicí vrstvu skládek, pro technické rekultivace skládek, odkališť a tak dále (Havlicová 2002). Avšak mezi klasickým a v betonářské praxi dodnes používaným popílkem a nově produkovaným fluidním popelem a popílkem jsou zásadní rozdíly nejen v chemickém, ale i v mineralogickém složení. Hlavní neshody mezi oběma typy jsou především ve výši podílu oxidu sírového a v hodnotách až 20 hm% volného a vysoce reaktivního oxidu vápenatého až 15 hm% a překvapivě někdy i vyšší ztráty žiháním až 15 hm% u typu popílku z fluidního spalování. Klasický vysokoteplotní elektrárenský popílek vykazuje zpravidla pouze pucolánovou aktivitu, fluidní a teplárenské popílky a popely tuhnou a tvrdnou nedefinovatelně už při pouhém smísení s vodou bez jakýchkoli dalších příměsí a přísad.

Na pojivových vlastnostech fluidního popela a popílku se podílí hlavně přítomný anhydrit (až 20 hm%) a volné vápno, které je při dané teplotě měkce pálené, a tudíž je velmi reaktivní. Fluidní popel a popílek s uvedenými podstatnými rozdíly od běžného elektrárenského popílku nelze hodnotit podle ČSN EN 450, protože nevyhovuje zásadní definici a charakteristice vzniku popílku určeného do betonu a zároveň nesplňuje většinu předepsaných technických kritérií. Proto tento fluidní popel a popílek není pro výrobu betonu vhodný ( Popílek a jeho využití do betonu 2008-2013).

### 3.5 Škvára a struska

Jako další vedlejší produkt při spalování uhlí v granulačních kotlích vzniká škvára. Velikostí zrna se pohybuje někde mezi jemným pískem a jemným štěrkem. Nacházíme ji na dně kotlů, je hrubá, hranatá s porézní strukturou povrchu (EPA 2010). Škvára se tvoří v kotlích při spalování uhlí o teplotě 1500 – 1700°C, následně se ze dna pece odstraní popel (ECOBA 2011). Na to, jak kvalitní škvára jako stavební surovina bude, působí mnoho činitelů. Hlavním činitelem je především kvalita uhlí, způsob spalování a doba uložení a také to, jakým způsobem je škvára ukládána na odvale (Koš a kol. 1960). Je nutné, aby škvára vyhovovala požadavkům na výsledky ekotoxikologických testů a limitním koncentracím pro obsah škodlivin v sušině stanovené vyhláškou č. 294/2005 Sb. Potom ji můžeme pokládat za výrobek zdravotně nezávadný ve smyslu zákona č. 102/2001 Sb., o obecné bezpečnosti stavebních výrobků v platném znění (ČEZ 2009).

Obrázek číslo 4: Struska



Zdroj: Silo Transport a. s. 2013

Největší vliv na jakost škváry má obsah nespalitelných látek neboli popelovin v uhlí, které jsou zobrazeny na obrázku číslo pět (5). Popeloviny dělíme na syngenetické a epigenetické, přičemž větší vliv na tvorbu škváry mají popeloviny syngenetické. Tyto popeloviny jsou v uhlí celkem jemně a stejnoměrně rozptýleny, protože jsou tvořeny nespalitelnými látkami, které jsou obsaženy již v rostlinách, z kterých uhlí vzniklo, zatímco popeloviny epigenetické vznikají naplavením rozličných zemin do volných míst, kde již uhelnatí rostlinné zbytky. Dále se v praxi používá další způsob určování druhu uhlí na kvalitu škvár a to je chemické složení v palivu obsažených popelovin (Koš a kol. 1960).

Obrázek číslo 5: Chemické složení v palivu obsažených popelovin

Obsah	Označení paliva				
	1	2	3	4	5
% SiO <sub>2</sub>	11,1–60,2	13,7–47,0	9,3–59,8	49,8–64,8	8,8–37,3
% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,6–38,0	3,4–35,5	4,6–26,4	4,5–12,4	6,9–41,2
% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,2–37,5	7,0–39,3	17,1–32,2	15,4–27,9	} 7,2–29,8
% TiO <sub>2</sub>	0,2– 3,7	0,1–10,1	0,1– 1,1	0,7– 1,3	
% CaO	1,7–22,4	3,6–17,9	1,3–20,8	1,4– 5,7	9,2–39,4
% MgO	0,2– 7,6	0,2– 2,4	1,6– 5,4	0,5– 1,7	0,9– 4,8
% Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	0,7– 3,6	–	1,8– 5,9	0,8– 3,5	–
% SO <sub>3</sub>	1,7–24,7	1,7–24,5	0,9–13,0	0,9– 2,9	8,0–30,4
% popelovin	3,4–42,5	6,1–25,0	4,7–48,3	11,5–56,1	6,7–19,7
bod slinutí °C	1110–1550	–	1090–1280	1300–1550	–

Zdroj: (Koš a kol. 1960)

Zde je vidět, že chemická složení nespalitelných zbytků uhlí jsou i u stejných druhů paliv velmi rozdílná.

### 3.5.1 Využití škváry a strusky

Je mnoho způsobů odstranění škváry, buďto se recykluje ukládáním na skládku, ale také má mnoho využití v průmyslu (Smith 2011). Je možné ji použít pro přípravu stavebních materiálů, jako jsou cementy nebo betony, také v dopravní výstavbě na silniční násypy, zásypy, obsypy, základy a dlažbu (EPA 2010). Vhodná je i jako násyp nebo zásyp na povrch terénu bez omezení na konkrétní lokalitu, když splňuje podmínky jako vedlejší produkt (ČEZ 2009). V zahraničí se škvára jako stavební materiál používá běžně již řadu let. V České republice máme v provozu několik závodů, které postupně zpracovávají staré haldy škváry, které se zde v minulosti tvořily, a tím přispívají k ochraně životního prostředí. Pokud se škvára

používá k výrobě ve stavebnictví, musí být nejdříve minimálně 6 měsíců volně uložena na nekrytých odvalech či skládkách (Altmann a kol. 2009). Prostory skládek určené k haldování je nutno předem rozdělit na jednotlivá místa, kde bude uložena škvára, jež se bude dále zpracovávat, a ta, která nemá již další využití (Koř a kol., 1960). Čerstvá škvára se nesmí využívat (Altmann a kol. 2009). Tyto škváry totiž obsahují buď velký nespálený podíl, nebo velké množství chemických škodlivin. Toto se výrazně projeví na finálním výrobku. Přesto je však často toto nařízení porušováno (Koř a kol. 1960).

Dalším důležitým produktem spalování uhlí je struska. Struska je složena z oxidu křemíku, hliníku a hořčíku a také síry. Taktéž obsahuje fosfor, vápník, popel a zbytky materiálu, jako je vápenec. Též obsahuje toxické prvky (Plaček 2007).

Škvára a struska zastávají hlavně funkci plniva při výrobě maltovin, cementu, škvárového betonu, k výrobě cihlářských pálených výrobků jako ostřivo a lehčivo. K účelům ve stavebnictví je škvára často nevyhovující, je důležité ji proto upravit a to nejčastěji dlouhodobým haldováním. Strusku a škváru také můžeme používat na posyp komunikací v zimních měsících (Michalíková 2010).

### **3.6 Možnosti využití zbytků po spalování uhlí ve světě**

Orgány zdravotní služby v Izraeli stanovily pevné pokyny pro použití popílku ve výstavbě. V místech s minimální citlivostí vzhledem k podzemní vodě je možné používat produkty s maximální koncentrací škodlivin a v místech citlivých na podzemní vodu je nutné místní posouzení. Mimo oblastí s obsahem boru v podzemní vodě v koncentraci významné pro pěstování rostlin je zde možnost neomezeného použití popela (Veverková a kol. 2009).

Ve Spojených státech amerických jsou obecně stanovené limity škodlivin, a pokud dojde k jejich překročení, je materiál považován za toxický.

Oproti tomu v Rakousku jsou popílky používány pouze jako příměs do betonu nebo cementu. K zásypům nebo násypům či k jiným druhům rekultivace se používá pouze zemina, jejíž limitní hodnoty kvality jsou ustanoveny ve Federálním plánu správy odpadu 2006 (Veverková a kol. 2009).

Ve Švýcarsku se k výrobě nebo ve stavebnictví mohou používat pouze popílky a strusky, které neobsahují nebezpečné látky. Popílek či případně vysokopecní struska smějí být používány pouze ve vázané formě, což jsou zpevněné výrobky. Přidávají se do cementu nebo do betonu, v žádném případě se nesmí používat v sypké podobě jako například podkladový materiál při stavbě silnic (Veverková a kol. 2009).

#### **4. Legislativní požadavky**

Základní legislativní požadavky pro využívání vedlejších energetických produktů ve stavebnictví jsou dány zákonem č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů. Tímto zákonem jsou upraveny a stanoveny technické požadavky na výrobky, které mohou ohrozit zdraví nebo bezpečnost osob, majetek nebo životní prostředí. Základní bezpečnost výrobku pak upravuje zákon č. 102/2001 Sb. o obecné bezpečnosti výrobku se změnou v zákoně č. 277/2003 Sb. Výrobce a dovozce má povinnost uvádět na trh jen bezpečné výrobky, ale když existuje jakákoliv možnost ohrožení zdraví osob nebo životního prostředí výrobkem, má povinnost toto vyšetřit za pomoci všech dostupných prostředků. Ochrana spotřebitele je předmětem zákona č. 634/1992 Sb. v platném znění včetně souvisejících předpisů. Zákon č. 59/1998 Sb. upravuje odpovědnost za škodu způsobenou vadou výrobku, se změnou v zákoně č. 209/2000 Sb., který se mění zákonem č.59/1998 Sb..

Zákon č. 22/1997 Sb. stanoví výrobky, které mohou představovat zvýšenou míru ohrožení zdraví nebo bezpečnosti osob, majetku nebo životního prostředí a u kterých proto musí být posouzena shoda jejich vlastností s nároky technických předpisů, tedy takzvané, stanovené výrobky, kam patří i vybrané stavební výrobky dle Nařízení vlády č. 163/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky, se změnou v Nařízení vlády č. 312/2005 Sb. Nařízení vlády č. 163/2002 Sb. je určeno pro stavební výrobky, které podléhají českým technickým normám. V případě existence harmonizovaných technických norem se pro posouzení shody postupuje dle Nařízení vlády č. 190/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na stavební výrobky označované CE. Nařízením vlády č. 163/2002 a 190/2002 Sb. byla do českých právních předpisů implementována Směrnice Rady 89/106/EHS o sblížení právních a správních předpisů členských států týkající se stavebních výrobků.

Stavební zákon č. 50/1976 Sb. i jeho novela č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu stanoví, že pro stavbu je možno navrhnout a použít jen takové výrobky a konstrukce, jejichž vlastnosti ze stanoviska způsobilosti stavby pro navržený účel zaručují, že stavba při správném provedení a běžné údržbě po dobu předpokládané životnosti splňuje kromě dalších také nároky na hygienu,



ochranu zdraví a životního prostředí. Nařízení vlády č. 163/2002 Sb. pak rovněž stanoví, že stavba má být navržena a postavena tak, aby neohrožovala hygienu nebo zdraví jejích uživatelů nebo sousedů, mimo jiné například v dopadu emise nebezpečného záření a znečištění nebo zamoření vody či půdy. Nový stavební zákon si také vyžádal zákonem č. 186/2006 Sb. změnu zákona o ochraně veřejného zdraví č. 258/2000 Sb..

Hodnocení zdravotní nezávadnosti stavebních materiálů, které mohou uvolňovat nebezpečné látky například do vody nebo půdy, je aktuální zejména u materiálů vyrobených z vedlejších energetických produktů. Za tímto účelem bylo vydáno Metodické doporučení SZÚ pro hodnocení škodlivých a nežádoucích látek uvolňujících se z vybraných skupin výrobků pro stavby do vody a půdy. Metodické doporučení se zaměřuje na hodnocení vyluhovatelnosti a testy ekotoxicity. V případě možného nebezpečí uvolňování nebezpečných látek ze stavebních výrobků do povrchových vod se musí respektovat také nařízení vlády č. 61/2003 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod.

Uvolňování nebezpečných látek do vod a půdy je diskutováno rovněž v dokumentech EU, zejména ve směrnici Rady 80/68/EHS a 76/464/EHS. Byla zpracována studie *How to judge release of dangerous substances from construction products to soil and groundwater*, která řeší problematiku uvolňování nebezpečných látek z různých druhů výrobků, dále *Implementation of Health and Environmental Criteria in Technical Specifications for Construction Product*, která se zabývá přímo stavebními výrobky ve vztahu k problematice nebezpečných látek a hygienických a environmentálních kritérií a také publikace *Health-related Evaluation procedure for VOC and SVOC from Building Products*, která uvádí postup hodnocení uvolňování těkavých organických sloučenin ze stavebních výrobků z hlediska ochrany zdraví.

V národních a harmonizovaných normách je také řešena otázka možností působení stavebních výrobků na vnější okolí. Důraz je kladen hlavně na emise radioaktivity, uvolňování těžkých kovů, uvolňování polycyklických aromatických uhlovodíků, ale i obecně na uvolňování jiných nebezpečných látek. Při identifikaci nebezpečné látky je výrobce povinen, aby tyto látky nepřekročily mezní hodnoty, stanovené podle ustanovení platných v místě použití výrobku. Dále musí být splněna všechna další ustanovení národních právních a správních předpisů zejména

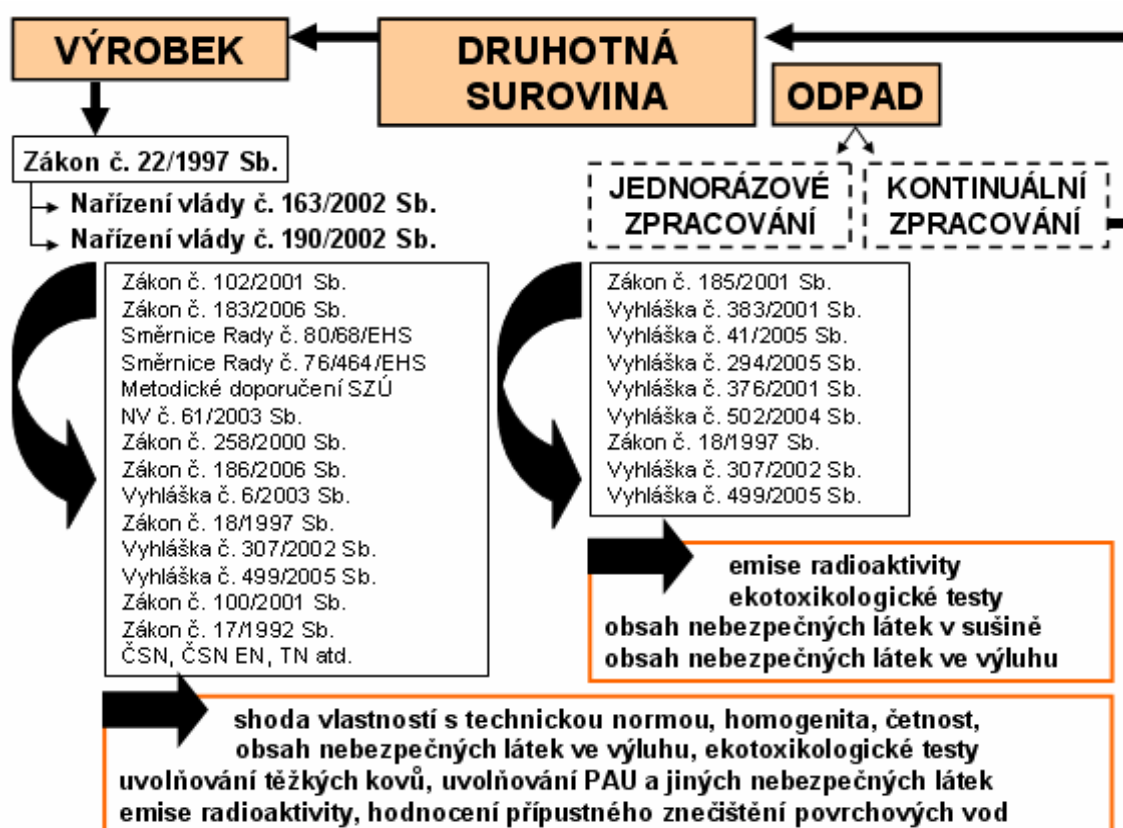
v souvislosti s účelem použití daného výrobku. Je nutné brát ohled na celou řadu dalších zákonů a nařízení, které jsou platné pro stavební výrobky obsahující nebezpečné látky nebo které mají charakter chemické látky, charakter biocidní látky nebo přicházejí do přímého styku s pitnou vodou. Je nutné vycházet ze zákona č. 100/2001 Sb. o posouzení vlivu na životní prostředí, posuzující přímé i nepřímé vlivy na obyvatelstvo a životní prostředí dle zákona č. 17/1992 Sb. o životním prostředí.

K právním předpisům vztahujícím se k hygienickým vlastnostem stavebních výrobků patří také předpisy, které se týkají uvolňování nebezpečných látek do vnitřního prostředí staveb a předpisy týkající se požadavků z hlediska obsahu radionuklidů. Uvolňováním nebezpečných látek do vnitřního prostředí máme na mysli, hlavně emise těžkých organických látek, formaldehydu a uvolňování nebezpečných částí do ovzduší, například azbestových vláken. V legislativě se touto problematikou zabývá zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů a vyhláškou č. 6/2003 Sb., kde jsou stanoveny hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb.

Vedlejší energetické produkty definované jako odpady využíváme postupem dle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, za podmínek stanovených vyhláškou č. 383/2001 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady, vyhláškou č. 41/2005 Sb. kterou se mění vyhláška MŽP č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady a vyhláškou č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu, při současném splnění požadavku vyhlášky č. 376/2001 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadu, a vyhláška č. 502/2004 Sb., kterou se mění vyhláška MŽP a MZ č. 376/2001 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadu. Hodnocení využitelnosti pouze podle zákona o odpadech využíváme zejména tehdy, pokud průmyslové odpadní materiály zpracováváme jednorázově, například pro technicky nenáročné aplikace, kdy nekontrolujeme technické vlastnosti. U průmyslových odpadních materiálu pak posuzujeme obsah nebezpečných látek ve výluhu, v sušině a provádíme ekotoxikologické testy. Obecně při nakládání s odpadem je zákonem o odpadech požadován Souhlas k provozování zařízení využívání, odstraňování, sběru nebo výkupu odpadů, které vydává krajský úřad. V zařízeních, která nejsou podle tohoto

zákonu určena k nakládání s odpady, je možné využívat pouze odpady, které splňují požadavky stanovené pro vstupní suroviny, a při nakládání s těmito odpady nesmějí být porušeny zvláštní právní předpisy, v souladu s nimiž je zařízení provozováno, a právní předpisy na ochranu zdraví lidí a životního prostředí (Průdková a kol. 2007). Přehled legislativních požadavků pro výrobky a odpady je uveden na obrázku číslo šest (6).

Obrázek číslo 6.: Legislativní požadavky

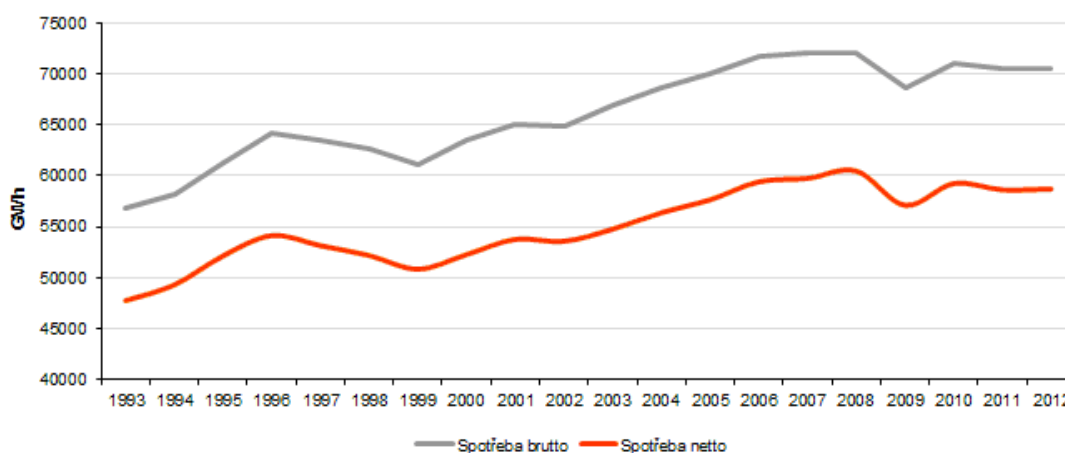


Zdroj: Průdková a kol. 2007

## 5. Rizika nakládání se zbytky po spalování uhlí

Pouze část zbytků po spalování uhlí je uložena na skládkách jako odpad, poměrná většina se však využívá jako vedlejší energetický produkt a to zejména ve stavebnictví (Lidmila 2005). Vlastnosti vedlejších energetických produktů nejsou hodnoceny z hlediska jejich bezpečnosti pro zdraví lidí. Pro životní prostředí nejsou podřizovány požadavkům složkových zákonů upravujících ochranu zdraví lidí a životního prostředí, ale libovolně stanoveným limitním hodnotám vybraných ukazatelů. Na posouzení výrobků z hlediska zdravotních rizik je často využíván pouze zákon o odpadech, který není pro řízení nakládání s výrobky určen. K využívání odpadů na povrchu terénu jsou stanoveny limity škodlivin v prováděcí vyhlášce č. 294/2005 Sb., které umožňují uvolňování odpadů do životního prostředí za podmínek rozdílných od obecných požadavků k ochraně životního prostředí a zdraví lidí. Tyto limity jsou použitelné pouze v případě využívání odpadů. Jejich využívání v případě produkce výrobků ze zbytků po spalování uhlí snižuje vysokou úroveň ochrany zdraví lidí a životního prostředí. Uvedené skutečnosti jsou většinou legalizovány v rozhodnutích správních orgánů, zejména stavebních úřadů. Při rozhodování certifikačních orgánů posuzujících výrobky se neberou v úvahu ani stávající technické normy, které danou problematiku upravují (technické normy stanovující kvalitativní ukazatele stavebních výrobků z popelovin - ČSN 72 2071 (Zimová a kol. 2009). Na obrázku číslo sedm (7) je znázorněna spotřeba elektřiny v České republice.

Obrázek číslo 7.: Spotřeba elektřiny v České republice v letech 1993-2012



Zdroj: skupina ČEZ 2012

Z ekologického pohledu je hlavním problémem obsah celé řady chemických látek ve všech typech zbytků po spalování uhlí. Toxické prvky jsou zde obsaženy v různých koncentracích a v různých hmotnostních podílech. Nalezneme zde téměř všechny prvky a hlavně pak těžké kovy (Michalíková a kol. 2010; Veverková a kol. 2010).

Podle ustanovení v zákoně č.185/2001 Sb. pokládáme za odpad kteroukoliv látku nebo předmět, kterých se majitel zbavuje či má v úmyslu se jich zbavit, nebo to je od něho požadováno (MŽP 2001). Při spalování uhlí v tepelných elektrárnách nebo při odsiřování spalin vznikají látky nebo předměty, jejichž prvotním cílem není výroba této látky nebo předmětu.

Tyto látky nebo předměty je možné považovat za vedlejší produkt, nikoliv za odpad, pokud splňují předem stanovené podmínky. Podle údajů Českého statistického úřadu se produkce odpadů z energetiky od roku 1998 postupně snižovala, v této době přesahovala 13 milionů tun, k roku 2005 až 2006 přesahovala již pouze 2 miliony tun. Avšak současně stoupla produkce vedlejších energetických produktů, která přesahovala 10 milionů tun. Tyto údaje však byly získány především od producentů. Zatímco tedy podle těchto údajů produkce odpadu z energetiky výrazně klesá, narůstá však proti tomu velké množství vedlejších energetických produktů. Zdánlivě se tím splňují žádané trendy které stanovuje zákon o odpadech o omezování produkce odpadů. Větším využívání vedlejších produktů jsou tedy lépe naplňovány tyto trendy díky aktivitám podnikové sféry. Soudobá situace i průběh reálných materiálových toků je ovlivněn řadou kladných i záporných aktivit výrobního, obchodního a správního charakteru. K ochraně cílů, které si klade Plán odpadového hospodářství ČR, jsou přijata následující opatření:

- upravit právní předpisy s cílem usnadnit uplatnění náhrad primárních přírodních zdrojů materiály, které by se jinak staly odpadem,
- vzít v úvahu problematiku vedlejších energetických produktů v rámci ekologické daňové reformy,
- posílit systém kontroly kvalitativních požadavků zejména s ohledem na obsah persistentních organických znečišťujících látek a těžkých kovů ve vedlejších energetických produktech a zvýšit kvalitu kontrolních činností.

Tyto cíle však nebyly do současnosti naplněny, a proto jsou stále aktuální. Uhlí, které má primární roli ve spalovacím procesu, však není běžným výrobkem. Je výsledkem přírodního procesu, a má proto velmi proměnlivou skladbu a vlastnosti včetně těch nebezpečných. Mezi typické kontaminanty patří stopová množství těžkých kovů, případně i radioaktivita. Proto je spalování uhlí ve vyspělých zemích důrazně sledováno z pohledu ochrany životního prostředí a lidského zdraví a dále se z toho odvíjí přiměřená aplikace příslušných právních i dalších normativních předpisů (Beneš 2010).

Důležitý je fakt, že až doposud bylo nejvíce energie získáváno právě spalováním uhlí. Například ve Spojených státech z celkové spotřeby elektrické energie pochází přibližně 60 % z procesů spalování uhlí, 20 % z nukleárních zařízení, 10 % ze spalování zemního plynu, 7 % z hydroelektráren, zbytek ze spalování oleje a ostatních paliv. Toto množství je v jednotlivých státech různorodé a proměnlivé v čase. Ze zahraniční literatury je možno vyčíst rozdílnou úroveň využití vedlejších energetických produktů. Podle ECCPA je pro rok 2000 využíváno produktů ze spalování uhlí následovně: Evropa ve výši 55,6 %, Japonsko 84 %, Izrael 84 %, Indie 13 %. Kanada 27 %. Rozdělení údajů podle druhu a způsobu jejich využití dává rozdílné hodnoty, kterým bychom měli věnovat pozornost. Složení i množství látek, které provází výrobu tepla a elektrické energie z uhlí, a hlavně pak nakládání s nimi má výrazně proměnlivý charakter. Změny, ke kterým došlo v nedávném období, mají svůj původ v mnoha faktorech, především pak:

- ve vlastnostech těžných surovin, kterými jsou obsah a forma uhlíku, síry, obsah těžkých kovů a dalších kovových i nekovových prvků a sloučenin, které jsou velmi často nositeli nebezpečných vlastností v celém dalším látkovém koloběhu,
- v narůstající poptávce po energiích (teple a elektrické energii), to je po hlavním chtěném produktu tohoto odvětví, která přináší s sebou i narůstající produkci nechtěných látek provázejících toto odvětví energetiky,
- v trvale se měnících podmínkách těžby a v technologiích těžby a následné úpravě a zpracování vytěžených surovin,
- v právních podmínkách vymezujících rámec pro všechny technologické fáze včetně rámce pro ochranu zdraví a životního prostředí,

- v domácích i mezinárodních podmínkách na trhu se surovinami a energiemi.

Mezi tím vším existují velmi složité a nezanedbatelné vazby. Proto je velmi důležitá pečlivá kontrola a zabezpečení, že je možno odpad z energetiky zařadit jako vedlejší produkt a dále pak jako výrobek, který splňuje dané normy a požadavky a není nebezpečný pro lidské zdraví a životní prostředí (Beneš 2010).

Problémy spojené s oprávněním použití pojmů rozlišujících odpady od vedlejších produktů v soudní praxi Evropského soudního dvora přinesla Komise evropských společenství po rozsáhlé diskusi k této problematice ve sdělení Komise Radě a Evropskému parlamentu z 21.1.2007 COM (2007)59 v konečném znění o interpretačním sdělení o odpadech a vedlejších produktech. Pro účely tohoto sdělení byly pracovníě rozlišovány pojmy:

- Produkt – veškerý materiál, který je záměrně vytvořen během výrobního procesu.
- Výrobní reziduum – materiál, který není záměrně vyráběn během výrobního procesu, ale může či nemusí být odpadem.
- Vedlejší produkt – výrobní reziduum, které není odpadem.

Vedlejší energetické produkty neboli zbytky po spalování uhlí lze využít jako druhotné suroviny, ale je nutná identifikace toxických prvků v nich a identifikace možnosti vzniklých rizik na životní prostředí a zdraví člověka. Obsahují velké množství toxických prvků, a je tedy nutné hlídat jejich hodnoty. Při používání těchto produktů ve stavebnictví se proto musí hlídat možná kontaminace půdy a tím i možné ohrožení půdy, ovzduší a další možná potencionální ohrožení jak ekologická, tak i zdravotní (EPA 2007; Zimová 2010). Distribuce těžkých kovů při spalování uhlí v průmyslových zařízeních je v tabulce číslo jedna (1).

Hlavním problémem zbytků po spalování uhlí z pohledu jejich dalšího využití je obsah celé škály toxických prvků, je jich zhruba kolem čtyřiceti. Právě tyto prvky mohou následně ovlivnit, jak životní prostředí, tak zdraví lidí. Každý tento prvek, má své specifické účinky na zdraví lidí a životní prostředí. Zastoupení těchto prvků ve zbytcích po spalování uhlí se pohybuje v koncentracích v rozmezí méně než 1mg/kg až do 3500 mg/kg. Přítomnost jednotlivých stopových prvků ve zbytcích po spalování uhlí je závislý na charakteru vazby v uhelné hmotě, velikosti částic

a geochemickém chování jednotlivých prvků. Tyto chemické látky, vykazují svoji specifickou toxicitu a jiné navíc i karcinogenitu, mutagenitu, teratogenitu a podobně. Pokud aplikujeme zbytky po spalování uhlí do životního prostředí bez jejich dalších úprav, může dojít právě k prosakování výluhu který obsahuje toxické látky do podzemních a povrchových vod. A tím dochází následně ke kontaminaci životního prostředí a k možnému vzniku zdravotních a ekologických rizik (Cidlinová a kol. 2012).

Tabulka číslo 1: Distribuce těžkých kovů při průmyslovém spalování uhlí

Distribuce těžkých kovů					
Studie	Ložový popel(LP)	Mezi LP a ÚP	Úletový popel (ÚP)	Mezi ÚP a LP	Plynné emise (PE)
Querol a kol.	CU,fe,MN	Li, Be, Cr, Co, V, Ni ,Zn	As, Be, Cd, Ge, Hg, Mo, Pb, Se, Sn, Tl		
Yan a kol.		Co, Cr, Mn, V, Ni	As, Cd, Cu, Pb, Zn	Sb, Se, Sn	Hg, Tl
Klein a kol.	Al, co, Fe, Mn, Si, Sr, Ti	Cr,Cs,Ni,U,V	As, Cd, Cu, Ga, Pb, Sb, Se, Zn		Hg
Meji a kol.	Al, Cr, Cs, Fe,Ti	Be, Cu, Co, Mn, Mo, Ni, U, V	As, Cd, Pb, Sb, Se, W, Zn		Hg
Clarke a kol	Ba, Ce, Cs, Mg, Mn, Th	Cr, Ni, U, V	As, Cd, Cu, Pb, Sb, Sn, Zn	Se	Hg

Zdroj: Ritz M. kol. 2003

## 5.1 Arsen

Arsen je velmi rozšířený prvek, který se v našem prostředí vyskytuje jak v organické, tak i v anorganické podobě. V přírodě se vyskytuje hlavně ve formě sulfidů a tvoří součást zejména v různých horninách a půdách. Do vody se organický arsen dostává zejména vymíláním z hornin, z odpadních vod a atmosférickou depozicí. Je běžně součástí povrchových i podzemních vod.



Arsen má schopnost hromadit se hlavně v říčních sedimentech. Absorpce a následně zpětné uvolňování arsenu ze sedimentu do kapalné fáze je v mnohých případech faktorem určujícím jeho koncentraci v této fázi. Je však podstatně mobilnější než rtuť (Pitter 2008).

### **5.1.1 Vliv na zdraví člověka a zvířat**

Velmi jedovaté jsou hlavně některé sloučeniny arsenu (Beneš, Fabiánová 1986; Hanusch 1988). Běžně se v životním prostředí setkáváme všichni s určitou nízkou hladinou expozice arsenu, avšak vyšší dávky mohou náš organismus poškodit. Arsen je velice jedovatý a dlouhodobé používání vod s jeho malými koncentracemi může způsobit chronická onemocnění (Merian 1991). Anorganický arsen je toxicitější v trojmocné formě nežli v pětimocné. V místech, kde se k pití používá voda s vyšším obsahem arsenu, jsou známe příznaky chronické otravy, při které je postižena kůže (hyperpigmentace, keratóza, poruchy periferních cév ústící až v gangrénu). Chronická otrava arsenem může dále zahrnovat neurologické a hematologické změny, kardiovaskulární onemocnění, diabetes, reprodukční vývojové a imunitní poruchy. Viditelné nekarcinogenní účinky chronického požívání arsenu byly detekovány při dávkách 0,01 mg/den a vyšších. Také je arsen odpovědný za výskyt neuróz a depresí či nespavosti. Jeho přítomnost v životním prostředí se projevuje vymíráním včelstev, zmetáním krav a ovcí, snížením doживosti krav, snížením stavů ptactva a polní zvěře (Veverka 2010).

Arsen patří v současné době z hygienického hlediska k nejvíce obávaným anorganickým polutantům pitné vody vzhledem k jeho karcinogenitě a dalším toxickým účinkům. Zároveň patří k látkám, jejichž původ v pitné vodě není z větší části způsoben antropogenní činností, ale je dán geologickým podložím vodního zdroje (a hloubkou vrtu či studny). Také v České republice (ČR), vzhledem k rozmanité geologické struktuře, ve které mají své místo i arsenonosné horniny, je toto riziko v některých místech aktuální – zejména se jedná o oblasti středních, jihozápadních a západních Čech a dále o oblast Krkonoš a Orlických hor. Z pohledu celé ČR je riziko nedodržení hygienického limitu arsenu v pitné vodě velmi nízké (méně než 1 % vzorků), ale v postižených lokalitách se může jednat o významnou expozici z pitné vody (Pomykačová a kol. 2010).

### 5.1.2 Výskyt arsenu v pitné vodě v ČR

V rámci celostátního monitoringu je sledována jakost pitné vody z veřejných vodovodů ČR. Závazným podkladem pro to je Vyhláška Ministerstva zdravotnictví České republiky č. 252/2004 Sb., která je již plně harmonizována s evropskou směrnicí Rady 98/83/EC o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu znázorněno v tabulce číslo jedna (1).

Tabulka číslo 2 : Výskyt arsenu v pitné vodě v ČR v letech 2005 až 2007

rok	2005	2006	2007
počet analyzovaných vzorků	5965	5794	5515
počet vzorků s hodnotou nad limit(>10ug/l)	42	40	39
% vzorků nad limitní hodnotu	0,7	0,69	0,71
počet vzorků s nálezem pod mezí stanovení	5159	4451	4290
% vzorků s nálezem pod mezí stanovení	89,24	77,96	78,26
maximum (ug/l)	89	81	318,4
minimum (ug/l)	<0,001	<0,001	<0,005
průměr (ug/l)	1,204	1,158	1,293
median (ug/l)	0,5	0,5	0,5

Zdroj: Kožíšek F. a kol. 2008

Arsen je v současné době z hygienického hlediska jedním z nejvíce obávaných anorganických populantů v pitné vodě vzhledem k jeho karcinogenním a dalším toxickým účinkům.

Zároveň patří k látkám, jejichž původ v pitné vodě není z větší části způsoben antropogenní činností, ale je dán geologickým podložím vodního zdroje (a hloubkou vrtu či studny). Také v České republice vzhledem k rozmanité geologické struktuře, ve které mají své místo i arsenonosné horniny, jak již bylo výše uvedeno, je toto riziko v některých místech aktuální – zejména se jedná o oblasti středních, jihozápadních a západních Čech a dále o oblast Krkonoš a Orlických hor.

Z pohledu celé ČR je riziko nedodržení hygienického limitu arsenu v pitné vodě velmi nízké (méně než 1 % vzorků), ale v postižených lokalitách se může jednat o významnou expozici z pitné vody.

## 5.2 Olovo

### 5.2.1 Vliv na životní prostředí

Jedním z hlavních a největších zdrojů olova v současné době je spalování uhlí, dříve to bylo zejména spalování olovnatého benzínu. Z ovzduší se olovo dále dostává do dalších částí životního prostředí. Dalším ze zdrojů zvýšené koncentrace olova v životním prostředí mohou být také spalovny odpadů, ocelárny nebo slévárny. K znečištění vody dochází většinou v místech oblastí rudných ložisek a bývalé těžby.

Do půdy se následně dostává mimo sedimentace z ovzduší hlavně přenesením z čistírenských kalů a průmyslových kompostů.

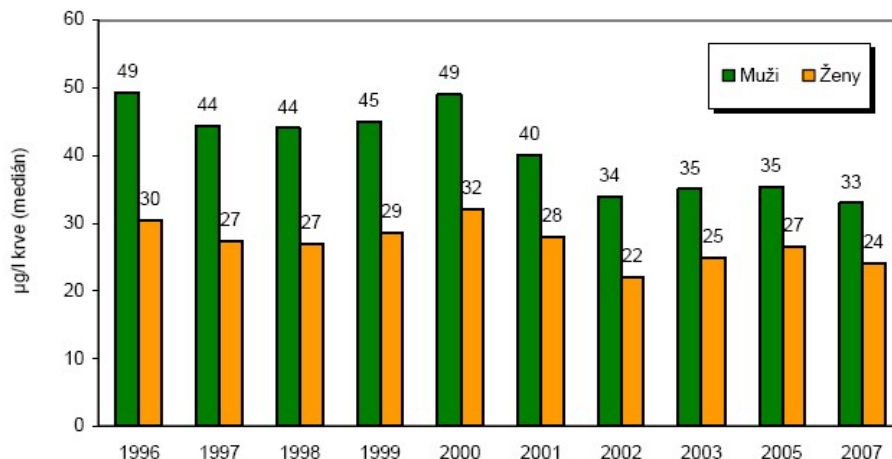
### 5.2.2. Vliv na zdraví člověka

Olovo se při vniknutí do organismu hromadí a to hlavně v kostech, játrech a ledvinách, v určitém množství se nachází i v krvi. K vylučování dochází velmi obtížně. Při neustálém příjmu i ve velmi nízkých dávkách může dojít k poškození vyvíjející se nervové tkáně, což se například u dětí projevuje zpomalením duševního vývoje, snížením IQ, dyslexií, poruchami koncentrace a jinými poruchami chování. Zvláště nebezpečné je vystavení olovu pro těhotné ženy a malé děti. Může dojít i k zvýšení krevního tlaku. Klinickými příznaky otravy olovem jsou bolesti břicha a kloubů, třes, anémie a známky poškození ledvin. U obyvatelstva, které není v přímém kontaktu s olovem, se do organismu dostává především potravou, ale také například prostřednictvím pitné vody, která prochází starým oloveným potrubím i do staršího plastového potrubí bylo olovo přidáváno (Kožíšek a kol. 2008).

U malých dětí také nejsou dostačující hygienické návyky, a proto zde dochází k častějšímu vstupu olova do organismu zvýšenou aktivitou ruka – ústa požitím prachu a půdních částic. Zvýšená citlivost u dětí je dána i celou řadou dalších faktorů, jako jsou třeba vyšší příjem potravy na jednotku hmotnosti, vyšší absorpce olova z gastrointestinálního traktu i mnohem vyšší citlivost vůči toxickému působení olova v průběhu vývoje dětského organismu. Provedené studie ukazují, že na každých 100 µg olova na litr krve se snižuje IQ o 1 - 3 body. Při působení na větší část populace nejsou již tyto účinky zanedbatelné. Dochází zde k velké zátěži společnosti a to snížením všeobecné intelektuální úrovně obyvatelstva. Z toho vyplývají značné ekonomické ztráty počínaje ovlivněním výkonu ve škole přes

dosažený stupeň vzdělání a následný úspěchem na trhu práce (Tong 2000; Grosse a kol, 2002).

Obrázek číslo 8: Obsah olova v krvi mužů a žen



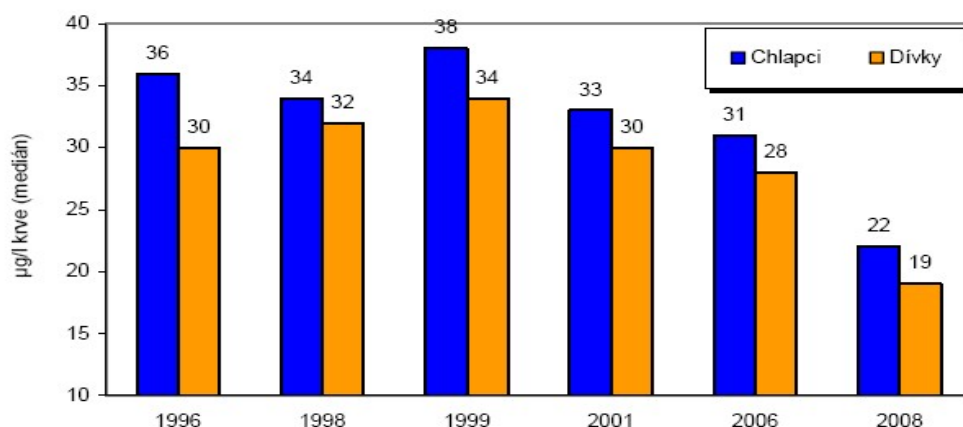
Pozn.: roky 1996 až 2003 – lokality Benešov, Plzeň, Ústí nad Labem, Žďár nad Sázavou, rok 2005 a 2007 – lokality Praha, Liberec, Ostrava, Zlín (Kroměříž a Uherské Hradiště)

Zdroj: Státní zdravotní Ústav 2009

Aby bylo možné úspěšně kontrolovat zátěž běžné populace olovem, musí být stanoveny limitní hodnoty obsahu olova v krvi. Centrum pro kontrolu nemocí (CDC) stanovilo hodnotu 100 µg/l jako hraniční pro zahájení intervencí ke snížení zátěže olovem. Je nutno mít ale na paměti, že pro děti dosud nebylo možno stanovit bezpečnou mez obsahu olova v krvi (ATSDR 1999). V současné době máme k dispozici limitní hodnoty které stanovila Komise pro biologický monitoring v SRN. Stanovuje dvě základní pásma významných hodnot, která jsou rozdílná pro muže a ženy v reprodukčním věku a pro děti. Upozorňují nás na zvýšenou pozornost odhalení možných expozičních zdrojů a ověřování zvýšeného obsahu olova v krvi častějšími kontrolami (Ewers a kol. 1999).

Dlouhodobý program zlepšování zdravotního stavu obyvatelstva České republiky - Zdraví pro všechny v 21. století, schválený Usnesením vlády č. 1046 v roce 2002 ukládá v cíli 10 „snížit expozice obyvatelstva zdravotním rizikům souvisejícím se znečištěním vody, vzduchu a půdy“. Vystavení olovu souvisí se všemi těmito cestami přívodu.

Obrázek číslo 9.: Obsah olova v krvi dětí



Pozn.: roky 1996, 1998, 1999 a 2001 – lokality Benešov, Plzeň, Ústí nad Labem, Žďár nad Sázavou, rok 2006 a 2008 – lokality Praha, Liberec, Ostrava, Zlín (Kroměříž a Uherské Hradiště)

Zdroj: Státní zdravotní Ústav 2009

V roce 2004 přijali ministři na 4. Ministerské konferenci o zdraví a životním prostředí Evropský akční plán zdraví a životního prostředí pro děti (CEHAPE). Tento plán obsahuje čtyři regionální cíle ke snížení zátěže dětí nemocemi souvisejícími se životním prostředím. Jeden z cílů (RPG IV) se zaměřuje na snížení rizik onemocnění a snížené schopnosti v důsledku vystavení nebezpečným chemickým látkám a to například těžkým kovům, fyzikálním faktorům, jako je nadměrné UV záření, a biologickým faktorům, a také rizikovým faktorům pracovním prostředí během těhotenství, dětství a dospívání (Children's Environment and Health Action Plan for Europe. Declaration).

V roce 2006 byl schválen na zasedání Řídící rady UNEP/7 realizační plán Světového summitu udržitelného rozvoje (WSSD) v Johannesburgu, který vytyčuje závazek do roku 2020 vyrábět a používat chemické látky takovým způsobem, který minimalizuje negativní vlivy na lidské zdraví a životní prostředí. V září 2006 se konalo 5. zasedání Mezivládního fóra pro chemickou bezpečnost (IFCS) v Budapešti. Zde bylo vydáno Prohlášení o rtuti, olovu a kadmii, které nám říká, že zdravotní rizika těchto kovů je třeba řešit od globální přes národní po lokální úroveň.

## 5.3 Rtut'

### 5.3.1 Vliv na životní prostředí

Rtut' jako znečišťující látka začíná budít znepokojení v celosvětovém měřítku. Rtut' se do ovzduší uvolňuje zejména při spalování uhlí v tepelných elektrárnách. Spolu s deštěm se dostává do životního prostředí. Je absorbována listy stromů a při opadu na zem je společně s mikroby přeměněna na organickou formu takzvanou methylrtut', která následně vstupuje do potravního řetězce. Rtut' především negativně působí na schopnost reprodukce. U všech druhů ptáků žijících v kontaminovaném území byla zjištěna až třikrát větší pravděpodobnost, že opustí hnízdo či vykáží abnormální inkubaci či jiné odchylky v potravním chování. V USA byly přijaty nové přísné federální normy pro omezování znečišťování rtutí zejména z elektráren pro ochranu veřejného zdraví a ekosystémů. Největšími znečišťovateli jsou dnes rychle se rozvíjející ekonomiky států třetího světa, jako je Čína a Indie. Změny klimatu přispívají negativně k větší cirkulaci, akumulaci a šíření rtuti. Díky zvýšenému počtu lesních požárů dochází k uvolňování starých zásob rtuti v těchto lesích spolu s ohněm do ovzduší. Také zrychlené cykly sucha a tepla napomáhají k vyšší methylaci rtuti.

Hlavním distributorem rtuti do životního prostředí je, mimo její těžbu, hlavně spalování uhlí a odpadu (WHO 2007). Do životního prostředí se rtut' také dostává z průmyslových činností: při výrobě chloru amalgámovou elektrolýzou (u nás Spolana Neratovice a Spolchemie Ústí nad Labem), z výroby elektrických zařízení, barviv, měřicí a kontrolní techniky, baterií nebo zářivek. Nezanedbatelné jsou úniky rtuti ze zubního lékařství, papírenského, kosmetického a farmaceutického průmyslu a z krematorií (WHO 2000).

### 5.3.2 Vliv na zdraví člověka

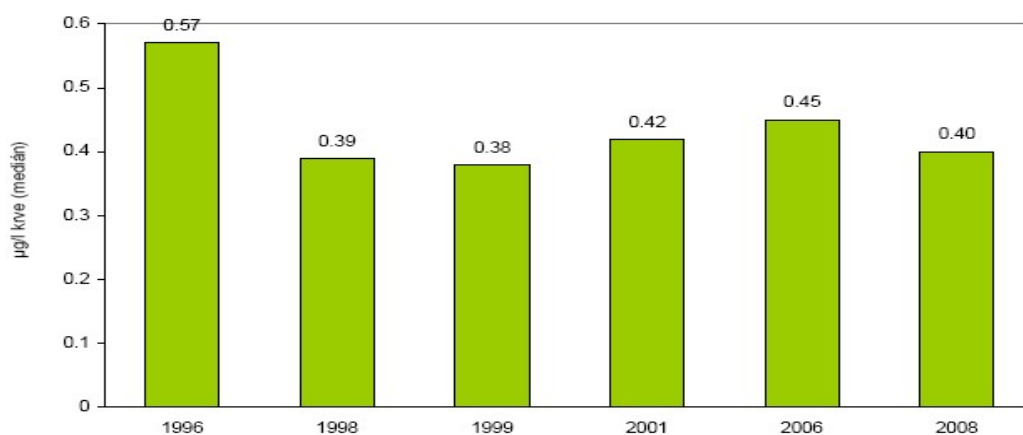
V anorganických sloučeninách vzniká působením methanogenních bakterií v anaerobním prostředí převážně v sedimentech sladkých i slaných vod nejnebezpečnější sloučenina rtuti methylrtut'. Toxicita methylrtuti vyplývá z její schopnosti procházet placentou a hematoencefalickou bariérou mezi krví a mozkem. Patří proto mezi embryotoxické a mutagenní látky. Kovová forma rtuti poškozuje při dlouhodobém vystavení centrální a periferní nervový systém, nemůžeme ani vyloučit vliv na imunitní systém (WHO 2000). Zejména poškození ledvin způsobují

anorganické sloučeniny. Centrální nervový systém poškozují metylrtuť a také působí neurotoxicky (ATSDR). Neurotoxické účinky rtuti se projevují podrážděností, únavou, poruchami soustředění, neschopností se uvolnit, nespavostí, třesem, motorickými a mentálními poruchami (poklesem IQ) (IPCS, 2003). Proto Agentura pro výzkum rakoviny IARC hodnotí organické sloučeniny rtuti jako možný lidský karcinogen.

Protokol o těžkých kovech je součástí Úmluvy o znečišťování ovzduší přecházejícím hranice státu (CLRTAP). Cílem Protokolu je omezit emise těžkých kovů, které se účastní dálkového přenosu škodlivin v atmosféře a o nichž se předpokládá, že mohou mít nepříznivé účinky na lidské zdraví a životní prostředí. V současné době se protokol omezuje na rtuť, olovo a kadmium.

Nejrizikovější skupinou jsou zejména těhotné ženy, respektive ženy ve fertilním věku, neboť rtuť ve formě metylrtuti prochází placentou do plodu. Mozek plodu zejména v rané fázi vývoje je velmi citlivý a hrozí poškození jeho funkcí. Následky neurotoxických účinků rtuti jsou neuropsychické poruchy u dětí, například mentální retardace a vývojové poruchy, poruchy zraku a sluchu, poruchy řeči a paměti (ATSDR).

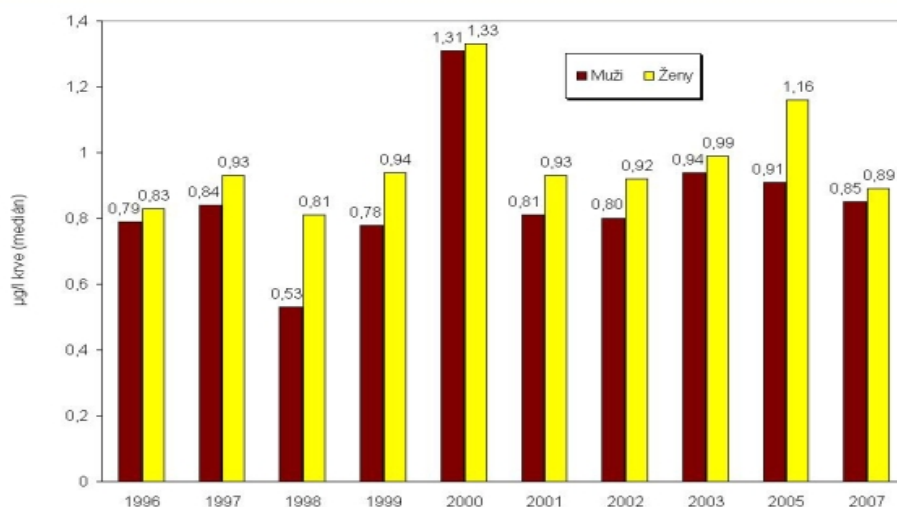
Obrázek číslo 10 : Obsah rtuti v krvi dětí v letech 1996 – 2008



Pozn.: roky 1996 až 2003 – lokality Benešov, Plzeň, Ústí nad Labem, Žďár nad Sázavou, roky 2006 a 2008 – lokality Praha, Liberec, Ostrava, Zlín (Kroměříž a Uherské Hradiště)

Zdroj: Státní zdravotní Ústav 2009

Obrázek číslo 11: Obsah rtuti v krvi dospělých v letech 1996 – 2007



Pozn.: roky 1996 až 2003 – lokality Benešov, Plzeň, Ústí nad Labem, Žďár nad Sázavou Roky 2005 až 2007 – lokality Praha, Liberec, Ostrava, Zlín (Kroměříž a Uherské Hradiště)

Zdroj: Státní zdravotní Ústav 2009

## 5.4 Beryllium

### 5.4.1 Vliv na životní prostředí

Odstraňování beryllia z vod určených pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou se v celosvětovém měřítku věnuje velmi malá pozornost. Beryllium má velmi specifický výskyt ve vodních zdrojích a stále není dostatečně prozkoumán jeho hygienický význam na lidské zdraví.

Četnost zdrojů v ČR se zvýšeným obsahem beryllia nad dosud platnou ČSN 75 7111 „Pitná voda“ uváděných 200 ng/l stále stoupá (ČSN 1989). Důvodem může být jak atmosférická depozice, tak i produkty vznikající spalováním paliv s vysokým obsahem beryllia, protože v některých druzích uhlí lze po spálení nalézt v popelu 0,1 - 1 % obsahu beryllia, a také jeho uvolňování z podloží v blízkosti vodních zdrojů. Kyselé deště způsobují vyšší koncentrace fluoridů a huminových kyselin. Nejdůležitějším mechanismem uvolňování beryllia do podzemních a povrchových vod bude s největší pravděpodobností hydrolytický rozklad alumosilikátových minerálů granitických hornin. Beryllium je součástí cca 50 minerálů, z nichž asi ve 30 je obsah beryllia vyšší než 1 %.. Protože se beryllium stále více uplatňuje v různých průmyslových odvětvích, jako je například metalurgie, jaderná energetika, elektronika a jiné, dochází k jeho zvýšenému výskytu v životním prostředí.



## 5.4.2 Vliv na zdraví člověka

Pokud je ve vodách jeho zvýšená koncentrace, má nežádoucí účinky na lidský organismus. Beryllióza je nemoc, která vzniká při dlouhodobém vystavení jedince prostředí, kde se vyskytuje beryllium v ovzduší, tedy pokud je vdechováno ve formě prachu či par. Onemocnění postihuje zejména plíce, ovšem často dochází ke zvětšení jater nebo sleziny, vyskytují se i kožní problémy. Dále stoupá i zájem o karcinogenní účinky beryllia na člověka. Z tohoto důvodu se beryllium řadí mezi pravděpodobné karcinogeny. K dlouhodobému vystavení dochází v souvislosti se spalováním uhlí se zvýšeným obsahem beryllia. Jedním z rozhodujících faktorů vzniku berylliózy je vnímavost organismu, respektive imunitního systému jedince. Příznaky nemoci většinou mizí po přerušení kontaktu s kritickým pracovním prostředím, při opětovném návratu dochází k recidivě. V posledních letech je toto onemocnění zaznamenáno minimálně. Z teoretických poznatků a praktických zkušeností lékařů lze ovšem předpokládat, že při dlouhodobé spotřebě pitné vody s obsahem beryllia mohou obdobné případy nastat.

Z literatury ani z praktických pozorování nemáme dostatek informací, které je možné použít pro zhodnocení škodlivosti beryllia orálním příjmem, a proto není možné navrhnout podloženou směrníkovou hodnotu. Odhadnout celoživotní dávku beryllia je také velice obtížné, protože pro její určení má velmi zásadní význam rozpustnost, disperzita a také koncentrace beryllia v ovzduší. Je však nutno poznamenat, že ČSN 75 7111 požaduje koncentraci beryllia 200 µg/l (eventuelně v připravované vyhlášce „O zdravotních požadavcích na jakost a zdravotní nezávadnost pitných vod“ je uvažován 1 µg/l) a mnohé vodní zdroje v ČR vykazují například 2 až 10 µg/l. Předmětem současného zájmu vědeckých pracovníků je studium vlivu beryllia na imunitní mechanismy se zvláštním zřetelem na význam mechanismů regulujících celkový imunitní stav organismu (Strnadová a kol. 2000).

Tabulka číslo 3.: Součiny rozpustnosti některých sloučenin beryllia

Sloučenina	- log K <sub>s</sub>
Be(OH) <sub>2</sub> amorf.	21,00
α-Be(OH) <sub>2</sub>	21,27
Be <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	37,70
BeCO <sub>3</sub>	3,00

Zdroj : Strnadová N. a kol. 2000

## 5.5 Chrom

Chrom je v čistém stavu poměrně měkký stříbrobílý kov (Greenwood a kol. 1993). Patří mezi takzvané přechodné kovy a s tím souvisejí i jeho fyzikální a chemické vlastnosti. Některé sloučeniny chrómu jsou vysoce toxické a karcinogenní. Jedovatost sloučenin chrómu je značně rozdílná, je zřetelně vázaná na to, v jaké valenci v nich chrom vystupuje. Jako jeden z nejvýznamnějších kontaminantů životního prostředí je klasifikován šestimocný chrom a to zejména v atmosféře, ale i v ostatních abiotických složkách, jako jsou pedosféra a hydrosféra. Některé ze sloučenin chrómu jsou vysoce karcinogenní a toxické.

### 5.5.1 Vliv na životní prostředí

Jeho emise do prostředí, kde se má možnost akumulovat, a to hlavně v zeminách nebo sedimentech, jsou proto velmi nežádoucí. Z takovýchto rezervoárů se může chrom změnou vnějších podmínek třeba i za mnoho let uvolnit a způsobit velmi vážné škody a zdravotní rizika (Kraft 1998; Kúsová 2009). Některé rostliny včetně zemědělských jsou schopny přijmout určitou koncentraci chrómu z půdy, ale ve většině případů ji zadrží ve svém kořenovém systému a chrom pak nepřechází do pletiv tvořících nadzemní části (Kafka a kol. 2002).

Ve velkém množství se chrom dostává do ovzduší ve formě prachových částic uvolňovaných při spalování fosilních paliv. Dalšími zdroji jsou cementárny, výfukové plyny z automobilů s katalyzátorem, spalovny komunálních odpadů, emise z klimatizačních chladicích věží, které používají sloučeniny chrómu jako inhibitory koroze. Do ostatních složek životního prostředí se dostává atmosférickou depozicí (Vojtěšek a kol. 2009).

## 5.5.2 Vliv na zdraví člověka

Trojmocný chrom se v životním prostředí vyskytuje přirozeně a pro lidské tělo je to důležitý stopový prvek. Pomáhá při správné funkci inzulínu v lidských tkáních, aby tělo mohlo zpracovávat cukry, bílkoviny a tuky. Takto ovšem nepůsobí šestimocný chrom, tento se dostává do lidského organismu dýcháním vzduchu nebo konzumací potravin a vody a projevuje se toxickými účinky na lidský organismus. Při vdechování velkého množství šestimocného chromu (to je více než  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dochází k podráždění nosu, způsobuje kýchání, svědění, krvácení z nosu, vznik vředů a děr v nosní přepážce. Tyto příznaky byly pozorovány u dělníků, kteří pracovali v továrnách, kde se šestimocný chrom vyráběl nebo jinak používal a kteří byli dlouhodobě vystaveni jeho vlivu. Šestimocný chrom je primárně zodpovědný za zvýšený výskyt rakoviny plic u lidí, kteří byli dlouhodobě vystaveni jeho vysokým koncentracím. Vdechování malého množství chromu ve většině případů nezpůsobuje zdravotní problémy, avšak jeho vysoké koncentrace na pracovištích způsobují astmatické záchvaty a alergické reakce.

Také u zvířat, která byla vystavena jeho vysokým koncentracím, byly pozorovány škodlivé účinky na dýchací ústrojí a snížená obranyschopnost. Protože jsou některé sloučeniny šestimocného chromu dávány do souvislosti s rakovinou plic u lidí pracujících s chromem v továrnách a způsobují rakovinu i u zvířat, zařadil americký Úřad pro zdraví a služby (Department of Health and Human Services) mezi karcinogeny následující sloučeniny: chroman vápenatý, oxid chromový, chroman olovnatý, dvojjchroman sodný, chroman stroncia a chroman zinečnatý (žluť zinková). Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (International Agency for Research on Cancer - IARC) označila šestimocný chrom za lidský karcinogen. 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 přetrvávají ve vzduchu nejvýše deset dní. Ačkoli většina chromu nacházejícího se ve vodě se váže na špínu a další materiály a usazuje se na dně, může se jeho malé množství ve vodě rozpustit. Rozpustné chromové sloučeniny mohou ve vodě přetrvat po celá léta, než se usadí na dně. Tato látka se příliš nehromadí v tkáních ryb. 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, Příbylová 2004).

## **5.6 Kadmium**

Kadmium je prvek patřící do skupiny těžkých kovů. Je to bílý kov svými vlastnostmi podobný zinku. V přírodě se vyskytuje sporadicky. Poměrné množství kadmia v zemské kůře je asi 0,15 - 0,2 mg/kg. Je tedy mezi chemickými prvky zemské kůry na 67. místě. Doprovází zinečnaté rudy, ze kterých se také vyrábí frakční destilací anebo elektrolýzou. Kadmium se uplatňuje jako přísada do různých slitin, na výrobu galvanických článků (Ni-Cd akumulátory), dále jako lapač neutronů v jaderných elektrárnách, jako antikoroziní materiál, do slitin na zubařské plomby. Využívá se také jako stabilizátor při výrobě plastů (PVC).

### **5.6.1 Vliv na zdraví lidí a zvířat**

Do našeho těla se kadmium dostává několika expozičními cestami, převážně dýchacími cestami ve formě malých částic prachu a také zažívacím traktem při polykání hlenu, na který se prachové částice v dýchacích cestách zachycují. V plicích se vstřebává 10 - 40 % kadmia v závislosti na jeho chemické formě, páry se absorbují až z 50 %, v trávicím traktu se váže až 29 % kadmia, které přijmeme (Holoubek 2004). Denní příjem kadmia se u lidí pohybuje na úrovni 50 µg (Jesenák 2005). Vyloučení kadmia z organismu je velmi pomalé. V našem těle se kumuluje převážně v ledvinách a játrech, přičemž příjem i velmi malých dávek kadmia může vést k selhání ledvin. Nejvíce se hromadí v játrech, kde je při syntéze methalothioneinu vázáno 80 až 90 % kadmia, což negativně působí na organismus. V krvi zůstává jen jeho malá část, ale ta může být nebezpečná pro vyvíjející se plod, je zde možný průchod kadmia placentou k plodu. Kadmium také vytěsňuje zinek z různých enzymů a tím dochází k porušení metabolických pochodů. Akutní otravy kadmiiem jsou velmi vážné, mohou způsobit zvýšení krevního tlaku, selhání ledvin a rozklad červených krvinek. Poločas rozpadu kadmia v různých orgánech savců je 7- 40 let (ledviny vylučují denně 0,3 - 0,7 mg Cd, čili asi 0,006 %). V souladu se zvýšenou koncentrací kadmia v ovzduší byly zjištěny častější dysfunkce ledvin, podle IARC (Mezinárodní agentury pro výzkum rakoviny) narůstá riziko rakoviny prostaty a dýchacího aparátu. S větším zatížením organismu kadmiiem roste, u kuřáků až dvojnásobně (Holoubek 2004).

## 5.6.2 Výskyt v životním prostředí

Také do životního prostředí se kadmium dostává různými cestami. Následkem spalování uhlí, odpadů, z dolů a rafinérií se dostává do ovzduší. Z odpadních vod z domácností a z průmyslu se uvolňuje do vody. Určité množství kadmia obvykle obsahují hnojiva a tím znečišťují půdu. Stejně tak jsou zdroji znečištění vod a půd kadmium jeho úniky z provozů zabývajících se nakládáním s nebezpečnými odpady. V životním prostředí člověka je podstatným zdrojem kadmia cigaretový kouř.

Kadmium vázané v prašném aerosolu může cestovat na velké vzdálenosti předtím, než dopadne na zpět na zemský povrch ve formě prachu, dešti anebo sněhu. Kadmium se nerozkládá, ale vstupuje do různých sloučenin. Setrvává dlouhou dobu na místě, kde se dostalo do životního prostředí, jeho část se uloží v půdách či v sedimentech, ale většina ho zůstává ve vodě. Z půdy se kadmium většinou vymývá do vod, anebo se hromadí v rostlinách. Do těla ryb, zvířat či rostlin se kadmium následně dostává z různých částí životního prostředí.

## 5.7 Nikl

### 5.7.1 Vliv na zdraví lidí a zvířat

Negativní působení niklu na lidské zdraví má mnoho faktorů. Záleží například na délce doby a množství niklu, kterému byl jedinec vystaven, či v jaké podobě se s niklem setkáváme. Nikl je součástí mnoha sloučenin, které mohou působit různě. Ovšem záleží i na zdravotním stavu jedince, který je s touto látkou v kontaktu. Nikl není pro lidské tělo důležitý. Niklový prach může způsobit podráždění očí, nosu a krku. Avšak jeho dlouhodobé vdechování může vést k rozvinutí akutní bronchitidy, snížení funkce plic, ale i k propuknutí rakovinového onemocnění. Může způsobovat záněty dutin. Nemoci způsobené vdechováním niklu byly pozorovány hlavně u dělníků, kteří s ním pracovali. Nerozpustný prach s obsahem oxidů niklu a rozpustné aerosoly jeho sulfátů, nitrátů a chloridů se řadí mezi potenciální karcinogeny.

Určité malé množství niklu je nezbytné pro normální růst a rozmnožování některých živočichů. Avšak nikl a jeho sloučeniny vykazují vysokou akutní a chronickou toxicitu pro vodní organismy. Jak vysoce je nikl toxický, závisí na tvrdosti vody; čím je voda měkčí, tím je větší riziko možné kontaminace niklem.

Pokud jde o vliv niklu a jeho sloučenin na rostliny a suchozemské organismy, tak zatím není dostatek dat ke kvalifikovanému posouzení jeho toxicity. Podle současných znalostí o niklu nemá tento kov tendenci se akumulovat v živých organismech.

### **5.7.2 Výskyt v životním prostředí**

Do životního prostředí se nikl dostává především ze spalování uhlí a dalších fosilních paliv. Z procesů těžby a zpracování niklových rud, ocelářského průmyslu, galvanických procesů nebo spalování komunálního odpadu se dostává do ovzduší. Jeho nemalým zdrojem je také spalování pohonných hmot. Jemné částičky niklu a jeho sloučenin, které jsou obsažené v prachu, jsou přenášeny vzdušným prouděním. Jak již bylo uvedeno výše, částice obsahující nikl se uvolňují do atmosféry jak z přírodních, tak antropogenních zdrojů. Suchou a mokrou depozicí se nikl a jeho sloučeniny dostávají do ostatních složek prostředí, jako je voda a půda. Nikl obsažený v půdě se může postupným vymýváním dostávat až do podzemních vod.

## **5.8 Thalium**

### **5.8.1 Stručná charakteristika**

Thalium je lesklý, měkký a světlešedý kov. Zároveň je to také velmi toxický kov, všechny thalné soli jsou velmi prudkými jedy hlavně pro teplokrevné živočichy. V přírodě se vyskytuje pouze ve formě sloučenin. Thalium má ze všech kovů nejnižší měrné skupenské teplo tání a je diamagnetické.

### **5.8.2 Vliv na zdraví lidí a zvířat**

Thalium je buněčný jed, obzvláště snadno se váže na nervovou tkáň a vylučovací orgány. Váže se na thiolové skupiny (cysteinové zbytky) enzymů. Je též antagonistou draslíku. Akutní otrava thaliem se projevuje zvracením a průjmami, často krvavými. Vysoké dávky vyvolávají křeče, delirium, hluboké bezvědomí až smrt. Mohou se projevovat i bolesti na prsou a v břiše, slinění, zánět ústní sliznice, bolesti končetin, duševní změny, zrychlení tepu, poškození jater a ledvin, kožní vyrážky, ztráta vlasů apod. (Třebichavský 1998).

Thalium se rychle vstřebává kůží, plícemi a trávicím traktem. Prochází placentou, nachází se též v plodové vodě a mateřském mléku otrávených. Vylučuje se močí a stolicí. Vylučování začíná poměrně brzy, ale protahuje se na několik týdnů.

Chronická otrava je vzácná. Její příznaky se podobají akutní otravě tímto těžkým kovem doplněné o poruchy zraku, nechutenství, hubnutí a jiné. Při chronickém působení je thalium toxičtější než olovo. Je také podezříváno z teratogenního a karcinogenního účinku (Třebichavský 1998).

### **5.8.3 Výskyt v životním prostředí**

Z odpadů se může vyskytovat konkrétně například v elektrošrotu, ve zbytcích pesticidů (rodenticidů a jiných) a jejich obalů, anebo například ve struskách a popílcích z tepelných elektráren. V roce 1995 bylo v ČR vyprodukováno 9,3 milionu tun elektrárenských popelů a popílků s obsahem 255 t thalia (Třebichavský 1998).

Údaje o přítomnosti thalia v přírodních vodách i v ovzduší jsou velice sporadické. V České republice byla v letech 1973 – 1978 provedena semikvantitativní analýza pitných vod. Z 500 vzorků byla přítomnost thalia zjištěna v 60 pitných vodách (nejčastěji povrchových a smíšených). Nejvíce lokalit s thaliem připadalo na regiony jihočeský a severočeský (Třebichavský 1998).

## 6. Diskuse

Využíváním zbytků po spalování uhlí jako vedlejších energetických produktů lze dosáhnout především menšího objemu odpadu na skládkách, a tím lze prospět životnímu prostředí. V naší legislativě bohužel stále přetrvávají dílčí nedostatky ve využívání vedlejších energetických produktů, jako stavebních materiálů. Díky těmto nedostatkům je možné využívat zbytky po spalování uhlí, jako vedlejší energetické produkty a dále je používat jako stavební materiál bez řádné kontroly jejich bezpečnosti. S tím souvisí i umístování tohoto stavebního materiálu do životního prostředí bez řádné kontroly následků pro danou lokalitu. Takto umístěný stavební materiál může být potenciální hrozbou do budoucna právě pro životní prostředí a následně i pro lidské zdraví.

Je velmi nedostačující, že pokud je rozhodováno o klasifikaci zbytků po spalování uhlí na vedlejší energetické produkty a následně stavební materiál a jejich umístění do životního prostředí, nerozhoduje se v rámci podmínek vhodných k životnímu prostředí, ale většinou pouze v rámci zákona o odpadech a jeho prováděcích vyhláškách.

Nedostatky v legislativě jsou sice řešeny, ale ne ve směru používání zbytků po spalování uhlí jako vedlejších energetických produktů a jejich environmentálních vlastností a s tím související zátěže pro životní prostředí po dobu jejich životnosti, ale většinou z pohledu jejich producentů. Je nedostatek objektivních informací o zátěži životního prostředí po dobu životnosti staveb, v nichž byly tyto vedlejší energetické produkty použity. V zájmu producentů zbytků po spalování uhlí je klasifikovat je na vedlejší energetické produkty, které mohou být dále využívány. Ale posuzování a klasifikace zbytků po spalování uhlí na vedlejší energetické produkty z pohledu producentů není objektivní v důsledku pro životní prostředí a zdraví obyvatelstva (Zimová a kol. 2010).



Hlavním rozdílem mezi využíváním průmyslových odpadních materiálů jen jako odpadů nebo jako výrobků, je současné posouzení vlastností technických a ekologických. Obecně je využívání vedlejších energetických produktů jako výrobků mnohem náročnější po ekologické stránce, protože je zapotřebí zohlednit veškerá potenciální nebezpečí, které může tento výrobek způsobit. Všeobecně je tedy využívání vedlejších energetických produktů jako výrobků náročnější jak po ekologické, tak i po technické stránce, nejen v množství daných zkoušek ale také i v četnosti zkoušení (Průdková a kol. 2007).

Přesto všechno, je velmi důležitá stabilizace zbytků po spalování uhlí i výběr vhodné lokality jejich využití, z důvodu zabránění vstupu škodlivých látek do životního prostředí. Právě u zbytků po spalování uhlí je nutné se zaměřit na způsob testování jejich ekotoxicity. Je velmi důležité vybrat správný způsob testování těchto zbytků po spalování uhlí, při jejich klasifikaci na vedlejší energetické produkty. Je nutné zvážit, které způsoby testování jsou plně vyhovující z pohledu životního prostředí a lidského zdraví (Cidlinová a kol. 2012).

## 7. Závěr

Energetické závody produkují velké množství odpadů, proto je potřeba hledat jejich další využití, aby nedocházelo k ukládání těchto odpadů na skládky a tím ke znečišťování životního prostředí. V současné době prudce poklesla produkce odpadů z energetického průmyslu, avšak rapidně stoupla produkce vedlejších energetických produktů.

Není však možné využít veškerou produkci odpadů z energetiky jako vedlejších produktů po spalování uhlí a dále materiálů. Uhlí má velmi proměnlivé chemické složení, záleží již na samotné lokalitě uložení uhlí i na způsobu jeho zpracování, na druhu spalovacích kotlů a tak dále.

Při spalování uhlí v tepelných elektrárnách, nám vzniká velké množství zbytků po spalování uhlí. Při zvýšené produkci zbytků po spalování uhlí je důležité najít způsoby, jak tyto zbytky dále využívat, není možné veškerou produkci zbytků ukládat na skládkách. Proto je správné hledat řešení, jak tyto zbytky po spalování uhlí nadále využívat.

Převážná většina zbytků po spalování uhlí pro nás představuje zdroj surovin, který může plně nahradit přírodní suroviny, jejichž zásoby nejsou neomezené. Zbytky po spalování uhlí je po řádné kontrole možné, klasifikovat jako vedlejší energetické produkty. Tyto vedlejší energetické produkty nám mohou jako stavební materiál plnohodnotně nahradit přírodní suroviny, které jsou ve stavebnictví využívány. Klasifikací zbytků po spalování uhlí na vedlejší energetické produkty a jejich řádnou environmentální kontrolou, dochází k ochraně životního prostředí. Využíváním vedlejších energetických produktů ve stavebnictví jako stavebních materiálů náhradou za materiály přírodní, dochází i k ochraně přírodních zdrojů.

Avšak při nesprávné a nedostatečné kontrole vedlejších energetických produktů a jejich použití jako stavebních prostředků v krajině, může dojít k vážným negativním následkům pro životní prostředí, a následně pak pro lidské zdraví. Právě tyto dílčí nedostatky v legislativě týkající se vedlejších energetických produktů, by měli být vyřešeny co nejdříve. Opomíjení těchto nedostatků může vést k vážnému problému v budoucnosti. Uhlí jako přírodní surovina, má velmi různorodé chemické vlastnosti. Proto i zbytky po spalování uhlí mají různorodé chemické složení.

Při nesprávné a nedostatečné kontrole těchto zbytků po spalování uhlí a jejich následné klasifikaci jako vedlejších energetických produktů a dále stavebních materiálů, může vést k vážnému poškození životního prostředí. Při umístění vedlejších energetických produktů do volné přírody, dochází díky povětrnostním a hydrogeologickým podmínkám k vyluhování karcinogenních a toxických látek. Pokud je s nimi nevhodně nakládáno, mohou se uvedené škodliviny uvolňovat v množství, které je pro nás již nepřijatelné. Může dojít k znečištění podzemních vod, následně i vod povrchových a tím může dojít k negativnímu zasažení do potravních řetězců. Následkem toho je ohroženo nejen životní prostředí, ale i lidského zdraví.

Při psaní této bakalářské práce jsem došla k závěru, že je nutné doplnění nedostatků v legislativě, týkajících se nakládání se zbytky po spalování uhlí. Tato úprava by měla být řešena ve prospěch životního prostředí a ne producentů těchto zbytků po spalování uhlí. Je nutná změna právního prostředí a jasné stanovení za jakých podmínek a jakým způsobem bude se zbytky po spalování uhlí nakládáno. Je nutné stanovit tyto podmínky tak, aby nedocházelo k uvolňování toxických látek do životního prostředí a tím nedocházelo k jeho poškození a následně k poškození lidského zdraví.

## 8. Seznam zdrojů

- ACAA, 2009:** Compilation of Regulations, Standards, Guidelines, Websites and Other References Pertinent to Coal Combustion Products.
- ACI Committee, 1987:** Use of fly ash in concrete. ACI Materials Journal, Sept.-Oct. 1987, p. 381-404.
- Altmann V., Fries J., Jeřábek K., Voštová V., 2009:** Logistika odpadového hospodářství. České vysoké učení technické v Praze, Praha: 349 s.
- ATSDR, 1999:** Toxicological profile for mercury, 1999; <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp46.html>.
- Beneš S., Fabiánová J., 1986:** Přirozené obsahy, distribuce a klasifikace prvků v půdách. VŠZ, Praha.
- Beneš B., 2010:** Odpady ze spalovacích procesů a vedlejší energetické produkty, Odpadové Fórum 4/2010.
- Brandšteter J., Havlica, J., 1996:** Phase composition of solid residues of fluidized bed coal combustion, quality tests, and application possibilities. Chem. Papers, 50 (4), 1996, p. 188-194.
- Cidlinová A., Zimová M., Melicherčík J., Wittlingerová Z., Ševčíková P., 2012:** Metody hodnocení ekologických a zdravotních rizik při využívání odpadů, Waste Forum, ročník 2012, č.1
- ČEZ, 2009:** ČEZ energetické produkty s. r. o., online: <http://www.cezep.cz/produkty.html>, cit.:28.12.2010.
- ČSN 75 7111 1989 :** „Pitná voda“
- ECOBA, 2011:** European Coal Combustions Products Association. Online: <http://www.ecoba.com/ecobaccpspec.html>, cit. 10.4.2011.
- Ewers U., Krause C., Schulz C., Wilhelm M., 1999:** Reference values and human biological monitoring values for environmental toxins. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 1999, 72:255-260.
- Fečko P. a kol., 2003:** Popílky. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Ediční středisko
- Greenwood N. N., Earnshaw A., 1993:** Chemie prvků. Sv. 2. Prof. Ing. František Jursík, CSc.. Praha : Informatorium, 1993. 1. vyd. s.794-1635. ISBN 80-85427-38-9. s. 1238-1263.

- Grosse SD a kol.,2002:** Economic gains resulting from the reduction in children's exposure to lead in the United States. *Environmental Health Perspectives*, 2002, 110:563-569.
- Hanusch K., Grossmann H., Herbst K.A., Rose G., Wolf H.U., 1988:** Arsenic and arsenic compounds. In *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry* (Gerhartz W et al., eds.) 5th Ed., Vol. A3, pp. 113-141. Verlag Chemie, Weinheim.
- Havlicová P.,2002:** Nové stavební materiály – Využití z těžby a jiné průmyslové činnosti, New building materials – waste utilization after mining and others manufacturing.2002
- Holoubek I., 2004:** Chemie životního prostředí IV. Polutanty s dlouhou dobou života v prostředí. Těžké kovy (HMs) – Cd, Pb, As. Recetox - Tocoen and Associates, Brno 2004.
- Children's Environment and Health Action Plan for Europe.,2004:** Declaration. Fourth Ministerial Conference on Environment and Health, Budapest, 23-25 June 2004 (EUR/04/5046267/6,.
- IPCS (2003):** Elemental mercury and inorganic mercury compounds: human health aspects. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Concise International Chemical Assessment Document 50).
- Jesenák K., 2005:** Environmentálna anorganická chémia. Prírodovedecká fakulta, UK v Bratislave, 2005.
- Kafka Z., Punčochářová J., 2000:** Využití procesu solidifikace/stabilizace při zneškodňování nebezpečných složek v průmyslových odpadech. IUAPPA 2000: 178-181, online: [http://www.umad.de/infos/iuappa/pdf/B\\_17.pdf](http://www.umad.de/infos/iuappa/pdf/B_17.pdf).
- Koš A., ing. Strnad J., ing. Dr. Vavřín F., 1960:** Škvára ve stavebnictví. Státní nakladatelství technické literatury, Praha: 223 s.
- Kožíšek F. Mudr., CSc., RNDr. Nešpůrová L CSc., Ing. Weyssa D.G. PhD., Ing. Pomykačový I.,2008:** Státní zdravotní ústav Centrum hygieny životního prostředí, Olovo a pitná voda: situace v České republice 2008
- Kraft M.,1998:** Bindungsverhalten von Arsen, Cadmium, Chrom, Quecksilber, Nickel und Blei an schwerverdauliche Lebensmittel und Lebensmittelkomponenten in künstlichem Magen-Darm-Saft. Bochum: [s.n.], 1998. Chrom, s. 5-6.

- Kuraš M., 2008:** Odpadové hospodářství. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s. r. o., Chrudim. 143 s. ISBN 978-80-86832-34-0.
- Kůsová J., 2006:** Toxicita chrómu a jeho sloučenin.
- Líčka M., 1993:** Efektivní využívání popílku v objektech uhelných dolů a odvalů. In: Zb. medzin. konferencie Energetické odpady a životné prostredie, Piešťany, 1993, s. 142-145.
- Lidmila M., 2005:** Disertační práce, Ekologické využití vedlejších energetických produktů v konstrukci pražcového podloží, ČVUT Fakulta stavební v Praze, s.143.
- Lidmila, M., 2005:** Provozní použití popílkového stabilizátu v konstrukčních vrstvách pražcového podloží, Udržitelná výstavba MSM 684007 0005.
- Malá J., Maršálková E., 2009:** Vliv solidifikace na vyluhovatelnost těžkých kovů z popílků a ekotoxicitu výluhů. Chemické listy, 2009, roč. 103, č. 7, s. 595-598. ISSN: 0009- 2770.
- Marhold J., 1980:** Přehled průmyslové toxikologie - Anorganické látky. Avicenum, Praha.
- Merian E., 1991:** Metals and Their Compounds in the Environment. Verlag Chemie, Weinheim.
- Mezencevová A., 2003:** Možnosti zužitkovania energetických popolčekov, Acta Montanistica Slovaca, ročník 8 (2003) číslo 2-3, projekt VEGA č. 2/7040/00.
- Michalíková F., Sisol M., 2010:** Chemické a mineralogické vlastnosti poolov zo spalovania uhlia v tepelných elektrárnách. Odpadové fórum (Waste management forum) 11/4: 15-16. ISSN 1212-7779.
- Michalíková F., Sisol M., Krinická I., Kolesárová M., 2010:** Nakládanie s popolčkami zo spalovania uhlia v tepelných elektrárnách. Odpadové fórum (Waste management forum) 11/4: 18-19. ISSN 1212-7779.
- Michalíková F., Škvarla J., Sisol M., Krinická I., 2010:** Popoly zo spalovania uhlia v tepelných elektrárnách. Odpadové fórum (Waste management forum) 11/4: 13-14. ISSN 1212-7779.
- Michalíková F., 2000:** Využitie tuhých odpadov z energetiky v stavebníctve. In: Zb. III. odborného seminára Partikulárne látky vo vede, priemysle a životnom prostredí, Košice, 2000, s. 91-94 (ISBN 80-7099-621-8).
- MŽP, 2001:** Zákon o odpadech číslo 185/2001 Sb, v platném znění

- 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.
- Nieboer E., Nriagu J.U. 1992 :** Nickel and Human Health. John Wiley & Sons, New York.
- Petrlík J., Příbylová J., SZÚ 2004:** Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva České republiky ve vztahu k životnímu prostředí. Souhrnná zpráva za rok 2003. RNDr. Jindřich Petrlík, Mgr. Jarmila Příbylová.
- Pitter P.,2008:** Hydrochemie ,2008 Vydavatelství VŠCHT, Praha
- Plaček V., 2007:** Požadavky na vysokopeční a ocelářenskou strusku z hlediska využití ve stavebnictví. Příloha k informacím OP ČSSI, Ostrava č. 2007/4, ISSN 1213-4112.
- Popílek a jeho využití do betonu 2008-2013,** Vyhovující nové betonářské normě ČSN EN 206-1, Vumo, Výzkumný ústav maltovin Praha s. r. o. , Svaz výrobců cementů ČR, Artis.
- Povolná V.,2007:** Právo pro environmentální podnikání. Brno: Masarykova univerzita, 2007. 231s. ISBN.
- Průdková Ž, Svoboda M.,Tichá J.2007,:** Legislativní požadavky pro využívání POM ve stavebnictví a jiných příbuzných oborech.
- Rovnaníková P., Průdková Ž., 2005:** Pojivé vlastnosti směsi popílku a strusky ze spalovny komunálního odpadu. Příspěvek na konferenci Construmat 2005, ISBN 80-8070-451-1, Žilinská univerzita v Žilině, Rájecké Teplice.
- Smith S. E., 2011:** What is bottom ash?. online: <http://www.wisegeek.com/what-is-bottom-ash.htm>
- Strnadová N., Halasová P., Holeček M.,2000:** VŠCHT Praha, odstraňování Beryllia ze zdrojů pitné vody, IUAPPA Praha 2000.
- Tong S, von Schirnding YE, 2000:** Prapamontol T. Environmental lead exposure: a public health problem of global dimensions. *Bulletin of the World Health Organization*, 2000, 78:1068-1077.
- Třebichavský J., D. Havrdová, a kol., 1998:** Škodliviny I. Toxické kovy. Kutná Hora, NSO.
- US EPA, 2007:** Human and Ecological Risk Assessment of Coal Combustion Wales. Office of Solid Waste Research Triangle Park, NC 27709.

- US EPA, 2010:** Regional Screening Level (RSL) Soil to Groundwater Supporting Table. November 2010.
- Veverka Z.:** Bezpečnost zbytků po spalování uhlí, proč pochybuji? Odpadové fórum (Waste management forum) 11/4: 21-24. ISSN 1212-7779.
- Veverková M., Zimová M., Kubal M., 2009:** Výzkum skutečných vlastností odpadů považovaných za vhodný zdroj nestandardních surovin (zejména vedlejších energetických produktů) ve smyslu současných právních požadavků na ochranu zdraví lidí, životní prostředí a vyhodnocení získaných informací pro stanovení bezpečných postupů a požadavků pro jejich používání, závěrečná etapová zpráva, projekt MŽP č. VaV SP/2f3/118/08, Univerza-Středisko odpadů Praha, s.r.o., Praha.
- Veverková M., Zimová M., Veverka Z., Beneš B., Kubal M., Cidlinová A., Matějů L., Melicherčík J., Seger J., Kohout P., Kuraš M., 2010:** Výzkum skutečných vlastností odpadů považovaných za vhodný zdroj nestandardních surovin (zejména vedlejších energetických produktů) ve smyslu současných právních požadavků na ochranu zdraví lidí, životní prostředí a vyhodnocení získaných informací pro stanovení bezpečných postupů a požadavků pro jejich používání, souhrnná písemná zpráva o řešení projektu, projekt MŽP č. VaV SP/2f3/118/08, Univerza-Středisko odpadů Praha, s.r.o., Praha.
- Vojtěšek M., Mikuška P., Večeřa Z., 2009:** Výskyt, zdroje a stanovení kovů v ovzduší. Chemické listy 2009, roč. 103, č. VŠB – TU Ostrava.
- WHO, 2000:** - Air quality guidelines - second edition, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2000.
- WHO, 2007:** Health risks of heavy metals from long range transboundary pollution, WHO Regional office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2007; <http://www.euro.who.int/document/E91044.pdf>. Jernelöv, A.: Fatten, 24, 1968, s. 456.
- Zimová M., Mudr, CSc., Ing. M. Veverková, Ing. Z. Veverka, Ing. L. Matějů, Ing. Z. Podolská, O. Kuchař, 2009:** Stávající přístupy k prevenci zdravotních a ekologických rizik při využívání stavebních odpadů, Current approaches to health and ecological risks prevention in construction waste use, Recycling 2009, sborník přednášek 14. Konference Brno.



## 9. Legislativní předpisy

ČSN 72 2064 Popílek jako aktivní složka do betonu

ČSN 72 2071 Popílek pro stavební účely

ČSN 75 7111 Jakost vod. Pitná voda

ČSN EN 206-1 Beton

ČSN EN 450 Popílek do betonu

**Komise Evropských společenství KOM(2007)59, ze dne 21.2.2007** v Bruselu, Sdělení Komise radě a Evropskému parlamentu o Interpretační sdělení o odpadech a vedlejších produktech

**Nařízení vlády č. 163/2002 Sb., ze dne 6.3.2002** kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky, v platném znění

**Nařízení č. 190/2002 Sb., ze dne 10.4.2002** kterým se stanoví technické požadavky na stavební výrobky označované CE se změnami: 251/2003 Sb., 128/2004 Sb., v platném znění

**Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., ze dne 29.1.2003** o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, v platném znění

**Nařízen í vlády č. 312/2005 Sb.,ze dne 13.6.2005** novelizující NV č.163/2005 Sb., stanovující technické požadavky na vybrané stavební výrobky, v platném znění

**Předpis č. 383/2001 Sb., ze dne 17.10.2001** Vyhláška Ministerstva životního prostředí o podrobnostech nakládání s odpady, v platném znění

**Směrnice rady 76/464/EHS ze dne 4.5.1976** o znečištění způsobeném určitými nebezpečnými látkami, vypouštěnými do vodního prostředí Společenství, v platném znění

**Směrnice rady 80/68/EHS ze dne 17.12.1979** o ochraně podzemních vod před znečišťováním některými nebezpečnými látkami, v platném znění

**Směrnice rady 89/106/EHS ze dne 21.12.1989** o sblížování právních a správních předpisů členských států týkajících se stavebních výrobků ve znění směrnice Rady 93/68/EHS, v platném znění

**Směrnice rady 98/83/ES ze dne 3.12.1998** o jakosti vody určené k lidské spotřebě, v platném znění

- Vládní usnesení č. 1046/2002 Sb., ze dne 16.10.2002** Zdraví pro všechny v 21. století, v platném znění
- Vyhláška MŽP a MZ č. 376/2001 Sb., ze dne 1.1.2002** o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů, v platném znění
- Vyhláška č. 6/2003 Sb., ze dne 16.12.2002** kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb, v platném znění
- Vyhláška č. 252/2004 Sb., ze dne 22.4.2004** kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, v platném znění
- Vyhláška č. 41/2005 Sb., ze dne 11.1.2005** kterou se mění vyhláška Ministerstva prostředí č. 83/2001 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady, v platném znění
- Vyhláška č. 294/2005 Sb., ze dne 11.6.2005** o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, v platném znění
- Zákon č. 50/1976 Sb., ze dne 27.4.1976** o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) jehož úplné znění bylo uveřejněno v zákoně č. 109/2001 Sb. ve znění pozdějších změn provedených zákonem č. 254/2001 Sb., nálezem Ústavního soudu uveřejněným pod č. 405/2002 Sb., zákonem č. 422/2002 Sb., zákonem č. 320/2002 Sb., zákonem č. 218/2004 Sb., nálezem Ústavního soudu uveřejněným pod č. 300/2004 Sb., zákonem č. 127/2005 Sb. a zákonem č. 186/2006 Sb., v platném znění
- Zákon č. 17/1992 Sb., ze dne 5.12.1991** o životním prostředí, v platném znění
- Zákon č. 634/1992 Sb., ze dne 12.11.1992** o ochraně spotřebitele, v platném znění
- Zákon č. 22/1997 Sb., ze dne 24.1.1997** o technických požadavcích na výrobky a související předpisy, v platném znění
- Zákon č. 258/2000 Sb., ze dne 14.7.2000** o ochraně veřejného zdraví a související předpisy, v platném znění
- Zákon č. 100/2001 Sb., ze dne 20.2.2001** o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí), v platném znění
- Zákon č. 102/2001 Sb., ze dne 22.2.2001** o obecné bezpečnosti výrobků a o změně některých zákonů (zákon o obecné bezpečnosti výrobků), v platném znění
- Zákon č. 185/2001 Sb., ze dne 15.5.2001** o odpadech, v platném znění

**Zákon č. 163/2002 Sb., ze dne 6.3.2002**, kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky, ve znění nařízení vlády č.312/2005 Sb. ze dne 13. července 2005, v platném znění

**Zákon č. 277/2003 Sb., ze dne 28.8.2003** kterým se mění zákon č. 102/2001 Sb., o obecné bezpečnosti výrobků a o změně některých zákonů (zákon o obecné bezpečnosti výrobků), ve znění zákona č. 146/2002 Sb., zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 634/1992 Sb., o ochraně spotřebitele, ve znění pozdějších předpisů, v platném znění

**Zákon č. 183/2006 Sb., ze dne 14.3.2006** , stavební zákon a související předpisy, v platném znění

**Zákon č. 186/2006 Sb., ze dne 14.3.2006** o změně některých zákonů souvisejících s přijetím stavebního zákona a zákona o vyvlastnění, v platném znění

**Zákon č. 59/1998 Sb., ze dne 21.6.2006** o odpovědnosti za škodu způsobenou vadou výrobku, v platném znění

## 10. Odkazy na internetové zdroje

Agency for Toxic Substances and Disease Registry 2005 - Redirect, online:  
<http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts15.html>

ČEZ, 2012 Spotřeba elektřiny v ČR dlouhodobý vývoj, online:  
<http://www.cez.cz/cs/pro-media/cisla-a-statistiky/energetika-v-cr.html>

Expozice obyvatel chemickým látkám z pitné vody, 2012, Kožíšek F. a kol.,  
online :  
[http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/info\\_listy/Inform\\_list\\_exp\\_voda\\_2011\\_1.pdf](http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/info_listy/Inform_list_exp_voda_2011_1.pdf)

IRZ 2012, Integrovaný registr znečišťování, Informace o látkách ohlašovaných  
do IRZ online: <http://www.irz.cz/node/20>

Kleger L. Mgr.: Nikl, Arnika, online: <http://arnika.org/nikl>

Kožíšek F. a kol., 2008 : Olovo a pitná voda: situace v České republice, online:  
[http://meteau.cz/doc/vh1\\_2008.pdf](http://meteau.cz/doc/vh1_2008.pdf)

National Pollutnat Inventory 2011, online: <http://www.npi.gov.au/>

Ritz M. a kol. 2003, Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Ostrava  
online: <http://gse.vsb.cz/2003/XLIX-2003-1-69-82.pdf>

Silotransport 2013, Produkty, online: <http://www.silotransport.cz/produkty>

Státní Zdravotní Ústav 2009, Obsah olova v krvi dětí a dospělých, online:  
<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/obsah-olova-v-krvi-deti-a-dospelych>

Státní Zdravotní Ústav 2009, Obsah rtuti v krvi a moči dětí a dospělých, online:  
<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/obsah-rtuti-v-krvi-a-v-moci-deti-a-dospelych>

Svaz výrobců cementů ČR 2008-2013, Popílek a jeho využití do betonu, online:  
[http://www.svcement.cz/dokumenty/publikace#popilek\\_a\\_jeho\\_pouziti\\_do\\_betonu](http://www.svcement.cz/dokumenty/publikace#popilek_a_jeho_pouziti_do_betonu)

Vaše věz. cz, Životní prostředí, Skrytá rizika znečištění životního prostředí  
toxickou rtutí, online: <http://www.vasevec.cz/zivotni-prostredi>

## 11. Zdroje obrázků a tabulek

ČEZ 2012, Spotřeba elektřiny v České republice, dlouhodobý vývoj

**Koš A., ing. Strnad J., ing. Dr. Vavřín F., 1960.** Škvára ve stavebnictví. Státní nakladatelství technické literatury, Praha: 223 s.

**Kožíšek F. a kol. 2008,** Problematika arsenu v pitné vodě v České republice, Zdravotní ústave Ostrava, Program COST č.j. 1715/2007 - 32

**Průdková Ž, Svoboda M., Tichá J. 2007:** Legislativní požadavky pro využívání POM ve stavebnictví a jiných příbuzných oborech.

**Ritz M. a kol. 2003,** Emise těžkých kovů a polyaromatických uhlovodíků při spalování uhlí v průmyslových a malých topeništích, Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava, Řada hornicko - geologická, No.1.p.69-82, ISSN 0474 - 8476

**Silotransport 2013,** Dodáváme produkty vzniklé spalováním uhlí, Produkty

**Státní Zdravotní Ústav Praha 2009,** Chemické látky a fyzikální faktory, Indikátory zdraví a životního prostředí

**Strnadová N. a kol. 2000,** Odstraňování beryllia ze zdrojů pitné vody, VŠCHT Praha

## **12. Seznam obrázků a tabulek**

**Obrázek číslo 1.:** Popílek

**Obrázek číslo 2.:** Umělé kamenivo

**Obrázek číslo 3.:** Energosádrovec

**Obrázek číslo 4.:** Struska

**Obrázek číslo 5.:** Chemické složení v palivu obsažených popelovin

**Obrázek číslo 6.:** Legislativní požadavky

**Obrázek číslo 7.:** Spotřeba elektřiny v České republice v letech 1993-2012

**Obrázek číslo 8.:** Obsah olova v krvi mužů a žen

**Obrázek číslo 9.:** Obsah olova v krvi dětí

**Obrázek číslo 10.:** Obsah rtuti v krvi dětí v letech 1996 – 2008

**Obrázek číslo 11.:** Obsah rtuti v krvi dospělých v letech 1996 – 2007

**Tabulka číslo 1.:** Distribuce těžkých kovů při průmyslovém spalování uhlí

**Tabulka číslo 2.:** Výskyt arsenu v pitné vodě v ČR v letech 2005 až 2007

**Tabulka číslo 3.:** Součiny rozpustnosti některých sloučenin beryllia