

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**  
**KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE**

---

**Studijní program: Environmentální vědy**

**Studijní obor: Aplikovaná ekologie**



**Strategie minimalizace rizik při odstraňování odpadů s azbestem**

The strategy of minimizing risks of disposal of asbestos

**Diplomová práce**

Vedoucí práce: MUDr. Magdalena Zimová, CSc.

Diplomant: Mgr. Radek Štípek

Praha 2018

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Radek Štípek

Aplikovaná ekologie

Název práce

**Strategie minimalizace rizik při odstraňování odpadů s azbestem**

Název anglicky

**The strategy of minimizing risks of disposal of asbestos**

---

**Cíle práce**

Cílem práce je analýza rizik při odstraňování odpadů z azbestem.

**Metodika**

1. Zpracování rešerše
2. Analýza jednotlivých kroků při odstraňování odpadů z azbestem.
3. Analýza metod odstraňování v ČR a EU
4. Produkce odpadu v ČR a v jednotlivých krajích ČR a ve vybraných státech EU
5. Analýza konkrétních postupů odstraňování azbestu u vybraných firem
6. Zpracování výsledků
7. Návrh opatření pro minimalizaci rizik

**Doporučený rozsah práce**

cca 40 stran + přílohy

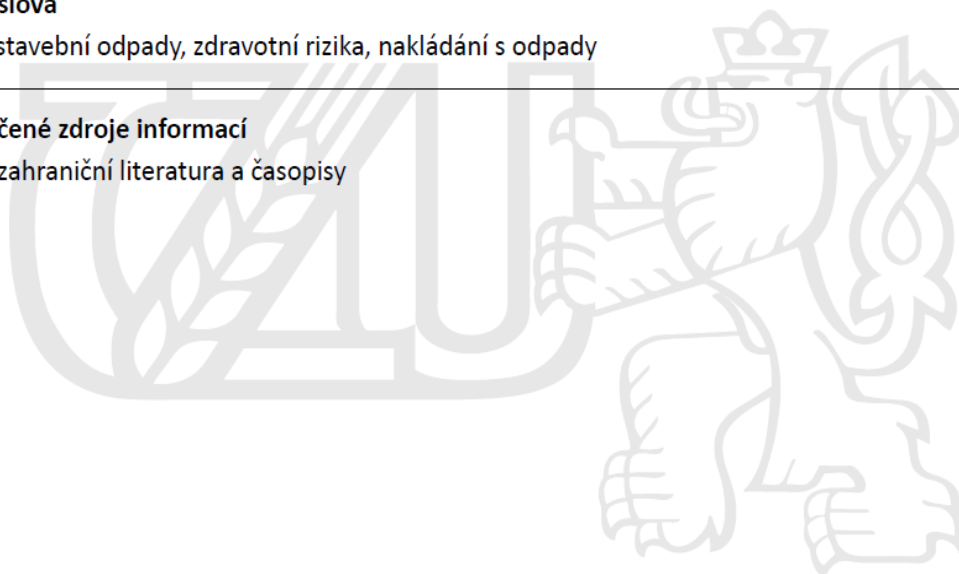
**Klíčová slova**

azbest, stavební odpady, zdravotní rizika, nakládání s odpady

---

**Doporučené zdroje informací**

česká a zahraniční literatura a časopisy



---

**Předběžný termín obhajoby**

2015/16 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

MUDr. Magdalena Zimová, CSc.

**Garantující pracoviště**

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 7. 1. 2016

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

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 1. 2016

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 14. 06. 2016

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Strategie minimalizace rizik při odstraňování odpadů s azbestem“ vypracoval samostatně, pod vedením MUDr. Magdaleny Zimové, CSc., a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu, ze kterých jsem čerpal. Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze, 21. března 2018

Podpis: .....

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych rád srdečně poděkoval paní školitelce, MUDr. Magdaleně Zimové, CSc., za odborné vedení, vstřícnost a cenné rady při zpracování této diplomové práce. Poděkování patří také panu Michalu Kubalošovi ze společnosti Skanska, a. s., za poskytnutí informací o odborném odstranění azbestu a nakládání s azbestovým odpadem v praxi.

V Praze, 21. března 2018

Podpis: .....

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce popisuje fyzikálně-chemické a strukturní vlastnosti vláknitých azbestových minerálů, jejich třídění, geologický původ a uvádí významná světová ložiska azbestu, včetně oblastí výskytů v České a Slovenské republice. Na základě dat Geologické služby Spojených států (USGS) byla provedena hmotnostní bilance těžby a spotřeby azbestu z globálního hlediska, která od roku 1900 do současnosti činí téměř 205 mil. tun. Práce analyzuje historii využití azbestu od antických dob do 20. století, kdy byl používán ve více než 3 000 ve světě evidovaných výrobcích, zejména ve stavebních izolačních a protipožárních materiálech, které jsou při rekonstrukcích a demolicích budov odstraňovány jako nebezpečný odpad. Stručně jsou též popsány alternativní materiály, kterými lze azbest nahradit. V souvislosti se zdravotní a odpadovou problematikou využití azbestu je uveden vývoj legislativních předpisů České republiky a Evropské unie. Dle Mezinárodního úřadu pro výzkum rakoviny (IARC) jsou azbesty prokázaným lidským karcinogenem, proto je pozornost věnována také hodnocení rizikovosti azbestu pro zdraví a životní prostředí, včetně informovanosti o rizicích expozice, preventivním opatřením před expozicí a nemocím expozicí vyvolaným - azbestóze, pleurální hyalinóze, karcinomu plic a malignímu pleurálnímu mezoteliomu. V letech 1996 - 2016 bylo v České republice evidováno 539 případů, z toho 241 případů hyalinózy. Pro ilustraci, v čem spočívá rizikovost expozice azbestu, je popsán mechanismus působení azbestového vlákna v lidském organismu.

V rámci diplomové práce byla provedena analýza postupu odstraňování azbestu a nakládání s azbestovými odpady. Byly popsány postupy odběru a zpracování vzorků, metody stanovení azbestu v ovzduší, ve vodě a půdě a k nim příslušné limity a analyzován postup odstraňování azbestu na příkladu vybraných firem a povinnosti původců a oprávněných osob pro nakládání s těmito odpady. Dále je popsáno odstraňování stavebních i jiných odpadů s azbestem, podle Katalogu odpadů, skládkováním a zmíněna je i možnost jejich recyklace. Byla provedena analýza produkce nebezpečných odpadů s obsahem azbestu podle čísel v Katalogu odpadů, a to v České republice a jednotlivých krajích za období let 2009 až 2016. Výsledky provedené rešerše a analýzy odstraňování azbestových materiálů, nakládání s odpady obsahujícími azbest a jejich produkce v České republice jsou, společně s informacemi z praxe, získanými od pracovníka stavební firmy uvedené v této práci, diskutovány v souvislosti s názory odborníků na současný stav a návrhy opatření pro minimalizaci rizik a zlepšení ochrany zdraví před expozicí, a to v kontextu se současným řešením této problematiky v Evropské unii.

**Klíčová slova:** azbest, stavební odpady, zdravotní rizika, nakládání s odpady

## **ABSTRACT**

This diploma thesis describes the physicochemical and structural properties of fibrous asbestos minerals, their classification, geological origin and presents significant asbestos world deposits, including areas of occurrence in the Czech and Slovak Republics. Based on the United States Geological Survey (USGS) data, mass balance of consumption and asbestos consumption has been made globally, which has been around 205 million tonnes since 1900. The thesis analyzes the history of asbestos use since ancient times to the twentieth century, when it was used in more than three thousand, recorded in the world, products, especially in building insulation and fireproof materials that are in the renovation and demolition of buildings disposed of as hazardous waste. Briefly, alternative materials are described to replace asbestos. In connection with the health and waste issue of asbestos use, the development of the legislation of the Czech Republic and the European Union is presented. According to the International Agency for Research on Cancer (IARC) asbestos is a proven human carcinogen, consideration is also given to the risk assessment of asbestos for health and the environment, including awareness of exposure risks, exposure prevention measures and asbestosis-induced asbestosis, pleural hyalinosis, lung carcinoma and malignant pleural mesothelioma. Between 1996 and 2016, 539 cases were recorded in the Czech Republic, 241 cases of hyalinosis. To illustrate the risk of exposure to asbestos, the mechanism of exposure to asbestos fibers in the human body is described.

The thesis analyzes the process of removing asbestos and handling asbestos waste. The procedures for the sampling and analysis of asbestos in the air, water and soil and the relevant limits were described, as well as the asbestos removal process, as exemplified by the selected companies, and the obligations of originators and authorized persons for the treatment of these wastes. It also describes the disposal of construction and other asbestos waste according to the Waste Catalog by landfilling and mention is made of the possibility of recycling of asbestos waste. The analysis was conducted of hazardous waste containing asbestos by number Waste Catalog, in the Czech Republic and individual regions over the period 2009 to 2016. The results of the research and analysis of the removal of asbestos materials, waste management and asbestos-containing products in the Czech Republic are, together with the practical experience gained from the construction worker mentioned in this paper, have been discussed in the context of the views of experts on the current situation and proposals for measures to minimize risks and improve health protection from exposure in the context of the current solution to this issue in the European Union.

**Keywords:** asbestos, construction waste, health risks, waste management

## OBSAH

ÚVOD .....	10
CÍLE PRÁCE .....	12
LITERÁRNÍ REŠERŠE .....	13
<b>1. AZBESTOVÉ MINERÁLY .....</b>	<b>13</b>
1.1 Fyzikálně-chemické vlastnosti a charakteristika .....	13
1.2 Třídění, chemické složení a morfologie struktury azbestů .....	14
1.2.1 <i>Amfiboly</i> .....	16
1.2.2 <i>Serpentiny</i> .....	17
1.3 Geologie, ložiska a těžba azbestových minerálů .....	18
1.3.1 <i>Oblasti výskytu v ČR a na Slovensku</i> .....	19
1.3.2 <i>Světová ložiska</i> .....	20
1.3.3 <i>Globální hmotnostní bilance těžby a spotřeby azbestu</i> .....	21
<b>2. AZBEST – VYUŽITÍ, NÁHRADA, ODSTRAŇOVÁNÍ, LEGISLATIVA .....</b>	<b>24</b>
2.1 Historický vývoj využití azbestu .....	24
2.1.1 <i>Stavební izolační a protipožární materiály</i> .....	25
2.1.2 <i>Ostatní způsoby využití</i> .....	29
2.2 Náhrada a recyklace materiálů obsahujících azbest .....	30
2.3 Postup odstraňování materiálů a odpadů obsahujících azbest v ČR .....	33
2.3.1 <i>Původci a oprávněné osoby pro nakládání s odpady obsahujícími azbest</i> .....	35
2.3.2 <i>Zařazování odpadů obsahujících azbest podle Katalogu odpadů</i> .....	36
2.4 Vývoj legislativních předpisů EU řešících problematiku azbestu .....	37
2.5 Vývoj legislativních předpisů ČR řešících problematiku azbestu .....	40
<b>3. AZBEST JAKO RIZIKO PRO ZDRAVÍ A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ .....</b>	<b>43</b>
3.1 Informovanost a studie o rizicích expozice azbestu .....	43
3.2 Hodnocení rizika a nemoci z povolání způsobené expozicí azbestu .....	46
3.2.1 <i>Azbestóza a pleurální hyalinóza</i> .....	51
3.2.2 <i>Karcinom plic a maligní pleurální mezoteliom</i> .....	52
3.2.3 <i>Mechanismus působení vlákna a obranné reakce organismu</i> .....	55
3.3 Metody stanovení a limity azbestu v ovzduší, vodě a půdě .....	56
3.4 Prevence poškození zdraví expozicí azbestu .....	64



<b>METODIKA .....</b>	<b>68</b>
<b>4. VÝSLEDKY .....</b>	<b>70</b>
4.1 Analýza produkce odpadů obsahujících azbest v ČR v období 2009 - 2016 .....	70
4.1.1 <i>Celková produkce odpadů obsahujících azbest dle Katalogu v ČR .....</i>	<i>70</i>
4.1.2 <i>Celková produkce odpadů obsahujících azbest dle Katalogu v krajích .....</i>	<i>72</i>
4.1.3 <i>Produkce odpadů obsahujících azbest č. 060701, 061304, 101309 a 150111         v krajích .....</i>	<i>73</i>
4.1.4 <i>Produkce odpadu obsahujícího azbest č. 160111 v krajích .....</i>	<i>74</i>
4.1.5 <i>Produkce odpadu obsahujícího azbest č. 160212 v krajích .....</i>	<i>76</i>
4.1.6 <i>Produkce odpadu obsahujícího azbest č. 170601 v krajích .....</i>	<i>78</i>
4.1.7 <i>Produkce odpadu obsahujícího azbest č. 170605 v krajích .....</i>	<i>79</i>
4.1.8 <i>Podíl odpadů obsahujících azbest č. 170601 a 170605 na celkové produkci         odpadů obsahujících azbest .....</i>	<i>81</i>
4.1.9 <i>Podíl odpadů obsahujících azbest na produkci NO a všech odpadů .....</i>	<i>82</i>
4.2 Analýza produkce odpadů obsahujících azbest v EU .....	82
4.3 Analýza jednotlivých kroků při odstraňování odpadů obsahujících azbest .....	85
4.3.1 <i>Přehled metod odběru a zpracování vzorků .....</i>	<i>85</i>
4.3.2 <i>Analýza konkrétních postupů odstraňování azbestu u vybraných firem .....</i>	<i>87</i>
4.3.3 <i>Analýza postupu odstraňování odpadů obsahujících azbest v ČR .....</i>	<i>99</i>
4.4 Analýza počtu onemocnění z expozice azbestu v ČR za období 1996 - 2016 .....	105
<b>5. DISKUSE .....</b>	<b>107</b>
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>113</b>
<b>SEZNAM ZKRATEK .....</b>	<b>115</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>118</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>120</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>121</b>

## ÚVOD

Azbestové minerály - aktinolit, amozit, antofylit, krokydolit, tremolit a chryzotil, jsou využívány pro své fyzikálně-chemické vlastnosti, dané chemickým složením a morfologií struktury, již několik tisíc let, jak dokazují archeologické nálezy např. z Finska, kde byly přidávány do keramiky. Významná ložiska azbestů jsou známa po celém světě, v České republice jsou však známy pouze výskyty o nízkém obsahu azbestů neperspektivní pro průmyslovou těžbu. Na Slovensku však probíhala od roku 1928 těžba chryzotilu z ložiska Dobšiná s produkcí 80 000 t za rok ještě v roce 1991. Data o světové těžbě a spotřebě azbestů eviduje od roku 1900 Geologická služba Spojených států Amerických (USGS).

Historii rozmanitého využívání azbestů lze sledovat od antických dob (např. díla Strabóna a Gaia Plinia Secunda) přes vynález Eternitu na přelomu 19. a 20. století, až po masivní využívání po 2. světové válce do vrcholu v 70. až 90. letech 20. století, kdy byl nejvíce využíván ve stavebnictví v protipožárních aplikacích, jako tepelný izolant a elektroizolační materiál. V České republice jsou dobře známé tzv. Boletické panely, avšak nelze opomenout další významné výrobky, azbestocementové vodovodní a odpadní potrubí, protipožární nástřiky konstrukcí či brzdové a spojkové obložení. Celkově ve světě existovalo až 3 000 výrobků s azbestem. Kvůli zdravotnímu riziku, které však azbest představuje, jsou hledány a vyvíjeny alternativní materiály (např. keramická a skleněná vlákna, čedičové vlny, aramidová, polytetrafluoretylenová a uhlíková vlákna), používají se přírodní minerály, (wollastonit, erionit, vláknité zeolity, perlit, vermikulit) a testovány jsou i způsoby recyklace, jako vitrifikace či tepelný rozklad.

Expozice azbestu, zejména ze stavebních materiálů, však představuje velké zdravotní riziko (podložené mnoha odbornými studii) v podobě několika typů onemocnění (azbestóza, pleurální hyalinóza, karcinom plic a maligní pleurální mezoteliom) s dobou latence, která činí až 40 let, proto je dle Mezinárodní agentury pro výzkum rakoviny (IARC) klasifikován jako prokázaný lidský karcinogen skupiny 1. Popsán byl také fyzikálně-chemický mechanismus působení azbestu v organizmu a jeho obranné reakce. Vývoj legislativy řešící problematiku azbestu probíhal v Evropě i Československu již od konce 60. let 20. století, od poloviny 70. let byla zaváděna různá opatření k omezování těžby, dovozu, distribuce a zpracování. V České republice je od roku 2003 a od roku 2005 ve všech zemích EU používání azbestu zakázáno. Probíhal také vývoj mikroskopických metod stanovení a hygienických limitů azbestu v ovzduší, vodě a půdě. Prevence expozice spočívá v organizaci práce, technických a technologických postupech, důsledné osobní ochraně, sledování zdravotního stavu a školení zaměstnanců, i v činnosti nadnárodních organizací.

Praktická část práce je věnována analýze a zhodnocení produkce odpadů obsahujících azbest podle kategorií Katalogu odpadů v České republice a jednotlivých krajích v období 2009 - 2016 formou tabulek a grafů. Vysvětlena byla situace s porovnáním produkce odpadů s obsahem azbestu s Evropskou unií, kde není odpad obsahující azbest samostatně evidován. Odpady obsahující azbest představují problém i do budoucna, jelikož jsou stále některými státy těženy v objemu cca 2 mil. t za rok. V České republice jsou všechny odpady obsahující azbest skládkovány, proto je popsáno nakládání s odpady obsahujícími azbest včetně povinností původců a oprávněných osob pro nakládání s nimi a postup skládkování s uvedením seznamu skládkovacích zařízení skupin S-NO, S-OO1 a S-OO3 i seznam povolených odpadů.

Protože je expozice azbestu z hlediska dlouhé doby latence onemocnění, která vyvolává, a nevyvinutého organismu, nejnebezpečnější pro děti, je podrobně charakterizován kompletní postup sanačních a dekontaminačních prací na příkladu vybrané rekonstrukce školní budovy. Počet onemocnění způsobených expozicemi azbestu, hlášených jako nemoci z povolání, eviduje Státní zdravotní ústav v Praze, z jehož publikací byla provedena analýza vývoje jejich počtu za období 1996 - 2016.

Diskuse vyhodnocuje rešerši a výsledky získané provedenými analýzami. Reálné příklady ne odborného provádění sanačních prací a zacházení s azbestovým materiálem, včetně informací z praxe od pracovníka stavební firmy uvedené v práci, jsou diskutovány v kontextu současného řešení této problematiky v Evropské unii a názorů odborníků na aktuální stav a jejich návrhů možností řešení pro minimalizaci rizik a zlepšení ochrany zdraví před expozicemi.

## **CÍLE PRÁCE**

Cílem literární rešerše diplomové práce bylo shrnutí informací o vlastnostech azbestových minerálů a problematice azbestu v souvislostech s historií a současností jejich těžby (včetně globální hmotnostní bilance) a využití zejména ve stavebních izolačních a protipožárních materiálech, při kterém nebyl brán ohled na možné zdravotní riziko v případě rekonstrukčních a demoličních prací. Dalším cílem rešerše proto byl i souhrn základních informací o mechanismu působení azbestového vlákna na organismus, o nemocech z povolání v důsledku expozice azbestu, preventivních opatřeních, a také o vývoji evropské a české legislativy týkající se problematiky azbestu.

Hlavním cílem diplomové práce bylo zhodnocení stávajícího stavu odstraňování azbestu a nakládání s azbestovým odpadem v České republice za účelem zjištění možných rizik a návrhu opatření snižujících riziko expozice při manipulaci s nimi, prostřednictvím provedení analýzy a zhodnocení jejich produkce v České republice celkově a v jednotlivých krajích dle Katalogu odpadů, zjištění informací o produkci a odstraňování odpadů s azbestem v EU, kompletní analýzy postupu odstraňování azbestových materiálů před rekonstrukcí či demolicí budov (včetně odběru a zpracování vzorků), a to na konkrétním příkladu postupu odstraňování azbestu u vybraných firem, analýzy nakládání s odpady obsahujícími azbest v ČR, tzn. skládkování a analýzy počtu hlášených nemocí z expozice azbestu v ČR.

# LITERÁRNÍ REŠERŠE

## 1. AZBESTOVÉ MINERÁLY

### 1.1 Fyzikálně-chemické vlastnosti a charakteristika

Azbest (neboli osinek) je obecné souhrnné technické (i obchodní) pojmenování dvou hlavních skupin přirozených silikátových minerálů, a to amfibolů a serpentínů. Podle směrnice Evropského parlamentu (EP) a Rady č. 2003/18/EC (European Community) o ochraně zaměstnanců před riziky spojenými s expozicí azbestu při práci, jsou definovány mineralogickými termíny (aktinolit, amozit, antofylit, chryzotil, krokydolit, tremolit) nebo registračními čísly chemických látek CAS - Chemical Abstracts Service (viz Tab. 3 a 4), pod nimiž jsou taktéž uvedeny v Nařízení vlády (NV) České republiky (ČR) č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci (*Mališ et al., 2005; Dlouhá, 2006*).

Azbestové minerály se vyznačují typickými fyzikálně-chemickými vlastnostmi, jako např. pro obě skupiny společná podélná štěpitelnost na velmi tenká vlákna, o délce mnohonásobně převyšující průřez, s vysokou flexibilitou a pevností v tahu, což jsou zásadní faktory pro spradatelnost, a také vysokou inerci vůči kyselinám a zásadám s výjimkou chryzotilu. Neméně významnou vlastností, zejména pro stavebnictví, je dále nehořlavost a žáruvzdornost, přičemž bod tání je závislý na celkovém obsahu Mg a Fe. Teplota rozkladu se v závislosti na druhu azbestu pohybuje v rozmezí od 400 °C do 1 040 °C, tavení zbytkového materiálu nastává při teplotách od 1 200 °C až 1 500 °C, viz Tab. 1 (tažnost oceli se zvyšuje již od 450 °C, od 900 °C měkne a ztrácí pevnost (*Herka, 2010*)). U chryzotilu se při teplotě > 600 °C z krystalové mřížky uvolňují molekuly vody, což způsobuje ztrátu flexibility vláken, teplota cca 800 °C již způsobuje rekrystalizaci chryzotilu na křemen a nevláknitý forsterit (*Mališ et al., 2005; Dlouhá, 2006*).

**Tab. 1:** Teploty rozkladu a tavení zbytkového materiálu (*zdroj: Leonelli et al., 2005*)

Minerál	Teplota rozkladu [°C]	Teplota tavení zbytkového materiálu [°C]
Aktinolit	620 - 960	1 400
Amozit	600 - 800	1 400
Antofylit	600 - 850	1 450
Krokydolit	400 - 600	1 200
Tremolit	950 - 1 040	1 315
Chryzotil	450 - 700	1 500

Pro výše jmenované vlastnosti byly azbesty používány např. k výrobě ohnivzdorných tkanin či ve stavebnictví jako protipožární výplňový, tepelně-izolační a elektroizolační materiál, neboť se rovněž vyznačují nízkou tepelnou (součinitel tepelné vodivosti při teplotě 20 °C činí  $0,12 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ) i elektrickou vodivostí. Hustota azbestových minerálů se podle druhu pohybuje v rozmezí hodnot od 2 550 do 3 500  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$  při 20 °C (viz Tab. 3 a 4) a na stupnici tvrdosti dosahují serpentiny stupně 2,5 a amfiboly stupně 5 - 6 (*Mališ et al., 2005; Dlouhá, 2006*). Vlivem relativně velkého povrchu mezivláknitých struktur mají azbesty značnou sorpční kapacitu, a proto mohou poměrně snadno adsorbovat např. PAU (polyaromatické uhlovodíky), jako např. naftalen či fenanthren. Pro nízkou hydratační schopnost byly azbesty míseny do různých hydroizolačních hmot a směsí určených k výrobě vodovodních a odpadních trubek (*Reichrtová, 1997*).

## 1.2 Třídění, chemické složení a morfologie struktury azbestů

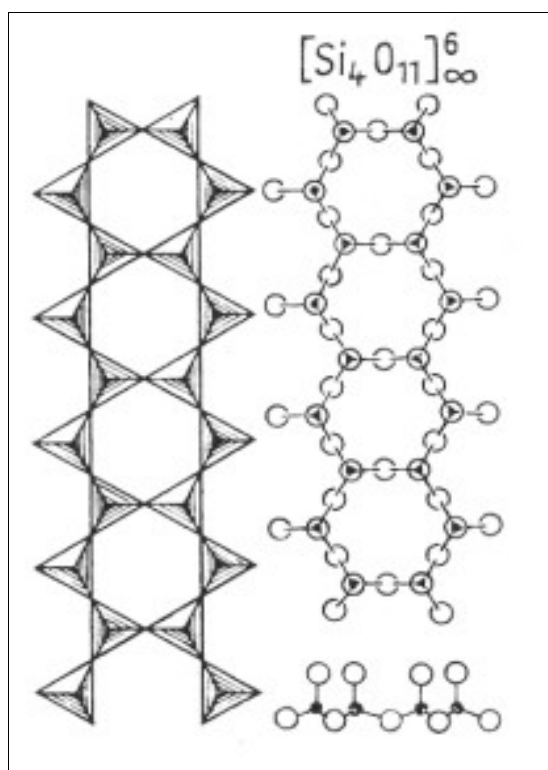
Azbestové minerály se podle Strunzova mineralogického systému, třídícího minerály na základě chemické příbuznosti a podobných fyzikálních a morfologických vlastností do deseti tříd a dále do oddělení a skupin, řadí mezi silikáty (nebo také alumosilikáty - některé centrální atomy Si mohou být ve struktuře nahrazeny atomy Al) náležící do deváté řady. Podle struktury se azbestové minerály dělí na dva základní typy, a to nejhojněji zastoupené serpentiny (tvoří 90 až 95 % všech azbestů) a amfiboly (tvoří jen 5 - 8 %). V tzv. azbestotvarém habitu (při zpracování dochází k odlučování dlouhých tenkých vláken) krystalizuje cca 500 známých typů minerálů, které však nelze přímo zařadit mezi serpentiny nebo amfiboly, např. paramontmorillonit ( $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_5(\text{OH})_{12}$ ), pektolit ( $\text{Ca}_2\text{NaSi}_3\text{O}_8(\text{OH})$ ), pilolit ( $\text{Mg}_4\text{Al}_2\text{Si}_{10}\text{O}_{27}\cdot 15\text{H}_2\text{O}$ ) (*Remy, 1972; Strunz, Nickel, 2001*).

Z mineralogického hlediska je chemické složení (viz Tab. 2) azbestových minerálů relativně komplikované, základem struktury jsou silikáty s obsahem Si 40 až 60 %, kombinované v proměnlivém poměru s oxidy Al, Ca, Fe, Mg, Na, a Ti, které se, v případě amfibolů, mohou vzájemně zastupovat i s některými stopovými prvky. Morfologie azbestových minerálů, respektive jejich vláken, je charakterizuje z hlediska tvaru, charakteru povrchu, lomivosti a poměru délky k průměru, který je určujícím faktorem respirability vláken (viz podkapitola 3.2 Hodnocení rizika a nemoci z povolání způsobené expozicí azbestu) (*Remy, 1972; Strunz, Nickel, 2001; Lajčíková, 2009; Lajčíková, Hornychová, 2010*).

**Tab. 2:** Chemické složení azbestových minerálů (*zdroj: Leonelli et al., 2005*)

Minerál	% SiO <sub>2</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% FeO	% MgO	% CaO	% Na <sub>2</sub> O	% jiné
<b>Aktinolit</b>	51 - 56	0 - 3	0 - 5	5 - 15	12 - 20	10 - 13	0 - 2	1,8 - 2,3
<b>Amozit</b>	49 - 52	0 - 1	0 - 5	35 - 40	5 - 7	0 - 2	0 - 1	1,8 - 2,4
<b>Antofylit</b>	53 - 60	0 - 3	0 - 5	3 - 20	17 - 31	0 - 3	0 - 1	1,5 - 3,0
<b>Krokydolit</b>	49 - 56	0 - 1	13 - 18	3 - 21	0 - 13	0 - 2	4 - 8	1,7 - 2,8
<b>Tremolit</b>	55 - 60	0 - 3	0 - 3	0 - 5	20 - 25	10 - 15	0 - 2	1,5 - 2,5
<b>Chryzotil</b>	38 - 42	0 - 2	0 - 5	0 - 3	38 - 42	0 - 2	0 - 1	11,5 - 13

Základem krystalové struktury jsou v řetězce a pásy neomezené délky (inosilikáty) uspořádané jednotky tetraedru SiO<sub>4</sub><sup>4-</sup>, v nichž v případě řetězcového uspořádání na každý iont Si<sup>4+</sup> připadají stechiometricky tři ionty O<sup>2-</sup>, při pásovém uspořádání, které vzniká spojením dvou řetězců, dochází k odštěpení vždy jednoho iontu O<sup>2-</sup> ze čtyř tetraedrů. Pokud se spojí dva řetězce [Si<sub>2</sub>O<sub>6</sub>]<sup>4-</sup>, může vznikat výše zúžený, neomezeně dlouhý, pás [Si<sub>4</sub>O<sub>11</sub>]<sup>6-</sup> (viz Obr. 1), přičemž zdvojení tohoto pásu se vzorcem zapisuje, vzhledem k celistvosti atomových indexů, ve tvaru ([Si<sub>8</sub>O<sub>22</sub>]<sup>12-</sup>) (*Remy, 1972; Strunz, Nickel, 2001*).



**Obr. 1:** Typy dvojité řetězce tetraedrů SiO<sub>4</sub><sup>4-</sup> - základní strukturální motiv amfibolů (*zdroj: Rösler, 1991*)

### 1.2.1 Amfiboly

Amfiboly tvoří vzhledem k proměnlivému chemickému složení a vzhledu různorodou skupinu minerálů, patřící mezi nejrozšířenější (cca 5 % zemské kůry) horninotvorné minerály vyvřelých i přeměněných hornin, a to společně s křemenem, pyroxeny, slídami a živci. Z hlediska krystalické struktury se jedná o pseudohexagonální inosilikáty s nekonečným dvojitým dvoučlankovým řetězcem tetraedrů  $\text{SiO}_4^{4-}$  (periodicky se opakující skupina čtyř tetraedrů  $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$ ) v nichž jsou vždy dva pyroxenové řetězce propojené jedním kyslíkovým atomem. Sloupcovité krystaly amfibolů jsou buď jednoklonné (klinoamfiboly) nebo kosočtverečné (orthoamfiboly). Plocha na příčném řezu je skelně lesklá, úhel štěpných trhlin činí  $124^\circ$  a je odlišovacím znakem od pyroxenů, u nichž činí cca  $90^\circ$  (Petránek, 1993; Skála, 1998; Dlouhá, 2012).

Mezi amfibolovými azbesty (viz Tab. 3) je nejběžnějším amozit, tzv. hnědý azbest, vyskytující se, stejně jako krokydolit, v metamorfovaných rudách bohatých na Fe, a proto se vyznačuje až 40% obsahem FeO, což má vliv na snížení termostability. Krystaly amozitu (viz Obr. 2) jsou jednoklonné, vlákna jsou tenká (ale silnější než krokydolitová) jehlicovitá s ostrými hranami, křehká, přesto na koncích netřepivá a ve svazcích se zpravidla ohýbají do široké klenby (Stárková, 2006; Wikipedie, ©2012). Krokydolit (viz Obr. 3), tzv. modrý azbest, náleží do podskupiny alkalických amfibolů a jedná se o vláknitou odrůdu riebeckitu, rovněž se vyskytující v metamorfovaných rudách Fe, v rulách a často také prorostlý křemenem. Krokydolitová vlákna jsou oproti ostatním amfibolům tvrdší, kratší, tenčí, a proto nejnebezpečnější, avšak silnější než chryzotilová. Antofylitová, aktinolitová i tremolitová vlákna jsou tenká a dlouhá, u tremolitu dosahují až 15 cm, což je činí nejdelšími ze všech azbestů. Morfologie je čepelovitá až jehlicovitá s radiálně uspořádanými svazky. Aktinolit a tremolit se také označují jako Ca-Mg amfibol, jen u aktinolitu bývá v krystalové mřížce Mg častěji nahrazováno atomy Fe (Bernard, Rost, 1992; Stárková, 2006; Dlouhá, 2012).

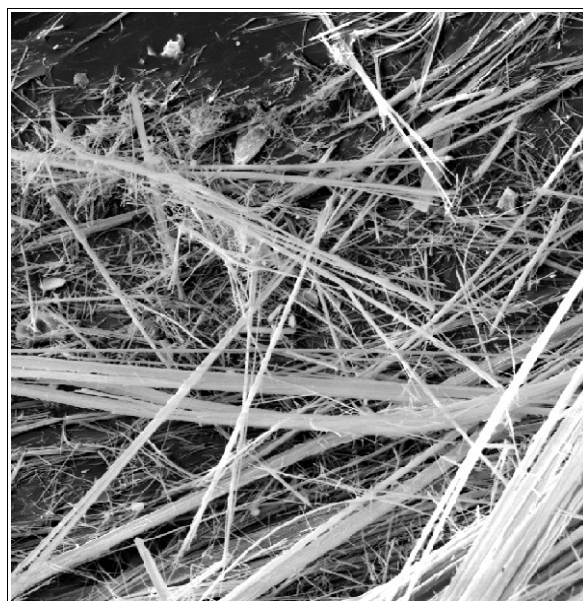
Tab. 3: Amfiboly (zdroj: Strunz, Nickel, 2001)

Minerál	Vzorec	Hustota [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	Barva	Popsal
<b>Aktinolit</b> CAS 77536-66-4	$\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$	3 000 - 3 200	světle až tmavě zelená, šedočerná	Kirwan 1794
<b>Amozit</b> CAS 12172-73-5	$(\text{Mg,Fe})_7[\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$	3 400 - 3 500	hnědá, šedá až tmavě zelená	Hall 1918
<b>Antofylit</b> CAS 77536-67-5	$\text{Mg}_7[\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$	2 850 - 3 100	zelená, hnědá, šedohnědá, bílá	Schumacher 1801
<b>Krokydolit</b> CAS 12001-28-4	$\text{Na}_2\text{Fe}_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$	3 300 - 3 400	šedá, zelená, hnědá, modrá	Hausmann 1831
<b>Tremolit</b> CAS 77536-68-6	$\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$	2 900 - 3 100	bílá, šedá, zelená	Hoepfner 1790





**Obr. 2:** Vlákna amozitu  
(zdroj: OMNIPURE, ©2016a)



**Obr. 3:** Vlákna krokydolitů  
(zdroj: OMNIPURE, ©2016a)

### 1.2.2 Serpentiný

Minerály tohoto typu jsou fylosilikáty Mg, který může být případně podle druhu zastoupen Al, Cr, Co, Fe, Ni, Mn, Zn, s plošnou strukturou tetraedrů  $\text{SiO}_4^{4-}$ , příbuzné slídám, chloritům a jílovým minerálům. Serpentin existuje ve třech různých formách, lišících se vzájemným uložením vrstviček tetraedrů a oktaedrů na sebe, a to jako lizardit s destičkovitým a antigorit zvlněným uspořádáním nebo jako chryzotil (viz Tab. 4, Obr. 4 a 5), tzv. bílý azbest, vytvářející vláknité (až plstnaté) agregáty a žilky prostupující serpentinitem (hadcem).

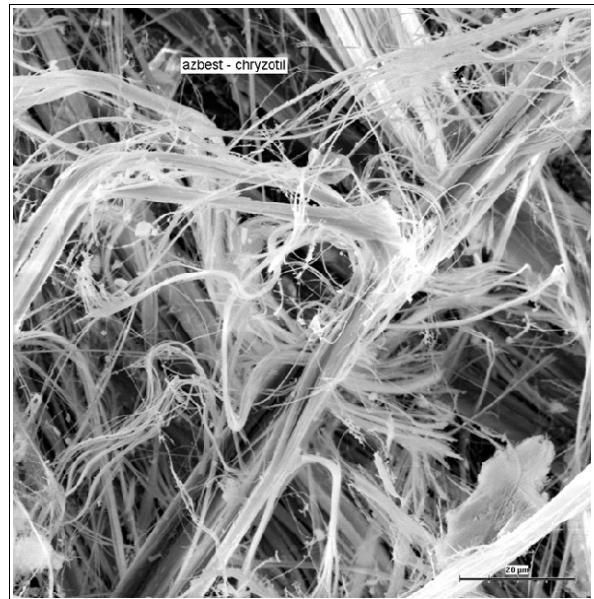
Chryzotilová vlákna jsou velmi tenká a dlouhá a je možné je ohýbat až pod úhlem  $90^\circ$ , proto jsou dobře spřadatelná. Krystalická struktura je dvouvrstevná, tvořená trioktaedrickými vrstvičkami tetraedrů Si-O a oktaedrů Mg-(OH) strukturovaných do dutých spirálovitě stočených trubiček (válcovitá mřížka) o vnějším průměru cca 30 nm, vyplněných amorfním silikátem. Symetrie krystalu je nejčastěji monoklinická, někdy rombická, osou krystalu může být osa a (tzv. orthochryzotil) či osa b (tzv. parachryzotil) (Stárková, 2006; Velebil, 2008; Dlouhá, 2012).

**Tab. 4:** Serpentiný – chryzotil (zdroj: Strunz, Nickel, 2001)

Minerál	Vzorec	Hustota [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	Barva	Popsal
Chryzotil CAS 12001-29-5	$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	2 550	bílá, světle zelená, hnědá	Kobell 1834



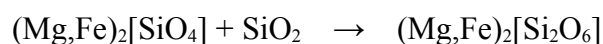
**Obr. 4:** Chryzotil v hornině (zdroj: Jihočeský mineralogický klub, ©2005)



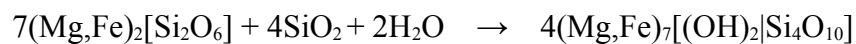
**Obr. 5:** Vlákna chryzotilu (zdroj: OMNIPURE, ©2016a)

### 1.3 Geologie, ložiska a těžba azbestových minerálů

Azbestové minerály vznikají velmi složitým geologickým procesem, počínajícím výstupem magmatu (horninová tavenina  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  a  $\text{K}_2\text{O}$ ) do svrchní vrstvy zemské kůry i na její povrch, které se během počáteční krystalizace diferencuje, přičemž dochází ke vzniku primárních silikátových minerálů. Následuje hlavní stadium, kdy bazická láva za konstantního tlaku 500 MPa krystalizuje na horninotvorné minerály v daném pořadí. Z taveniny, ochlazené na teplotu 1 120 °C, začíná nejprve krystalizovat olivín, při dosažení teploty 1 090 °C pyroxeny:



Chemickými reakcemi, vyvolanými dalším poklesem teploty taveniny, vznikají z těchto minerálů amfiboly, nahrazující při 965 °C olivíny a při 940 °C pyroxeny:



Do teploty 890 °C krystalizuje po spotřebování pyroxenu amfibol s titanitem, a dále v rozmezí teplot 825 - 780 °C dochází k vykrytalizování plagioklasu. S dalším ochlazováním zbytků taveniny postupně tuhnou. Konečným produktem výše popsaného procesu je asociace amfibolu s plagioklasem a titanitem. Samotné azbestové minerály jsou pak výsledkem změn v původní struktuře a složení v závislosti na měnících se termodynamických podmínkách během kontaktní, regionální nebo metasomatické metamorfózy probíhající v blízkosti zemského povrchu, ale především v zemské kůře.

Při kontaktní metamorfóze dochází za relativně nízkého tlaku bez významnějšího transportu látek ke kontaktu s chladnoucím magmatem. Hluběji, působením litostatického tlaku a vyšších teplot, probíhá ve větším rozsahu regionální metamorfóza, při níž má v určité míře význam aktivita fluidní fáze, která zajišťuje přínos a výnos látek v systému, zásadním faktorem je však doba trvání metamorfózy. Proces metasomatické metamorfózy (též hydrotermální metasomatóza), která významným způsobem pozměňuje složení a chemismus horniny, probíhá ve velkých hloubkách při vysoké teplotě a litostatickém tlaku v prostředí hydrotermálních roztoků. Výsledek metamorfózy je dán zejména složením výchozí horniny, délkou procesu a také kvantitou a charakterem fluidní fáze (*Mališ, 2010*).

Metasomatickou metamorfózou procházejí zejména karbonáty, kdy vznikají tzv. skarny, k jejichž tvorbě však může při vhodném složení horniny docházet i metamorfózou regionální. Příkladem, tímto způsobem vznikajícího amfibolu, je tremolit, který je nalézán právě v metasomaticky metamorfovaných ultrabazických horninách, kde se tvoří rozkladem dolomitu v přítomnosti křemene:



V závislosti na tlaku vzniká např. v rozmezí teplot 400 - 550 °C abchazit, což je odrůda tremolitu vyznačující se obsahem až 16 % CaO a až 30 cm dlouhými vlákny (*Zimák, 2005; Mališ, 2010*). Také všechny serpentiny vznikají tímto typem metamorfózy, v tomto případě tzv. serpentinizace, při níž je hydrotermálně rozkládán olivín spolu s Mg-pyroxeny a dochází k přeměně pyroxenitů, peridotitů a dunitů na serpentinity. Chryzotil vytváří v ultrabazikách prošlých procesem serpentinizace žilky, 1 - 10 cm silné (viz Obr. 4) (*Zimák, 2005; Mališ, 2010; ALS Laboratory Group, ©2011*).

### **1.3.1 Oblasti výskytu v ČR a na Slovensku**

V 50. a 60. letech 20. století probíhal průzkum, ale významnější těžitelná ložiska azbestů nebyla na území ČR objevena. Výjimkou bylo několik lokalit, na nichž se vyskytly ve formě doprovodných minerálů rud, avšak vzhledem k jejich rozsahu nebyl proveden podrobný průzkum a proběhla pouze krátkodobá pokusná těžba. Pro malou velikost a nízký obsah azbestů špatné kvality byly výskytu označeny za neperspektivní pro průmyslovou těžbu.

Výskytu amfibolů byly zaznamenány u antofylitu v Mirovicích na Písecku, a dále v Barovicích u Chotěboře na Havlíčkovobrodsku, Bernarticích u Dolních Kralovic na Benešovsku, Bezděčíně a Všchlapech na Tábořsku, Býšovci, Golčově Jeníkově, Heřmanově, Chvaleticích na Pardubicku, či Jedově u Náměště nad Oslavou.

Dále v Kácově u Uhlířských Janovic, Mladoticích a Pařížově na Chrudimsku, Plaňanech na Kolínsku, Sítinách u Sokolova na Chebsku, ve Stříbrných Horách, Dlouhé Vsi u Přibyslavi, Zlaté Koruně na Českokrumlovsku, Zlatkově u Nedvědic, Věžné a Vlčicích na Šumpersku.

Menší výskyty byly zaznamenány u aktinolitu, a to v oblastech Třemošnic u Časlavi, Nové Vsi u Mariánských Lázní a výše jmenovaných Sítin u Sokolova na Chebsku, Habrů, Mýtinky, Pluhova Boru a Sobotína na severní Moravě a Dubové u Nasavrku. Tremolit byl lokalizován v oblastech Bohdanče u Ledče nad Sázavou na Kutnohorsku, u Loužnice u Železného Brodu, lokality Kámen u Pacova na Pelhřimovsku, Mnichov u Mariánských Lázní, Kladrubské hory na Tábořsku, Klíčnov na Železnobrodsku, Strážný u Vrchlabí na Trutnovsku, obcí Vápenná a Žulová na Šumpersku, Nedvědice, Prosetín a Dehetník (s aktinolitem) na Chrudimsku. Mikroskopicky byly také zaznamenány v Obřím dole krokydolit a v Županovicích amozit.

Chryzotil byl nalezen zejména v serpentinitech hadcové stepi u Mohelna, na lokalitě Holubov u Křemže na Českobudějovicku (viz Obr. 4) a v Mirovicích na Písecku, a také Zlatá Koruna, v okolí Bernartic, Mariánských Lázní, Tábora, Letovic, Přísečnice na Krušnohorsku, Hrubšice na západní Moravě, Nové Vsi nad Oslavou a okolí Modřice u Brna.

Na území Slovenska byly zaznamenány výskyty chryzotilu u obcí Breznička (Lučenec), Jaklovce (Spišská Nová Ves), Rudník (Košice) a v roce 1727 objevené ložisko Dobšiná (viz oddíl 1.3.3 Globální hmotnostní bilance těžby a spotřeby azbestu). Amfibolové azbesty byly nalezeny v oblastech Beňuše (Brezno), Hnúšť'a-Likier, Klenovce u Rimavské Soboty, Muránské Dlhé Lúky, Jelšavy (Rožňava), Pohronské Polhory u Banské Bystrice, Málince a Kalinova (Lučenec) (*Tuček, 1970; Svoboda, 1987; Zimák, 2005; Červenka et al., 2006; OMNIPURE, ©2016a*).

### **1.3.2 Světová ložiska**

V Severní Americe byla významná naleziště chryzotilu objevena již v polovině 18. století, a to v kanadské provincii Québec, kde byla v roce 1879 u města pojmenovaného Azbestos zahájena první komerční těžba v největším dole na světě Jeffrey-Mine. Známa ložiska chryzotilu, ale i antofylitu, aktinolitu a tremolitu, byla ve Spojených státech amerických (USA - United States of America), např. významné ložisko Eden ve Vermontu, Mesabi Range v Minnesotě, důl Libby v Montaně, Severní Karolině, Pensylvanii či Arizoně (oblast Salt River a Sierra Ancha). Z jihoamerických zemí je nejvýznamnějším producentem Brazílie (*Fabík et al., 1983; Zimák, 2005; Buckingham, Virta, 2010; Pouzar, 2012*).

Rovněž v Evropě jsou popsána historická naleziště (viz podkapitola 2.1 Historický vývoj využití azbestu), z nichž asi nejznámější je Joensuu ve Finsku (antofylit), další naleziště ve Skandinávii jsou pak v Norském Kongsbergu a jižním Švédsku. Bohatá ložiska azbestových minerálů, zejména amfibolů, byla nalezena také v Alpách v Rakousku (Habachtal, Kraubath, Waldviertel, Zillertal) a Itálii, např. Val Antigorio (tremolit). Významná ložiska amfibolů se také nacházela v okolí řeckých měst Larissy, Thessaloniki, Dramy, Kozani (lokality Zidani, Servia), Alexandroupolis nebo v pohoří Ymmitos (lokality Kaisariani) a na ostrovech Rhodos, Evia a Skyros, na hoře Olympos na Kypru a na východě Korsiky v oblasti Cap Corse (*Fabík et al., 1983; Virta, 2005; Zimák, 2005; Lajčíková, 2009*).

Rozsáhlá ložiska chryzotilu se nachází na území Ruské federace, např. Baženovo poblíž Jekatěrinburgu ve Sverdlovské oblasti, v Orenburské oblasti (důl Tuva), Zabajkalském kraji, známé jsou také Ilčirské hadce. Horský hřeben Adangia v gruzínské Abcházii je ložiskem abchazitu (viz podkapitola 1.3 Geologie, ložiska a těžba azbestových minerálů) a azbestové minerály se ve významném množství těží v několika regionech Kazachstánu, např. v oblastech Aktjubinsku, Kustanaje či Dzghetygarinsku. Globálně významná ložiska chryzotilu se nacházejí v Číně a Jihoafrické republice (JAR), kde se těží také amozit a krokydolit, jehož ložiska (např. Kapský pás) byla objevena počátkem 19. století. Z afrických zemí produkovalo chryzotil ještě Zimbabwe (lokality Shabani), v Mozambiku se pak nachází ložiska antofylitu (*Vejlupková, Lebedová, 2000a; Zimák, 2005; Stárková, 2006; Lajčíková, 2009*).

### **1.3.3 Globální hmotnostní bilance těžby a spotřeby azbestu**

Historicky první těžba a zpracování azbestových minerálů ve větším objemu byla započata již v 70. letech 19. století v Kanadě (viz oddíl 1.3.2 Světová ložiska), v následujících letech se postupně otevírala nová ložiska po celém světě, např. Německo, Anglie a Skotsko, Austrálie (1880), Finsko (1890) a celkově se těžbou nebo zpracováním azbestu zabývalo více než sto států. Globální produkce, využitá převážně při výrobě stavebních materiálů, byla z 90 % tvořena chryzotilem, zbylých 10 % pak připadá ze 2/3 na krokydolit a z 1/3 na amozit (*Shánělec, 2003; Mesothelioma Asbestos Awareness Center, ©2010*).

Světová těžba a spotřeba azbestu se v průběhu 20. století velmi výrazně měnila. Podle dat Americké geologické služby (USGS - United States Geological Survey) činila v roce 1900 jen 20 600 t, do roku 1911 se však zvýšila více než pětinašobně, a to na 114 000 t/rok a do roku 1925 se toto množství cca ztrojnásobilo až na 312 000 t/rok.

Celkový objem těžby se zvyšoval i v dalších letech a v roce 1937 již přesahoval 550 000 t/rok. K významnému nárůstu spotřeby došlo po 2. světové válce, kdy se během dvou let z 680 000 t v roce 1946 zvýšila na 930 000 t v roce 1948. Trend zůstal stejný i 50. letech, kdy se od roku 1950 z 1 290 000 t ročně zvýšil o cca 84 000 t/rok až na 2 050 000 t v roce 1959. Světová těžba azbestu v letech 1973 až 1990 nepoklesla pod 4 mil. t/rok, přičemž z tohoto množství na Kanadu např. v roce 1973 připadaly 2 mil. t. Maxima světová těžba dosahovala v letech 1976 - 1980, kdy v roce 1977 byla nejvyšší v celé historii a činila 4 790 000 t. Tak jak bylo od roku 1990 postupem času v evropských státech omezováno nebo přímo zakazováno zpracování a používání azbestu, snižovala se i celosvětová produkce, která se do roku 2000 snížila zhruba o polovinu (*Gergelová et al., 2005; Buckingham, Virta, 2010; Kleger, 2010; Dlouhá, 2012; USGS, ©2017a; USGS, ©2017b*).

Zatímco v Evropě byly výrobky s obsahem azbestu a jejich uvádění na trh zcela zakázány v roce 2005 a např. v Chile, které bylo největším spotřebitelem z jihoamerických států, je zakázána těžba, vývoz, dovoz a používání všech azbestů od roku 2001, tak Rusko a země bývalého Sovětského svazu (např. Kazachstán), Čína, Indie nebo Brazílie těžbu i spotřebu udržují. Kromě výše jmenovaných zemí byl podle dat USGS v roce 2014 azbest těžen (těžena je pouze hornina obsahující > 5 % azbestu) a zpracováván v mnoha dalších státech, např. v Africe (Angola, Egypt, Ghana, JAR, Swazijsko, Zimbabwe). Dále ve Střední a Jižní Americe (např. Kuba a Mexiko, Argentina, Bolívie, Kolumbie, a Ekvádor), v Asii (např. Bangladéš, Filipíny, Indonésie, Írán, Japonsko, Kazachstán, Kyrgyzstán, Malajsie, Pákistán, Srí-Lanka, Thajsko, Turkmenistán, Uzbekistán, Vietnam), v Evropě (např. Bělorusko, Bulharsko, Srbsko a Černá hora, Ukrajina), ale také v Afghánistánu, KLR (Korejská lidově demokratická republika) či Rumunsku, avšak z těchto států nejsou k dispozici oficiální výstupy a adekvátní informace ani pro relativní odhad množství vytěženého a zpracovaného množství (*Gergelová et al., 2005; Virta, 2005; Buckingham, Virta, 2010; Dlouhá, 2012; USGS, ©2017a; USGS, ©2017b*).

Od roku 2000 dodnes se světová těžba pohybuje v objemu zhruba 2 mil. t/rok, na nichž se podílí především Rusko, Čína, Kazachstán, Kanada (do roku 2011), Brazílie a Zimbabwe (do roku 2010), přičemž podíl Kanady a Ruska byl v součtu cca 78 %. USGS odhaduje světové zásoby v identifikovaných nalezištích na cca 200 mil. t a jako potenciální zásoby klasifikovaná naleziště v objemu cca 45 mil. t (*Gergelová et al., 2005; Lajčíková, 2009; Buckingham, Virta, 2010; Kleger, 2010; Dlouhá, 2012; USGS, ©2017a; USGS, ©2017b*).

V bývalé Československé republice (ČSR) proběhla na našem území krátkodobě pouze zkušební těžba antofylitu ze zvětralé horniny u Mirovic na Písecku a západně od Náměště nad Oslavou v oblasti Jedova a Pucova (*Tossavainen, 2004; Zimák, 2005*).

Na území Slovenska probíhala od roku 1928 těžba chryzotilu z ložiska Dobšiná s produkcí 80 000 t za rok ještě v roce 1991, o pět let později se produkce již výrazně snížila na necelých 25 000 t, ukončena byla roku 1998 (*Gergelová et al., 2005; OMNIPURE, ©2016a*).

Do Československa bylo také k průmyslovému zpracování v letech 1975 - 1990 dováženo především ze Sovětského Svazu, Kanady, JAR a Kypru ročně více než 40 000 t azbestu, přičemž z tohoto množství bylo cca 70 % spotřebováno státními podniky (viz oddíl 2.1.1 Stavební izolační a protipožární materiály a Tab. 5) s ročním objemem produkce stavebních hmot z azbestocementu cca 100 000 m<sup>3</sup> o v průměru 20% obsahu čistého azbestu na m<sup>3</sup> daného materiálu (*Tuček, 1970; Zimák, 2005*).

## 2. AZBEST – VYUŽITÍ, NÁHRADA, ODSTRAŇOVÁNÍ, LEGISLATIVA

### 2.1 Historický vývoj využití azbestu

Zřejmě nejstaršími písemnostmi dokládajícími používání azbestu jsou antická díla řeckého filozofa, geografa a historika Strabóna, který popisuje respirační onemocnění otroků těžících a zpracovávajících azbest na ostrově Ewoia, a také „Naturalis historia“ římského filozofa i válečníka Gaia Plinia Secunda z roku 77 př. n. l., který, v této encyklopedii přírodních věd, odvozuje název azbest z řeckého výrazu „asbestoz“, znamenající „nezničitelný“ nebo „nespalitelný“. Nejen ve starověkém Řecku a Římě, ale také v Číně nebo Egyptě již byly vyráběny textilie z chryzotilových vláken, např. pohřební rubáše panovníků. Archeologické nálezy z doby 2500 př. n. l. z oblasti Paakkilanniemi ve Finsku dokládají použití azbestu při výrobě keramiky, kdy byl do jílovitých zemin přidáván antofylit. Peršané používali azbest při výrobě knotů do olejových lamp, nehořlavých ubrusů nebo částí oblečení a označovali jej jako „skalní kůži“ nebo „kůži salamandra“ (viz Obr. 6), během středověku našel azbest uplatnění jako součást vojenských kabátek a brnění a již v době Svaté říše římské se začal využívat do stavebních materiálů (*Roberta, Barbalace, 2004; Pouzar, 2012*).



**Obr. 6:** Ilustrace z roku 1625 znázorňující „kůži salamandra“ (*zdroj: Pouzar, 2012*)

V Rusku byla za vlády cara Petra I. Velikého (1682 - 1725) uvedena do provozu první továrna produkující azbestové tkaniny pro další výrobu, např. brašen, rukavic a ponožek, která probíhala v následujících šedesáti letech. Průmyslová revoluce v 18. až 19. století přinesla první průmyslové zpracování azbestu v továrně založené francouzským císařem Napoleonem Bonapartem v Lombardii na severu Itálie. Během tohoto období našel uplatnění také jako materiál pro izolaci kotlů a potrubí parních lokomotiv (*Doll, 1955; Vejlupková, Lebedová, 2000a; Červenka et al., 2006; Mesothelioma Asbestos Awareness Center, ©2010*).



Přelom 19. a 20. století, respektive roky 1900 - 1901 je možno považovat za určitý mezník v použití azbestu ve stavebnictví, neboť v těchto letech nechal Ludwig Hatschek (\*1856, Těšetice u Olomouce) patentovat nový typ lehkého a nehořlavého stavebního materiálu pod názvem Eternit (latinsky „aeternitas“ - věčný), který vyvinul, v továrně stavebního zboží s úpravou azbestu „Ludwig Hatschek Vöcklabruck“ v Schöndorfu v Horním Rakousku, smísením 90% podílu tzv. portlandského cementu s 10% podílem azbestových vláken. Eternit byl od roku 1903 používán pro výrobu střešní krytiny, fasádních obkladů, trubek, obrubníků i květináčů a vyvážen, firmou přejmenovanou na „Eternit-Werke Ludwig Hatschek“, do mnoha států. První továrna na výrobu Eternitu byla na našem území založena až po vzniku samostatné ČSR po roce 1920 v Častolovicích. Jelikož azbest patřil v době 2. světové války mezi strategické suroviny válečného průmyslu, používané např. při stavbě válečných lodí, byla výroba Eternitu téměř zcela zastavena. Ještě v roce 1945 byly podniky vyrábějící Eternit, „Eternitové závody Wildmann, Hatschek a spol.“ v Berouně a Olomouci, „Eternitové závody Hatschek a spol.“ v Šumperku a závody v Častolovicích a Ostravě, sloučeny do „Eternitových závodů, národního podniku Praha“ (*Píša, 2010*).

Světová produkce azbestu a výrobků s jeho obsahem vrcholila v 70. až 90. letech 20. století, kdy byl nadále využíván zejména ve stavebnictví v protipožárních aplikacích, jako tepelný izolant pecí, potrubí či boilerů a elektroizolační materiál, proto představuje potenciální riziko při demolicích, pro stavební dělníky a specializované pracovníky, kteří provádějí likvidaci azbestu, požárníky, instalatéry, elektrikáře i údržbáře (*Roberta, Barbalace, 2004; Červenka et al., 2006; Dlouhá, 2012*).

### **2.1.1 Stavební izolační a protipožární materiály**

Ve stavebnictví bylo pro výborné izolační vlastnosti a žáruvzdornost spotřebováno přes 90 % veškerého azbestu, proto zde představuje největší riziko. Do skupiny tzv. silně vázaných azbestových materiálů patří azbestocementové výrobky s 15 až 40% obsahem azbestu (např. Cembalit, Cemboplast, Eternit - viz Obr. 8) a asfaltové výrobky (např. Bitagit, Aralebit, Arabit-S), tmely atd. s hmotností  $> 1\,400\text{ kg/m}^3$ . Do skupiny tzv. slabě vázaných azbestových materiálů (hmotnost  $< 1\,000\text{ kg/m}^3$ ), z nichž se azbest může lehce uvolňovat (riziko kontaminace ovzduší, vdechnutí), patří žáruvzdorné nástřiky, např. Pyrotherm (Obr. 7) nebo fasádní izolační desky (např. Izomin, Akumin), zejména u vícepodlažních staveb, protipožární přepážky, lehké bytové příčky (např. Ezalit, Dupronit), izolační a těsnící šňůry nebo volně ložené výplně pod podlahovými krytinami. Seznam výrobců a výrobků s azbestem pro stavebnictví na našem území uvádí Tab. 5) (*BELFOR, ©2010; Dlouhá, 2012; Pouzar, 2012*).



**Obr. 7:** Nástřík ocelové konstrukce Pyrotherm  
(zdroj: OMNIPURE, ©2016b)



**Obr. 8:** Eternitová střešní krytina  
(zdroj: OMNIPURE, ©2016c)

#### **Přehled nejběžnějších způsobů využití azbestu ve stavebnictví:**

(EnviWeb, ©2006; Žádníková, 2007; Lajčíková, 2009; Eminger, 2011; Dlouhá, 2012)

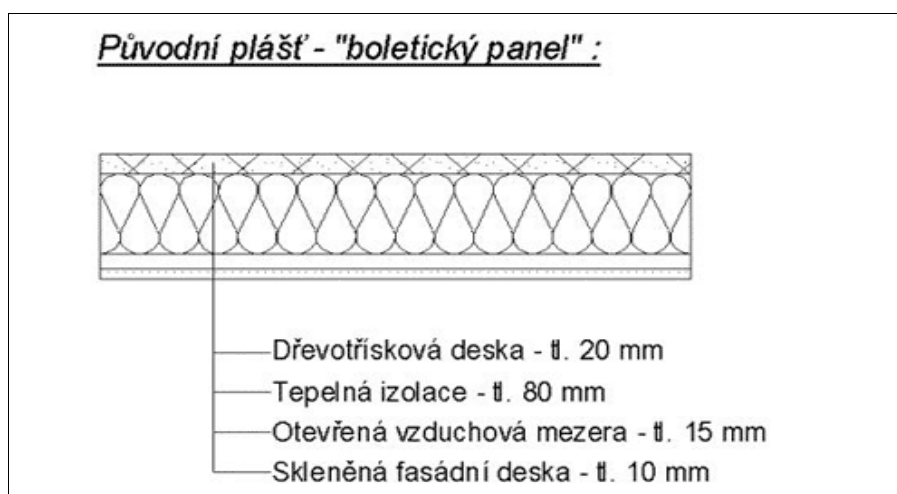
- různé druhy střešních krytin, vlnovek a šablon, asfaltové pásy, podhledy, hydroizolační obklady stropů a stěn plaveckých bazénů a jejich zařízení, obklady stropů garáží
- stříkané izolace ocelových, betonových a dřevěných konstrukcí, azbestocementové obklady stěn interiérů i exteriérů, fasádní obkladové panely
- podklad podlahových krytin, např. vinyl-azbestových dlaždic, lepidla používaná pro jejich lepení, tmely, omítky či dekorativní nátěry
- vodovodní, kanalizační a drenážní potrubí včetně těsnění, vyložení vrtů k jímání podzemní vody, okapové žlaby, nádrže na chemikálie
- izolace vzduchotechniky a větracích šachet, požárních sekcí, uzávěrů ve stropních dutinách a podhledech, komínů, teplovodních a kabelových rozvodů, ventily, příruby
- podložky vařičů (elektrických, plynových), zástěny kamen, obklady radiátorů, těsnění strojů pracujících při vysokých teplotách nebo s obsahem leptavých látek, výplně boilerů a kotlů

V bývalém Československu se mezi lety 1961 až 1980 v Boleticích u Děčína vyráběly typizované lehké závěsové obvodové panely, tzv. Boletické panely, použité jako fasádní obklad u cca 3 000 staveb občanské výstavby, např. zdravotnických zařízení, nákupních středisek atd., včetně cca 300 sídlištních škol a školek, jak vyplynulo z analýzy České školní inspekce. V současnosti však vzhledem k normám a požadavkům na stavby mohou z důvodu špatného technického stavu (viz Obr. 9) představovat zdravotní riziko.

Boletický panel byl konstrukčním doplňkem nosných konstrukcí budov, vyráběným v mnoha barevných variantách a velikostních modulech, např. nejčastěji OP-02 o rozměrech 1,2 nebo 1,5 m x 2,8 a 3,3 nebo 3,6 m, a dále OP-07, OP-08 apod. Základem konstrukce panelu (viz Obr. 10) je ocelový rám ve tvaru písmene H ošetřený antikoročním syntetickým nátěrem, z vnější strany opatřený tabulí tvrzeného pohledového skla, rýhovaného hliníkového plechu nebo také azbestocementové desky, pod níž je vzduchová mezera, vnitřní stranu pak tvořila impregnovaná dřevotřísková nebo opět azbestocementová deska. Jako tepelně izolační výplň se používal lehčený polystyren, obalený polyethylenovou fólií, porofenová deska (pěna z fenol-formaldehydu) nebo plstěná rohož z minerální vlny obsahující azbest (*Viktora, 2011; Chytrý, 2012; Stavokombinát Invest, ©2017*). V minulosti existovalo několik variant podobné konstrukce označovaných obchodními názvy např. Kovoplastický obvodový plášť, KORD, Stross, Sidelvar a další (*OMNIPURE, ©2016d*).



Obr. 9: Poškozený Boletický panel (zdroj: Stavokombinát Invest, ©2017)



Obr. 10: Struktura Boletického panelu (zdroj: Stavokombinát Invest, ©2017)

**Tab. 5:** Přehled výrobců a stavebních materiálů s obsahem azbestu v ČSR a ČR  
(zdroj: Lajčíková, 2009; SZÚ, ©2012)

Výrobce	Výrobek	Sídlo podniku	Ukončení výroby
Izolační závody, s.p. Krkonošské papírny, s.p. Dehtochema, s.p.	asfaltové pásy Aralebit, Arabit, Bitagit, Cufolbit, Plastbit	Brno, Hostinné, Bělá pod Bezdězem	1990
Izolační závody, s.p.	asfaltové desky Asbit s mikromletým azbestem	Brno	1990
Azbestos, s.p.	izolační šňůra, netkané textilie Netas, izolační deska IDK	Zvěřínek	1990
Stavební izolace, s.p. Jednotné rolnické družstvo	nástřiky ocelových konstrukcí Pyrotherm	Praha, Dlhá Ves, Čičajovce, Parchovany	1992
Stavební izolace, s.p.	protipožární sendvičové desky s vlnitou hliníkovou fólií v jádru Pyral	Praha	1992
Rudné baně, s.p. Stavební závody těžkého strojírenství	termoizolační desky Izomín, Akumín, Calothermex	Nová Baňa, Baňská Štiavnica	1992
Azbestocementové závody, s.p.	sendvičové desky s pěnovým polystyrenem	Nitra	1995
Azbestocementové závody, s.p. Eternitové závody, s.p. Severočeské dřevařské závody, s.p.	exteriérové a podstřešní desky Dekalit, Lignát, Cembalit, Cemboplast, Unicel	Beroun, Hranice, Černousy, Púchov, Nitra, Šumperk	1995
Azbestocementové závody, s.p. Eternitové závody, s.p.	vlnitá střešní krytina typu A, B, střešní šablony Eternit, Beronit, hřebenáče, tvarovky a střešní větrací prvky	Beroun, Šumperk, Hranice, Nitra, Púchov	1996
Azbestocementové závody, s.p.	tlakové a kanalizační roury a tvarovky	Beroun, Hranice, Nitra	1999
Azbestocementové závody, s.p. Eternitové závody, s.p.	interiérové velkoplošné desky Dupronit a Ezalit typu A,B,C	Beroun, Šumperk, Nitra, Púchov	1995 2000

Azbestocementové vodovodní a kanalizační potrubí se začalo vyrábět v letech 1903 v USA a 1906 až 1913 v Itálii a od 40. do 60. let 20. století patřilo k hlavním materiálům pro stavbu vodovodů v Evropě a Severní Americe (v USA nově užíváno i v 90. letech). Především kvůli zdravotnímu riziku byla od 70. let výroba omezoována. V ČSR bylo potrubí s obsahem azbestu cca 10 - 12 % vyráběno (tzv. mazová metoda - cement s mletým azbestem v poměru 7 : 1) a používáno od 20. let do roku 1975, nikdy však oficiálně zakázáno nebylo. V roce 1994 MUDr. Eva Šuterová z hlediska předběžné opatrnosti při neexistenci důkazu nedoporučila jeho užití. Životnost potrubí se odhadovala na cca 30 let, proto je většinou za hranicí životnosti a dochází k poruchám. Díky tvrdosti se z nich ale azbestová vlákna uvolňují jen v případě neodborné demontáže. V roce 2009 z celkové délky vodovodních řadů v ČR tvořilo již méně než 3,9 %, tj. cca 2 853 km (Virta, 2005; Kožíšek, Pumman, 2014).

### 2.1.2 Ostatní způsoby využití

Celosvětově bylo v historii vyráběno cca 3 000 různých produktů obsahujících azbest, přičemž z tohoto množství cca 70 % tvořily azbestocementové výrobky, např. izolační desky různých tvarů a velikostí, cca 10 % obklady a dlaždice, cca 7 % azbestová lepenka a papír. Zhruba z 5 % se pak jednalo o brzdové a spojkové obložení (poprvé použité již roku 1906), hnací pásy motorů, řemenové pohony, a také protipožární nástřiky konstrukcí automobilů, lokomotiv a vagonů, lodí, letadel, vojenské techniky nebo výtahů, vozidel městské dopravy, např. původních sovětských vozů pražského metra, kde také byly v tunelech použity azbestocementové izolační žlaby kabelového vedení (viz Obr. 11), a elektroizolace v rozvodných sítích.



**Obr. 11:** Azbestocementové izolační žlaby kabeláže v pražském metru (*zdroj: Eliášová, 2009*)

Další způsoby využití tvoří ohnivzdorné textilie, izolace domácích elektrospotřebičů (fénů, konvic, žehliček, elektrických příkrývek, apod.), elektrických kamen, izolační šňůry, a další speciální typy výrobků a použití jako např. prvky okenních rámců, wc nádrže, zahradní nábytek, květinové truhlíky, součástky malých přístrojů, průmyslové nápojové filtry, cigaretové filtry (cigarety značky Kent v letech 1952 - 1956 prodávány s reklamou deklarující ochranu zdraví právě díky filtrům s azbestem), apod. V USA se ve 30. - 50. letech 20. stol. z azbestu vyráběl dokonce i dekorační umělý sníh (*Roberta, Barbalace, 2004; Virta, 2005; BELFOR, ©2010; Mesothelioma Asbestos Awareness Center, ©2010; SZÚ, ©2012; Kříž, 2017*).

## 2.2 Náhrada a recyklace materiálů obsahujících azbest

### a) Alternativní materiály azbest nahrazující

Náhradou azbestových minerálů ve stavebních materiálech a dalších výrobcích, jsou speciálně vyvinuté vláknité materiály, jejichž používání však také, dle některých studií, není zcela bez rizika. Nejběžnější jsou umělá minerální vlákna, tzv. MMMF - Man Made Mineral Fibers, která jsou všeobecně považována za méně nebezpečná pro zdraví, avšak odborné studie upozorňují, že i ona mohou po delší expozici vyvolávat onemocnění dýchacího systému, jako azbest, a proto jsou minerální vlákna klasifikována jako karcinogen Kategorie 3, keramická pak jako karcinogen Kategorie 2 a jejich přípustný expoziční limit hmotnostní koncentrace činí  $4 \text{ mg/m}^3$ , pro něž však, stejně jako u azbestu, neexistuje bezpečná úroveň expozice. Vyrábí se vlákna keramická (např. Fiberfrax nebo Sibrax), skleněná, čedičové vlny, aramidová (např. Kevlar, Kermel, Nomex, P84, Tvaron), polytetrafluoretylenová (Polyflon a Teflon) a uhlíková (Celion, Sigrafil, Tenax). Používají se i přírodní minerály, zejména wollastonit, erionit, který se např. v Turecku přidává do omítek, vláknité zeolity i nevláknitý perlit nebo vermikulit (*Baris, 1996; Lajčíková, Hornychová, 2010; INHEAT, ©2011*).

Keramická vlákna jsou vysokoteplotní hliníto-křemičitanová ( $\text{SiO}_2$  45 - 60 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  40 - 55 %) vlákna s průměrem 2 - 3  $\mu\text{m}$  používaná pro výrobu vrstvených textilií, rohoží, přidávají se do cementů, tmelů, desek používaných jako štíty nebo opláštění a těsnění průmyslových pecí, kotlů, sušáren a dalších zařízení do teploty 1 260 °C (*INHEAT, ©2011*).

Minerální izolací se rozumí kamenná a skelná vlna a skleněná textilní vlákna. Kamenná vlna se získává tavením čediče, vápence, sideritu, dolomitu, písku a 70% podílu recyklátu skla. Vlákna mají průměr cca 3  $\mu\text{m}$  a jsou upravována na délku dle použití. Pro soudržnost se přidává až 7 % bakelitu (fenolformaldehydový polykondenzát) dodávajícího charakteristické žluté zabarvení vlny a cca 0,5 % silikonového oleje omezujícího prašnost. Oproti skelné vatě má vyšší bod tání (cca 960 °C) a tím lepší izolační vlastnosti. Skelná vlna se vyrábí tavením boraxu, dolomitu, vápence, živce, písku, síranu sodného a recyklátu skla, obdobně jako kamenná vlna. Bod tání tohoto pružnějšího materiálu je cca 450 °C a používá se pro výrobu fasádních desek nebo izolačních rohoží s hliníkovou fólií (*Cifrain, 2011*).

Skleněná textilní vlákna se vyrábí o průměru 4 - 13  $\mu\text{m}$  vytahováním ze skelné taveniny rychlostí až 60 m/s, následně se spojují do svazků, šlichtují a navíjí. Vyrábí se ze tří druhů skla (tzv. E - sklo - pro elektroizolační materiály, S - sklo - pro ochranné oděvy hutníků, svářečů, rohoží, a chemické sklo, C - sklo - bod tání cca 1 200 °C, kombinovatelné s uhlíkovými vlákny i aramidy) s obsahem 50 % a více  $\text{SiO}_2$  a různým obsahem  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$  a  $\text{B}_2\text{O}_3$  a  $\text{Na}_2\text{O}_2$  (*Grégr, 2003; Militký, 2008*).

Uhlíková vlákna se vyrábí z prekurzorů PAN (polyakrylonitril) nebo pyrolyzního oleje a smoly z destilace ropy. Vlákna PAN prochází při teplotách v rozmezí 1 200 až 1 400 °C preoxidací a karbonizací v inertní atmosféře a dále jsou zpracovávána při teplotách 2 200 až 3 000 °C, kdy vzniká grafitická struktura, v níž jsou atomy uhlíku uspořádané do krystalů v paralelní orientaci s osou vlákna (o průměru 5 - 8 μm), která jim dodává vysokou pevnost, lehkost (hustota cca 1 750 g/cm<sup>3</sup>) a nízkou tepelnou vodivost, jsou však méně pružná, křehčí než skelná vlákna, mají oproti nim ale vyšší tepelnou roztažnost. Vyrábí se jako jemný prášek, který se přidává např. do termoplastů pro letecký průmysl nebo jako sekané prameny, filamenty a různé tkaniny, zejména se ale uplatňují jako výztuž kompozitů (*Wikipedie, ©2012*).

Aramidy (aromatické polyamidy) jsou pružná, vysokopevnostní, žáruvzdorná vlákna odolná proti chemikáliím, avšak citlivá vůči ultrafialovému (UV - Ultra-Violet) záření, salinitě a vlhkosti. Používají se jako výztuž stavebních materiálů, kompozitů dopravních prostředků a pro výrobu ochranných oděvů pro horké provozy (*Gillepsie et al., 2005; Business co-ordintaion house, ©2012*). Rozlišují se na dva základní typy. Meta-aramidy, např. Nomex (metafenylen-izoftalamid - MPIA), vyvinuté v 60. letech 20. století a používané především pro výrobu hasičských obleků, včetně kombinéz, bund, rukavic, triček i spodního prádla, ale také příslušenství a výstroje, např. popruhů, šněrovadel atd. Z dlouhodobého hlediska jsou termostabilnější než Kevlar. Druhým typem jsou para-aramidy (P-phenylen-tereftalamid - PPTA, Kevlar, Twaron, Kermel) vyvinuté v 70. letech 20. století, při stejné hmotnosti 5 × pevnější než ocel, lehké, s bodem tání přes cca 550 °C) (*IPCS Inchem, ©1997; Gillepsie et al., 2005*). Kevlar vzniká syntézou z reakční směsi 1,4-phenylen-diaminu, CaCl<sub>2</sub> a terephthaloyl chloridu v n-methylpyrrolidonu. Kondenzací vzniká polymer s řetězci orientovanými ve směru vlákna. Je vysoce odolný vysokým i nízkým teplotám při zachování pružnosti a pevnosti. K náhradě azbestu se ze tří druhů používá Kevlar 29 pro výrobu kompozitů pro letecký průmysl, převodových řemenů, obložení brzd, ochranného oblečení, přileb či horkovzdušných filtrů (*ODETKA, ©2008*). Twaron je termostabilní, chemicky odolné, lehké, silné vlákno a Kermel měkká nehořlavá směs viskózy a aramidů pro ochranné oděvy. Aramidimid tvoří pružná, nehořlavá vlákna termostabilní cca do 400 °C, která se používají k výrobě ohnivzdorných, např. hasičských oděvů (*Gillepsie et al., 2005; CoJeCo, ©2006*).

Polytetrafluorethylen (PTFE, PF4, Teflon, Algoflon, Hostafon, Fluon či Polyflon) je bílý, krystalický, fluorovaný polymer. C-F vazba dodává odolnost proti vysoké teplotě, zahříváním bez plamene nevzplane do 575 °C, tepelným rozkladem ale vznikají toxické látky (HF, hexafluorpropylen, oktafluorcyklobutan, perfluorizobutylen, tetrafluorethylen). Vyznačuje se odolností vůči chemikáliím i za vysoké teploty a výbornými těsníci účinky (*VSS, ©2009*).

Wollastonit je inosilikát tvořící křehké bílé jehlice, průmyslově využívaný až od roku 1953, jako přísada keramických dlaždic a izolátorů, stavebních izolantů, i jako plnivo do plastů pro vyšší pevnost v tlaku a ohybu, barev odolných vůči atmosférickým vlivům, lepidel a omítkovin, nebo ve směsi plniva s minerálními a keramickými vlákny ve formě různých stavebních materiálů, např. desek (*Chrt, Woller, 1990; Keegan, 1999; Virta, 2007*).

Perlit je amorfni křemičitan hlinitý, z něhož se tepelným zpracováním na tzv. expandovaný perlit, který vzniká, když se při teplotě mezi 850 - 900 °C měknutím odpařuje vázaná voda (obsah 1 - 5 %) a způsobí tak až 15-ti násobnou expanzi hmoty, z níž se při teplotě 900 až 1 300 °C stávají drobné lehké pórovité kuličky. Používán je do tepelně-izolačních omítek, tvarovek, tvoří násypy stěn s vnitřními extrémními teplotami (v rozsahu -200 °C až +900 °C) a stropní tvárnice nad horkými prostory nebo volně sypaný jako tepelně-izolační násypy podlah (*PERLIT, ©2011*).

Vermikulit je fylosilikát, patřící mezi smektity, vznikající hydratací magmatických minerálů, proto je často vázán s azbestem. Prudkým zahřátím na teplotu 700 - 900 °C se (stejně jako u perlitu) odpařuje vázaná voda, objem se zvětšuje až 25-ti násobně, přičemž vznikají dlouhé a zakřivené krystalky, od nichž je odvozen název (latinsky „vermiculus“ - „červík“) (*Potter, 2007; MINDAT, ©2012*). Expandovaný vermikulit nahrazuje azbest zejména jako protipožární izolant a sypaná izolace v automobilovém průmyslu a používá se také jako plnivo do barev a lehčených stavebních hmot (*Mališ et al., 2005*).

### **b) Recyklace materiálů obsahujících azbest**

V současnosti se v zahraničí, kromě výzkumu alternativních materiálů, zvyšuje zájem o nalezení praktické recyklační metody azbestových výrobků a jsou prováděny různé studie a laboratorní výzkumy. Jednou z možností je metoda tepelného rozkladu azbestových minerálů, při níž dochází vlivem vysoké teploty, např. pomocí konvekčního proudění či mikrovlnného záření, k uvolnění vázané vody z krystalové struktury, čímž dojde ke změně vláknité struktury na amorfni typ při cca 1 500 °C a následně rekrystalizaci při teplotě cca až 850 °C v případě chryzotilu a tremolitu, cca 950 °C u krokydolitů a až 1 100 °C u amozitu. Produkty rozkladu krokydolitů jsou acmit, ferrosilit, magnetit, hematit a krystobalit, z amozitu a tremolitu lze získat diopsid, enstatit a také krystobalit. Rozkladem chryzolitů byly postupně získány metachryzotil ( $Mg_3Si_3O_7$ ), forsterit ( $Mg_2SiO_4$ ) a enstatit ( $MgSiO_3$ ). Recyklát lze druhotně využít k výrobě keramických cihel, obkladů či porcelánové kameniny.



V USA byly na počátku 90. let 20. stol. patentovány metody modifikace azbestových výrobků jejich rozpouštěním v silných kyselinách. Vhodná metoda k eliminaci rizika azbestu, která se však v ČR nepoužívá, je vitrifikace, spočívající v inertizaci azbestových materiálů skelnou hmotou (*Leonelli et al., 2005; Cioffi et al., 2006; Lajčíková, 2009; Kusiorowski et al., 2012*).

V Japonsku byla testována metoda likvidace azbestových materiálů s obsahem 6,5 % chryzotilu a 1 až 5 % amozitu spalováním v šachtové peci s komunálními odpady, s nimiž byly smíchávány v plnicím zařízení vstupujícím do spalovací komory. Spaliny procházely přes kasové filtry a pomocí ultrazvuku a vodní disperze byla odstraněna většina popílku, odpadní plyny byly odváděny do katalyzátorové věže s HEPA filtrací. Následně byla ve třech výstupech provedena analýza azbestových částic, které se po promytí přes 0,2 $\mu$ m filtry a chemické stabilizaci analyzovaly metodami TEM a RTG difrakce. Koncentrace azbestu ve spalinách, v popílku a strusce se pohybovaly pod mezí detekce, v blízkosti spalovny byla max. hodnota 0,048 F.cm<sup>-3</sup>, ve vzdálenosti 1,5 km se hodnoty v ovzduší pohybovaly pod 0,3 F.dm<sup>-3</sup>, běžné v obytných zónách (*Osada et al., 2013*).

Zkoušena byla také metoda vysokoenergetického mletí, a to na materiál s 12% obsahem chryzotilu. Vzorky tohoto materiálu byly po dobu 30, 120 a 240 min. mlety za tlaku až desítek GPa, jehož vlivem došlo ke změně struktury minerálů na amorfní. Při tření brusných částí s analyzovaným materiálem byla teplota cca 80 °C, změna krystalové struktury tudíž nebyla teplotou ovlivněna. Z následné analýzy FTIR a paprskové difrakční analýzy vyplynulo, že se povrch částic výrazně zmenšil, přitom nedošlo ke změně kvantitativního chemického zastoupení sloučenin. Výsledný práškový materiál by bylo možné využít i průmyslově při výrobě umělého kamene či speciálních malt a betonů (*Cioffi et al., 2006; Colangelo et al., 2011*).

### **2.3 Postup odstraňování materiálů a odpadů obsahujících azbest v ČR**

Správný postup odstraňování azbestu sestává z pevně daných kroků. Proveden musí být odborný stavebně-technický průzkum na výskyt azbestu v budovách, a to i v případě, že je jejich přítomnost jistá. Inspekce je prováděna akreditovanou laboratoří, podle podrobně rozpracovaného postupu schváleného Akreditačním orgánem ČIA - Český institut pro akreditaci, o. p. s., který odborně ověří přítomnost azbestového materiálu a provede jejich lokalizaci v budově. Výstupem o provedeném průzkumu a měřeních jsou protokoly včetně návrhu technologických postupů pro odstranění azbestových materiálů podle stupně naléhavosti sanace, v závislosti na typu materiálu, druhu azbestu v něm obsaženém, struktuře a stupni poškození povrchu materiálu, jeho umístění a využití prostoru, kde se nachází.

Klasifikace třídou I znamená, že je zapotřebí okamžitá sanace, třída II vyžaduje monitoring ve střednědobém horizontu 2 let, třída III pak v dlouhodobém horizontu 5 let. Dokumenty jsou nedílnou součástí projektové dokumentace a předávacího protokolu či závěrečné zprávy o provedené sanaci. Projektová dokumentace obsahuje specifikaci místa a objektu, kde se práce provádí, návrh technologického řešení odstranění stavebních materiálů s azbestem, které bude aplikováno, pravděpodobnou dobu trvání prací, jakým způsobem bude zajištěna ochrana zdraví pracovníků a dalších osob na pracovišti a také postupy odstranění nebezpečných odpadů.

Stavebník podá na místně příslušný stavební úřad podle zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, v platném znění, žádost o stavební povolení k rekonstrukci nebo demolici daného objektu a projektovou dokumentaci s náležitostmi hlášení prací s azbestem a jiných prací, které mohou být zdrojem expozice azbestu podle vyhlášky č. 107/2013 Sb. Stavební firmy musí též, s výjimkou odběru vzorků, údržby nebo nedestruktivních činností, dané práce nejpozději 30 dní před započítáním ohlásit příslušné KHS a zajistit technologicky správný postup prací minimalizující úniky azbestu do životního prostředí a následné předání k bezpečné likvidaci. Stavební úřad provede kontrolu náležitostí žádosti a prověří danou stavbu s ohledem na azbestové stavební materiály podle archivních dokumentů. Za údaje v předložené projektové dokumentaci, jejich úplnost, správnost a přesnost ručí projektant. Aby mohl stavební úřad vydat stavební povolení, je třeba doložit kladná stanoviska dotčených orgánů, kterými jsou kromě hygienické stanice také hasičský záchranný sbor a odbor životního prostředí příslušného obecního úřadu nebo magistrátu. Stavební úřad pak v průběhu stavebních prací provádí dle zákona a potřeby kontrolní prohlídky, o nichž se provádí zápis do stavebního deníku a po skončení všech prací závěrečnou kontrolní prohlídku, po níž je vydáno kolaudační rozhodnutí o užívání stavby (*Báčová, 2007; Jančar, 2007; Šulc, 2007; Veverková et al., 2007; Žádníková, 2007*).

Pokud stavebník obdrží souhlasné stanovisko dotčených institucí, může odborná firma stavební práce zahájit. Nejprve musí být vymezeno a zajištěno kontrolované pásmo, aby se zabránilo případným únikům azbestu do prostředí. Začátek prací je zapsán do Stavebního deníku, v němž se vedou záznamy o postupu sanačních prací, klimatických podmínkách při jejich provádění, počtu pracovníků a kontrolách provedených ze strany stavebního úřadu a hygienické stanice. Všechny práce musí být prováděny v souladu se zákonem a hygienickými pravidly na ochranu zdraví zaměstnanců. Dále musí být prováděna kontrolní měření koncentrace respirabilních vláken v prostorách sanace akreditovanou laboratoří a vyhodnoceny podle normy ČSN EN ISO 16000-7 (*Červenka et al., 2006; Skácel et al., 2012*).

Azbestové stavební materiály mohou být v případě rekonstrukce ošetřené enkapsulačními materiály a ponechány na svém místě, čímž vzniká nebezpečný odpad, který se v ČR nerecykluje, a musí s ním být vždy nakládáno dle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech (v platném znění), a prováděcí vyhlášky č. 294/2005 Sb., tzn. bez ohledu na druh nebo typ výrobku musí být v uzavíratelných neprodyšných plastových pytlích nebo nádobách s předepsaným označením o obsahu azbestu odvezeny a ukládány na skládkovací zařízení k tomu jednoznačně určené, tzn. na skládkách skupiny S-NO (skládky nebezpečných odpadů) a vybraných sektorech skládek skupiny S-OO1 a S-OO3 (skládky ostatních odpadů) v souladu s provozním řádem skládkového zařízení a podle povolených skupin odpadu. Po uložení zakryty vhodným materiálem, kde je provozovatel povinen zajistit, že nedojde k úniku azbestu do životního prostředí (*Báčová, 2007; Lajčiková, 2009; Eminger, 2011; Guschlová, 2012; SZÚ, ©2012; OMNIPURE, ©2016e; REMOVAL, ©2016; EKOSTAR, ©2017a*).

### **2.3.1 Původci a oprávněné osoby pro nakládání s odpady obsahujícími azbest**

Podle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech (v platném znění) se za původce odpadů považuje podnikající právnická či fyzická osoba, při jejíž podnikatelské činnosti odpad vzniká nebo dochází k úpravě odpadů nebo jiné činnosti, při níž dochází ke změně povahy či složení odpadů. Původcem a současně vlastníkem odpadů se v případě, že nepodnikající fyzická osoba odloží odpad na místě, které je k tomu určené, stává také obec. Oprávněná osoba je pak každá osoba oprávněná nakládat s odpady dle zákona nebo zvláštních právních předpisů. Pokud je daný odpad uveden v Seznamu NO, je smísen či znečištěn některou ze složek ze Seznamu složek v Příloze 5 zákona, které činí odpad nebezpečným nebo s některým z nebezpečných odpadů uvedeném v Seznamu, musí původce a oprávněná osoba odpad zařadit do kategorie nebezpečný odpad. Původce a oprávněná osoba nakládající s azbestovými odpady musí zabezpečit, že při manipulaci nedojde k úniku azbestových vláken nebo prachu do ovzduší či rozlití azbestem kontaminovaných kapalin. Všichni původci a oprávněné osoby plní od roku 2012 ohlašovací povinnost o uložení odpadu obsahujícího azbest prostřednictvím systému ISPOP (Integrovaného systému plnění ohlašovacích povinností) (*Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech (v platném znění)*).

### 2.3.2 Zařazování odpadů obsahujících azbest podle Katalogu odpadů

Odpady obsahující azbest jsou na základě § 5 a § 6 zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech (v platném znění) a vyhlášky MŽP č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů, považovány za nebezpečné odpady (nebezpečná vlastnost - karcinogenita, kód H7), dle svých vlastností řazeny v Katalogu odpadů a podle původu do dále uvedených kategorií s přiřazenými katalogovými čísly, složenými ze tří dvojčíslí, přičemž první označuje skupinu, druhé podskupinu a třetí druh odpadu (viz Tab. 6). Postup zařazování odpadů původcem nebo oprávněnou osobou dle Katalogu odpadů stanovuje § 4 až § 8 vyhlášky. Pokud nelze daný odpad s jistotou zařadit, zajistí zařazení MŽP dle návrhu příslušného obecního úřadu obce s rozšířenou působností, jehož náležitosti stanovuje § 9 vyhlášky. Nebezpečné odpady (NO) jsou v Katalogu odpadů označeny symbolem \*.

**Tab. 6:** Zařazení odpadů obsahujících azbest v Katalogu odpadů (zdroj: *Katalog odpadů*)

<b>6</b>	Odpady z anorganických chemických procesů
<b>0607</b>	Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání halogenů a z chemických procesů zpracování halogenů
<b>060701*</b>	<b>Odpady obsahující azbest z elektrolýzy</b>
<b>0613</b>	Odpady z jiných anorganických chemických procesů
<b>061304*</b>	<b>Odpady ze zpracování azbestu</b>
<b>10</b>	Odpady z tepelných procesů
<b>1013</b>	Odpady z výroby cementu, vápna a sádry a předmětů a výrobků z nich vyráběných
<b>101309*</b>	<b>Odpady z výroby azbestocementu obsahující azbest</b>
<b>15</b>	Odpadní obaly; absorpční činidla, čisticí tkaniny, filtrační materiály a ochranné oděvy jinak neurčené
<b>1501</b>	Obaly (včetně odděleně sbíraného komunálního obalového odpadu)
<b>150111*</b>	<b>Kovové obaly obsahující nebezpečnou výplňovou hmotu (např. azbest) včetně prázdných tlakových nádob</b>
<b>16</b>	Odpady v tomto Katalogu jinak neurčené
<b>1601</b>	Vyřazená vozidla (autovraky) z různých druhů dopravy (včetně stavebních strojů) a odpady z demontáže těchto vozidel a z jejich údržby
<b>160111*</b>	<b>Brzdové destičky obsahující azbest</b>
<b>1602</b>	Odpady z elektrického a elektronického zařízení
<b>160212*</b>	<b>Vyřazená zařízení obsahující volný azbest</b>
<b>17</b>	Stavební a demoliční odpady (včetně vytěžené zeminy z kontaminovaných míst)
<b>1706</b>	Izolační materiály a stavební materiály s obsahem azbestu
<b>170601*</b>	<b>Izolační materiál s obsahem azbestu</b>
<b>170605*</b>	<b>Stavební materiály obsahující</b>

Původce a oprávněná osoba musí zařadit odpad do příslušné kategorie z Katalogu odpadů v souladu s Postupem pro zařazování odpadu do Katalogu odpadů podle druhů uvedených ve vyhlášce MŽP č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů. Nejprve se vyhledá podle odvětví či technologického procesu při vzniku odpadu příslušná skupina a podskupina, tzn. 01 až 12 a 17 až 20, ve které se vyhledá daný název druhu odpadu s katalogovým číslem. V případě, že není možné daný odpad přiřadit k jednomu z těchto čísel, hledá se ve skupinách 13, 14 a 15. Pokud mezi nimi není nalezeno vhodné katalogové číslo, hledá se ve skupině 16, a nepodaří-li se nalézt vhodné číslo ani v této skupině, přidělí se odpadu číslo ze skupiny vyhledané předchozím postupem končící 99 a v názvu se uvede technický či běžný název odpadu. Je-li pod jedno takové číslo zařazeno více druhů odpadu, lišících se jen názvem, musí se v souladu se zákonem o odpadech soustřeďovat utříděné. Jedná-li se o odpad složený z více složek v Katalogu uvedených pod samostatnými čísly, přiřadí se číslo odpadu nejvíce nebezpečného z hlediska škodlivých účinků na člověka a životní prostředí. Podobně, pokud jsou jednomu druhu odpadu v Katalogu přiřazena dvě čísla, přičemž jedno náleží NO, zařadí se odpad pod toto katalogové číslo (*Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech (v platném znění); Žádníková, 2007; vyhláška č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů*).

#### **2.4 Vývoj legislativních předpisů EU řešících problematiku azbestu**

Na základě hodnocení Mezinárodního úřadu pro výzkum rakoviny (IARC - International Agency for Research on Cancer) jsou všechny azbesty od roku 1967 směrnicí Rady (SR) 67/548/EEC (European Economic Community) klasifikovány jako karcinogeny (*SZÚ, ©2012*). Sjednocením legislativních předpisů omezujících používání nebezpečných látek včetně azbestu v členských zemích se zabývala SR 76/769/EEC z roku 1976. Ochranu zaměstnanců před rizikem expozice azbestu řešila již v roce 1983 vydaná SR 83/477/EEC, zakazující aplikaci ochranných nástřiků s obsahem azbestu, která zároveň stanovila expoziční limity a jiná opatření v rámci prevence (*Kleger, 2010*).

Povinnost výstražného označení pro všechny výrobky obsahující azbest byla zavedena SR 83/478/EEC, společně se zákazem (s výjimkami) prodeje a používání krokydolitů, který byl v roce 1985 vydáním SR 85/610/EEC rozšířen na všechny amfiboly. V roce 1987 byla vydána SR 87/217/EEC o prevenci a znečišťování životního prostředí, řešící zároveň i kontrolu odpadů obsahujících azbest (*EnviWeb, ©2006*). Evropské společenství vydalo v roce 1991 SR 91/382/EEC, která max. hladinu expozice chryzotilu snížila na 0,6 F/ml vzduchu (F - fiber - vlákno), amfibolů na 0,3 F/ml vzduchu a zrušila výjimky ze zákazu krokydolitů.

Pro všechny druhy azbestu platí dnes limit 0,1 F/ml vzduchu. Ve stejném roce se směrnicí Komise 91/659/EEC zákaz azbestů rozšířil o 14 specifických případů použití chryzotilu. Všeobecný zákaz všech azbestů, uvádění výrobků s jeho obsahem na trh a počátek odstraňování zavedla v roce 1999 směrnice Komise 99/77/EC, a to jen s výjimkou chryzotilu použitého v membránách stávajících chlorových elektrolyzačních aparatur a vojenského využití (*Zimová, Podolská, 2008; Kleger, 2010*).

V roce 2003 nahradila původní SR 83/477/EEC z roku 1983 nová směrnice EP 2003/18/EC o ochraně zaměstnanců před riziky expozice při práci, s cílem snížení expozice na minimum vhodnými pravidly pro sběr, skladování a rychlé odstraňování odpadu z pracovišť ve vhodně utěsněném obalu se štítkem upozorňujícím na azbest (*EnviWeb, ©2006; SZÚ, ©2012*). Ve stejném roce bylo vydáno rozhodnutí Rady 2003/33/EC stanovující kritéria a postupy pro příjem odpadů na skládkách dle čl. 16 Přílohy II. SR 1999/31/EC o skládkování odpadů, kde jsou přesně specifikovány podmínky uložení odpadů s azbestem i na skládkách nespádajících do kategorie skládek nebezpečného odpadu. EP vydal v roce 2006 nařízení č. 166/2006/EC, kterým byl zřízen Evropský registr úniků a přenosů znečišťujících látek (E-PRTR - European Pollutant Release and Transfer Register) určující pro úniky azbestu a z výroby do vzduchu, vody i půdy limit 1 kg/rok (*Hygienická stanice hl. m. Prahy, ©2007*).

Ochranou životního prostředí a lidského zdraví se zabývá také tzv. Basilejská úmluva, která řeší řízení pohybu nebezpečných odpadů, včetně azbestu, přes hranice států a jejich zneškodnění. Podobně Nařízení EP a Rady č. 1013/2006/EC se věnuje přepravě stavebních a jiných materiálů s obsahem azbestu. Nařízení EP a Rady č. 1907/2006/EC o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, tzv. REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals), řeší v Dodatku 7 označování předmětů obsahujících azbest a Příloha XVII. pak zákaz uvádění na trh či používání azbestu a předmětů se záměrně přidaným azbestem, v případě stávajících výrobků s obsahem azbestových vláken je připuštěno použití do ukončení životnosti nebo zneškodnění. Roku 2008 bylo změněno nařízením Komise EP a Rady č. 1272/2008. Ucelené předpisy pro prevenci a ochranu zaměstnanců za účelem snížení rizika expozice azbestu uvádí směrnice EP a Rady 148/2009/EC, o ochraně zaměstnanců před riziky spojenými s expozicí azbestu při práci, implementovaná do těchto českých právních předpisů (zákona č. 258/2000 Sb. a č. 309/2006 Sb., NV č. 361/2007 Sb., a vyhlášky č. 432/2003 Sb. a č. 394/2006 Sb.), popsanych v dalším oddílu (*Zimová, Podolská, 2008*).

V rámci Strategie EU v oblasti bezpečnosti a zdraví na období let 2014 - 2020 přijal dne 14. března 2013, EP Usnesení 2012/2065(INI - Own-initiative procedure) o ohrožení zdraví při práci v souvislosti s azbestem a výhledech na odstranění veškerého použitého azbestu, které řeší v 61 bodech např. kontrolu výskytu azbestu, evidenci, odstranění azbestu a budování středisek pro zpracování odpadu s azbestem inertizací. Dále také nahrazením optické mikroskopie s fázovým kontrastem přesnější transmisní elektronovou mikroskopií, zajištěním náhrady membrán v zařízeních pro elektrolýzu obsahujících chryzotil, před skončením deseti let platnosti výjimek dohodnutých v roce 2009 v souladu s nařízením REACH, nebo změnou Doporučení 2003/670/EC ohledně zařazení rakoviny hrtanu a vaječníků mezi nemoci související s azbestem a zároveň uznáním všech nemocí souvisejících s azbestem jako nemocí z povolání, zavedením azbestových rejstříků na národní úrovni a odškodňováním obětí expozice azbestu. Akční plán úplného odstranění azbestu do roku 2032 přijalo Polsko (*Janoušek, 2012; Wills, 2013*).

Světová zdravotnická organizace (WHO - World Health Organization), Mezinárodní organizace práce (ILO - International Labour Organization), Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci (EU-OSHA - European Agency for Safety and Health at Work), Mezinárodní komise pro ochranu zdraví při práci (ICOH - International Commission on Occupational Health) a Agentura pro ochranu životního prostředí (EPA - Environmental Protect Agency) se opakovaně zasazují o globální zákaz těžby, zpracování a používání azbestu (*Wills, 2013*). Např. ILO v roce 1986 vydalo jako základní závazný dokument Konvenci ILO C162 - Asbestos Convection, stanovující základní pravidla nakládání s azbestem, včetně preventivní ochrany pracovníků v pracovním prostředí, a dále Doporučení ILO R172 Asbestos Recommendation, týkající se bezpečnosti při jeho používání. WHO v roce 2000 vydalo Směrnici „Air Duality Guidelines“, jejíž část je věnována azbestu - popisu, zdrojům, výskytu v ovzduší, způsobům a zdravotním účinkům expozice. OSN (Organizace spojených národů) se problematikou azbestu zabývá v mnoha dokumentech, většinou v obecnějším významu. Evropská hospodářská komise v roce 1979 vydala např. Konvenci CLRTAP (Convention on Long Range Transport of Air Pollution) – Úmluva o dálkovém znečišťování ovzduší, přesahujícím hranice států, kterou ratifikovalo již Československo (*Kurfürst, 2005*).

## 2.5 Vývoj legislativních předpisů ČR řešících problematiku azbestu

Český právní řád řeší tuto problematiku právními předpisy jak tuzemskými, tak implementovanými po vstupu do EU, kdy došlo k úpravě na základě evropského komunitárního práva. V Československu byly hlavními právními předpisy týkajícími se nějakým způsobem azbestu zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, směrnice Ministerstva zdravotnictví (MZ) č. 49/1967 Sb., směrnice MZ č. 17/1970 Sb., o posuzování zdravotní způsobilosti k práci, směrnice hlavního hygienika MZ č. 64/1984 Sb., která na základě zařazení azbestu mezi prokázané lidské karcinogeny zakázala aplikaci ochranných nástřiků obsahujících azbest a jeho použití povolovala, jen pokud nebylo možno použít náhradní materiál a vyhláška MZ č. 145/1988 Sb., o Úmluvě č. 161 o závodních zdravotních službách.

ČR zařadila nemoci způsobené azbestem na Seznam nemocí z povolání roku 1995 v Příloze NV č. 290/1995 Sb., následně v roce 1997 byla zakázána výroba azbestocementu a jiných materiálů s azbestem. Ministerstvo životního prostředí (MŽP) vydalo vyhlášku č. 301/1998 Sb., která stanovovala Seznam chemických látek a zároveň omezila jejich použití a distribuci a dále začal platit zákon č. 157/1998 Sb., o chemických látkách, upravující jejich klasifikaci, registraci, balení, označování, uvádění na trh a manipulaci s nimi. Zákonem č. 352/1999 Sb., byly v Příloze č. 2 definovány amfiboly jako zakázané látky, povolen byl pouze chryzotil, např. pro vojenské účely (*EnviWeb, ©2006; Šulc, 2007; SZÚ, ©2012*). V souladu se zákonem č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů v posledním znění, musí zaměstnavatel provést zhodnocení rizika práce, kategorizaci prací a projednat pracovní a ochranné postupy s příslušnou Krajskou hygienickou stanicí (KHS), které musí všechny práce s azbestem, při nichž může dojít k expozici zaměstnanců, náležitě ohlásit nejméně 30 dní před zahájením, podle prováděcího právního předpisu, s výjimkou ojedinělé krátkodobé expozice azbestu při práci. Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech v platném znění, patří k nejdůležitějším předpisům zabývajícím se nebezpečným odpadem s azbestem. Povinnosti při nakládání s odpady z azbestu určuje § 35 a např. § 48 poplatky za ukládání odpadů na skládky. Do skupiny karcinogenů skupiny 1 v Seznamu karcinogenů zařadilo azbest NV č. 178/2001 Sb., o podmínkách ochrany zdraví zaměstnanců při práci. Hodnocení nebezpečných vlastností, nakládání s odpady a podmínky ukládání řeší vyhláška MŽP a MZ č. 376/2001 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů. Vyhláška č. 381/2001 Sb. MŽP stanovovala Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a Seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k němu, nakládání s odpady pak upravuje vyhláška MŽP č. 383/2001 Sb., stanovující technické požadavky ukládání na skládky odpadu (*EnviWeb, ©2006; Žádníková, 2007*).



Hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů vnitřního prostředí obytných místností některých staveb stanovuje vyhláška MZ č. 6/2003 Sb.. Podle vyhlášky MZ č. 288/2003 Sb., jsou v případě určitých skupin pracovníků (těhotné a kojící ženy, matky do konce 9. měsíce po porodu, mladiství) stanovena omezení prací a pobytu na pracovištích, kde hrozí expozice azbestu (*Slavíková, 2005; EnviWeb, ©2006; Žádníková, 2007*).

V souvislosti se vstupem ČR do EU byl přijat zákon č. 356/2003 Sb., o chemických látkách a přípravcích, který zakazuje uvádění výrobků s obsahem azbestu. Vyhláška MZ č. 432/2003 Sb., stanovuje podmínky kategorizace prací, odběru biologického materiálu a provádění biologických expozičních testů, limity ukazatelů biologických expozičních testů (BET) a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli (zdroj expozice), předkládaného zaměstnavatelem příslušné KHS (novelizována vyhláškou č. 107/2013 Sb.). Práci s azbestem, s výjimkou laboratorních výzkumů a analýz, likvidací zásob, odpadů, zařízení a staveb obsahujících azbest a aplikaci nástřikem zakazuje zákon č. 46/2004 Sb.. Problematiku odpadů s azbestem řeší zákon č. 188/2004 Sb. a vyhláška MŽP č. 221/2004 Sb., stanovující seznamy nebezpečných chemických látek a přípravků, jejichž uvádění na trh, do oběhu, či používání je zakázáno nebo omezeno. Podmínky a technické požadavky na ukládání odpadů na skládkách a využívání terénu nad nimi řeší vyhláška MŽP č. 294/2005 Sb., měnící vyhlášku č. 383/2001 Sb. (*EnviWeb, ©2006; Lajčíková, 2009; Kleger, 2010*).

Rekonstrukce a demolice staveb, v nichž se vyskytuje azbest, musí být dle zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (tzv. Stavební zákon), ve znění zákona č. 257/2013 Sb., hlášeny stavebnímu úřadu. V případě, že demolice podléhají jen ohlášení, lze je provádět svépomocí s odborným dozorem, pokud stavebnímu povolení, musí je provádět odborná firma. Důležitým právním předpisem je také zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce, novelizovaný zákonem č. 155/2013 Sb.. Zákon č. 309/2006 Sb., o zajištění dalších podmínek BOZP (Bezpečnost a ochrana zdraví při práci), zakazuje, mimo jiné, aplikaci ochranných nástřiků s azbestem a použití tepelných nebo zvukových izolací s azbestem o hustotě pod  $1 \text{ g.cm}^{-3}$ . Vyhláška MZ č. 394/2006 Sb., definuje ojedinělou a krátkodobou expozici dle informací o době trvání a rozsahu prací (včetně měření koncentrace azbestu v ovzduší i vzorkování ke stanovení přítomnosti) a určuje povinnost zaměstnavatele předem projednat s příslušným orgánem ochrany veřejného zdraví preventivní opatření k omezení rizik. Vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj (MMR) č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb, v platném znění, nařizuje před započítím demolic stavebně technický průzkum na výskyt azbestu, výsledek musí být dle Přílohy č. 4 uveden v souhrnné technické zprávě s plánem nakládání s odpady (doprava, uložení).

Ochranou zdraví při práci s azbestem opět řeší i NV č. 361/2007 Sb., v němž § 19 stanovuje sledované ukazatele expozice zaměstnanců azbestu v pracovním prostředí, § 20 se zabývá hodnocením zdravotního rizika při práci, stanovuje ověření přítomnosti azbestu a jeho formu, dále rozsah a délku trvání prací. § 21 pak řeší minimální opatření pro ochranu zdraví zaměstnanců při odstraňování staveb a bližší hygienické požadavky na pracoviště, včetně např. měření koncentrace azbestu v pracovním prostředí, evidence pobytu v kontrolovaném pásmu, pracovní postupy a školení (*Hygienická stanice hl. m. Prahy, ©2007; Lajčíková, 2009*).

MŽP vydalo v roce 2008 Metodický pokyn „Metodický návod odboru odpadů pro řízení vzniku stavebních a demoličních odpadů a pro nakládání s nimi“, který doporučuje zvýšení objemu recyklace stavebního a demoličního odpadu a jeho využití (náhrada některých primárních surovin), snížení objemu nebezpečných stavebních odpadů a zabránit používání neupravených odpadů (např. rekultivace) (*MŽP, ©2008*). Zákon MŽP č. 25/2008 Sb., o integrovaném registru znečišťování životního prostředí a integrovaném systému plnění ohlašovacích povinností v oblasti životního prostředí, stanovuje standard přenosu dat o odpadech a zabývá se i azbestem. V roce 2009 zavedla novela výše uvedeného zákona č. 356/2003 Sb., nařízení EU REACH (viz podkapitola 2.4 Vývoj legislativních předpisů EU řešících problematiku azbestu). Azbest je znovu řešen také zákonem č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (tzv. Chemický zákon). Zákon č. 169/2013 Sb., je tzv. Ekoauditovou novelou původního zákona o odpadech č. 185/2001 Sb., s cílem snížení administrativy pro malé a střední podnikatele v oblasti nakládání s odpadem. Novela ruší povinnost původce nebezpečných odpadů žádat o souhlas k jeho shromáždění a zavádí elektronizaci evidence jeho přepravy. MŽP vydalo novou vyhlášku č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů, která nahrazuje původní vyhlášku 381/2001 Sb., zapracovává příslušné předpisy EU a stanovuje Katalog odpadů a postup pro jejich zařazování dle Katalogu a náležitosti návrhu obecního úřadu obce s rozšířenou působností na zařazení odpadů dle Katalogu. Na dodržování legislativy pro nakládání s azbestem dohlíží Česká inspekce životního prostředí (ČIŽP) (*Grusman, 2013; Hygienická stanice hl. m. Prahy, ©2007*).

MŽP vydalo v roce 2018 pro orgány veřejné správy, stavebníky, stavební dozor, projektanty, stavbyvedoucí, autorizované inspektory apod., „Metodický návod pro řízení vzniku odpadů s azbestem při provádění a odstraňování staveb a pro nakládání s nimi“, naplňující opatření Plánu odpadového hospodářství ČR 2015 - 2024, který obsahuje doporučené postupy přípravy dokumentace, provádění, údržby a odstraňování staveb, kde jsou materiály s azbestem, vydávání stanovisek správních orgánů veřejné správy, a hodnocení obsahu azbestu (*MŽP, ©2014; MŽP, ©2018*).

### 3. AZBEST JAKO RIZIKO PRO ZDRAVÍ A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

#### 3.1 Informovanost a studie o rizicích expozice azbestu

Poprvé se informace týkající se azbestu a jeho rizikovosti pro lidské zdraví do širšího povědomí veřejnosti dostaly na přelomu 19. a 20. století vlivem stoupajícího množství případů úmrtí a zdravotních obtíží v oblastech těžby a zpracování (*Roberta, Barbalace, 2004; Kleger, 2010*), např. zveřejněním úmrtí 50 francouzských dělníků mezi lety 1890 až 1895 z textilní továrny zpracovávající azbest. Na našem území poprvé popsal vliv azbestu na zdraví vídeňský živnostenský inspektor A. Netolitzky v roce 1897 v Tachově u pracovníků tkalcovny bavlny a azbestových vláken, kteří trpěli kašlem a dušností (*Vejlupková, Lebedová, 2000b; Lebedová, Dlouhá, 2005*). Dalším příkladem je zpráva s názvem „O zlých následcích azbestového prachu“ z roku 1898, která byla přednesena v anglickém parlamentu, věnující se pracovnímu prostředí při zpracování azbestu. V roce 1899 byla lékařem Hubertem Montague Murrayem poprvé popsána fibróza plic způsobená inhalací azbestového prachu. Škodlivé účinky azbestu u pracovníků v průmyslu dále studoval v Kanadě P. Wedler v roce 1912 a F. Fahr a S. Feigl roku 1914 v Německu. V roce 1924 lékař William Edmund Cook poprvé toto onemocnění diagnostikoval u zemřelé Nellie Kershaw, pracovnice továrny v Rochdale Asbestos factory (kde je od roku 2006 umístěn pamětní kámen všem „obětem azbestu“), popsal jej v lékařském časopise *British Medical Journal* v článku nazvaném „Fibrosis of the Lungs Due to the Inhalation of Asbestos Dust“ („Fibróza plic způsobená vdechováním azbestového prachu“) a pojmenoval jako azbestózu v dalším článku publikovaném v témže časopise v roce 1927. Již předcházejícího roku došlo k prvnímu odškodnění továrního dělníka za způsobenou újmu na zdraví v souvislosti s azbestem v USA (*Jeremy, 1995; Hurbánková, 1998; Roberta, Barbalace, 2004; Lebedová, Dlouhá, 2005; Kleger, 2010*). Britský parlament, vzhledem ke Cookově zprávě, pověřil zdravotního inspektora továren zpracovávajících azbest E. Merewethera a Ch. Price, továrního inspektora a průkopníka monitoringu prašnosti, výzkumem účinků azbestového prachu. Na základě výsledků předložených parlamentu v roce 1930, dokazujících vznik onemocnění u 66 % pracovníků po 20 letech, zavedla Británie na počátku 30. let 20. století pravidla kontroly emisí azbestového prachu. Během 2. světové války se rychle rozvíjel zdravotnický výzkum a zvyšovala se vědecká informovanost o biologickém působení na člověka i pomocí experimentů na zvířatech. Vazivové změny pohrudnice vyvolané azbestem byly popsány ve 40. letech 20. století a postupně se začalo psát o poznatcích zdravotních rizik v odborných časopisech, např. „*AIHA Journal*“, Americké asociace průmyslové hygieny (AIHA - American Industrial Hygiene Association).

Dále také v knize „Industrial Hygiene and Toxicology“ („Průmyslová hygiena a toxikologie“) z roku 1948, která se z části věnuje také ohrožení pracovníků rizikem vzniku azbestózy. V letech následujících se pozornost společnosti stále více zaměřovala na profesionální expozici a zvyšující se výskyt karcinomů plic a dalších obtíží, příčinná souvislost podložená epidemiologickými důkazy byla prokázána až v letech 1950 - 1955 (*Published as Report on the effects of asbestos dust on the lungs and dust suppression in the asbestos industry, 1930; Gee, Greenberg, 2002; Bartrip, 2004*).

V Československu publikovali práce týkající se azbestózy K. Holomán v roce 1950 a M. Nosál roku 1956. V těchto letech byl také zveřejněn další článek o azbestovém průmyslu ve výše jmenovaném časopise a v roce 1958 byla problematika opětovně řešena ve druhém vydání knihy „Industrial Hygiene and Toxicology“. Příčinná souvislost mezoteliomu a expozice azbestu byla dokázána až v roce 1960 lékařem J. C. Wagnerem a jeho spolupracovníky, kteří popsali vzácný typ nádoru jako příčinu úmrtí 33 horníků těžících krokydolit v JAR (*Hurbánková, 1998; Vějlupková, Lebedová, 2000b; Lebedová, Dlouhá, 2005*).

V počátcích 60. let pronikly na veřejnost zprávy, že vedení průmyslových podniků a azbestových dolů bylo již informováno o riziku expozice azbestu svých zaměstnanců, avšak nebyla učiněna žádná bezpečnostní opatření, a proto se začaly vyskytovat soudní spory, v nichž se postižení zaměstnanci domáhali finanční náhrady za poškození zdraví. K rozhodnutí o nutnosti sledování tohoto rizika v pracovním prostředí došlo až koncem 60. let, avšak nikdo se až do 80. let nezabýval potenciálním rizikem azbestu uvolňujícím se z výrobků, které ho obsahují. Roku 1966 (a druhé vydání 1977) vyšly publikace zabývající se problematikou azbestózy u dělníků zpracovávajících azbest, a to „Occupational Diseases: A Guide to Their Recognition“ („Nemoci z povolání: Průvodce jejich rozpoznáváním“) a „Industrial Hygiene and Toxicology“ („Průmyslová hygiena a toxikologie“). Publikace s názvem „Fundamentals of Industrial Hygiene“ („Základy průmyslové hygieny“) řeší problematiku azbestu v prvním vydání z roku 1971 jen ve dvou paragrafech, ve druhém, vydaném v roce 1988, pak na 18 stránkách. Americká Správa bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (OSHA - Occupational Safety and Health Administration) po roce 1972 vydala, pro dřtírny azbestu a průmysl, předpisy stanovující přípustný expoziční limit azbestových vláken ve vzduchu na  $5 \text{ F.cm}^{-3}$ . Odborný měsíčník „Journal of the American Society of Safety Engineers“, který vydávala Americká společnost bezpečnostních inženýrů (ASSE - American Society of Safety Engineers), v letech 1972 až 1980 publikoval o azbestu 6 článků, např. článek z roku 1972 pojednává o normách pro azbestový prach a článek vydaný roku 1975 se věnuje eliminaci rizik expozice azbestu.

Ve roce 1975 vyšel v časopise „AIHA Journal“ článek „Kontrola azbestu při práci u parních turboagregátů“ hovořící o tepelné izolaci jako zdroji expozice, poprvé tak bylo zmíněno riziko pro uživatele výrobků s azbestem. Celkově byla v časopise „AIHA Journal“ publikována tato problematika ve 12 článcích. Ve 2. vydání „The handbook of Occupational Safety and Health“ („Příručka bezpečnosti a ochrany zdraví při práci“) z roku 1976 hovoří o azbestu podkapitola „Nekovové prachy“, další náklad této publikace z roku 1987 věnuje tomuto tématu 19 stran. Do pozdních 70. let podávaly časopisy pro pracovníky BOZP o riziku expozice omezené informace, ani na konferencích BOZP nebyla tématu, mimo laboratorních metod daných odvětví, věnována potřebná pozornost (*Ringo, 2004; Roberta, Barbalace, 2004*).

Postupem času byla stále více informována jak odborná, tak laická veřejnost a začalo přibývat případů soudních sporů mezi zaměstnanci a zaměstnavateli o náhradu za způsobenou škodu na zdraví vlivem expozice azbestu, např. ve Velké Británii požadují odškodnění pracovníci exponovaní v průmyslu od 40. do 90. let. 20. století. Dalším takovým případem byl soud s manažery italské pobočky švýcarské firmy Eternit z roku 2009, obviněných z vědomého porušování bezpečnostních předpisů při manipulaci s azbestem, čímž měli zapříčinit úmrtí nejen zaměstnanců továrny, ale také obyvatel ve městech Bagnoli, Casale Monferrato, Cavagnolo a Rubiera, kde mělo na následky expozice azbestu zemřít cca 1500 lidí a několik set dalších onemocnět (*Lébr, 2009*).

Poté, co roku 1997 zakázala Francie dovoz a používání chryzotilu z Kanady (která přes 95 % těžby exportovala) a na tzv. Panelové diskuzi v roce 2000 Světová obchodní organizace označila jako klamavou ideu „kontrolovaného používání“ chryzotilu, kterou prosazovala kanadská firma QAMA (Quebec Asbestos Mining Association), sponzorující „studii“ demonstrující bezpečnost chryzotilu v zájmu prodeje, se výroba přesouvala. Např. do Mexika dovážela Kanada v roce 2000 cca 70 % chryzotilu (v roce 1992 jen 30 %) a výrobky byly z třetiny exportovány do států Střední Ameriky. V souvislosti s tím stoupl počet onemocnění maligním pleurálním mezoteliomem ze 30 případů v roce 1997 na 130 v roce 2000 (*Egilman et al., 2003; Guadalupe et al., 2003; Kazan-Allen, 2003*).

Ve Velké Británii proběhla studie pracovníků vystavených expozici azbestu a zemřelých na azbestózu a maligní mezoteliom mezi lety 1971 - 2005 s cílem identifikace faktorů podporujících riziko úmrtí na ně. Z výsledků vyplynulo, že azbestóza byla příčinou čtvrtiny a mezoteliom dvou třetin případů úmrtí. Studie potvrdila klesající incidenci obou onemocnění u nedávno profesně exponovaných pracovníků, což patrně souvisí s lepšími bezpečnostními opatřeními (*Harding, Darnton, 2010*).

Ve Skotsku byla v roce 2000 provedena studie, která zjistila v tomto roce 120 diagnostikovaných onemocnění v souvislosti s azbestem, přičemž 100 případů tvořil mezoteliom. V celé Británii byly v roce 2000 náklady na léčení exponovaných odhadovány na více jak 16 mil. £ a bylo potvrzeno téměř 1 700 případů úmrtí (*Tossavainen, 2004*).

V roce 2005 provedl odborný časopis *Acta Medica Lituanica* retrospektivní vyhodnocení, zaměřené na příčinnou souvislost pacientů s rakovinou dýchacího ústrojí, kteří pracovali v loděnicích, stavebnictví, slévárnách, sklárnách a továrnách na azbestocement, nebo jako svářeči a kováři, s expozicí azbestu v pracovním prostředí. Celkem se studii podrobilo 220 osob (207 mužů, 13 žen) v průměrném věku při stanovení diagnózy 62,6 let u mužů a 62,5 let u žen. 72,7 % pacientů byli kuřáci, nebo bývalí kuřáci (20,9 %), 11 pacientek nikdy nekouřilo, 1 současná a 1 bývalá kuřačka. Mezi 68 muži a 9 ženami, kteří nikdy nebyli azbestu vystaveni, bylo v době diagnózy 52 mužů kuřáků, 1 nikdy nekouřil. Dále 1 pacient s maligním mezoteliomem ze 2 byl exponován azbestu při práci (*Everatt et al., 2005*).

### **3.2 Hodnocení rizika a nemoci z povolání způsobené expozicí azbestu**

Karcinogenní vlastnosti látek se vyjadřují pomocí jednotky rizika a dávky. Riziko vyjadřuje míru pravděpodobnosti, s jakou se za definovaných podmínek expozice reálně projeví nepříznivý účinek dané látky - v případě azbestu znamená, s jakou pravděpodobností jedinec, dýchající během průměrného věku 70 let nepřetržitě vzduch obsahující azbestová vlákna v koncentraci  $1 \text{ mg.m}^{-3}$  (tzn. cca 20 tis. vláken/den při koncentraci až  $1\,000 \text{ F.m}^{-3}$ ) onemocní rakovinou. Pro azbest činí jednotka rizika  $2 \cdot 10^{-5}$ , tzn. že na 100 tis. celoživotně exponovaných jedinců, připadají 2 případy rakoviny. V populaci tvořené z 30 % kuřáky je riziko  $10^{-6}$  až  $10^{-5}$  pro vznik rakoviny a  $10^{-5}$  až  $10^{-4}$  pro vznik maligního mezoteliomu pleury. Dávka udává množství látky, které na 100 tis. celoživotně exponovaných jedinců vyvolá 1 případ rakoviny a v případě azbestu činí  $50 \text{ F.m}^{-3}$  (*Reichrtová, 1997; Dlouhá, 2012*).

Analýza rizik v pracovním prostředí slouží k identifikaci rizikových faktorů, způsobujících nemoci z povolání, pracovní úrazy i další poškození zdraví za účelem identifikace exponovaných pracovníků, zjištění druhu nebezpečné látky, způsobu, míry a délky expozice, hodnocení daného rizika, zavedení principů řízení rizik, posouzení návrhů prevence eliminaci a kontroly a hodnocení přijatých. Cílem analýzy rizik je zavedení opatření pro ochranu zaměstnanců, o nichž je zaměstnavatel povinen informovat, stejně jako o ochraně proti nim.

Cílem je též výcvik v ochraně zdraví a bezpečnosti při práci a prostředků pro zavádění těchto opatření. Zaměstnavatel musí povinně provádět hodnocení pracovních rizik vždy jednou za rok a v případě technických, technologických, či organizačních změn podmínek (*Egilman et al., 2003; Guadalupe et al., 2003; Kazan-Allen, 2003*).

Hodnocení zdravotního rizika je, dle zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, metoda pro stanovení pravděpodobnosti vzniku rizika onemocnění porovnáním s obecně uznávanou danou mírou a úrovní rizika, spočívající ve zjištění druhu látky a identifikaci stupně její nebezpečnosti, charakterizaci vztahu dávka - účinek a existujícího i potenciálního rizika, a to na základě všech dostupných dat, sloužící pro řízení rizika (*Provazník et al., 2004; Jiřík, Volf, 2011*). NV č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, Hlava III., díl 4, v § 20 stanovuje pro hodnocení zdravotního rizika při práci s azbestem povinnost ověření jeho přítomnosti (včetně formy) na pracovišti, a to na základě informací získaných od vlastníka stavby či z jiného ověřitelného zdroje (v případě nedostupnosti se musí materiály pravděpodobně obsahující azbest analyzovat, nebo se vychází ze znalosti materiálů známých) a předpokládaný rozsah a dobu trvání práce s azbestem. V USA a EU je zvykem, že informacemi o výskytu azbestu v objektu disponuje jeho majitel nebo správce, např. v Německu tato povinnost vychází přímo ze zákona, zatímco v ČR je tato povinnost omezena pouze pro případy rekonstrukcí (*Provazník et al., 2004; Červenka, 2005*).

Účelem preventivních opatření ke snížení či odstranění rizika je jeho eliminace nebo alespoň redukce na nejnižší možnou úroveň na podle nejnovějších poznatků. Patří k nim opatření technická (např. náhrada hlučných strojů), technologická (např. náhrada toxických látek), preventivní prohlídky zaměstnanců, náhradní opatření, pracovní přestávky, střídání pracovníků, změna pracovní doby či prostředky osobní ochrany (*Komárek et al., 2011*).

Zaměstnavatel má povinnost vést u zaměstnanců vystavených riziku vzniku nemoci z povolání dokumentaci např. o lékařských preventivních prohlídkách, sledování zátěže pracovníků, počtu směn v riziku apod., kterou musí v případě expozice azbestu z důvodu latence uchovávat 40 let od ukončení expozice. Hlavní sledovaný ukazatel expozice zaměstnance a hodnocení rizika karcinogenity azbestu je početní koncentrace respirabilních vláken v pracovním ovzduší, tj. delších než 5  $\mu\text{m}$  s průměrem pod 3  $\mu\text{m}$  a poměrem délky k průměru větším než 3:1. Dalšími sledovanými parametry jsou délka expozice, doba setrvání ve tkáních, bioperzistence vláken, štěpitelnost, povrchové vlastnosti vlákna (hladkost, ostrost, špičatost, symetričnost) a chemické složení (*Kleger, 2010; SZÚ, ©2012*).

Od 1. června 2015 se, dle nařízení EP a Rady č. 1272/2008 (nařízení CLP - Classification, Labelling and Packaging of substances and mixtures) pro klasifikaci, označování a balení látek a směsí upozorňující na riziko, používá Globálně harmonizovaný systém klasifikace a označování chemikálií (GHS). Skládá se z výstražného symbolu nebezpečnosti (viz Obr. 12), signálního slova „varování“ (tzn. méně závažná úroveň nebezpečnosti) nebo „nebezpečí“ (závažnější úroveň nebezpečnosti) a tzv. H-věty (standardní věty o nebezpečnosti) a P-věty (pokyny pro bezpečné zacházení), které nahradily níže jmenované původní R-věty (Standardní věty označující specifickou rizikovost) a S-věty (Standardní pokyny pro bezpečné nakládání) (*Mičán, 2012*):

- R45 Může vyvolat rakovinu
- R48/23 Toxický: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici vdechováním
- S22 Nevdechujte prach
- S45 V případě nehody, nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc (je-li možno, ukažte toto označení)
- S53 Zamezte expozici - před použitím si obzarejte speciální instrukce

**Dle nového systému GHS je azbest klasifikován následujícím způsobem (*Mičán, 2012*):**

- Carc. 1A, STOT RE 1
- H350 Může vyvolat rakovinu
- H372 Způsobuje poškození orgánů při prodloužené nebo opakované expozici
- Signální slovo: „nebezpečí“
- Výstražné symboly: GHS08 - látky nebezpečné pro zdraví



**Obr. 12:** Výstražný symbol GHS08 (*zdroj: Mičán, 2012*)



Experimentální epidemiologické studie Mezinárodní agentury pro výzkum rakoviny IARC z roku 1955 prokázaly riziko maligního pleurálního mezoteliomu a plicního karcinomu u pracovníků těžících a zpracovávajících chryzotil, amozit a krokydolit, jejich rodin a obyvatel v okolí dolů, u nichž byla tato onemocnění diagnostikována. IARC publikovala hodnocení těchto a dalších studií, z nichž vyplývá riziko onemocnění expozicí v budovách, v nichž je azbestových materiálů užito, v roce 1972 a právě na základě těchto hodnocení Světová zdravotnická organizace WHO klasifikuje všechny azbesty jako prokázaný karcinogen 1. skupiny s bezprahovou úrovní expozice (tzn. že neexistuje nejvyšší přípustná koncentrace) (*Eminger, 2011; Dlouhá, 2012; SZÚ, ©2012*).

Celosvětově je podle WHO azbestu v pracovním prostředí exponováno cca 125 mil. lidí a další miliony byly exponovány v letech minulých (*WHO, ©2010*). Dle odhadů ILO byl azbest roku 1998 příčinou úmrtí na maligní pleurální mezoteliom (MPM) až 10 tis. zaměstnanců stavebního průmyslu v Evropě (cca 5 000 případů ročně), Japonsku a Severní Americe, z toho v USA cca 3 000 případů (tzn. pod 0,04 % všech úmrtí). Během posledních 25 let byl celosvětově zaznamenán nárůst a jen v Evropě se do roku 2030 předpokládá cca 250 - 300 tis. úmrtí v souvislosti s tímto onemocněním. V případě rakoviny plic pak počet úmrtí v těchto zemích činí cca 20 tis. případů ročně. WHO v současnosti jen v EU zaznamenává 20 až 30 tis. případů onemocnění spojených s azbestem (*Petránek, 1993; Everatt et al., 2005; Březová, 2012*). Počet nových případů MPM v posledních letech mírně klesá ve Skandinávii, přesto však bylo např. ve Švédsku zaznamenáno více úmrtí vlivem expozice azbestu, než smrtelných pracovních úrazů (*Smerhovský, 2000; Dlouhá, 2012*).

Ostrá azbestová vlákna mohou do organismu proniknout i skrze pokožku a jejich zarůstáním do kůže může vzniknout tzv. azbestová bradavice. Diskutovaným tématem je rakovina GIT (gastrointestinálního traktu) a hrtanu způsobená azbestovými vlákny spolknutými ve vodě (z azbestocementového potrubí), nebo v hlenu z plic, či průnik vláken stěnou střev do krevního oběhu jako riziko pro kardiovaskulární a imunitní systém. Jednoznačná příčinná souvislost mezi těmito onemocněními a expozicí azbestu z pitné vody nebyla prokázána (*Kleger, 2010; Dlouhá, 2012*). Pro příklad lze uvést publikaci WHO z roku 1996 „Guidelines for drinking water quality“, která podle výsledků epidemiologických studií a pokusů na zvířatech uvádí, že limitní hodnota azbestu v pitné vodě nemusí být stanovena, neboť se nepodařilo prokázat zvýšené riziko onkologického onemocnění GIT následkem požití vody s jejich obsahem (*Kleger, 2010; Kožíšek, Pumman, 2014; IRZ, ©2016a*). Podobně časopis „Cancer Causes and Control“ v roce 1997 přináší shrnutí výsledků obdobných studií s konstatováním, že nelze jasně prokázat tento způsob vzniku rakoviny ledvin nebo GIT.

Časopis „Environmental Health Criteria 203“ v článku publikovaném v roce 1998 uvádí předpoklad omezené propustnosti stěn GIT pro azbestová vlákna a časopis „Medical Hypotheses“ publikoval článek týmu maďarských vědců „Asbestos fibres in drinking water: are they carcinogenic or not?“. Tento článek uvádí, že rizikové působení azbestových vláken v pitné vodě bylo prokázáno experimenty na laboratorních zvířatech, která požívala vodu obsahující kromě azbestu také benzo[a]pyren, ve smyslu kokarcinogenního účinku s adsorbovanými organickými látkami, tedy že jejich karcinogenní účinek může azbest zvyšovat. Dle Agentury pro ochranu životního prostředí Spojených států (US EPA - United States Environmental Protection Agency) u lidí dlouhodobě pijících vodu s koncentrací azbestu přes 7 mil. F/l hrozí vyšší riziko nezhoubných střevních polypů (*Kožíšek, Pumman, 2014*).

Dětský organizmus je oproti dospělému vůči působení karcinogenů kvůli fyziologické nezralosti a odlišné anatomicko-fyziologické charakteristice dýchání v období od 2 do 16 let prokazatelně až 3 × vnímavější. Děti mladšího školního věku mají dechovou frekvenci cca 2 × vyšší oproti dospělým, a to 20 až 30 nádechů/min. Důležitým faktorem u dětí je také energeticky méně náročné a hluboké brániční dýchání. Vlivem těchto faktorů a předpokladu delšího dožití hrozí u dětí vyšší depozice azbestu v plicích a tím vyšší riziko vzniku onemocnění, jejichž příznaky však z důvodu dlouhé latence téměř není možné v raném věku ještě pozorovat (*Reichrtová, 1997; Dlouhá, 2006; Dlouhá, 2012*).

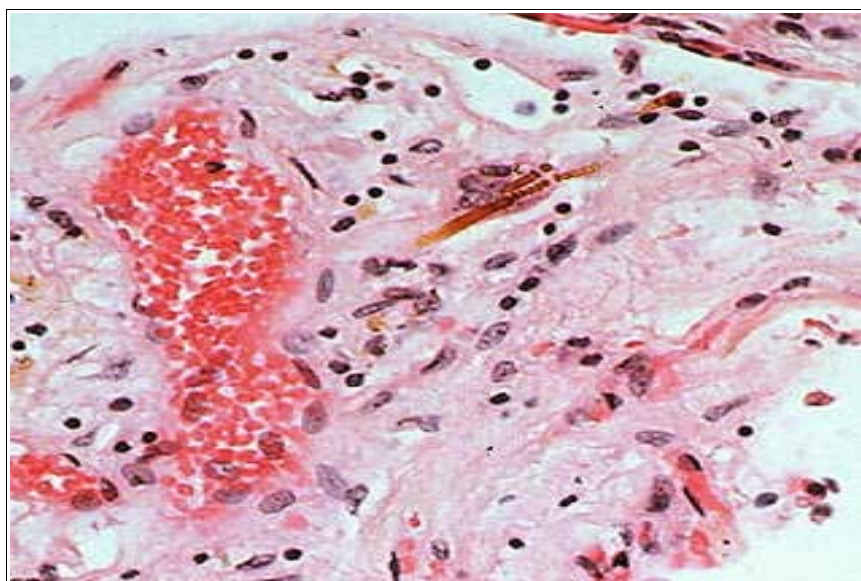
Podle Mezinárodního informačního systému profesionálních expozic karcinogenům CAREX (CARcinogen Exposure) bylo v ČR v roce 1997 cca 55 tis. profesionálně exponovaných pracovníků (z toho 28 tis. ve stavebnictví) (*Smerhovský, 2000; Dlouhá, 2012*). Trend růstu počtu případů maligních onemocnění vlivem expozice azbestu je v ČR podobný. V současné době je odhad incidence u mužů 10 až 66 a u žen 1 až 25 případů na 1 mil. osob (*Nakládal et al., 2005*). Na počátku 21. století vznikl z iniciativy Státního zdravotního ústavu (SZÚ) v Praze Registr profesionálních expozic karcinogenům (REGEX), sloužící k monitoringu rizik vzniku rakoviny jako nemoci z povolání u pracovníků nakládajících nějakým způsobem s azbestem, přičemž jsou KHS evidovány osoby exponované min. 60 pracovních dní. MPM je sledován Ústavem pro zdravotnické informace a statistiku a Národním registrem nemocí z povolání. Azbestóza byla s typickými rentgenovými (RTG) znaky, nebo ve spojení s rakovinou plic do Seznamu nemocí z povolání zařazena, profesorem MUDr. J. Teisingerem, DrSc., od roku 1947 (např. v Británii již v roce 1930, v Německu 1936). Do roku 1964 byly údaje o těchto onemocněních hlášeny státním orgánům souhrnně za celé Československo, od roku 1964 bylo pak, bez započtení Slovenska, hlášeno cca 250 případů (*Hurbánková, 1998; Vejlupeková, Lebedová, 2000b; Fenclová, 2009; Dlouhá, 2012*).

Onemocnění vyvolaná expozicí azbestu jsou definována v Seznamu nemocí z povolání, který je přílohou NV č. 290/1995 Sb. (novelizovaného NV č. 114/2011 Sb.), v Kapitole III, Položce 2 - „Nemoci dýchacích cest, plic, pohrudnice, nebo pobřišnice způsobené prachem azbestu“. Onemocnění vyvolaná expozicí azbestu se dělí na dvě kategorie, a to na nezhoubná nenádorová (benigní), k nimž patří azbestóza, hyalinóza pohrudnice s ventilační poruchou restriktivního typu, pleurální výpotek, difúzní pleurální ztlustění, okrouhlá atelaktáza, moduly v plicním parenchymu a zhoubná nádorová (maligní), mezi která náleží bronchogenní karcinom plic či hrtanu ve spojení s azbestózou nebo s hyalinózou pleury, maligní mezoteliom pohrudnice nebo pobřišnice. Definují se jako nemoci vznikající při práci, u níž je prokázána taková míra expozice azbestu, která je dle současných lékařských poznatků jejich příčinou. Nemoci z povolání jsou monitorovány Národním registrem nemocí z povolání Centra pracovního lékařství SZÚ v Praze (*Dlouhá, 2012*).

### **3.2.1 Azbestóza a pleurální hyalinóza**

#### **a) Azbestóza**

Azbestóza, či intersticiální plicní fibróza, je nezhoubné onemocnění plic, popsané už na přelomu 19. a 20. století, vznikající dlouhodobým vdechováním vysokých koncentrací azbestu při těžbě nebo zpracování azbestu, s dobou latence v rozmezí 20 až 30 let. Přestože průběh je relativně pozvolný, jedná se o onemocnění vážné až fatální, přičemž závažnost závisí hlavně na délce expozice a koncentraci vdechovaných vláken.



**Obr. 13:** Plicní tkáň s částicemi azbestu (*zdroj: Pelclová, 2006*)

Na RTG snímcích plic postižených tímto onemocněním je rozeznatelné typické symetrické postižení obou laloků, šířící se od dolních plicních polí, s nepravidelnými lineárními až skvrnitými stíny. Vdechovaná azbestová vlákna způsobují v alveolách těžké zánětlivé podráždění plicního parenchymu (viz Obr. 13), jehož následkem vzniká difúzní fibróza, při níž se plicní epitel postupně přeměňuje na fibrózní vazivovou tkáň, připomínající zjizvení, která zabraňuje normálnímu rozpínání plic. Dochází ke vzniku chronické bronchitidy, jejímž projevem je nejprve lehká námahová a později i klidová dušnost (s neproduktivním kašlem), vyvolaná sníženým zásobením plic okysličenou krví, na které organismus reaguje zvýšením srdeční činnosti, která může mít za následek zbytnění srdečního svalu. Léčba onemocnění je pouze symptomatická (*Pelclová, 2006; Kleger, 2010; Dlouhá, 2012*).

### ***b) Pleurální hyalinóza***

Toto, ve většině případů asymptomatické, onemocnění vzniká u cca 1/3 exponovaných jedinců v závislosti na míře expozice nejdříve po cca 15 letech, teprve po více než 30 letech od počátku expozice azbestu se výrazněji zhoršuje. Azbestová vlákna, transportovaná lymfatickým systémem z alveolů či přímo přes pleuru, způsobují v pohrudniční (pleurální) dutině, parietální i viscerální pleure (pohrudnici i poplicnici) a zřídka i peritoneu (pobřišnici) lokální změny vazivové tkáně. Následně dochází k tvorbě ohraničených kalcifikovaných plaků, nebo difúznímu zhuštění vaziva na pohrudnici a prorůstání do tkáně plic po opakované akutní exudativní pleuritidě. Rozsáhlejší postižení se projevuje dušností, dráždivým kašlem a trvalou bolestí na hrudi, způsobenou zánětlivým pleurálním výpotkem, s vysokou koncentrací bílkovin a laktátdehydrogenázy, který se však ve většině případů samovolně vstřebá a jen vyjíměčně je zjištěn v objemu větším než 500 ml. Převážně ale k výraznému zhoršení kvality života nedochází, nemoc bývá zjištěna při jiném vyšetření na RTG či počítačové tomografii (CT - computer tomography) plic (*Pelclová, 2006; Dlouhá, 2012*).

## **3.2.2 Karcinom plic a maligní pleurální mezoteliom**

### ***a) Karcinom plic***

Plicní karcinom patří mezi nejběžnější formy rakoviny, zejména v průmyslových oblastech se silným znečištěním ovzduší. Typickými projevy nemoci jsou, v závislosti na rozšíření, především bolest na hrudi doprovázené zvýšenou teplotou a vykašláváním krvavého hlenu (hemoptýza), nechutenství a s ním spojený váhový úbytek. K prvním projevům od expozice (na míře velmi záleží) dochází po cca 15 letech a max. výskyt je mezi 20 až 30 lety.

První poznatky o spojitosti expozice a plicním karcinomem byly zjištěny v polovině 30. let 20. století. Celkové riziko bylo později vyhodnoceno jako až 4 × větší v případě amfibolu či směsi s chryzotilem v porovnání s čistým chryzotilem (*Lynch, Smith, 1935; McDonald, 1990; SZÚ, ©2012*). Souvislost byla definitivně potvrzena v polovině 50. let 20. století na základě kohortových studií mezi pracovníky v textilním průmyslu. Později u dělníků (zároveň kuřáků) pracujících s tepelnou izolací obsahující azbest došlo ke zjištění, že kouření výrazně zvyšuje riziko vzniku rakoviny plic v synergickém působení s expozicí azbestu a studium vztahu expozice - účinek a expozice - odpověď přineslo pozitivní souvislost expozice a velikosti odpovědi. Riziko vzniku karcinomu plic a úmrtí na něj je dle literatury ve srovnání s neexponovanými nekuřáky u exponovaných nekuřáků vyšší zhruba 5 ×, u exponovaných kuřáků pak 50 × až 90 ×, v případě neexponovaných kuřáků pak vyšší cca 11 ×. Odhaduje se, že 2 až 3 % (podle jiných studií 4 - 12 %) zaznamenaných případů jsou vyvolána azbestem (*Breslow, 1955; Doll, 1955; Selikoff, 1968*). V Kanadě a USA proběhly specifické studie hodnotící relativní význam určitých povolání, při nichž může dojít k expozici pracovníků azbestem (*McDonald 1980*). Bylo provedeno mnoho kohortových studií, kontrol i experimenty na zvířatech a buněčných modelech, které podrobně studovaly organizace IARC a IPCS (International Programme on Chemical Safety - Mezinárodní program pro bezpečnost chemických látek) (*Lee, 2001; Nurminen, Karjalainen, 2001*).

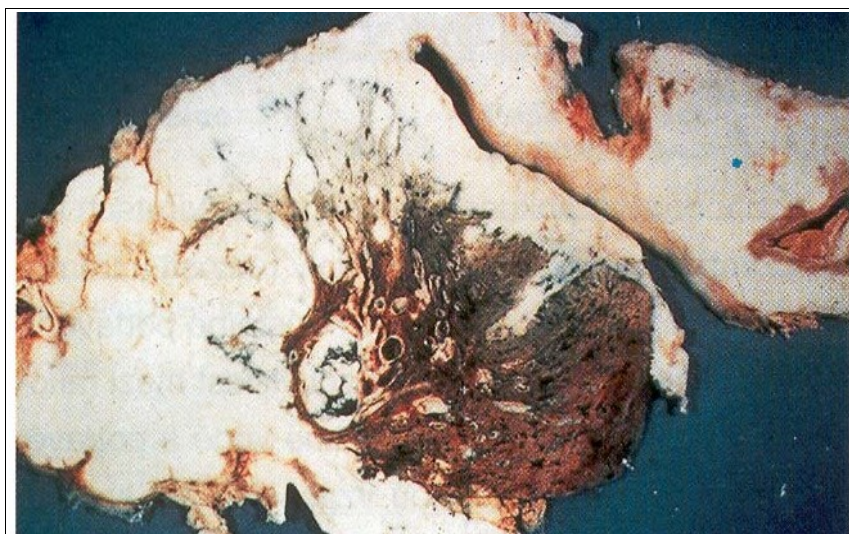
#### **b) Maligní pleurální mezoteliom**

MPM - viz Obr. 14, je agresivní zhoubné nádorové onemocnění, s mediánem přežití od 4 do 18 měsíců, nazývané někdy též „azbestová rakovina“, postihující viscerální pleuru (poplicnice) a parietální pleuru (pohrudnice), což je vazivová blána kryjící plíce a stěnu hrudní. V závislosti na aktuálním stadiu (dle klasifikace se rozlišují 4 stadia) nemoci se projevuje dušností, dráždivým kašlem a později i hemoptýzou, chrapotem, změnou hlasu, poruchou polykání, horečkami, nočními poty, nechutenstvím a úbytkem váhy, anemií, bolestmi na hrudi a v zádech (dle rozšíření nádoru a opakovaným vznikem výpotku), zvětšení obvodu pasu vlivem prorůstání nádoru do dutiny břišní, vyklenutí části hrudníku v místě nádoru. Diagnóza se stanovuje na základě anamnézy, provedení základního vyšetření, které sestává z poslechu a pohmatu hrudníku a krčních a nadklíčkových lymfatických uzlin, odběru krve a jiných biologických tekutin, např. pohrudničního výpotku. Dále se provádí laboratorní vyšetření a vyšetření zobrazovacími instrumentálními metodami (RTG, CT, NMR - nukleární magnetická rezonance, PET - pozitronová emisní tomografie, ultrazvuk, bronchoskopie) a histologickým rozbohem odebrané tkáně (biopsie).

Chirurgickou léčbu lze provádět pouze v případě, že nádorová tkáň je jasně ohraničena a musí být podpořena systémovou chemoterapií, tlumící symptomy (bolesti, dušnost apod.) a blokující recidivu a šíření nádoru, při níž jsou pacientům podávána cytostatika (např. cisplatina) a vitaminy (např. B<sub>12</sub>, kyselina listová). Pokud nádor prorůstá do hrudní stěny je na místě radikální radioterapie (*Peto et al., 1999; Skříčková, Staňová, 2010*).

V případě MPM není kouření faktorem zvyšujícím pravděpodobnost výskytu nemoci, jelikož na rozdíl od plicního karcinomu dochází k rakovinnému bujení na vnitřním epitelu hrudníku, dutiny břišní nebo povrchu plic. Za hlavní faktor vzniku MPM je považován průměr a délka azbestových vláken (1 - 0,3 μm), zejména amfibolových, která se při vdechnutí dostanou až do alveolů a z nich až k pleuře, kde mechanicky dráždí a poškozují buňky (viz oddíl 3.2.3 Mechanismus působení vlákna a obranné reakce organismu). Incidence byla také u lidí žijících v oblastech těžby a zpracování azbestu a rovněž u rodin exponovaných osob, přinášejících azbest např. na oblečení nebo ve vlasech (*Pelclová, 2006; Skříčková, Staňová, 2010; Dlouhá, 2012*).

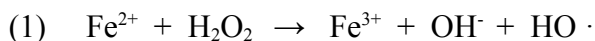
Prokazatelná souvislost expozice a MPM byla poprvé publikována v 60. letech 20. století, výskyt onemocnění stoupal (v závislosti na vzrůstající těžbě a spotřebě azbestu) od 60. do 80. let s odstupem 30 až 40 let, což je prokázaná doba latence, u mužů 3,5 × a u pak žen 1,4 ×. Mortalita se během posledních dekád zvyšuje o 5 až 10 % ročně, neboť opatření, omezující používání azbestu ze 70. let 20. století, se projeví teprve po uplynutí doby latence. Proto je vrchol výskytu MPM predikován kolem roku 2020, přičemž mortalita v letech 1995 až 2029 dosáhne pravděpodobně jen v oblasti východní Evropy 250 000 případů a nejrizikovější skupinu budou tvořit muži narození v letech 1945 až 1950 (*Wagner et al., 1960; Gergelová et al., 2005; Skříčková, Staňová, 2010; SZÚ, ©2012*).



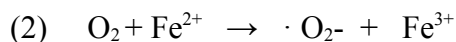
**Obr. 14:** Mezoteliom pleury (*zdroj: SZÚ, ©2012*)

### 3.2.3 Mechanismus působení vlákna a obranné reakce organismu

Pokud nejsou vdechnutá azbestová vlákna zadržena v horních dýchacích cestách řasinkami, první obranná reakce organismu spočívá v tvorbě a vykašlávání hlenu, což je však účinné pouze v případě spirálovitých chryzotilových vláken, která jsou identifikovatelná ve vykašlaném sputu (tzv. azbestová tělíska). Tento způsob vylučování však není dostatečně účinný, a to zejména u kuřáků s oslabenou obranyschopností, jelikož azbestová vlákna mechanismem svého působení v plicích zvyšují vstřebávání karcinogenních látek obsažených v dehtu, např. benzo[a]pyrenu. Při hlubším průniku azbestových vláken hlouběji do plic dojde vlivem lokálního podráždění tkáně k aktivaci imunitního systému, tzn. lysozomů, cytokinů a makrofágů (Reichrtová, 1997; Hrnčíř, 2004; Dlouhá, 2012). Makrofágy jsou schopné ostrá vlákna pohltit, nikoliv ale rozložit a tak dochází k jejich poškození a odumření, při němž se uvolní do okolí enzymy i s azbestovým vláknem, které následně vyvolají lokální podráždění tkáně. Vlákno pak může být dalšími makrofágy opakovaně pohlcováno se stejným výsledkem, čímž se rozšiřuje poškození tkáně působením jejich uvolněných trávicích enzymů. Během fagocytózy vláken makrofágy spotřebovávají značné množství kyslíku, přičemž dochází k tzv. respiračnímu vzplanutí a tvorbě volných radikálů  $\cdot\text{OH}$ ,  $\cdot\text{O}_2$  (ROS - Reactive Oxygen Species), které mohou být iniciátory onkogeneze (Pouzar, 2012). Mitochondriemi uvolňovaný  $\text{H}_2\text{O}_2$  (peroxid vodíku) je za přítomnosti kationtů  $\text{Fe}^{2+}$  redukován tzv. Fentonovou reakcí na vysoce reaktivní  $\cdot\text{OH}$  (hydroxylový radikál), viz rovnice (1), který může tvořit např. lipoperoxidy.



Reakcí kyslíku s povrchem azbestových vláken dochází k uvolňování redoxně aktivního Fe (amfiboly obsahují až 33 %, chryzotil 6 % Fe), viz rovnice (2), které funguje jako katalyzátor reakce  $\text{H}_2\text{O}_2$  se superoxidovým aniontem ( $\cdot\text{O}_2^-$ ), při které vzniká hydroxylový radikál, viz rovnice (3). Cytotoxicita, zesilovaná ještě kationty  $\text{Mg}^{2+}$ , tedy závisí také na koncentraci Fe, katalyzujícím vznik ROS (Červenka et al., 2006; Pouzar, 2012).



ROS a další látky vznikající jejich působením, např. zmíněné lipoperoxidy, jsou příčinou tzv. oxidativního stresu poškozujícího biomembrány mitochondrií a dalších organel, které jeho následkem vylučují proteiny vyvolávající apoptózu (Pouzar, 2012). Dlouhodobý oxidační stres způsobuje v důsledku např. akumulaci nukleosidu 8-hydroxy-2'-deoxyguanosin (8-OHdG), který oxidací mění strukturu proteinů a tvoří tzv. DNA (deoxyribonucleic acid) adukty.

Pro tento mutagenní potenciál je nejvyužívanějším biomarkerem pro stanovení poškození DNA oxidativním stresem. Lokálním narušením tkáně vzniká chronická zánětlivá reakce, která může v důsledku vést až ke zhoubnému bujení (*Ďuračková, 1998; Racek, 2003*). Reaktivitu volných radikálů (resp. tvorbu dalších) vznikajících, mimo jiné, v důsledku expozice azbestu organizmus redukuje vlastními antioxidanty, např. glutathionperoxidázou, superoxiddismutázou, melatoninem či přijímanými potravinami (vitaminy, karotenoidy či flavonoidy). Vysoký obsah Fe v organizmu redukuje chelatační činidla, např. desferioxamin, Chelaton II (EDTA - kyselina ethylendiamintetraoctová) (*Racek, 2003*).

Chryzotil se v plicích částečně může štěpit a mírně rozpouštět působením enzymů v plicních tekutinách, proto mají amfiboly vyšší karcinogenní potenciál než chryzotil, což dokládají výsledky studií na zvířatech dlouhodobě exponovaných konstantní koncentrací amfibolů a chryzotilu, jehož koncentrace se v plicích zvířat ustálila, zatímco u amfibolů lineárně narůstala. Amozit vyvolal při stejné koncentraci chryzotilu 4 × a krokydolit až 10 × častěji rakovinu, i riziko MPM je u chryzotilu menší než u amfibolu (*Reichrtová, 1997*).

### **3.3 Metody stanovení a limity azbestu v ovzduší, vodě a půdě**

Odběr vzorků se provádí před započítáním činností, kterými by mohlo dojít k uvolnění azbestového prachu ze stavebních materiálů, z důvodu posouzení rizika expozice zaměstnanců (*Skácel et al., 2012*). Je prováděn v interiérech budov, v nichž se nachází, např. izolační a protipožární stavební materiály, za účelem sledování koncentrace vláken azbestu při běžném způsobu užívání a údržby obytných a pracovních prostor budov, změny koncentrace vláken vlivem poškození azbestových materiálů nebo při úmyslné manipulaci s nimi, kontrole úniku do okolí při jejich odstraňování, a dále ke stanovení expozice pracovníků osobním odběrem vzorků v dýchací zóně. Jelikož výsledky získané analýzou vzorků poskytují podklad pro přípravu a průběh sanačních prací a následné užívání staveb, je příprava postupu odběru vzorků velmi důležitá (*ČSN EN ISO 16000-7; IRZ, ©2016b*).

Pro zjištění koncentrace azbestových vláken ve vnitřním ovzduší budov při běžném užívání se postupuje podle české normy ČSN EN ISO 16000-7, která popisuje způsoby vzorkování (ČSN - česká státní norma, EN - evropská norma, ISO - International organization for Standardization). Stanovení krátkodobé koncentrace při běžném užívání před provedením prací, při nichž může dojít k uvolnění vláken, se označuje jako tzv. vzorkování pozadí, v případě měření při běžné údržbě jde pak o tzv. vzorkování pro ověření vlivu činností.



Při změně způsobu užívání budov či náhlém poškození azbestových materiálů (i uměle vyvolaném) se provádí tzv. výzkumné vzorkování pro stanovení změn koncentrace vláken. V průběhu sanace je prováděno tzv. vzorkování úniků, jímž se monitoruje možný únik kontaminovaného vzduchu mimo kontrolované pásmo a okolí sanované stavby, a dále tzv. osobní vzorkování, tedy odběr vzorků v dýchací zóně pracovníků, pro sledování expozice. Po skončení prací se před ukončením bezpečnostních opatření musí provést ještě tzv. výstupní vzorkování, které má za cíl doložit eliminaci expozice po návratu k běžnému používání staveb. Účinnost provedených nápravných opatření se periodicky ověřuje tzv. běžným vzorkováním - počet měření určuje rozdíl naměřené a limitní hodnoty (*ČSN EN ISO 16000-7*).

Např. AHEM (Acta hygienica, epidemiologica et microbiologica) v Příloze 13/86 „Standardní metodika pro stanovení početní koncentrace minerálních vláken v pracovním ovzduší“ a dále NV č. 361/2007 Sb., stanovující podmínky pro ochranu zdraví zaměstnanců při práci, v části „B“, Příloze 3, popisuje odběr vzorků a stanovení početní koncentrace minerálních vláken v pracovním prostředí a při rekonstrukcích a demolicích staveb.

Před odběrem vzorků je nejprve třeba na odběrovém přístroji nastavit průtok vzduchu na 1 litr/min  $\pm$  5 %, přičemž se musí udržovat v rozmezí  $\pm$  10 % počáteční hodnoty průtoku vzduchu po celou dobu odběru a konečný objem je pak odečten s požadovanou mírou nejistoty (*IRZ, ©2016a*). Odběr vzorku může trvat v řádu minut až hodin, měří se s tolerancí 2 % a je určován na základě odhadu optimálního počtu vláken na jednotku plochy filtru, který činí 100 až 400 F.mm<sup>-2</sup> (*Eminger, 2011; ALS Laboratory Group, ©2011*). Vzorky se odebírají prosáváním vzduchu přes ploché membránové filtry, vyrobené ze smíšených esterů nebo dusičnanů celulózy, s pórovitostí od 0,45 do 1,2  $\mu$ m. Pro stacionární odběrové soupravy, určené ke vzorkování ve větším objemu, jsou používány filtry o průměru 35 mm, pro účely tzv. osobního vzorkování při sledování expozice, kdy se odběrová hlavice umísťuje v dýchací zóně pracovníků, se používají filtry o průměru 25 mm o velikosti pórů od 0,8 do 1,2  $\mu$ m s vytištěnými čtverci, které jsou upevněny do otevřeného držáku s cylindrickým nástavcem, 33 - 44 mm přesahujícím rovinu filtru, vymežujícím kruhovou plochu s průměrem min. 20 mm (*Hollerová, 2006; Jančar, 2007; ALS Laboratory Group, ©2011; Eminger, 2011*). Dýchací zónou se rozumí prostor kolem obličeje ve tvaru polokoule s poloměrem 30 cm, vymezený rovinou tváře procházející spojnicí obou uší, vrcholem hlavy a ohryzkem. Nástavec vzorkovače musí při odběru směřovat dolů. Bateriové čerpadlo může mít pracovník připevněno na opasku, nebo v kapse (*Hollerová, 2006*). Filtr se po odběru v souladu se zásadami absolutní čistoty umístí na podložní sklíčko, zprůhlední aceton-triacetinovou metodou, a poté se překryje krycím sklíčkem.

Přítomnost azbestových vláken ve vzorku lze ověřit jeho proměřením infračervenou (IR - Infra-Red) metodou v prostředí KBr, kdy se při spektru 400 až 4 000  $\text{cm}^{-1}$  projeví IR absorpční pásy. Azbestová vlákna se poté identifikují a sčítají pomocí vhodné mikroskopické techniky (*Eminger, 2011; ALS Laboratory Group, ©2011; IRZ, ©2016b*). Cena odběru vzorku vzduchu vzorkování činí několik tisíc Kč bez DPH a k tomu může být účtováno dopravné (*OMNIPURE, ©2016f*).

#### **a) Metody stanovení azbestu v ovzduší**

Pro analýzu vzorků vzduchu pracovního prostředí, zahrnující identifikaci druhu a stanovení koncentrace vláken azbestu, se užívá metoda počítání vláken na filtru pomocí optické mikroskopie s fázovým kontrastem (PCM - Phase Contrast Microscopy), optické mikroskopie v polarizovaném světle (PLM - Polarized Light Microscopy), skenovací elektronové mikroskopie (SEM - Scanning Elektron Microscopy). Pro stanovení i těch nejjemnějších azbestových vláken se používá metoda transmisní elektronové mikroskopie (TEM - Transmission Electron Microscopy). Kromě těchto mikroskopických metod lze však použít i standardizované metody světelné mikroskopie, z nichž vychází epidemiologické studie nemocí vyvolaných expozicí azbestu. Při počítání vláken se hodnoty koncentrace vláken zjištěné světelným a elektronovým mikroskopem vyjadřují pomocí vztahu  $F^* = Ff$ , kde  $f > 2$ ; ( $F^*$  - skutečná koncentrace vláken v ovzduší zjištěná elektronovým mikroskopem,  $F$  - počet vláken zjištěný světelným mikroskopem). Jako počítatelné je definováno azbestové vlákno s délkou  $\geq 5 \mu\text{m}$ , průměrem  $< 3 \mu\text{m}$  a poměrem délky a průměru  $> 3:1$ , např. norma ISO 10397 „Pro stanovení azbestu v odpadních plynech pomocí mikroskopických metod“ (*ISO 10397, 1993; Reichrtová, 1997; ALS Laboratory Group, ©2011; IRZ, ©2016b*).

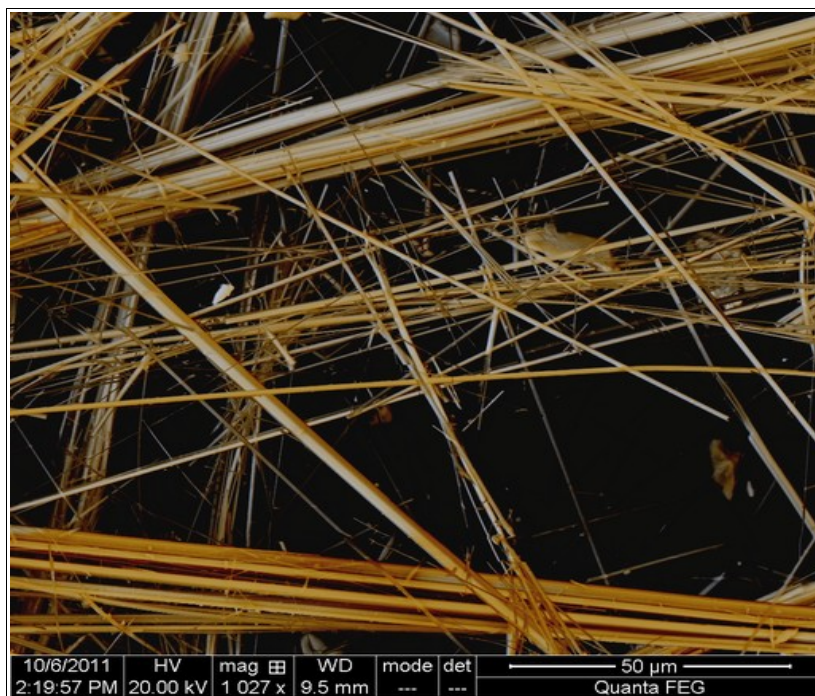
Pro počítání vláken je používán binokulární mikroskop seřízený dle instrukcí od výrobce, jehož detekční limit je denně kontrolován před zahájením práce fázově kontrastní testovací destičkou. Mikroskop musí být vybaven osvětlením podle Koehlera, Abbeho či achromatickým fázově kontrastním kondenzorem s nezávislým centrováním fázového prstence, pozitivním fázově kontrastním achromatickým objektivem zvětšujícím  $40\times$  s numerickou aperturou 0,65 až 0,70 a fázovou vrstvou v optické soustavě, případně i zařízením tvořícím fázový kontrast mimo rovinu objektivu. Absorpční destička by měla mít absorpční koeficient 65 - 85 %. Dále musí být vybaven kompenzačními okuláry se zvětšením  $12,5\times$ , přičemž min. jeden musí umožňovat vložení okulárního měřítka a být schopen zaostření, a také Walton-Becketovým kruhovým měřítkem vymežujícím pole s průměrem  $100 \mu\text{m} \pm 2 \mu\text{m}$  (*Reichrtová, 1997*).

### **Počítání vláken dle pravidel uvedených v NV č. 361/2007 Sb. v Příloze 3, části „B“:**

- má-li počítatelné vlákno oba konce uvnitř gratikulární plochy, počítá se jako jedno, pokud jen jeden konec, počítá se polovinou
- výběr gratikulární plochy pro počítání uvnitř exponované plochy filtru je náhodný
- zdá-li se svazek vláken v průběhu délky v jednom či více bodech jako nerozdělený, avšak v jiných bodech rozdělený do oddělených vláken, počítá se jako jedno vlákno, pokud svými rozměry odpovídá počítatelnému vláknu, přičemž průměr se měří na nerozdělené části
- jestliže se vlákna svazku dotýkají či kříží, ale přesto je lze rozlišit, zda odpovídají definici počítatelného vlákna, počítají se individuálně, pokud je rozlišit nelze, pokládá se svazek za počítatelné vlákno
- je-li částicemi či jejich svazkem pokryta více jak 1/8 gratikulární plochy, musí se zvolit jiná
- je počítáno 100 vláken z min. 20 gratikulárních ploch či se hodnotí 100 gratikulárních ploch
- průměrný počet vláken v jednom poli se počítá jako podíl součtu počítatelných vláken a vyšetřených polí
- kontaminace filtru musí být udržena pod 3 vlákna na 100 polí (srovnání s čistým filtrem)

Standardní metodou analýzy vzorků je např. metoda NIOSH 7400 (National Institute for Occupational Safety and Health), využívající PCM (lze i PLM), která je vhodná pro rychlou přímou analýzu vzduchu pracovního prostředí. Principem metody je převod fázového posunu, vyvolaného změnou amplitudy při průchodu světla vzorkem, na kontrast. Zvětšení při této metodě je  $400 \times$  -  $1000 \times$ , přičemž lze detekovat vlákno o min. průměru  $0,2 - 0,3 \mu\text{m}$ , avšak rozlišení azbestových vláken od jiných je obtížné (*NIOSH method 7400; ALS Laboratory Group, ©2011*).

Dále lze použít i metody SEM s mikroanalýzou EDAX (Energy dispersive analysis of X-rays - rentgenová fluorescenční analýza s rozptylem energie) nebo TEM, např. NIOSH method 7402, jejichž zvětšení je  $2\,000 \times$  až  $10\,000 \times$ . Metoda je náročná časově i přípravou vzorku (snadnější u SEM), umožňuje však kvalitní identifikaci azbestových vláken s průměrem pod  $0,25 \mu\text{m}$ . Určení morfologie je u SEM (viz Obr. 15) přesnější než u TEM, její instrumentace je ale také dražší. Jelikož se analytické možnosti obou metod liší, nelze výsledky plně srovnávat. Metodu TEM požaduje US EPA pro analýzu při kontrole vnitřního ovzduší po sanacích školních budov (*NIOSH method 7402, ALS Laboratory Group, ©2011*).



**Obr. 15:** Amozitová vlákna – snímek SEM (zdroj: Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě, ©2012)

#### ***b) Limity azbestu v ovzduší***

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. v části „A“ - „Seznamy prachů a jejich přípustné expoziční limity“, Přílohy 3 - „Prach, jeho hygienické limity a postup jejich stanovení“ stanovuje přípustné expoziční limity (PEL), mimo jiné, pro azbest i minerální vláknité prachy. Pro všechny azbesty činí hodnota PEL respirabilních vláken  $0,1 \text{ F.cm}^{-3}$ , vypočtená jako tzv. časově vážený průměr (TWA - Time Weigh Average) za referenční čas 8 hodin. Při překročení limitu a technické nebo technologické změně práce se min. každé 3 měsíce provádí měření, pokud výsledky dvou posledních měření nepřekročí polovinu PEL ( $0,05 \text{ F.cm}^{-3}$ ), provádí se měření  $1 \times$  ročně. V případě MMMF je hodnota PEL  $1,0 \text{ F.cm}^{-3}$  a hmotnostní koncentrace činí  $4 \text{ mg.m}^{-3}$ , přičemž musí být hodnoty hmotnostní a početní koncentrace dodrženy současně. Vyhláška MZ č. 6/2003 Sb., stanovující hygienické limity fyzikálně-chemických a biologických ukazatelů, v Příloze 2, Tabulce 5, mimo jiné, stanovuje dle doporučení WHO limitní hodinovou koncentraci azbestu a MMMF, která činí, v případě azbestu, pro vnitřní prostředí budov (nemocnice, školy, apod.)  $1\,000 \text{ F.m}^{-3}$ . Pro srovnání, např. ve Velké Británii je ve školách přípustná koncentrace do  $500 \text{ F.m}^{-3}$ , ve Francii se v budovách za bezpečnou považuje  $5\,000 \text{ F.m}^{-3}$ . Na pracovištích, kde dochází k manipulaci s azestovými materiály a při demolicích a sanacích mimo budovu je NV č. 441/2004 Sb. určená limitní koncentrace azbestu  $0,1 \text{ F.m}^{-3}$ , resp.  $100\,000 \text{ F.m}^{-3}$  (Elišová, 2009; Dlouhá, 2012; IRZ, ©2016a).

Práce s azbestem byly dle vyhlášky MZ č. 89/2001 Sb., kategorizovány podle charakteru zdravotní zátěže zaměstnanců. Expoziční limity pro práci s azbestem jsou dány intenzitou a délkou expozice (*Čížek, 2002*):

● **2. kategorie - ukazatelé faktorů nepřesahují hygienické limity:**

- KE (každodenní expozice) prachem s obsahem chryzotilu, jehož PEL je v rozmezí od 0,2 do 0,6 F.cm<sup>-3</sup> nebo OE, při PEL po dobu 3 měsíců od 12 až do 36 tzv. vláknodnů.cm<sup>-3</sup>
- KE prachem s obsahem ostatních azbestů, jejichž PEL je v rozmezí od 0,1 do 0,3 F.cm<sup>-3</sup> nebo OE (občasná expozice) při PEL po dobu 3 měsíců od 6 do 18 tzv. vláknodnů.cm<sup>-3</sup>

● **3. kategorie - nutné prostředky osobní ochrany a organizační ochranná opatření:**

- KE prachem, jehož PEL jsou vyšší než u daného druhu azbestu (nepřevyšující však trojnásobek hodnoty), jedná-li se o směsi azbestů, platí jako kritériální hodnota PEL amfibolových azbestů
- OE prachem při hodnotách vláknodnů.cm<sup>-3</sup> nepřevyšujících 3-násobek hodnot 2. kategorie

● **4. kategorie - vysoké riziko ohrožení zdraví i při ochranných opatřeních:**

- expozice zaměstnanců prachem s obsahem azbestu o vyšší koncentraci než ve 3. kategorii

Azbestová vlákna lze zjistit v malém množství téměř v každém odebraném vzorku vzduchu, i ve zdánlivě čistých venkovských oblastech se vyskytují hodnoty od cca 0,03 do 3 F.m<sup>-3</sup>, ve městech pak až cca 300 F.m<sup>-3</sup>. V Německu pro venkov a zemědělské oblasti platí jako limit průměrné roční hodnoty pod 100 F.m<sup>-3</sup>, pro oblasti s hustým osídlením a průmyslové oblasti 50 - 200 F.m<sup>-3</sup> a pro ovzduší v okolí zdroje emisí 100 - 330 F.m<sup>-3</sup>.

Maximální koncentrace azbestu byly zjištěny v prostředí dolů a průmyslových objektů zpracovávajících azbest a jejich okolí, v průměru v řádu tisíců až 10<sup>6</sup> F.m<sup>-3</sup>, přičemž údržba a výměna filtračních zařízení může způsobit dočasné zvýšení koncentrace vláken. Do vzdálenosti 1 km od např. výroby azbestocementu lze po směru proudění vzduchu naměřit koncentrace vláken azbestu cca 600 až 2 200 F.m<sup>-3</sup>, která mohou být od zdroje, v závislosti na proudění, rozptýlena v okruhu až 5 km. Koncentrace přesahující i 3 000 F.m<sup>-3</sup> byly zjištěny v okolí frekventovaných komunikací, kde jsou zdrojem azbestu brzdová a spojková obložení.

Koncentrace 1 000 - 10 000 F.m<sup>-3</sup> lze zjistit v uzavřených prostorech, kde byly užity stavební materiály s drobnými vrstvami s azbestem (příčky, stropní desky, podlahové krytiny, různé izolace atd.) v závislosti na jejich stavu. Nadprůměrné koncentrace vláken lze naměřit v okolí demolice a rekonstrukcí takových budov a v okolí skládek nedostatečně chráněných proti větrné erozi (*Evropská komise GŘ pro zaměstnanost, sociální věci a rovné příležitosti, 2006; Eliášová, 2009; Eminger, 2011; IRZ, ©2016a*).

Pro vypouštění 1 mil. m<sup>3</sup> odpadních plynů ročně platí ohlašovací práh koncentrace 1 mg.m<sup>-3</sup>, přičemž v případě, že hmotnostní tok emisí s obsahem azbestu přesahuje 0,5 g/h, nesmí být překročena hodnota hmotnostní koncentrace 0,1 mg.m<sup>-3</sup>, která odpovídá množství 2 mil. definovaných vláken. Pro úniky azbestu do životního prostředí platí pro ovzduší ohlašovací práh 1 kg za rok. Azbest je z ovzduší odstraňován jen mokrou depozicí, usazuje se na povrchu nebo je splachován do vodních toků, kde se může i ukládat v sedimentech (*Evropská komise GR pro zaměstnanost, sociální věci a rovné příležitosti, 2006; IRZ, ©2016b*).

### **c) Metody stanovení a limity azbestu ve vodě a půdě**

Azbest se do vody a půdy dostává atmosférickou depozicí nejen vlivem lidské činnosti - těžbou, zpracováním, mobilizací z povrchu komunikací, skládek odpadů obsahujících azbest, azbestocementového potrubí, vodních filtrů s azbestem, při demoličních a rekonstrukčních pracích, ale také přirozeným zvětráváním a erozí přírodních nalezišť, především serpentinitů (*Raclavská et al., 2008; Kleger, 2010; Kožíšek, Pumman, 2014; IRZ, ©2016a*).

Většina azbestových částic má průměr pod 0,3 μm, proto sedimentují velmi pomalu a mohou se šířit na značnou vzdálenost i vodou, než se usadí v sedimentu vodních toků nebo v půdě, kde setrvávají dlouhou dobu a štěpí se na menší částice. Ačkoli jsou azbesty řazeny k tzv. perzistentním látkám, může u chryzotilu (méně u amfibolů) ve vodním prostředí docházet k chemickým přeměnám (*Holub, 1999; Kleger, 2010*).

ČR ke sledovaným ukazatelům pro pitnou vodu začlenila azbest v roce 1991 v normě ČSN 75 7111 Pitná voda, byla však stanovena jen doporučená limitní hodnota  $3 \times 10^5$  F/l. Od roku 1992 se v ČR ke stanovení azbestu v pitné vodě používala „Metodická příručka pro analýzu pitných vod a jejich zdrojů“, vydaná Ministerstvem zdravotnictví, dnes však už není doporučována (*Kožíšek, Pumman, 2014; IRZ, ©2016a; IRZ, ©2016c*).

Nebezpečnost azbestu požitého ve vodě nebyla sice prokázána, informační Bulletin hlavního hygienika ČR z roku 1994, Příloha č. 35, str. 5 a 6, zmiňuje nevhodnost azbestocementového potrubí. V případě vypouštění odpadních vod v objemu větším než 1 000 m<sup>3</sup> ročně platí jako ohlašovací práh koncentrace azbestu 1 mg/l, pro úniky azbestu do životního prostředí platí pro vodu (včetně odpadní) a půdu ohlašovací práh 1 kg za rok, pro odpady pak 10 kg/rok. Ve vyhláškách MZ 376/2000 Sb. a č. 252/2004 Sb, kterými se stanoví požadavky na pitnou vodu a rozsah a četnost její kontroly, opět nebyl nařízen monitoring limitů ani normovaná metoda pro stanovení azbestu, a to z důvodů, že WHO v roce 1993 vydala doporučení, podle kterého není azbest ve vodě rizikový, a proto, že v ČR byly zjištěny silně podlimitní (z většiny nulové) koncentrace azbestu v pitné vodě.

Limit není stanoven ani v SR 98/83/EC, o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu. Riziková je manipulace při rekonstrukcích vodovodních řadů, při řezání trubek a mikrobiologická kontaminace při havárii (*Kleger, 2010; Kožíšek, Pumman, 2014; IRZ, ©2016b*).

US EPA však v roce 1989 stanovila limitní hodnotu azbestových vláken v pitné vodě na  $7 \times 10^6$  F/l, jelikož v USA byly v oblastech těžby a zpracování azbestu odebrány vzorky vody obsahující i 10 až 300 mil. F/l a v zásobárnách pitné vody pod 1 mil. F/l (*Kleger, 2010; Kožíšek, Pumman, 2014; IRZ, ©2016b*).

Azbest se v pitné vodě stanovuje podle metodiky US EPA, např. EPA/600/4-83-043 - „Analytical Method for the Determination of Asbestos Fibers in Water“ nebo EPA/600R-94/134 - „Asbestos by Transmission Electron Microscopy Determination of Asbestos Structures over 10  $\mu\text{m}$  in Length in Drinking Water“. Z přírodních vodných vzorků musí být před analýzou odstraněna organická hmota oxidací ozonem či UV zářením. Vzorky se dále filtrují přes membránový (póry 0,22 - 5  $\mu\text{m}$ ) nebo polykarbonátový (póry < 0,1  $\mu\text{m}$ ) filtr a stanovují TEM se zvětšením 10 000  $\times$  až 20 000  $\times$ , kdy se počítají vlákna azbestu nad 10  $\mu\text{m}$  na 1 litr (*Kožíšek, Pumman, 2014; IRZ, ©2016a; IRZ, ©2016c*).

V půdní matrici se azbestová vlákna identifikují a stanovují na základě analýzy chemického složení (metodou EDAX), morfologie a krystalové struktury standardizovanými metodami. Pro zjištění množství vláken lze použít optické metody, nejjemnější částice, většinou o průměru 0,01  $\mu\text{m}$ , jsou analyzovány metodou TEM, kterou popisuje např. metoda US EPA 540-R-97-028 - „Superfund Method for the Determination of Releasable Asbestos in Soils and Bulk Material“. Další metody jsou např. US EPA 600/R-93-116 - „Method for the determination of asbestos in bulk building materials“, US EPA method 68-02-3266 - level I and level II nebo NIOSH 7402 (*EMSL Analytical, ©2004; Raclavská et al., 2008; IRZ, ©2016a*).

V případě, že jsou analyzovány vzorky pocházející z nakládání s nebezpečným odpadem, používá se při hodnocení rizika jako referenční PCM, např. metoda NIOSH 7400, nelze však dokonale identifikovat druhy azbestu a analyzovány jsou jen částice nad 5  $\mu\text{m}$  (*NIOSH method 7400, (Raclavská et al., 2008)*).

Ze standardizovaných metod je pro identifikaci azbestu (vlákna do 1  $\mu\text{m}$ ) v půdní matrici podle optických vlastností nejrozšířenější PLM, kterou se stanovuje procento vláken z celkového množství částic analyzovaného materiálu (metody, např. US EPA/600/R-93/116, US EPA 400, US EPA 600/M4-82-020 - „Interim Method for the Determination of Asbestos in Bulk Insulation Samples“, NIOSH 9002) (*Eminger, 2011; IRZ, ©2016a*).

Metody PCM a PLM lze při identifikaci azbestových vláken kombinovat, jak uvádí např. Schneider a kolektiv v publikaci „Development of a method for the determination of low content of asbestos fibres in bulk material“ (*Schneider et al., 1998; IRZ, ©2016a*).

Studovány jsou i další metody, např. stanovení chryzotilu v písčítých a jílovitých půdách rentgenovou difrakcí s využitím FTIR (Fourier transform infrared), publikovaná italskými vědci v článku „Determination of low levels of free fibres of chrysotile in contaminated soils by X-ray diffraction and FTIR spectroscopy“ (*Foresti et al., 2003; Raclavská et al., 2008*).

### **3.4 Prevence poškození zdraví expozicí azbestu**

Základem prevence vzniku rizik onemocnění vlivem expozice azbestu je zákaz používání a odstraňování všech materiálů s jeho obsahem a náhradou alternativními bezazbestovými materiály. Již od poloviny 70. let 20. století byla vzhledem ke zvyšování informovanosti o zdravotním riziku azbestu zaváděna různá protiprašná opatření, docházelo k omezování těžby, poklesu spotřeby a od 90. let k postupnému přechodu na bezazbestovou výrobu, od roku 2000 byl omezován dovoz, distribuce a zpracování.

S výjimkou sanačních, výzkumných nebo analytických prací je v ČR od roku 2003 a od roku 2005 ve všech zemích EU používání azbestu zakázáno (viz podkapitola 2.5 Vývoj legislativních předpisů ČR řešících problematiku azbestu). V některých zemích EU i mimo ni však k těmto krokům přistoupili již dříve, a to v letech 1984 - 1989 v Norsku, Švédsku a Švýcarsku, v letech 1990 - 1999 v Belgii, Finsku, Francii, Itálii, Německu, Nizozemsku, Rakousku a Velké Británii a v letech 2000 - 2005 v Austrálii, Brazílii, Japonsku, JAR, Lucembursku, Portugalsku, Řecku, Španělsku a USA (*Červenka et al., 2006; Dlouhá, 2012*). V roce 2006 vydal Výbor vrchních inspektorů práce (SLIC - Senior Labour Inspectors' Committee) Evropské Komise pro zaměstnavatele, zaměstnance a inspektory práce Praktickou příručku o podrobných osvědčených postupech prevence a minimalizace rizik při práci s azbestem (*Evropská komise GŘ pro zaměstnanost, sociální věci a rovné příležitosti, 2006; Zimová, 2013*).

Při provádění výzkumných a analytických prací nebo rekonstrukcí a sanací budov, je zaměstnavatel povinen dodržovat pravidla prevence ochrany zdraví pracovníků, tzn. bezpečné technické a technologické postupy, zajistit a kontrolovat osobní ochranu pracovníků, preventivní lékařské prohlídky a školení zaměstnanců (*Lutovská, Krch, 2005; WHO, ©2010*).



## **a) Organizace práce**

Z hlediska preventivních bezpečnostních pravidel je při organizaci rekonstrukčních nebo demoličních prací prvním krokem před jejich zahájením vždy provedení stavebního průzkumu na výskyt azbestu a registrace všech jeho možných zdrojů. V případě potvrzení přítomnosti v daném objektu je nutno, kromě stavebního úřadu, podat min. 30 dní před zahájením prací hlášení o provádění prací s azbestem na hygienickou stanici, které vydají rozhodné stanovisko, za jakých lze práce provádět. Hlášení musí obsahovat údaje o umístění stavby, druzích a množství azbestových materiálů, stavebních postupech, počtu pracovníků, délce trvání prací a přijatých bezpečnostních opatřeních. Práce musí být prováděny dle stanoveného plánu odborným způsobem.

Na staveništi musí být vymezeno kontrolované pásmo, v němž platí zakáz jídla, pití, kouření (k tomu je vyhrazeno a označeno nekontaminované místo) a zákaz vstupu mladším 18 let a těhotným ženám (NV č. 361/2007 Sb., v platném znění), přístupné pro pracovníky provádějící likvidaci azbestu. Dále je třeba pravidelně kontrolovat dodržování bezpečnosti práce a technologických postupů, technická zařízení, např. odsávací systémy, evidenci exponovaných pracovníků včetně preventivní péče a sledovat stav po enkapsulaci, ať byl azbest odstraněn či ošetřený ponechán na stavbě (*Reichrtová, 1997; Lutovská, Krch, 2005; Dlouhá, 2006; Dlouhá, 2012*).

## **b) Technické a technologické úpravy**

Technologické postupy při práci s azbestovými materiály musí být zajištěny tak, aby zaměstnanci byli vystaveni minimálnímu riziku expozice. Všechny azbestové materiály by měly být vždy odstraněny před demolicí stavby, pokud však z hodnocení rizika neplyne pro tento postup vyšší míra expozice. Všechny pracovní prostory musí být hermetizovány, odsávány včetně pravidelného čištění podlah a stěn, a veškerá používaná zařízení i vybavení musí být také pravidelně čištěny. Odstraňování azbestových materiálů by mělo probíhat za vlhka s využitím fixace vláken aplikováním enkapsulantů. Sběr, skladování, přepravu a odstraňování odpadů z pracoviště je třeba provádět, dle právních předpisů pro zacházení s nebezpečnými biologickými činiteli, v utěsněných obalech označených štítkem upozorňujícím na obsah azbestu. Na pracovišti je povinnost zajistit měření koncentrace azbestových vláken, faktorů pracovních podmínek a limitních hodnot ukazatelů BET, v průběhu prací uvnitř kontrolovaného pásma i mimo něj, a to i po jejich skončení. V pracovním plánu a technologickém postupu stavby musí být současně rozsah prováděných měření uveden (*Dlouhá, 2006; Šulc, 2007; Dlouhá, 2012*).

### c) Osobní ochranné prostředky

Všechny osoby pracující např. při rekonstrukcích či demolicích v budovách, v nichž se nachází stavební materiály obsahující azbest, musí být vybaveny nepoškozenými, většinou jednorázovými, pracovními pomůckami, a to certifikovaným celotělovým prachotěsným pracovním oblekem odolným vůči potřísnění kapalinou, pracovní obuví s návleky, rukavicemi, ochrannými brýlemi, přilbou a ochranou dýchacích orgánů - polomasky či masky s filtrem či respirátorem kategorie P3. O těchto ochranných pomůckách se vede evidence o pravidelné výměně, a to vždy po odchodu mimo kontrolované pásmo, přičemž použité musí být ukládány na určeném místě a je s nimi nakládáno jako s nebezpečným odpadem, k čištění musí být přepravovány v uzavřených kontejnerech (*Dlouhá, 2006; Dlouhá, 2012*).

### d) Sledování zdravotního stavu zaměstnanců

Zdravotní stav všech pracovníků se posuzuje před započítáním expozice azbestu a pro každého je vedena zdravotní dokumentace sloužící mimo jiné pro prevenci a ochranná opatření. V závislosti na závažnosti rizika jsou u osob exponovaných azbestu prováděny preventivní prohlídky, které se skládají ze sestavení anamnézy a vlastního lékařského vyšetření, jehož součástí je také hodnocení RTG hrudníku dle mezinárodních standardů ILO pro hodnocení změn způsobených azbestem, spirometrie - vyšetření stavu plicních funkcí, např. celkové plicní kapacity, difúzní kapacity plic a dále hodnocení vztahu ostatních nemocí v souvislosti s expozicí azbestu.

#### **Preventivní prohlídky se provádí jako:**

- vstupní - před nástupem do zaměstnání
- periodické - v pravidelných intervalech po dobu zaměstnání, a to do 15 let od začátku expozice 1 × za 1 - 3 roky, poté již 1 × za 1 - 2 roky
- výstupní - po ukončení pracovního poměru
- následné - z důvodu dlouhé doby latence onemocnění 1 × za 1 - 3 roky
- mimořádné - tzn. mimo pravidelné termíny, např. po dlouhodobé nemoci, která by mohla mít vliv na změnu zdravotní způsobilosti

Významnou součástí prevence je zdravotní výchova, např. podpora nekuřáctví. Preventivní lékařské prohlídky bývají zaměřeny na odvětví, kde hrozí zaměstnancům pravidelná expozice - doly, stavebnictví, průmysl, avšak např. v USA existuje program „The Veterans Administration’s Asbestos Abatement Program“, zaměřený na periodické zdravotní prohlídky zdravotnického personálu kvůli identifikaci rakoviny plic a azbestózy v souvislosti s kouřením (*Reichrtová, 1997; Dlouhá, 2006; Brückner, 2007; Dlouhá, 2012*).

#### **e) Školení zaměstnanců**

Důležitou součástí prevence rizik expozice je vzdělávání zaměstnanců prostřednictvím školení, zahrnujících informace o druzích a vlastnostech azbestů, typech materiálů a výrobků, účincích na organismus a závodní lékařské preventivní péči, bezpečných postupech při kontaktu s azbestem a sanačních pracích včetně obsluhy přístrojů, používání ochranných pomůcek i kontrole dodržování ochranných opatření a o bezpečné likvidaci odpadů s azbestem. Školení se mohou lišit dle toho, zda jde o práce, při nichž se pracovníci mohou dostat do kontaktu s azbestem během obecných stavebních činností, o méně rizikové práce s azbestem či o odstraňování azbestu při rekonstrukci (demolici) (*Brückner, 2007*).

#### **f) Činnost nadnárodních organizací v prevenci expozice azbestem**

WHO v součinnosti s ILO a jinými organizacemi, na základě žádosti Světového zdravotnického shromáždění o zahájení globální kampaně s cílem eliminace onemocnění vyvolaných expozicemi azbestu, učinila strategické kroky, k nimž patří zejména ukončení jakéhokoliv využívání azbestu, podpora informovanosti o nahrazování azbestu novými materiály, technologických opatření k eliminaci rizika expozice azbestu při odstraňování, vznik registru osob exponovaných v minulosti i současnosti s důrazem na včasné určení diagnózy, léčbu a zdravotní i sociální rehabilitaci nemocných (*WHO, ©2010*).

## **METODIKA**

### **• Analýza produkce odpadů obsahujících azbest v ČR a krajích v období 2009 - 2016**

- Bylo provedeno vyhledání dat o produkci NO a odpadů obsahujících azbest z portálů MŽP, zejména ze souhrnné databáze ISOH, spravované CENIA, která poskytuje primární informace o produkci odpadů v ČR a způsobech nakládání s nimi podle údajů z Ročních hlášení původců a oprávněných osob, dále ISPOP a Hodnotících zpráv o POH ČR.
- Na základě vyhledaných dat byla provedena analýza a zhodnocení produkce odpadů obsahujících azbest podle Katalogu odpadů, tzn. čísel 060701, 061304, 101309, 150111, 160111, 160212, 170601 a 170605, v letech 2009 - 2016 souhrnně za ČR i kraje. Data byla také zpracována formou tabulek a grafů.
- Byl zhodnocen podíl odpadů č. 170601 a 170605 na produkci odpadů obsahujících azbest, podíl odpadů obsahujících azbest na celkové produkci NO a všech odpadů. Data byla zpracována formou tabulek.

### **• Analýza produkce odpadů obsahujících azbest v EU**

- Bylo provedeno vyhledávání dat o produkci odpadů v zemích EU z webových stránek Eurostatu, dotazováním pracovníků MŽP i pracovníků některých firem provádějících odstraňování azbestu uvedených v práci.
- Pro představu o množství odpadů obsahujících azbest, které i do budoucna představují závažný problém, byla na základě dat z Mineralogických ročenek a dalších dokumentů USGS vypočtena celková globální roční těžba azbestu od roku 1900 do roku 2015, a také vývoj těžby v zemích - hlavní producenti - v letech 2000 - 2015. Data byla také zpracována formou tabulky a grafů.

### **• Analýza jednotlivých kroků při odstraňování odpadů obsahujících azbest**

- Byl sestaven přehled v ČR používaných metod odběru a zpracování vzorků podle ČSN EN ISO 16000-7 a Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., část „B“, Příloha 3 a metody stanovení koncentrace azbestu v ovzduší, vodě, půdě a materiálech obsahujících azbest.
- Formou tabulky byl zpracován seznam akreditovaných firem odstraňujících azbest v ČR.
- Dále byl analyzován kompletní postup sanačních a dekontaminačních prací po jednotlivých krocích na příkladové studii sanace azbestu ve vnitřním a vnějším prostředí Základní školy Máj I a Máj II v Českých Budějovicích v roce 2012.
- S pracovníkem firmy Skanska, a. s. bylo osobně konzultováno odstraňování azbestu ze staveb a nakládání s odpady obsahujícími azbest v praxi.

- Bylo provedeno vyhledání dat o nakládání s odpady obsahujícími azbest v ČR na webových stránkách MŽP, v zákoně č. 185/2001 Sb., o odpadech (v platném znění), prováděcí vyhlášce č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky, na webových stránkách Centra pro hospodaření s odpady (CeHO) VÚV T. G. M., IPPC, z ceníků vybraných skládkovacích zařízení a Hodnotících zpráv o POH.
- Podle údajů z aktualizované verze Atlasu zařízení pro nakládání s odpady VÚV T. G. M., 2010, 1. díl Skládky S-NO a 2. díl Skládky S-OO byl sestaven seznam skládek S-NO a S-OO, zhodnocen jejich počet v krajích a dále ze získaných údajů z IPPC ke skládkám S-NO vypracován seznam povolených odpadů obsahujících azbest. Podle informací z Hodnotících zpráv o POH byla popsána situace ohledně kontrol ČIŽP co se týká dodržování legislativy skládkování. Dle informací získaných z ceníků vybraných skládek S-NO byla popsána tvorba poplatků za skládkování odpadů obsahujících azbest.
- **Analýza počtu onemocnění z expozice azbestu v ČR za období 1996 - 2016**  
Bylo provedeno vyhledání dat o nemocech z povolání v důsledku expozice azbestu v ČR v publikacích SZÚ „Nemoci z povolání v ČR“ a na základě získaných dat byl zanalyzován vývoj počtu 4 hlavních onemocnění vyvolaných expozicí azbestu hlášených za období let 1996 - 2016. Data byla znázorněna formou tabulky a grafu.

## 4. VÝSLEDKY

### 4.1 Analýza produkce odpadů obsahujících azbest v ČR v období 2009 - 2016

Na základě dat o odpadovém hospodářství z portálů MŽP - ISOH, ISPOP, a Hodnotících zpráv o POH ČR, byla provedena analýza produkce odpadů obsahujících azbest v období let 2009 až 2016 podle čísel z Katalogu odpadů souhrnně za celou ČR i za jednotlivé kraje. Vybraná data byla rovněž znázorněna formou tabulek (Tab. 7 až 16) a grafů (Obr. 16 až 21).

#### **Hodnoceny byly údaje o odpadech obsahujících azbest podle katalogových čísel:**

- 060701\* - Odpady obsahující azbest z elektrolýzy
- 061304\* - Odpady ze zpracování azbestu
- 101309\* - Odpady z výroby azbestocementu obsahující azbest
- 150111\* - Kovové obaly obsahující nebezpečnou výplňovou hmotu (např. azbest) včetně prázdných tlakových nádob
- 160111\* - Brzdové destičky obsahující azbest
- 160212\* - Vyřazená zařízení obsahující volný azbest
- 170601\* - Izolační materiál s obsahem azbestu
- 170605\* - Stavební materiály obsahující azbest

#### **4.1.1 Celková produkce odpadů obsahujících azbest dle Katalogu v ČR**

Ze získaných dat o odpadech obsahujících azbest, viz Tab. 7, 8 a Obr. 16, je v letech 2006 až 2010 patrný relativně vysoký meziroční nárůst celkové produkce. Ve všech krajích ČR byly produkovány jen odpady katalogových čísel 160111\*, 170601\* a 170605\*.

V případě odpadů katalogového čísla 170605\* za sledované období produkce stoupala poměrně vyrovnaně v letech 2009 z počátečních téměř 20 466 t na více než 28 231 t v roce 2013, což činí nárůst o 7 765 t. V roce 2010 došlo ke skokovému nárůstu v produkci a tím i zastoupení odpadu katalogového čísla 170601\* v rámci celkového množství, a to na 14 128 t, což je oproti roku 2009 nárůst o 11 593 t. V roce 2013 produkce tohoto druhu odpadu klesla až na 2 778 t.

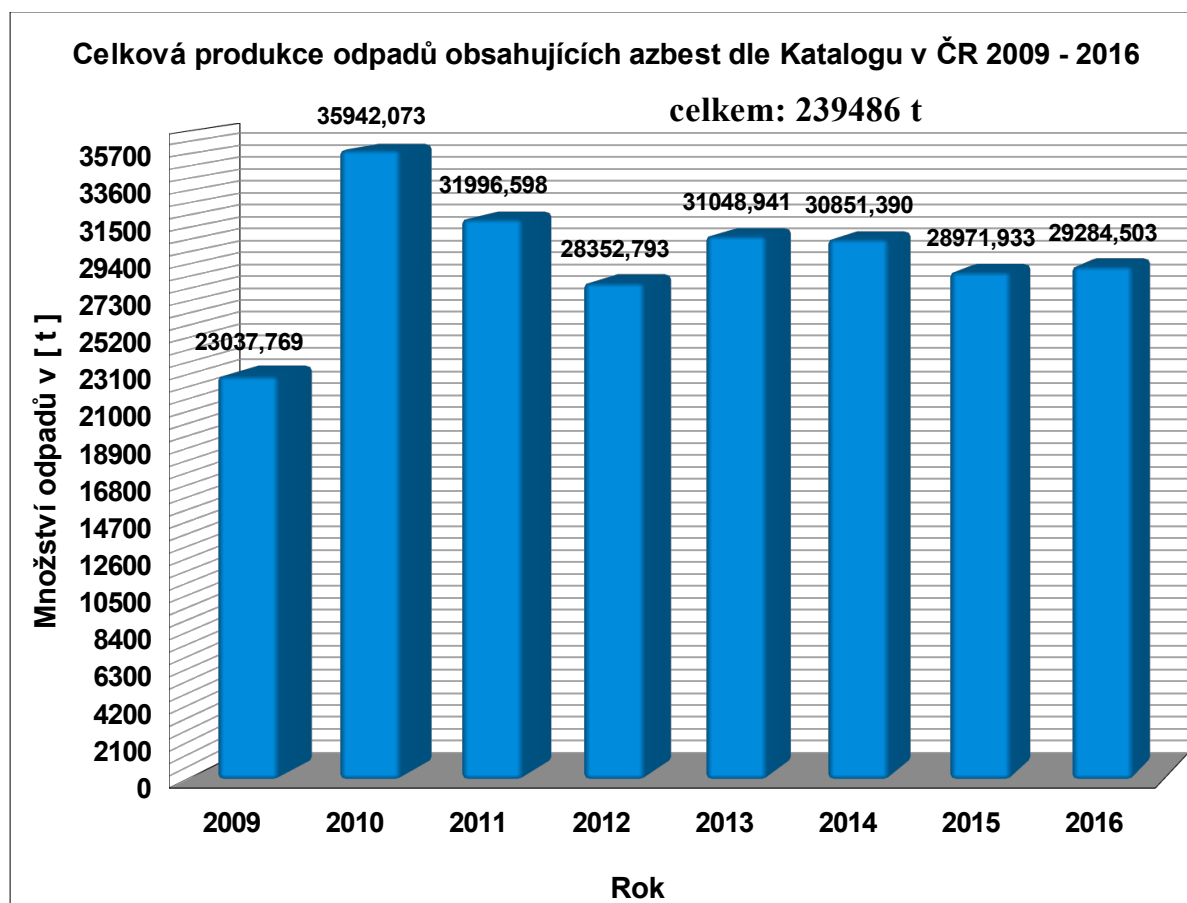
Vysoká produkce je způsobena prováděním demolic a rekonstrukcí starých budov, v nichž byly užity stavební komponenty obsahující azbest. Nejvyšší produkce odpadů v množství 35 942,073 t vykazuje rok 2010, nejnižší rok předcházející, a to 23 037,769 t.

**Tab. 7:** Produkce odpadů obsahujících azbest dle Hodnotící zprávy o POH ČR 2004 - 2010  
(zdroj: vlastní, z dat MŽP, ©2017a)

Celkové množství odpadů obsahujících azbest [ t ]			
2004 - 2 863,00	2005 - 11 351,00	2006 - 10 175,00	2007 - 11 678,58
2008 - 16 585,42	2009 - 23 037,74	2010 - 35 941,87	-----

**Tab. 8:** Celková produkce odpadů obsahujících azbest dle Katalogu v ČR 2009 - 2016  
(zdroj: vlastní, z dat ISOH)

ČR	Množství odpadů obsahujících azbest dle Katalogu za daný rok [ t ]							
Kat. č.	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
060701*	0	0	0	0	0	0	0	0
061304*	0,035	0,030	0	0	0,004	0	0,005	0
101309*	0,100	0	0	0	0	0,115	0	0
160111*	30,152	31,990	25,669	50,527	18,279	19,121	18,118	18,516
160212*	5,657	0,270	0,858	0,917	20,866	0	0,109	0,795
170601*	2535,125	14128,863	8268,749	3659,645	2778,532	3404,494	3121,382	3302,149
170605*	20466,700	21780,920	23701,322	24641,704	28231,260	27427,660	25832,319	25963,043
<b>Celkem</b>	<b>23037,769</b>	<b>35942,073</b>	<b>31996,598</b>	<b>28352,793</b>	<b>31048,941</b>	<b>30851,390</b>	<b>28971,933</b>	<b>29284,503</b>



**Obr. 16:** Graf celkové produkce odpadů obsahujících azbest dle Katalogu v ČR 2009 - 2016  
(zdroj: vlastní, z dat ISOH)

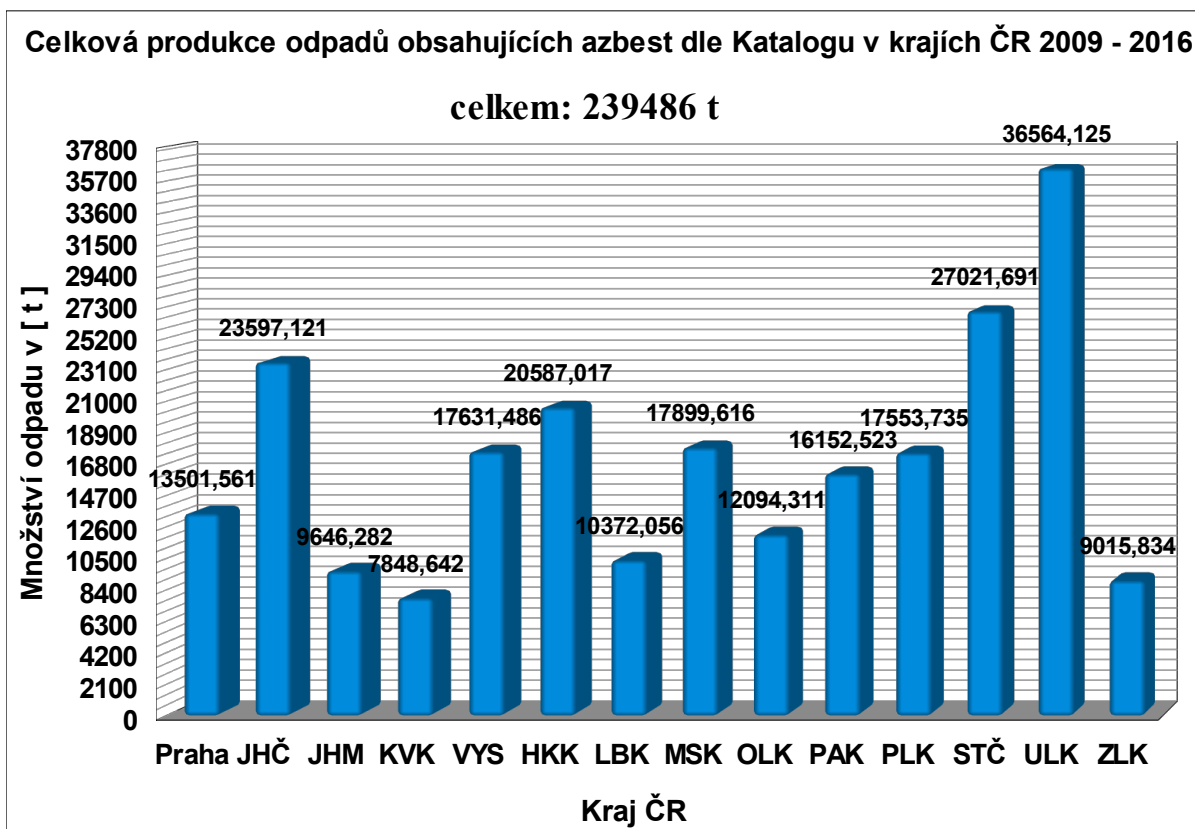
#### 4.1.2 Celková produkce odpadů obsahujících azbest dle Katalogu v krajích

Tab. 9 a Obr. 17 znázorňují celkové množství vyprodukovaných odpadů obsahujících azbest všech analyzovaných katalogových čísel za všechny kraje ČR za období let 2009 - 2016, které činí v součtu 239 486,000 t. Z tohoto množství připadá na odpady katalogových čísel 170601\* a 170605\* celkem 239 243,867 t, což je 99,89 %, na odpady skupin 061304\*, 101309\*, 160111\* a 160212\* v součtu připadá jen 242,133 t, což je pouze 0,10 %. Nejvyšší produkci za sledované období 2009 - 2016 vykazuje kraj Ústecký (36 564,125 t), nejvíce zastoupenou skupinou odpadu je 170605\*. Nejnižší produkci za sledované období 2009 - 2016 vykazuje kraj Karlovarský (7 848,642 t), nejméně zastoupenou skupinou odpadu je 061304\*. Ze všech krajů byly pouze ve Středočeském produkovány odpady pěti skupin, a to 101309\*, 160111\*, 160212\*, 170601\* a 170605\*.

**Tab. 9:** Celková produkce odpadů obsahujících azbest dle Katalogu v krajích ČR 2009 - 2016  
(zdroj: vlastní, z dat ISOH)

ČR	Množství odpadů obsahujících azbest dle Katalogu v krajích za 2009 - 2016 [ t ]							
Kraj	060701*	061304*	101309*	160111*	160212*	170601*	170605*	Celkem
<b>Praha</b>	0	0	0	6,904	0,272	4173,442	9320,943	<b>13501,561</b>
<b>JHČ</b>	0	0	0,100	36,529	0	917,618	22642,874	<b>23597,121</b>
<b>JHM</b>	0	0	0	22,005	0,0015	235,962	9388,313	<b>9646,282</b>
<b>KVK</b>	0	0	0	3,647	0	577,705	7267,290	<b>7848,642</b>
<b>VYS</b>	0	0	0	42,300	0,790	2612,944	14975,452	<b>17631,486</b>
<b>HKK</b>	0	0,074	0	3,321	0	495,034	20088,588	<b>20587,017</b>
<b>LBK</b>	0	0	0	17,319	0	666,445	9688,292	<b>10372,056</b>
<b>MSK</b>	0	0	0	10,818	0,015	608,644	17280,139	<b>17899,616</b>
<b>OLK</b>	0	0	0	7,067	0,636	301,100	11785,508	<b>12094,311</b>
<b>PAK</b>	0	0	0	11,848	0,550	594,838	15545,287	<b>16152,523</b>
<b>PLK</b>	0	0	0	1,721	4,650	1532,053	16015,311	<b>17553,735</b>
<b>STČ</b>	0	0	0,115	35,298	19,470	6477,315	20489,493	<b>27021,691</b>
<b>ULK</b>	0	0	0	11,708	2,604	21278,092	15271,721	<b>36564,125</b>
<b>ZLK</b>	0	0	0	1,887	0,483	727,747	8285,717	<b>9015,834</b>
<b>Celkem</b>	<b>0</b>	<b>0,074</b>	<b>0,215</b>	<b>212,372</b>	<b>29,472</b>	<b>41198,939</b>	<b>198044,928</b>	<b>239486,000</b>





Obr. 17: Graf celkové produkce odpadů obsahujících azbest dle Katalogu v krajích ČR 2009 - 2016 (zdroj: vlastní, z dat ISOH)

#### 4.1.3 Produkce odpadů obsahujících azbest č. 060701, 061304, 101309 a 150111 v krajích

- **060701\*** - Odpady obsahující azbest z elektrolýzy

Tyto odpady nebyly v analyzovaném období let 2009 - 2016 produkovány v žádném kraji ČR (viz Tab 8). Stejně tak byla dle systému ISOH nulová produkce i v roce 2007 a 2008, naposled byla zaznamenána jejich produkce v roce 2006, a to v množství 4 kg, z čehož rovnoměrně po 2 kg v kraji Praha a Olomouckém kraji.

Jedná se o membrány pro elektrolýzu v určitých chlorových provozech, které je možno z důvodu výjimky ze zákazu používání chryzotilu (technicky nelze chryzotil z bezpečnostních důvodů, např. nebezpečí exploze, nahradit) využívat do skončení jejich životnosti, neboť riziko expozice je extrémně nízké (jedná se o uzavřený systém) a vývoj vhodných náhrad časově náročný.

- **061304\*** - Odpady ze zpracování azbestu

Odpad katalogového čísla 061304\* byl v hodnoceném období let 2009 - 2016 produkován pouze v Královéhradeckém kraji pouze v roce 2009, 2010, 2013 a 2015, a to v celkovém množství 74 kg (viz Tab. 10).

- **101309\* - Odpady z výroby azbestocementu obsahující azbest**

Odpad katalogového čísla 101309\* byl produkován nárazově pouze v letech 2009 v kraji Jihočeském a 2014 ve Středočeském, a to v součtu 215 kg, jak je patrné z Tab. 10.

Jednalo se zejména odpady z výroby interiérových a exteriérových desek, asfaltových pásů s mikromletým azbestem, izolačních desek, střešních eternitových a beronitových šablon, hřebenáčů, tvarovek či střešních větracích prvků a kanalizačního potrubí.

**Tab. 10:** Celková produkce odpadů obsahujících azbest č. 061304\* a 101309\* v krajích ČR 2009-2016 (zdroj: vlastní, z dat ISOH)

ČR	Množství odpadu obsahujícího azbest č. 061304* [ t ]							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
HKK	0,035	0,030	0	0	0,004	0	0,005	0
	Množství odpadu obsahujícího azbest č. 101309* [ t ]							
JHČ	0,100	0	0	0	0	0	0	0
STČ	0	0	0	0	0	0,115	0	0
<b>odpady č. 061304* a 101309* nebyly v dalších krajích v daném období produkovány</b>								

- **150111\* - Kovové obaly obsahující nebezpečnou výplňovou hmotu (např. azbest) včetně prázdných tlakových nádob**

Vyhledání údajů potřebných pro analýzu nebylo pro skupinu odpadů 1501 od roku 2009 systémem ISOH (z důvodů nové verze systému od tohoto roku) povoleno, dostupné tak byly pouze starší údaje od roku 2002 do roku 2008, z nichž bylo vypočteno, že průměrné roční množství tohoto odpadu činilo 1 224 t. Do analýzy však dostupná data nebyla zahrnuta z důvodu, že nelze určit kolik z celkového množství tvořil azbest, čímž by došlo ke zkreslení výsledků. Lze předpokládat, že podíl nádob od barev s azbestem, expanzních nádob a sprejů na celkovém množství této skupiny odpadu byl velmi nízký.

#### 4.1.4 Produkce odpadu obsahujícího azbest č. 160111 v krajích

- **160111\* - Brzdové destičky obsahující azbest**

Odpad katalogového čísla 160111\* byl v hodnoceném období let 2009 - 2016 produkován autoopravnami ve všech krajích ČR relativně rovnoměrně v řádu jednotek t, s výjimkou roku 2012, kdy bylo v Jihočeském kraji evidováno 22,555 t, čímž byla celková produkce oproti předešlým i následujícím rokům v průměru více než dvojnásobná a zároveň také celkově nejvyšší, a to 50,527 t (viz Tab. 11, Obr. 18).

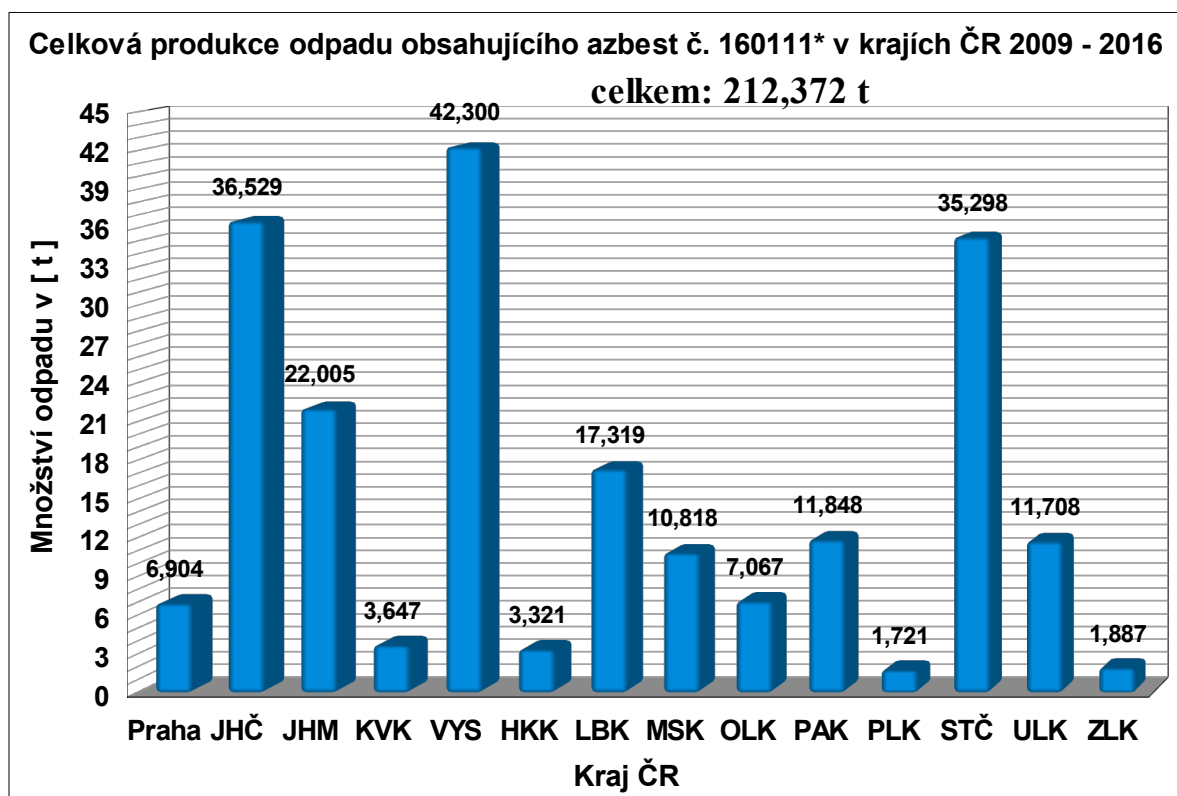
Naopak nejnižší produkce 21 kg byla vykázána v roce 2016 v Karlovarském kraji. Nejvíce byl tento druh odpadu v analyzovaném období produkován v kraji Vysočina v celkovém množství 42,300 t, naopak nejméně byl produkován v roce 2015 v celkovém množství 18,118 t a ve sledovaném období let 2009 - 2016 pak Plzeňském v součtu 1,721 t.

Za celé hodnocené období nepoklesla produkce pod 1 t jen v krajích Jihočeském, Jihomoravském, Libereckém a Středočeském, v krajích Královéhradeckém, Plzeňském a Zlínském pak tohoto množství vůbec nedosáhla. Celkové množství vyprodukovaného odpadu katalogového čísla 160111\* za období let 2009 - 2016 činí v součtu 212,372 t.

V ČR se brzdové obložení s azbestem vyrábělo v Kostelci nad Orlicí až do roku 1993, v současnosti se již v automobilovém průmyslu nepoužívají. Při brždění se obrušováním azbestová vlákna uvolňovala a dostávala se tak do životního prostředí.

**Tab. 11:** Celková produkce odpadu obsahujícího azbest č. 160111\* v krajích ČR 2009 - 2016  
(zdroj: vlastní, z dat ISOH)

ČR	Množství odpadu obsahujícího azbest č. 160111* [ t ]								
	Kraj	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Praha</b>	0,593	0,281	0,311	0,980	0,821	0,906	2,456	0,556	<b>6,904</b>
<b>JHČ</b>	2,102	1,986	1,584	22,555	1,626	3,152	1,121	2,403	<b>36,529</b>
<b>JHM</b>	3,987	3,734	2,435	2,605	2,343	2,152	2,304	2,445	<b>22,005</b>
<b>KVK</b>	0,050	0,280	0,893	0,267	0,846	1,180	0,110	0,021	<b>3,647</b>
<b>VYS</b>	6,268	8,790	6,459	6,700	5,773	4,092	3,232	0,986	<b>42,300</b>
<b>HKK</b>	0,538	0,482	0,728	0,692	0,338	0,320	0,101	0,122	<b>3,321</b>
<b>LBK</b>	2,065	1,546	1,659	1,588	1,542	2,378	2,905	3,636	<b>17,319</b>
<b>MSK</b>	2,254	0,987	0,681	1,243	1,303	0,495	1,677	2,178	<b>10,818</b>
<b>OLK</b>	0,800	0,874	0,410	1,287	0,599	0,727	1,241	1,129	<b>7,067</b>
<b>PAK</b>	2,729	3,332	1,773	1,647	0,979	0,505	0,489	0,394	<b>11,848</b>
<b>PLK</b>	0,092	0,483	0,449	0,148	0,107	0,150	0,090	0,202	<b>1,721</b>
<b>STČ</b>	6,867	7,499	6,904	5,535	1,531	2,490	1,948	2,524	<b>35,298</b>
<b>ULK</b>	1,199	1,498	1,175	5,099	0,430	0,308	0,362	1,637	<b>11,708</b>
<b>ZLK</b>	0,608	0,218	0,208	0,181	0,041	0,266	0,082	0,283	<b>1,887</b>
<b>Celkem</b>	<b>30,152</b>	<b>31,990</b>	<b>25,669</b>	<b>50,527</b>	<b>18,279</b>	<b>19,121</b>	<b>18,118</b>	<b>18,516</b>	<b>212,372</b>



Obr. 18: Graf celkové produkce odpadu obsahujícího azbest č. 160111\* v krajích ČR 2009 - 2016 (zdroj: vlastní, z dat ISOH)

#### 4.1.5 Produkce odpadu obsahujícího azbest č. 160212 v krajích

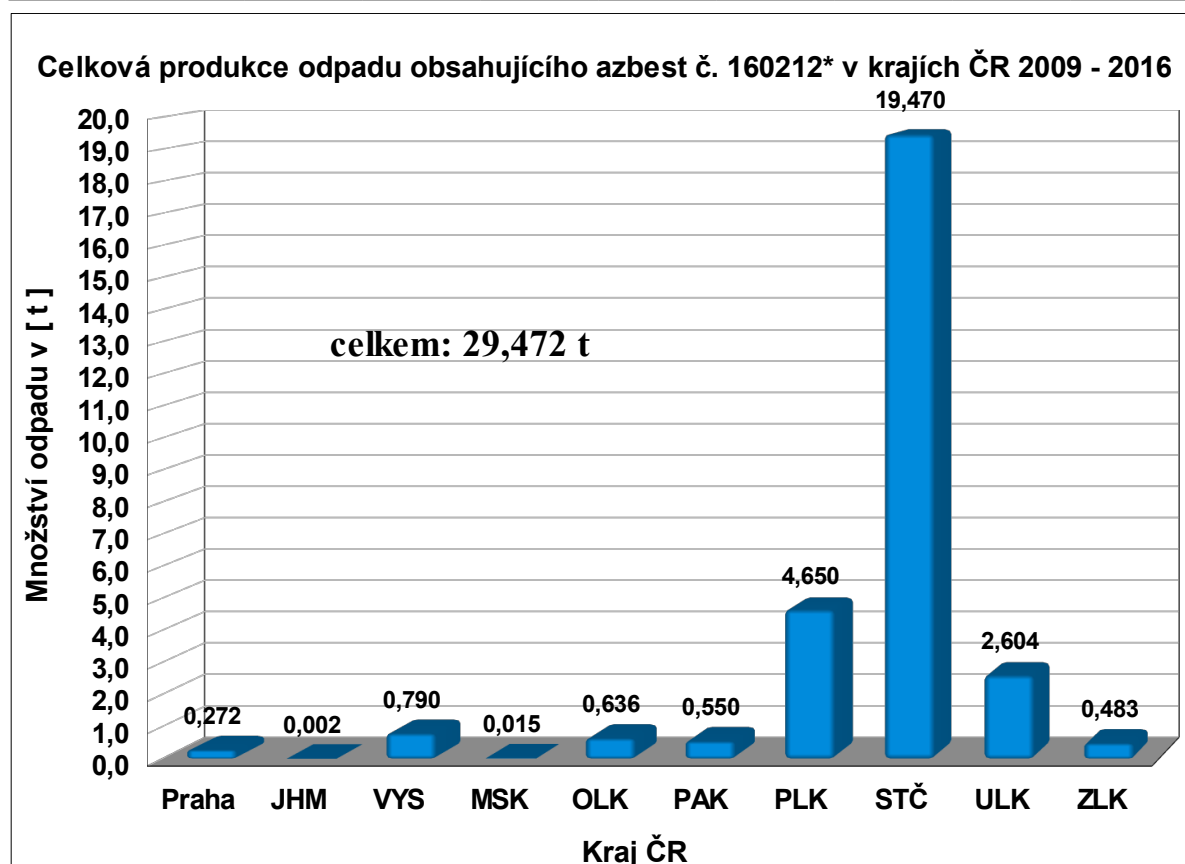
##### • 160212\* - Vyřazená zařízení obsahující volný azbest

Odpad tohoto katalogového čísla (nejčastěji použité HEPA filtry a ochranné oděvy) nebyl v hodnoceném období let 2009 - 2016 vůbec produkován v roce 2014 a v krajích Jihočeském, Karlovarském, Královéhradeckém a Libereckém. V ostatních krajích je pak, dle Tab. 12, Obr. 19, evidována produkce většinou v řádu jednotek až několika set kg, s výjimkou roku 2009, kdy bylo v Plzeňském kraji vyprodukováno 4,650 t, vlivem čehož byla v tomto roce ve sledovaných letech celková produkce druhá nejvyšší, a to 5,657 t. V dalších letech nebyl v tomto kraji produkován. V roce 2013 bylo ve Středočeském kraji vyprodukováno 19,470 t, celková produkce v tomto roce činila 20,866 t, a tím byla také nejvyšší mezi kraji a v hodnoceném rozmezí let. Ve Středočeském kraji je rok 2013 zároveň jediným rokem, v němž byl tento odpad produkován. Ve stejném roce je také evidováno nejnižší množství odpadu mezi kraji, a to pouze 1,5 kg v kraji Jihomoravském.

V analyzovaném období byl tento odpad produkován jen v jediném roce, kromě již zmíněného Jihomoravského, Středočeského (2013) a Plzeňského (2009), také v kraji Moravskoslezském (2010) a Pardubickém (2012). Celkové množství vyprodukovaného odpadu katalogového čísla 160212\* za období let 2009 - 2016 činí v součtu 29,472 t.

**Tab. 12:** Celková produkce odpadu obsahujícího azbest č. 160212\* v krajích ČR 2009 - 2016  
(zdroj: vlastní, z dat ISOH)

ČR	Množství odpadu obsahujícího azbest č. 160212* [ t ]								
Kraj	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Celkem
Praha	0,027	0,245	0	0	0	0	0	0	0,272
JHČ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JHM	0	0	0	0	0,0015	0	0	0	0,0015
KVK	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VYS	0,540	0	0,250	0	0	0	0	0	0,790
HKK	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LBK	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MSK	0	0,015	0	0	0	0	0	0	0,015
OLK	0	0	0,608	0	0,002	0	0,009	0,017	0,636
PAK	0	0	0	0,550	0	0	0	0	0,550
PLK	4,650	0	0	0	0	0	0	0	4,650
STČ	0	0	0	0	19,470	0	0	0	19,470
ULK	0,440	0,010	0	0,367	1,062	0	0,100	0,625	2,604
ZLK	0	0	0	0	0,330	0	0	0,153	0,483
<b>Celkem</b>	<b>5,657</b>	<b>0,270</b>	<b>0,858</b>	<b>0,917</b>	<b>20,866</b>	<b>0</b>	<b>0,109</b>	<b>0,795</b>	<b>29,472</b>



**Obr. 19:** Graf celkové produkce odpadu obsahujícího azbest č. 160212\* v krajích ČR 2009 - 2016  
(zdroj: vlastní, z dat ISOH)

#### 4.1.6 Produkce odpadu obsahujícího azbest č. 170601 v krajích

##### • 170601\* - Izolační materiál s obsahem azbestu

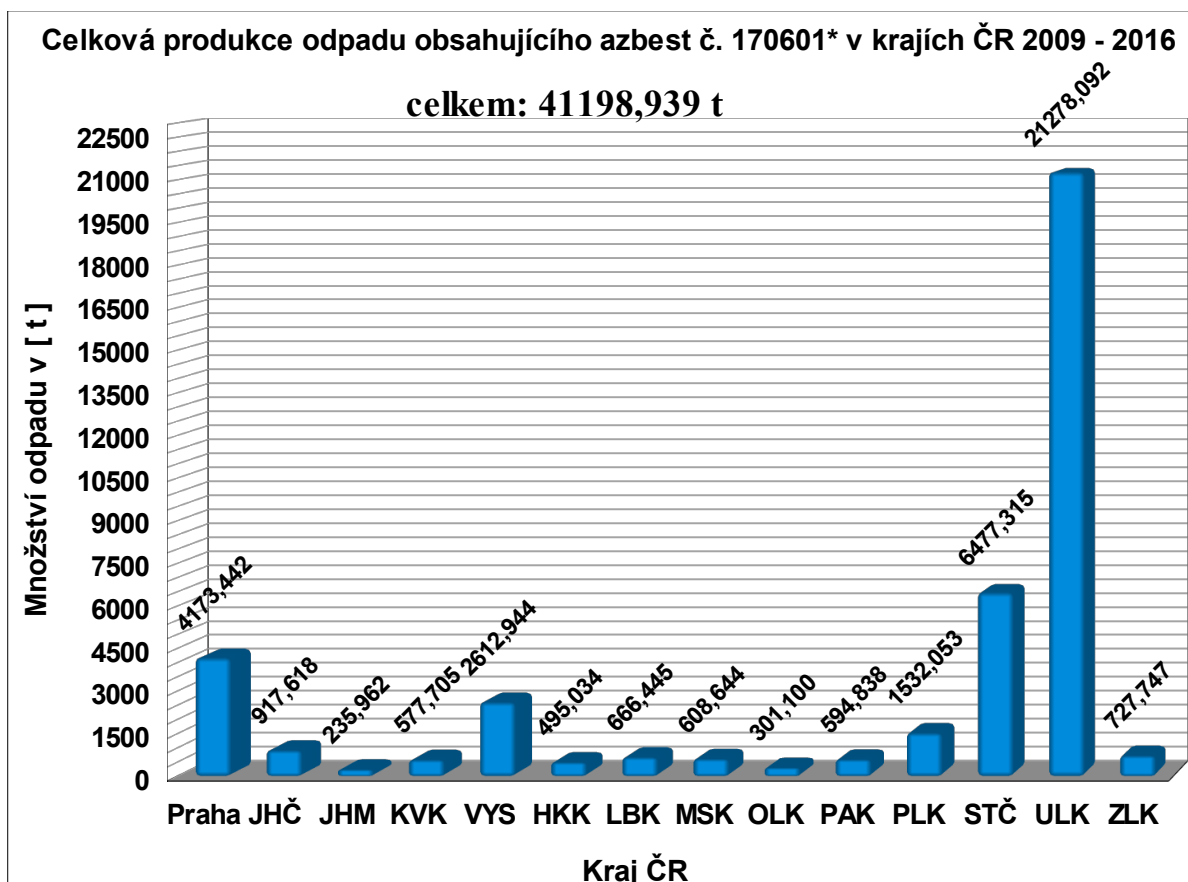
Odpad tohoto katalogového čísla byl v hodnoceném období let 2009 - 2016 produkován ve všech krajích ČR většinou v řádu desítek až několika set tun. Výjimkou byly jednorázové produkce v tisících tun v kraji Ústeckém (2010, 2011, 2012, 2014), Středočeském (2012) a Vysočina (2016), viz Tab. 13 a Obr. 20.

Největší množství tohoto druhu odpadu bylo evidováno v roce 2010 - 14 128,863 t. V analyzovaném období pak v Ústeckém kraji v celkovém množství 21 278,092 t, naopak nejméně byl produkován v roce 2009 v celkovém množství 2 535,125 t, ve sledovaném období pak v kraji Jihomoravském v celkovém množství 235,962 t, přičemž zde v roce 2014 bylo zaznamenáno vůbec nejnižší množství 7,535 t, tohoto odpadu ze všech krajů mezi lety 2009 až 2016, naopak nejvyšší produkce byla zaznamenána v Ústeckém kraji v roce 2010 v množství 11 272,761 t. Celkové množství odpadu katalogového čísla 170601\* za období let 2009 - 2016 činí v součtu 41 198,939 t.

**Tab. 13:** Celková produkce odpadu obsahujícího azbest č. 170601\* v krajích ČR 2009 - 2016  
(zdroj: vlastní, z dat ISOH)

ČR	Množství odpadu obsahujícího azbest č. 170601* [ t ]								
Kraj	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Celkem
<b>Praha</b>	494,178	664,719	590,211	340,564	431,626	832,824	487,581	331,739	<b>4173,442</b>
<b>JHČ</b>	98,180	134,571	170,783	115,698	66,643	152,769	93,628	85,346	<b>917,618</b>
<b>JHM</b>	12,720	26,830	31,255	14,715	90,860	7,535	39,847	12,200	<b>235,962</b>
<b>KVK</b>	176,928	171,880	57,950	48,690	43,034	48,820	10,663	19,740	<b>577,705</b>
<b>VYS</b>	60,749	87,228	90,089	115,166	207,644	131,642	824,817	1095,609	<b>2612,944</b>
<b>HKK</b>	26,778	44,752	93,860	61,655	61,511	47,873	136,350	22,255	<b>495,034</b>
<b>LBK</b>	92,169	153,987	121,210	58,506	55,625	33,662	68,342	82,944	<b>666,445</b>
<b>MSK</b>	67,488	214,337	59,279	34,980	128,207	37,832	36,100	30,421	<b>608,644</b>
<b>OLK</b>	30,434	13,614	15,028	85,622	71,393	17,843	48,834	18,332	<b>301,100</b>
<b>PAK</b>	87,054	59,360	81,827	56,763	94,607	77,309	47,964	89,954	<b>594,838</b>
<b>PLK</b>	230,047	298,004	222,297	179,330	164,227	147,953	139,800	150,395	<b>1532,053</b>
<b>STČ</b>	650,101	941,619	608,405	1277,543	880,966	742,860	640,882	734,939	<b>6477,315</b>
<b>ULK</b>	439,382	11272,161	5926,187	1141,378	391,860	1068,800	492,749	545,575	<b>21278,092</b>
<b>ZLK</b>	68,917	45,801	200,368	129,035	90,329	56,772	53,825	82,700	<b>727,747</b>
<b>Celkem</b>	<b>2535,125</b>	<b>14128,863</b>	<b>8268,749</b>	<b>3659,645</b>	<b>2778,532</b>	<b>3404,494</b>	<b>3121,382</b>	<b>3302,149</b>	<b>41198,939</b>

Typickým zástupcem odpadu č. 170601\* - Izolační materiál s obsahem azbestu je např. Ozimin, který sloužil jako tepelná (protipožární) a zvuková izolace. Jedná se o desky z čedičových vláken s obsahem různého druhu azbestu i více než 50 %. Mechanicky narušené obklady jsou častým zdrojem kontaminace.



**Obr. 20:** Graf celkové produkce odpadu obsahujícího azbest č. 170601\* v krajích ČR 2009 - 2016  
(zdroj: vlastní, z dat ISOH)

#### 4.1.7 Produkce odpadu obsahujícího azbest č. 170605 v krajích

##### ● 170605\* - Stavební materiály obsahující azbest

Odpad tohoto katalogového čísla byl v hodnoceném období let 2009 - 2016 produkován ve všech krajích ČR relativně rovnoměrně, ve většině krajů v řádu tisíců tun. V některých krajích byla evidována vyjimečně i produkce ve stovkách tun, a to v kraji Praha (2012, 2016), Jihomoravském (2009, 2010), Libereckém (2010), Ústeckém (2010), Zlínském (2009, 2010, 2013) a s výjimkou let 2009 a 2014 zejména v kraji Karlovarském, který vykazuje za sledované období ze všech krajů celkově nejnižší množství odpadu 7 267,290 t (viz Tab. 14 a Obr. 21), a v roce 2013 byla v tomto kraji vůbec nejnižší produkce 349,846 t. Ve stejném roce byla vykázána i naopak nejvyšší produkce 6 032,173 t v Ústeckém kraji.

Nejvíce byl odpad katalogového čísla 170605\* v analyzovaném období produkován v kraji Jihočeském v celkovém množství 22 642,874 t. I v meziročním srovnání je evidována nejvyšší produkce v roce 2013 v množství 28 231,260 t, nejnižší pak v roce 2009 v množství 20 466,700 t.

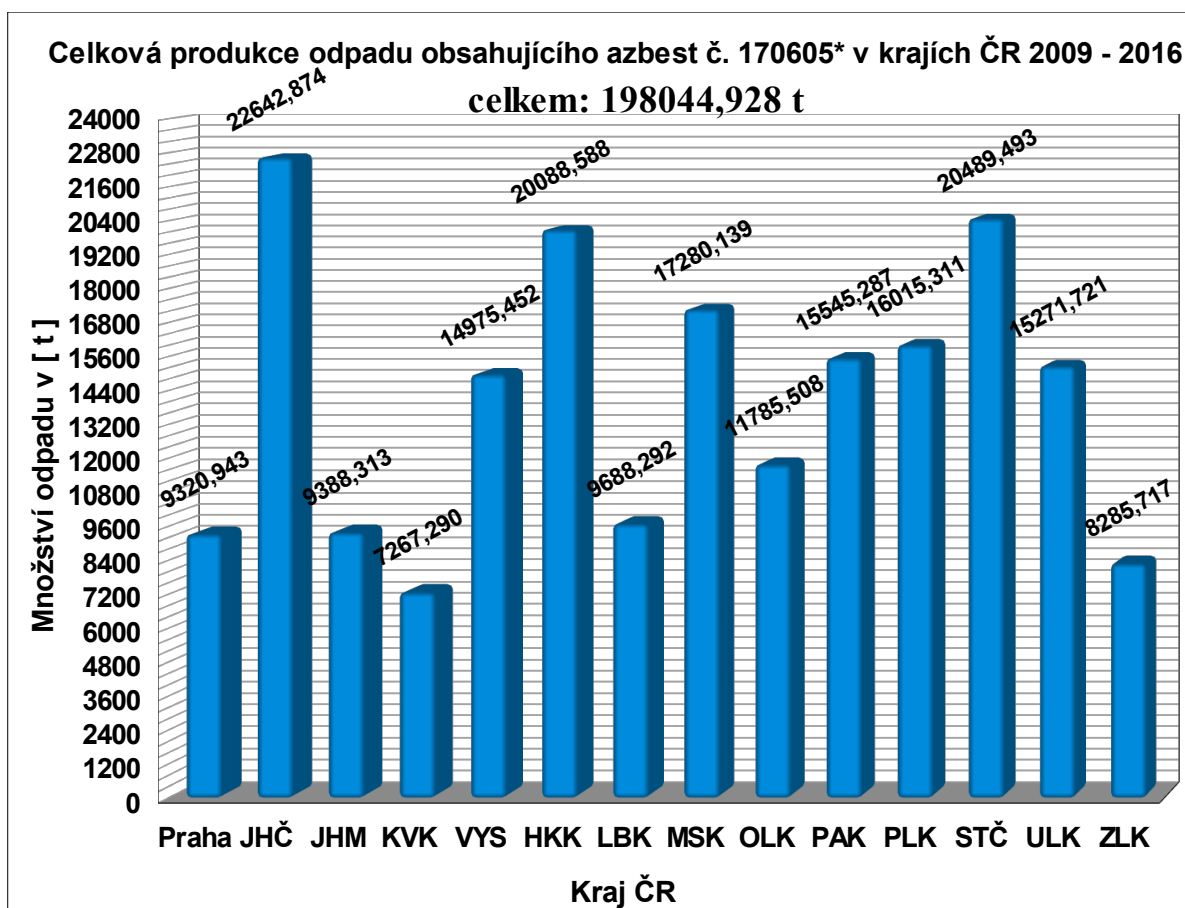
Rok 2014 byl jediný, kdy produkce odpadu v žádném kraji nepoklesla pod tisíc tun. Od roku 2009 do roku 2013 je zřetelný nárůst celkového množství tohoto odpadu. Celkové množství produkováného odpadu katalogového čísla 170605\* za období let 2009 - 2016 činí v součtu 198 044,928 t.

**Tab. 14:** Celková produkce odpadu obsahujícího azbest č. 170605\* v krajích ČR 2009 - 2016  
(zdroj: vlastní, z dat ISOH)

ČR	Množství odpadu obsahujícího azbest č. 170605* [ t ]								
Kraj	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Celkem
<b>Praha</b>	1410,418	1209,230	1550,865	795,703	1378,613	1020,424	1121,302	834,388	<b>9320,943</b>
<b>JHČ</b>	2056,204	3062,031	2995,808	2688,005	2611,062	3147,809	3047,735	3034,220	<b>22642,874</b>
<b>JHM</b>	919,210	876,420	1105,358	1076,516	1193,773	1430,098	1246,316	1540,622	<b>9388,313</b>
<b>KVK</b>	2029,050	612,690	759,232	443,860	349,846	1794,869	712,495	565,248	<b>7267,290</b>
<b>VYS</b>	1351,573	1854,980	1654,488	3211,927	1678,619	1656,131	1790,041	1777,693	<b>14975,452</b>
<b>HKK</b>	2066,243	2233,195	2507,594	2529,605	2529,437	2854,882	2786,143	2581,489	<b>20088,588</b>
<b>LBK</b>	1202,148	994,749	1204,160	1302,592	1264,646	1298,169	1161,691	1260,137	<b>9688,292</b>
<b>MSK</b>	1626,187	2351,446	1960,978	2346,983	2785,740	2228,015	1956,898	2023,892	<b>17280,139</b>
<b>OLK</b>	1157,531	1201,742	1277,344	1377,905	1230,973	1579,812	2004,408	1955,793	<b>11785,508</b>
<b>PAK</b>	1678,912	2307,073	1923,469	2062,907	1791,136	1804,497	2037,263	1940,030	<b>15545,287</b>
<b>PLK</b>	1678,234	1680,948	2289,329	2035,493	1651,196	1954,596	2115,463	2610,052	<b>16015,311</b>
<b>STČ</b>	1375,419	1543,965	1860,965	2528,215	2763,144	3448,017	3578,474	3391,294	<b>20489,493</b>
<b>ULK</b>	1070,363	996,799	1585,856	1092,759	6032,173	2087,296	1145,575	1260,900	<b>15271,721</b>
<b>ZLK</b>	845,208	855,652	1025,876	1149,234	970,902	1123,045	1128,515	1187,285	<b>8285,717</b>
<b>Celkem</b>	<b>20466,700</b>	<b>21780,920</b>	<b>23701,322</b>	<b>24641,704</b>	<b>28231,260</b>	<b>27427,660</b>	<b>25832,319</b>	<b>25963,043</b>	<b>198044,928</b>

V případě odpadu katalogového čísla 170605\* se nejčastěji jednalo o prefabrikované stavební díly, především fasádní tzv. Boletické panely, obsahující z vnitřku azbestovou desku a dále poměrně křehké azbestocementové desky příček a podhledů a obkladů stěn, zejména typu Ezalit A a Ezalit B s cca 40% obsahem azbestu (později 18 %) a UNICEL s 22% obsahem azbestu, používané v 70. a 80. letech 20. století za účelem urychlení výstavby sídlišť a jejich občanské vybavenosti, tj. administrativních budov, škol a školek, poliklinik, obchodních domů apod..





**Obr. 21:** Graf celkové produkce odpadu obsahujícího azbest č. 170605\* v krajích ČR 2009 - 2016 (zdroj: vlastní, z dat ISOH)

#### 4.1.8 Podíl odpadů obsahujících azbest č. 170601 a 170605 na celkové produkci odpadů obsahujících azbest

Izolační a stavební materiály obsahující azbest katalogových čísel 170601\* a 170605\* tvořily v letech 2009 - 2016 naprostou většinu, více než 99 %, celkové produkce odpadů s azbestem v ČR, jak je vidět v uvedené Tab. 15, přičemž produkce stavebních materiálů obsahujících azbest katalogového čísla 170605\* je, vyjma roku 2010 (viz Tab. 8), o řád vyšší, než izolačních materiálů obsahujících azbest katalogového čísla 170601\*.

**Tab: 15:** Podíl odpadů obsahujících azbest č. 170601\* a 170605\* na celkové produkci odpadů obsahujících azbest v ČR 2009 - 2016 (zdroj: vlastní, z dat ISOH)

ČR	Produkce odpadů obsahujících azbest č. 170601* a 170605* [ t ]							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>170601* + 170605*</b>	23001,825	35909,783	31970,071	28301,349	31009,792	30832,154	28953,701	29265,192
<b>Celková produkce</b>	23037,769	35942,073	31996,598	28352,793	31048,941	30851,390	28971,933	29284,503
<b>Podíl [ % ]</b>	<b>99,84</b>	<b>99,91</b>	<b>99,92</b>	<b>99,82</b>	<b>99,87</b>	<b>99,94</b>	<b>99,94</b>	<b>99,93</b>

#### 4.1.9 Podíl odpadů obsahujících azbest na produkci NO a všech odpadů

Z Tab. 16 dle dat ISOH bylo zjištěno, že odpady obsahující azbest představují jen cca 1,07 až 2,15 % z celkové produkce NO, která se v analyzovaném období pohybovala v rozmezí cca 1,443 až 2,161 mil. t a jen cca 0,07 až 0,11 % z celkové roční produkce všech odpadů, která byla v rozmezí cca 30,023 až 37,338 mil. t.

**Tab. 16:** Podíl odpadů obsahujících azbest na celkové roční produkci všech odpadů a NO v ČR  
(zdroj: vlastní, z dat ISOH)

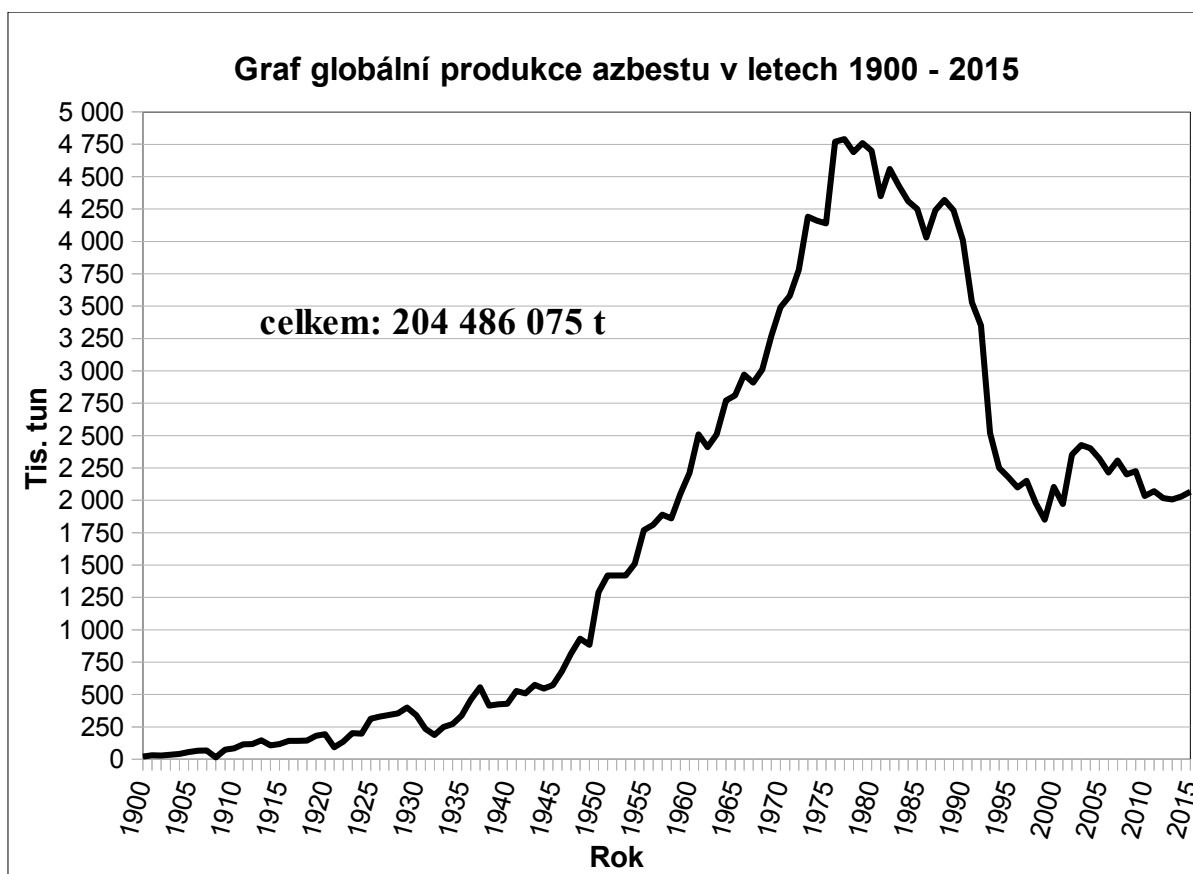
Rok	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Všechny odpady [mil. t]</b>	32,267286	31,811245	30,672123	30,023111	30,620616	32,028422	37,338298	34,242076
<b>NO [mil. t]</b>	2,161390	1,784126	1,840809	1,636790	1,443358	1,565888	1,503979	1,443759
<b>Odpady s azbestem [ t ]</b>	<b>23037,769</b>	<b>35942,073</b>	<b>31996,598</b>	<b>28352,793</b>	<b>31048,941</b>	<b>30851,390</b>	<b>28971,933</b>	<b>29284,503</b>
<b>Podíl [%] na všech odpadech</b>	0,07	0,11	0,10	0,09	0,10	0,10	0,08	0,09
<b>Podíl [%] na NO</b>	1,07	2,01	1,74	1,73	2,15	1,97	1,93	2,03

Poměrně vysoká produkce odpadů obsahujících azbest je dokladem nakládání s uvedenými odpady v souladu s legislativou, které jsou, dle Hodnocení POH, z 98 % evidovaného nakládání odstraňovány uložením na řízené skládky S-NO nebo S-OO čímž je, pokud je zde s nimi nakládáno dle předpisů, zabráněno úniku do životního prostředí a tím riziku expozice.

#### 4.2 Analýza produkce odpadů obsahujících azbest v EU

Posouzení produkce a nakládání s odpady obsahujícími azbest v jiných státech EU nebylo možné provést. Data potřebná pro stejnou analýzu, jaká byla provedena v případě ČR, není možné získat, jelikož ze zemí EU jsou, např. na webových stránkách Eurostatu (statistický úřad EU), dostupné jen všeobecné informace o produkci NO, kterých bylo např. v roce 2014 vyprodukováno 95,0 mil. t. Tato data však neposkytují výpovědní hodnotu o samotných odpadech obsahujících azbest, které jsou navíc zahrnuty pod termín „hlavní minerální odpady“, proto je nelze s daty o produkci v ČR porovnávat. Informace o produkci v EU se nepodařilo získat od MŽP, ani od firem uvedených v práci, které řeší problematiku i v EU. Produkce odpadů obsahujících azbest není v zemích EU samostatně evidována.

S ohledem na množství vytěženého a spotřebovaného azbestu (viz Obr. 22), na historii jeho využívání a zejména na fakt, že naprostá většina azbestu byla spotřebována ve stavebnictví, lze i vzhledem ke společné legislativě členských států v rámci EU předpokládat, že množství odpadů obsahujících azbest bude vykazovat podobné trendy jako v ČR a rovněž tak i co se týká způsobů sanací a dekontaminačních prací, ovšem s ohledem na velikost jednotlivých států a jejich spotřebu v minulosti a také dobu, po kterou je tato problematika řešena. V EU je sice těžba, zpracování, výroba a dovoz výrobků s azbestem zakázána, v mnoha zemích (viz Tab. 17 a Obr. 23) ale pokračují a riziko expozice se tak příliš nesnižuje.



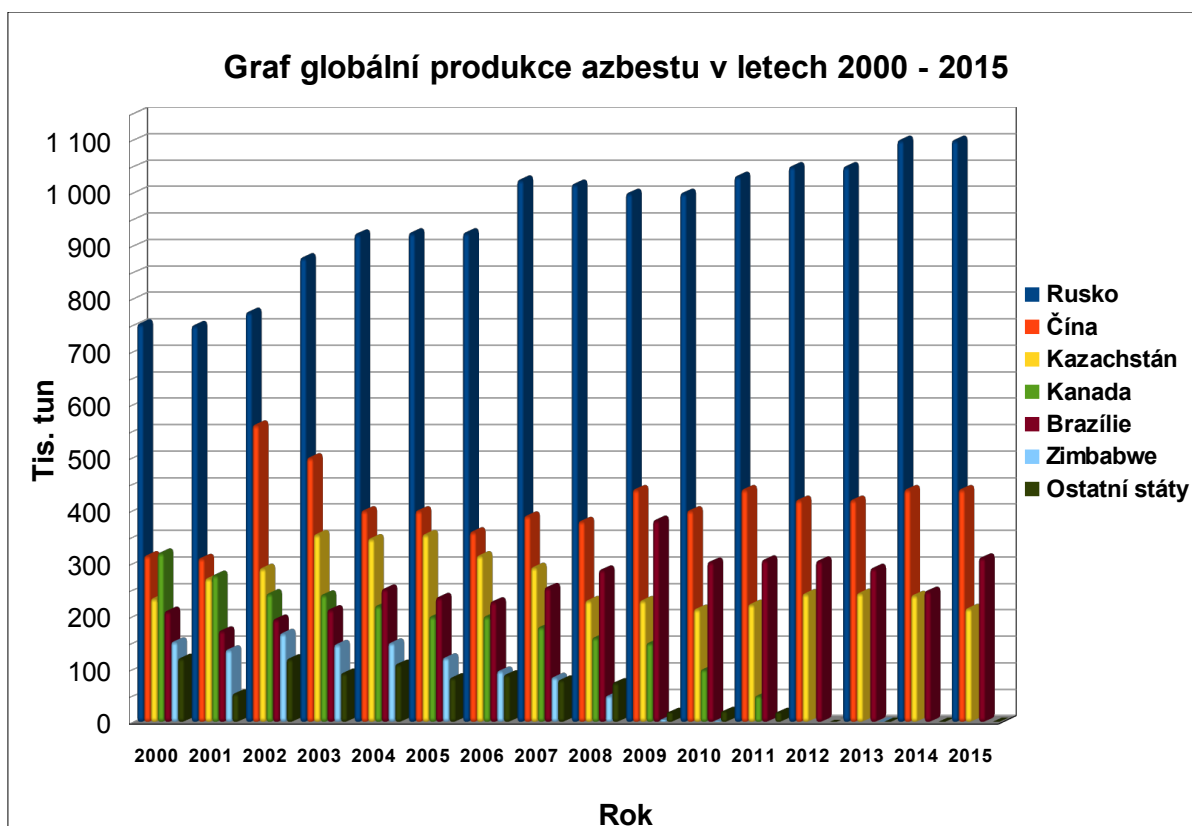
**Obr. 22:** Graf globální produkce azbestu v letech 1900 - 2015 (zdroj: vlastní, z dat USGS)

Součtem celkové globální roční produkce azbestu od roku 1900 do roku 2015, znázorněné v grafu na Obr. 22, který byl sestaven na základě dat z Mineralogických ročenek a dalších dokumentů na internetových stránkách USGS, byla vypočtena celková hodnota v historii (od počátku evidence) vytěženého azbestu v objemu 204 486 075 t.

Graf na Obr. 23 na následující straně (sestavený dle dat v Tab. 17) popisuje vývoj těžby v zemích, které byly (a většina stále je) hlavními producenty azbestu, v letech 2000 - 2015. Tab. 17 a graf na Obr. 23 byly sestaveny dle dat zjištěných z Mineralogických ročenek a dalších dokumentů na webových stránkách USGS.

**Tab. 17:** Globální produkce azbestu za jednotlivé státy v tunách v letech 2000 - 2015  
(zdroj: vlastní, z dat USGS)

Rok	Rusko	Kazachstán	Čína	Brazílie	Zimbabwe	Kanada	Ostatní	Celkem
2000	752 200	233 200	315 000	209 332	152 000	320 000	121 000	2 102 732
2001	750 000	271 300	310 000	172 695	136 327	276 790	54 000	1 971 112
2002	775 000	291 100	562 000	194 732	168 000	242 241	120 000	2 353 073
2003	878 000	354 500	500 000	213 117	147 000	240 500	93 000	2 426 117
2004	923 000	346 500	400 000	252 067	150 000	220 000	110 000	2 401 567
2005	925 000	355 000	400 000	236 047	122 041	200 000	84 000	2 322 088
2006	925 000	314 700	360 000	227 304	96 956	200 000	90 000	2 213 960
2007	1 025 000	292 600	390 000	254 204	84 520	180 000	80 000	2 306 324
2008	1 017 000	230 100	380 000	287 673	50 000	160 000	75 000	2 199 773
2009	1 000 000	230 000	440 000	382 032	4 971	150 000	19 000	2 226 003
2010	1 000 000	214 100	400 000	302 257	2 400	100 000	21 000	2 039 757
2011	1 031 880	223 100	440 000	306 321	0	50 000	19 000	2 070 201
2012	1 050 000	241 200	420 000	304 569	0	0	300	2 016 069
2013	1 050 000	243 400	420 000	290 825	614	0	340	2 005 179
2014	1 100 000	240 000	400 000	284 000	0	0	370	2 028 370
2015	1 100 000	215 000	400 000	311 000	0	0	350	2 066 350



**Obr. 23:** Graf globální produkce azbestu v letech 2000 - 2015 (zdroj: vlastní, z dat USGS)

### **4.3 Analýza jednotlivých kroků při odstraňování odpadů obsahujících azbest**

Následující oddíly uvádí přehled v ČR používaných metod stanovení vzorků azbestu v ovzduší, vodě, půdě a materiálech obsahujících azbest, seznam firem odstraňujících azbest v ČR, postup odstraňování azbestu na příkladu sanace školy v Českých Budějovicích, seznam skládek S-NO, S-OO a povolených odpadů a popis situace ohledně skládkování azbestu v ČR.

#### **4.3.1 Přehled metod odběru a zpracování vzorků**

##### **a) Metody stanovení azbestu v ovzduší:**

Při odběru vzorků vzduchu, jejich zpracování a stanovení koncentrace azbestových vláken se postupuje podle:

- NV č. 361/2007 Sb., stanovující podmínky pro ochranu zdraví zaměstnanců při práci, část „B“, Příloha 3 – popis odběru vzorků a stanovení početní koncentrace minerálních vláken v pracovním prostředí a při rekonstrukcích a demolicích staveb
- AHEM, Příloha 13/86 „Standardní metodika pro stanovení početní koncentrace minerálních vláken v pracovním ovzduší“
- norma ISO 10397 „Pro stanovení azbestu v odpadních plynech pomocí mikroskopických metod“ - postup odběru a úpravy vzorků, identifikace a kvantitativního stanovení různých azbestů mikroskopickými metodami
- norma ČSN EN ISO 16000-7 Vnitřní ovzduší – Část 7: Postup odběru vzorku při stanovení koncentrace azbestových vláken v ovzduší

##### **Odběr vzorků se provádí dle cíle sledování azbestu ve vnitřním ovzduší:**

- tzv. vzorkování pozadí - stanovení krátkodobé koncentrace při běžném užívání před provedením prací, při nichž může dojít k uvolnění vláken
- tzv. vzorkování pro ověření vlivu činností - měření při běžné údržbě budovy
- tzv. výzkumné vzorkování - při změně způsobu užívání budov či náhlém poškození azbestových materiálů, i umělém
- tzv. vzorkování úniků - monitoring možného úniku kontaminovaného vzduchu mimo kontrované pásmo a okolí sanované stavby v průběhu sanace
- tzv. osobní vzorkování - odběr vzorků v dýchací zóně pracovníků pro určení expozice osob
- tzv. výstupní vzorkování - po skončení prací před ukončením bezpečnostních opatření pro ověření podlimitních koncentrací
- tzv. běžné vzorkování - periodické ověřování účinnosti provedených nápravných opatření během běžného užívání

Analýza vzorků vzduchu sestává z identifikace druhu a stanovení koncentrace vláken azbestu metodou počítání vláken na filtru pomocí:

- PCM - optická mikroskopie s fázovým kontrastem, např. metoda NIOSH 7400
- PLM - optická mikroskopie v polarizovaném světle, např. metoda NIOSH 7400
- SEM - skenovací elektronová mikroskopie, např. metoda SEM s mikroanalýzou EDAX
- TEM - transmisní elektronová mikroskopie, např. NIOSH method 7402
- standardizované metody světelné mikroskopie

**b) Metody stanovení azbestu ve vodě:**

Azbest se v pitné vodě stanovuje podle metodiky:

- US EPA/600/4-83-043:  
„Analytical Method for the Determination of Asbestos Fibers in Water“
- US EPA/600R-94/134:  
„Asbestos by Transmission Electron Microscopy Determination of Asbestos Structures over 10  $\mu\text{m}$  in Length in Drinking Water“

**c) Metody stanovení azbestu v půdě a materiálech obsahujících azbest:**

Ve vzorcích půdy a materiálů obsahujících azbest se vlákna identifikují a stanovují na základě chemické analýzy (metodou EDAX), morfologie a krystalové struktury podle:

- US EPA 540-R-97-028:  
„Superfund Method for the Determination of Releasable Asbestos in Soils and Bulk Material“
- US EPA 600/R-93-116:  
„Method for the determination of asbestos in bulk building materials“
- US EPA 600/M4-82-020:  
„Interim Method for the Determination of Asbestos in Bulk Insulation Samples“
- US EPA method 68-02-3266 - level I and level II
- metoda NIOSH 7400 - jsou-li analyzovány vzorky z nakládání s NO, používá se PCM
- metoda NIOSH 7402
- metoda NIOSH 9002
- metoda rentgenové difrakce s využitím FTIR
- PLM - ze standardizovaných metod pro identifikaci azbestu v půdní matrici nejrozšířenější

#### 4.3.2 Analýza konkrétních postupů odstraňování azbestu u vybraných firem

Sanací azbestové zátěže se v ČR zabývají akreditované firmy (viz Tab. 18) spolupracující jen s akreditovanými laboratořemi, provádějícími stanovení a identifikaci azbestu v ovzduší a stavebních materiálech. Patří k nim např. firmy Skanska, a. s., Removal, s. r. o., Foster Bohemia, s. r. o., nebo firma Ekostar, s. r. o., která v roce 2015 provedla likvidaci střešních krytin obsahujících azbest, a to asfaltových pásů (podobně na Obr. 24) v ploše cca 6 500 m<sup>2</sup> z objektu Obchodního centra Růže v Praze 4 a roku 2014 azbestocementových šablon z budovy Náprstkova muzea v Praze.

**Tab. 18.** Seznam hlavních akreditovaných firem provádějících odstraňování azbestu v ČR  
(zdroj: vlastní, dle internetu)

NÁZEV FIRMY	
Foster Bohemia, s. r. o.	Waressan cz, s. r. o.
Ekostar, spol. s. r. o.	KLIO, s.r.o.
Skanska, a. s.	AZBESTOP, a. s.
SUEZ Využití zdrojů, a.s.	ZAPE EKOINVEST, s. r. o.
EKOLSAN.CZ, s. r. o.	Miramid, s. r. o.
TREPART, s. r. o.	MITEX CZ, s.r.o.
REMOVAL, s. r. o.	BELFOR Czechia, spol. s. r. o.
Purum, s. r. o.	OSINEK, a. s.



**Obr. 24:** Penetrace asfaltových pásů enkapsulantem (zdroj: EKOSTAR, ©2017b)

Pro účely této diplomové práce byla, z důvodu, že expozice azbestu je s ohledem na dlouhou dobu latence onemocnění, nejnebezpečnější pro dětský organizmus, zpracována příkladová studie sanace azbestu ve vnitřním a vnějším prostředí Základní školy (ZŠ) Máj I (zkolaudované v roce 1988) a Máj II (zkolaudované v roce 1991) v Českých Budějovicích, která proběhla v roce 2012 na objednávku magistrátu města.

- Kontrolní měření v roce 2011, prováděná v souvislosti s rekonstrukčními pracemi, prokázala přítomnost respirabilních vláknitých částic nad stanovené limitní koncentrace.
- Monitoring byl prováděn formou záchytu vláknitých částic na měřicí filtry odběrových zařízení dle německé Směrnice VDI 3492:2004 (měření anorganických vláknitých částic pomocí metody rastrovací elektronové mikroskopie – REM) pracovníky firmy Foster Bohemia s. r. o., která vypracovala zpřesnění Inspekční zprávy č. 120/119/11 na vytipování a kvantifikaci azbestových materiálů a analýzu rizik a plnila funkci Inspekčního orgánu č. 4036 (akreditovaný ČIA dle normy ČSN EN ISO/IEC 17020:2005) a Zkušební laboratoře č. 1150.
- Pracovníky Inspekčního orgánu a Zkušební laboratoře bylo provedeno celkem 317 kontrolních měření ve vnitřním a vnějším prostředí, z toho:
  - před zahájením sanačních prací 13 měření v bytech školníků, protiatomovém krytu, podzemních kolektorech a garáži, které byly poté ze sanace vyjmuty a 18 měření uvnitř výše uvedených pavilonů
  - během prací 4 měření uvnitř pavilonů ve vnitřních kontrolovaných pásmech
  - po ukončení prací 279 měření uvnitř pavilonů v kontrolovaném pásmu a 3 měření vně pavilonů
- Bylo rozhodnuto o provedení sanace a dekontaminace vnitřních prostor základní školy firmou SITA CZ, a. s. (nyní SUEZ Využití zdrojů, a. s.) podle akreditovaného inspekčního postupu IP02, kterým se stanoví účinnost sanace azbestu a jiných nebezpečných vláken ve vnitřním a vnějším prostředí.  
Podle požadavků odběratele byla prováděna každodenní akreditovaná inspekce účinnosti sanace azbestu ve vnitřním a vnějším prostředí.



- Předmětem sanačních prací byly pavilony 231, 232 a 235 na ZŠ Máj I a pavilony 423, 424 a 426 na ZŠ Máj II a společných prostor kuchyně, jídelny, dílen, technických prostor a vstupu se šatnami. Konkrétně se jednalo o dekontaminaci vnitřních prostor od volných a usazených azbestových částic, odstranění azbestových podložek pod elektroinstalačními prvky (např. zásuvkami, vypínači a elektrorozvodnými krabicemi), protipožárních klapek, desek vnitřních izolací stěn, dmychadel VZT (vzduchotechnické, ventilační nebo odvětrávací potrubí, zařízení nebo soustrojí), azbestových těsnících šňůr z přírub VZT a čištění VZT potrubí, a dále odstranění obvodové pláště tvořeného z tzv. Boletických panelů, a obložení stropů a přiček z izolačních desek typu Akumin.
- Před započítím sanačních a dekontaminačních prací byl z důvodu prevence úniku azbestových vláken do okolí a expozice dalších osob v celém vnitřním a vnějším prostoru ZŠ výstražnou páskou a zřetelným označením výstražnými štítky, upozorňujícími na práce s azbestem, vymezen uzavřený prostor, tzv. kontrolované pásmo (viz Obr. 25, 26), které bylo monitorováno Zkušební laboratoří a Inspekčním orgánem.
- Vnitřní kontrolované pásmo bylo sestaveno z lehkých přestavitelných přiček hliníkové konstrukce, překrytých silnou PP/PE (polyethylen, polypropylen) fólií. Dále byly uvnitř budovy ve vzdálenosti 2 m od obvodového pláště z Boletických panelů vystavěny předstěny z pevné silnostěnné PE/PP fólie.
- Vnější kontrolované pásmo bylo vytvořeno vně budovy postavením lešení 1 - 2 m od obvodového pláště dané budovy a zakrytým následně silnostěnnými PP/PE plachtami.



**Obr. 25:** Oznáčení kontrolovaného pásma  
(zdroj: Foster Bohemia, ©2012)



**Obr. 26:** Vstup do kontrolovaného pásma  
(zdroj: Foster Bohemia, ©2012)

- Kontrolované pásmo bylo hermeticky uzavřeno a napojeno na odsávací jednotky s HEPA (High Efficiency Particulate Air) filtry H13/14 (viz Obr. 27), které zajišťovaly min. čtyř- až osminásobnou výměnu vzduchu za hodinu při provozním podtlaku udržovaném v diferenci 20 až 40 Pa, mimo pracovní dobu pak na hranici 10 Pa. Odsávací jednotky byly monitorovány měřiči s pamětí, zobrazujícími aktuální podtlak, a akustickým alarmem pro případ překročení mezních hodnot. Kontrola předepsané hodnoty tlakové difference uvnitř kontrolovaného pásma a v personálním dekontaminačním (viz Obr. 29) systému byla prováděna pracovníky Zkušební laboratoře pomocí kalibrovaného speciálního měřidla se záznamem FLUKE 922 (viz Obr. 28). Protokoly byly součástí závěrečné Inspekční zprávy.

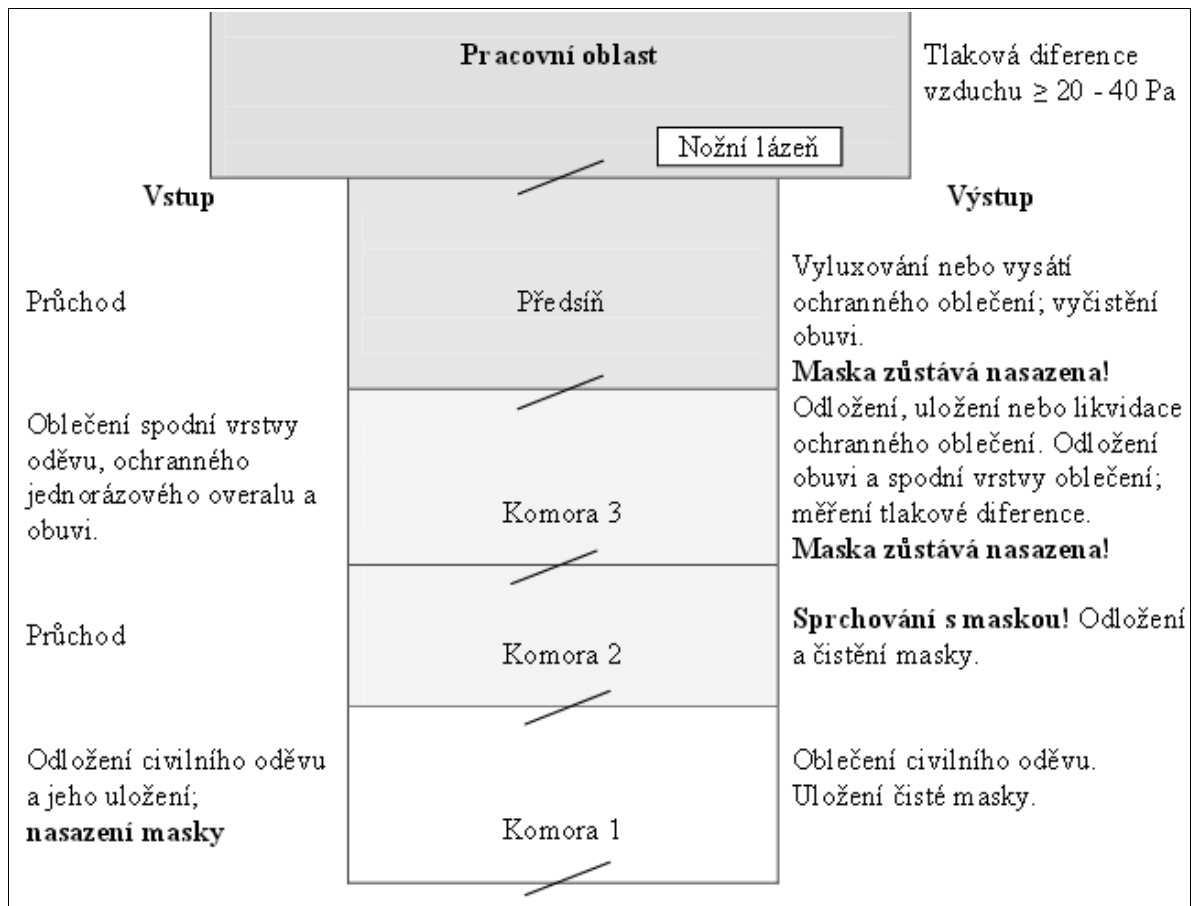


**Obr. 27:** Instalovaný odsavač  
(zdroj: *Foster Bohemia*, ©2012)



**Obr. 28:** Kontrola tlakové difference  
(zdroj: *Foster Bohemia*, ©2012)

- Při vstupu do kontrolovaného pásma si každý pracovník v komoře 1 svlékl civilní oděv, uložil jej na dané místo, nasadil si celoobličejovou masku nebo polomasku s filtry P3 (v otevřeném kontrolovaném pásmu lze užít i jednorázové roušky s filtry P3), o nichž se vedla evidence z důvody kontroly výměny. Poté přešel přes komoru 2 do komory 3, kde se oblékl do celotělového jednorázového ochranného obleku s kapucí kategorie III a současně typu 5 (prachotěsný) a typu 6 (těsný proti potřísnění kapalinami), pracovní obuvi kategorie S3 a nasadil si ochranné brýle, rukavice a přilbu (viz Obr. 30).



Obr. 29: Princip personálního dekontaminačního systému (zdroj: Foster Bohemia, ©2012)



Obr. 30: Ochranná výstroj pro odstraňování azbestu (zdroj: OMNIPURE, ©2016c)

- Při odchodu z kontrolovaného pásma si pracovník nejdříve mechanicky a vysátím očistil oděv, boty a helmu a postoupil do komory 3, kde se svlékl z ochranného oděvu a sundal si rukavice a přilbu. Ochranný oděv vhodil do PP/PE obalu a s ochrannou maskou přešel do komory 2, kde se i s ní osprchoval (sprcha vodní nebo vzduchová). Nakonec si omyl masku, kterou sundal a odnesl s sebou do komory 1 k uschování kde se převlékl do civilního oděvu a opustil personální dekontaminační komoru a kontrolované pásmo.
- Mimo tento prostor zajišťoval určený pracovník komunikaci mezi pracovníky vně a uvnitř, prováděl kontrolu a oprávněnost vstupu přes dekontaminační komoru, přičemž o příchodech a odchodech vedl záznam, a organizoval přesun vybavení do kontrolovaného pásma a také přepravu odpadu k likvidaci. Dále kontroloval funkčnost vybavení a technického zařízení. Použité pracovní oděvy a pomůcky byly ukládány na určeném označeném místě a po skončení pracovní činnosti kontrolovány kvůli poškození, pokud nebylo možné jejich vyčištění a opakované použití, byly likvidovány spolu s ostatním odpadem. Na pracovišti bylo také zajištěno sanitární a pomocné zařízení.
- Při odstraňování azbestových materiálů bylo třeba volit technologické postupy co nejvíce zabraňující nadměrné mechanické námaze a omezit na minimum používání brusného náradí, vrtaček a pil a minimalizovat poškození azbestových materiálů lámáním nebo pádem. V situacích, kdy nebylo možné použít kapalinu, byly materiály s obsahem azbestu odstraňovány za sucha tzv. metodou wrap and cut, kdy byl materiál obsahující azbest zabalen do speciálního obalu, odříznut a vložen do jednorázového vaku, který byl likvidován společně s odpadem. Prašnost byla snižována vlhčením materiálů vodou se smáčedlem pomocí rozprašovačů a injektážních jehel (v případě silnovrstevných materiálů či materiálů s nepropustným povrchem) za současného zvlhčení.
- Nosné konstrukce, které nebylo možné odstranit a na nichž je aplikována protipožární azbestová vrstva (viz Obr. 31), byly ošetřeny barevným enkapsulantem (pro jednoznačné označení míst penetrace), aplikovaným vysokotlakým elektrickým bezvzduchovým stříkacím zařízením v dostatečném množství, aby pronikl až na podklad daného materiálu. Používány byly např. speciální enkapsulační přípravky americké firmy H. B. Fuller (značka Foster®) splňující požadavky US EPA certifikované v ČR. Enkapsulant na povrchu utvoří souvislou nepropustnou a pružnou vrstvu, s životností min. 35 let, zabraňující úniku vláken do ovzduší. Při stavebních úpravách musí být jeho stav pravidelně kontrolován a všechny informace musí být zdokumentovány a archivovány.



**Obr. 31:** Nosník napenetrovaný barevným enkapsulantem (*zdroj: Foster Bohemia, ©2012*)

- Při sanaci vnitřních prostor pavilonů školy byla dekontaminace provedena u veškerého vybavení a zařízení místností, včetně učebních pomůcek, knih, nástěnek atd., a zejména na všech technických a technologických zařízeních a konstrukčních prvcích - podlahy, stěny, stropy, svítidla atd. Usazený prach v těžko přístupných místech byl rozvířován kompresory s tlakovou pistolí, jemné povrchy knih a speciálních pomůcek byly čištěny ofukováním, otíráním a vysáváním. V max. rozsahu pak bylo užito čištění povrchů mokrou cestou. Při zjištění narušených míst, např. vnitřní straně obvodového pláště byla tato místa napenetrována barevným neředěným enkapsulantem, silnější narušení bylo řešeno vrstvou sádrokartonu (Obr. 32 a 33). Plochy byly vysáty vysavači s HEPA filtry aaH13/14.



**Obr. 32:** Penetrace narušeného panelu  
(*zdroj: Foster Bohemia, ©2012*)



**Obr. 33:** Překrývání panelu sádrokartonem  
(*zdroj: Foster Bohemia, ©2012*)

- Před sanací podkladových desek a destiček pod elektroinstalacemi byly s předstihem napenetrovány enkapsulantem všechny hrany a viditelné části podložek (viz Obr. 34) a již během zasychání byly postupně odstraňovány elektroinstalační prvky, přičemž bylo napenetrováno také místo, kde přiléhají k podložce. Podložky byly po úplném zaschnutí demontovány a oboustranně napenetrovány včetně míst, kde byly připevněny. Dál byly protipožární klapky, které obsahují azbestové materiály v listu, krytu páky a těsnění příruby, z vnějšku napenetrovány enkapsulantem a nejbližší příruby před klapkou a za ní se nejprve částečně uvolnily a prostříkaly enkapsulantem, po jehož zaschnutí byly rozpojeny. Klapky pak byly z přírub vyňaty, napenetrovány z vnitřní strany a likvidovány jako NO.



**Obr. 34:** Penetrace azbestových desek  
(zdroj: *Foster Bohemia*, ©2012)



**Obr. 35:** Demontáž VZT potrubí  
(zdroj: *Foster Bohemia*, ©2012)

- Sanace azbestových těsnících šňůr z přírub VZT (viz Obr. 35) potrubí byla započata tak, že u přírub se nejprve povolily šrouby a vzniklé spáry včetně těsnící šňůry byly prostříkány enkapsulantem, po jehož zaschnutí je bylo možno rozpojit úplně. Těsnící šňůry byly vyjmuty a zlikvidovány jako azbestový odpad. Příruby a jejich okolí byly poté napenetrovány včetně všech šroubů a ploch přiléhajících k těsnící šňůře. Sanace rozvodů VZT spočívala v kombinaci čištění, vysávání uvolněných nečistot, mlžení a enkapsulace, a kde to bylo možné, byly rozvody VZT kompletně odstraněny.

- Při sanaci obvodového pláště z tzv. Boletických panelů (viz Obr. 36) byly před samotnou demontáží jednotlivých panelů, v jejím průběhu i po, všechny vrstvy penetrovány barevným enkapsulátem. Povrchy v kontrolovaném pásmu byly po demontáži panelů vysáty, nosná konstrukce panelů napenetrována a prostor kontrolovaného pásma byl vylíčen enkapsulátem.



**Obr. 36:** Pavilon 423 s obvodovým pláštěm z Boletických panelů (zdroj: *Foster Bohemia*, ©2012)

- Všechny enkapsulované materiály byly baleny do PE/PP obalů (Obr. 37) a přesunovány do materiálové propusti (Obr. 38), kde proběhla další penetrace.



**Obr. 37:** Balení azbestového materiálu (zdroj: *OMNIPURE*, ©2016c)

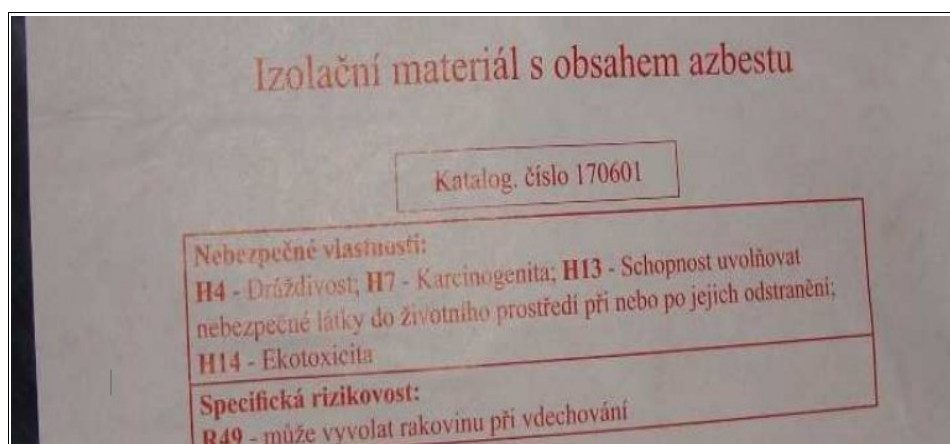


**Obr. 38:** Materiálová propust (zdroj: *Foster Bohemia*, ©2012)

- Všechny azbestové materiály dostatečně ošetřené penetračním enkapsulačním prostředkem byly v materiálové propusti baleny a ukládány do speciálních obalových PP/PE silnostěnných velkoobjemových vaků, tzv. BigBagů (viz Obr. 39), nebo maloobjemových vaků a silnostěnných PP/PE fólií. Tyto byly označeny podle Dodatku 7 Nařízení EP a Rady č. 1907/2006/EC (tzv. REACH) štítkem (Obr. 40) nebo visačkou s označením odpadu obsahujícího azbest, katalogovým číslem odpadu a názvem firmy, nebo byl obal opatřen jednobarevným potiskem v kontrastu s podkladem či byl přiložen k odpadu příbalový leták. Výška (H) označení činí min. 5 cm a šířka min. 2,5 cm, jeho horní část ( $h_1 = 40\% H$ ) tvoří bílé písmeno „a“ na černém pozadí (viz Obr. 39), dolní část ( $h_2 = 60\% H$ ) je opatřena standardním bílým, nebo černým textem na červeném pozadí.



Obr. 39: Štítek označující azbest a BigBag s označením (zdroj: OMNIPURE, ©2016e)



Obr. 40: Samolepící štítek na obalu se sanovaným azbestovým materiálem (zdroj: Foster Bohemia, ©2012)



- Stabilizovaný, zabalený a označený odpad byl z materiálové propusti přesouván do meziskladu, kde byl vážen závěsnými zkalibrovanými váhami Akreditovaným dozorem a výsledky byly uvedeny v protokolu v závěrečné Inspekční zprávě. K odpadu byl vždy přiložen evidenční, technický a bezpečnostní list užitého enkapsulantu a byl pravidelně předáván oprávněné osobě k odvozu v přistavených kontejnerech, určených pro přepravu nebezpečného odpadu a k likvidaci na příslušné skládce.
- Všechny podlahy a povrchy v kontrolovaném pásmu byly po skončení prací vysáty speciálními průmyslovými vysavači (viz Obr. 41 a 42) s pohonem na stlačený vzduch, vybavenými třístupňovou filtrací, složenou z jednorázového pytle ze 100% PP, textilního filtru s vysokou účinností a HEPA filtru H13/14 zachycující až 99,97 % prachových částic větších než 0,6  $\mu\text{m}$ . Účinnost vysavačů a jejich funkčnost byla pravidelně kontrolována vizuálně nebo partikulárním měřičem jemných prachových částic, filtry byly pravidelně vyměňovány přičemž výměny se zaznamenávaly. Po vysátí byla provedena vizuální kontrola zbytků azbestových materiálů a po ní následovalo vylížení prostoru enkapsulačním prostředkem, vážícím na sebe zbytková volná vlákna. Vzduch v sanovaných prostorech byl čištěn vysokovýkonnými ventilátory s kapacitou až 15 000  $\text{m}^3/\text{hod}$ , následně byl odebrán vzorek a zaslán do smluvní laboratoře a provedeno kontrolní měření.



**Obr. 41:** Osávání prachu ze stěny  
(zdroj: Foster Bohemia, ©2012)



**Obr. 42:** Závěrečné vysávání a otírání podlah  
(zdroj: Foster Bohemia, ©2012)



**Obr. 43:** Monitoring po sanaci  
(zdroj: *Foster Bohemia*, ©2012)

- Sanační práce byly ukončeny na základě pozitivních podlimitních (pod  $1\ 000\ \text{F}\cdot\text{m}^{-3}$ ) výsledků 279 měření (Obr. 43), kdy celková početní koncentrace respirabilních vláken byla  $0\ \text{F}\cdot\text{m}^{-3}$  a ani vizuálně nebyly nalezeny zbytky volných azbestových částic, poté mohlo být následně odstraněno kontrolované pásmo.
- Akreditovaná laboratoř vystavila závěrečnou Inspekční zprávu mapující a hodnotící průběh sanačních prací, a také certifikát o odstranění azbestové zátěže v sanovaném prostředí.

### **4.3.3 Analýza postupu odstraňování odpadů obsahujících azbest v ČR**

Ve smyslu zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech (v platném znění), je odpad obsahující azbest, vzhledem ke svému karcinogennímu potenciálu, klasifikován jako nebezpečný, a proto s ním tak musí být dle tohoto zákona a prováděcí vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu, zacházeno. § 7 uvedené vyhlášky stanovuje technické požadavky na ukládání odpadu s obsahujícího azbest, který smí být ukládán pouze na specializovaných řízených skládkách kategorie S-NO (skládky nebezpečného odpadu, viz Tab. 19) a S-OO1 nebo S-OO3 (skládky nebo sektory skládek ostatních odpadů, viz Tab. 21) při dodržení daných požadavků.

Odpad ukládaný v souladu s Provozním řádem a podmínkami příslušného orgánu životního prostředí do vybraných sektorů skládek skupiny S-OO nesmí, kromě azbestu vázaného pojivem a zabaleného do označených speciálních utěsněných obalů, obsahovat žádné jiné nebezpečné látky. Místo uložení odpadů musí být každodenně před hutněním překryto vhodným materiálem, případně zkrápěno a po dobu provozu a ani po uzavření skládky nesmí být prováděny žádné vrty, výkopy apod.

Provozovatel skládky má povinnost přijmout opatření zabraňující uvolnění azbestu do ovzduší a případnému použití půdy po uzavření skládky, proto musí zajistit po uzavření daného sektoru s uloženým odpadem izolaci inertním materiálem určeným k technickým úpravám skládek a ze zákona archivovat po dobu 40 let příslušnou dokumentaci (např. evidenční listy pro přepravu odpadu) se situačním plánkem skládky a evidencí uložených odpadů, podle § 21 odst. 1 písm. d) zákona.

Provozovatel skládky musí v souladu s rozhodnutím Krajského úřadu o povolení provozu zařízení dbát na to, aby odpady obsahující azbest byly ze životního prostředí odstraňovány co nejrychleji bezpečným způsobem za přísných podmínek ochrany zdraví pracovníků nakládajících s těmito odpady i obyvatel žijících v blízkosti takových skládek, proto musí spolupracovat se specializovanými firmami provádějícími likvidaci těchto odpadů, které zaručí bezpečné předání odpadů k odstranění.

Při nakládání s azbestovými odpady je nutná kontrolní činnost státních orgánů, a to MZ, MŽP, ČIŽP a Hygienických stanic kontrolujících opatření k ochraně zdraví, pracoviště, školení a pracovní postupy, přepravní obaly a kontejnery, zamezení přístupu veřejnosti, smlouvy apod. Při prvním předání odpadu na skládku musí původce či oprávněná osoba předat dokumenty se základním popisem, bez nichž odpad na skládku nelze přijmout, při opakovaných dodávkách stačí čestné prohlášení.

**Tab. 19:** Sklárky nebezpečných odpadů (S-NO) v krajích ČR (*zdroj: vlastní, z dat Bartáčková, 2010*)

Kraj	Katastr	Název sklárky; Skupina; Provozovatel	Kapacita [m <sup>3</sup> ]
STČ	Staré Benátky	Řízená skládka Benátky nad Jizerou; S-NO a S-OO; AVE CZ odpadové hospodářství, s.r.o.	466 000
	Čáslav	Řízená skládka Čáslav; S-NO a S-OO; AVE CZ odpadové hospodářství, s.r.o.	*731 000
	Tišice	Skládka toxického odpadu (STO); S-NO; Spolana, a. s.	90 000
	Veltrusy	Skládka odpadů Strachov II; S-NO a S-OO; Kaučuk, a. s.	79 200
JHČ	Lověšice	Skládka odpadů Lověšice; S-NO a S-OO; JIP-Papírny Větrník, a. s.	*3 500 000
	Vodňany, Stožice	Řízená skládka odpadů Vodňany, skládka skupiny S-OO3 a S-NO; S-NO a S-OO; RUMPOLD 01 - Vodňany, s. r. o.	35 000
PLK	Stupno	Řízená skládka odpadů Flora Břasy; S-NO a S-OO; SITA CZ, a. s.	*186 000
ULK	Růžodol	Skládkový komplex CELIO; S-NO, S-IO a S-OO; CELIO, a. s.	546 100
	Všebořice, Dělouš	Skládka průmyslových odpadů; S-NO a S-OO; SITA CZ, a. s.	3 678 300
	Tušimice, Březno u Chomutova	Skládka odpadů; S-NO, S-IO a S-OO; Skládka Tušimice, a. s.	632 000
	Lovosice	Skládka skupiny S-NO Lukavec; S-NO; LADEO Lukavec, s. r. o.	324 440
HKK	Lodín	Skládka odpadů Lodín; S-NO a S-OO; A.S.A. HP, spol. s. r. o.	*900 000
JHM	Šlapanice	Skládka Šlapanice; S-NO; SATESO, s. r. o.	462 000
	Únanov	Skládka S-NO s odděleným sektorem S-OO3 Únanov; S-NO a S-OO; A.S.A. ES Únanov, s. r. o.	380 000
	Poštorná	Skládka odpadů; S-NO; Fosfa, a. s.	77 563
	Velké Pavlovice	Řízená skládka odpadů Hantály; S-NO a S-OO; Hantály, a. s.	156 532
OLK	Němčice nad Hanou	Odpadové hospodářství Němčice nad Hanou; S-NO a S-OO; SITA CZ, a. s.	*1 807 000
	Rapotín	Skládka odpadů Rapotín; S-NO a S-OO; SITA CZ, a. s.	*1 662 731
	Hradčany na Moravě	Skládka průmyslového odpadu Hradčany; S-NO a S-OO; SITA CZ, a. s.	*1 059 000
MSK	Dolní Benešov	Skládka S-OO3, S-NO a Dekontaminační plocha Dolní Benešov; S-NO a S-OO; TALPA - RPF, s. r. o.	60 200
	Nový Bohumín	Skládka průmyslových odpadů; S-NO, S-IO a S-OO; ŽDB GROUP, a. s.	28 100
	Slezská Ostrava	Skládka S-NO a dekontaminační středisko; S-NO; AWT Rekultivace, a. s.	340 000
	Horní Benešov	Povrchová skládka TPO a TKO Horní Benešov; S-NO a S-OO; Van Gansewinkel HBSS, s. r. o.	*1 053 269
	Kujavy	Skládka neutralizačních kalů; S-NO; MASSAG, a. s.	4 750
	Chlebičov	Zařízení pro nakládání s odpady EKO – Chlebičov; S-NO a S-OO; EKO – Chlebičov, a. s.	*828 650
	Řepiště	Skládka průmyslových odpadů Řepiště; S-NO; A.S.A., spol. s. r. o.	214 761

Pozn.: \* - celková kapacita

Z Hodnotících zpráv o POH ČR plyne, že v roce 2008 ČIŽP v rámci svých plánovaných kontrol prověřila činnost 147 skládek odpadů, včetně všech skládek skupiny S-NO, a na základě jejich výsledků bylo ještě do konce roku 2008 zahájeno 19 správních řízení a vydáno 8 pravomocných rozhodnutí o pokutě, přičemž v dalších případech se mělo ještě správní řízení zahájit. Nejčastěji byly zjištěny nedostatky provozu skládkového zařízení ve smyslu nedodržování schváleného provozního řádu nebo v rozporu se souhlasem či povolením k provozu dané skládky, kdy byl např. zjištěn příjem nepovolených druhů odpadů, nedostačující překrytí odpadu technologickým materiálem pro úpravu skládek, a dále neprovádění pravidelného monitoringu vlivu skládky na životní prostředí, nedostatečný nebo nevypracovaný popis ukládaných odpadů a nesplnění povinnosti týkající se evidenční činnosti související s provozem skládkového zařízení. Z Hodnocení POH i přes uvedené nedostatky vyplývá zvýšení provozní a technologické úrovně provozovaných skládek.

Od roku 2009 smí být provozovány jen skládky vyhovující SR 1999/31/EC o skládkách odpadů a Rozhodnutí Rady 2003/33/EC, stanovujícímu kritéria a postupy pro přijímání odpadů na skládky, což v důsledku vedlo ke snížení počtu provozovaných skládek. V ČR bylo v roce 2010 provozováno 26 (v roce 2014 již jen 25) skládek NO splňujících podmínky výše uvedené Směrnice (viz Tab. 19), z nichž je patrné, že nejvíce, celkem 7, skládek skupiny S-NO se nachází v Moravskoslezském (MSK) kraji, pouze 1 se pak nachází v kraji Plzeňském (PLK) a Královéhradeckém (HKK). Žádná skládka této skupiny pak nebyla evidována v krajích Praha, Karlovarském (KVK), Libereckém (LBK), Pardubickém (PAK), Vysočina (VYS) a Zlínském (ZLK). Největší ze skládek skupiny S-NO, co do objemu, je Skládka průmyslových odpadů v Ústeckém (ULK) kraji, zároveň sloužící i jako skládka S-OO, jejímž provozovatelem je firma SITA CZ, a. s., která spravuje celkem 5 skládek S-NO. V ULK jsou celkem 4 skládky S-NO, stejně jako v Jihomoravském (JHM) a Středočeském (STČ) kraji. Celkem 3 se pak nachází v Olomouckém (OLK) a 2 v Jihočeském (JHČ) kraji. 3 skládky provozuje firma A.S.A. HP, spol. s r. o. a 2 zařízení AVE CZ odpadové hospodářství, s. r. o.. Dle Atlasu bylo v roce 2010 z celkového počtu skládek S-NO pouze 7 (v roce 2014 jen 4) pro tuto skupinu určeno výlučně, ostatní jsou provozovány společně se skupinami S-OO nebo S-IO (skládka inertního odpadu). Seznam odpadů obsahujících azbest povolených k ukládání na skládkách S-NO uvádí Tab. 20.

**Tab. 20:** Sklárky S-NO a odpady obsahující azbest povolené k ukládání  
(zdroj: vlastní, z dat Bartáčková, 2010; IPPC, ISPOP)

Název sklárky S-NO	Povolené odpady obsahující azbest
Řízená skládka Benátky nad Jizerou	060701, 061304, 101309, 170601, 170605
Řízená skládka Čáslav	060701, 061304, 101309, 160111, 170601, 170605
Skládka toxického odpadu (STO)	060701, 061304, 101309, 150111, 160111, 170601, 170605
Skládka odpadů Strachov II	-----
Skládka odpadů Lověšice	061304, 101309, 160111, 160212, 170601, 170605
Řízená skládka odpadů Vodňany, skládka skupiny S-OO3 a S-NO	061304, 101309, 160111, 160212, 170601, 170605
Řízená skládka odpadů Flora Břasy	150111
Skládkový komplex CELIO	060701, 061304, 101309, 150111, 160111, 160212, 170601, 170605
Skládka průmyslových odpadů	150111, 160111, 160212, 170601, 170605
Skládka odpadů	170601, 170605
Skládka skupiny S-NO Lukavec	060701, 061304, 101309, 150111, 160111, 160212, 170601, 170605
Skládka odpadů Lodín	170601, 170605
Skládka Šlapanice	060701, 101309, 160111, 170601, 170605
Skládka S-NO s odděleným sektorem S-OO3 Únanov	060701, 101309, 170601, 170605
Skládka odpadů	170601, 170605
Řízená skládka odpadů Hantály	060701, 061304, 101309, 150111, 160111, 170601, 170605
Odpadové hospodářství Němčice nad Hanou	150111, 160111, 160212, 170601, 170605
Skládka odpadů Rapotín	150111, 160111, 160212, 170601, 170605
Skládka průmyslového odpadu Hradčany	150111, 160111, 160212, 170601, 170605
Skládka S-OO3, S-NO a Dekontaminační plocha Dolní Benešov	101309, 160111, 170601, 170605
Skládka průmyslových odpadů	170601, 170605
Skládka S-NO a dekontaminační středisko	061304, 101309, 150111, 160111, 170601, 170605
Povrchová skládka TPO a TKO Horní Benešov	101309, 150111, 160111, 170601, 170605
Skládka neutralizačních kalů	-----
Zařízení pro nakládání s odpady EKO-Chlebičov	060701, 061304, 101309, 150111, 160111, 170601, 170605
Skládka průmyslových odpadů Řepiště	061304, 101309, 150111, 160111, 170601, 170605

Za uložení nebezpečného odpadu obsahujícího azbest se hradí poplatek, přičemž jeho základní složka na účet obce, na jejímž území se skládka nachází a riziková složka se platí SFŽP (Státnímu fondu životního prostředí). Z „Ceníků ukládání odpadů“ vybraných skládkovacích zařízení NO uvedených v Tab. 19, bylo zjištěno, že celková cena se skládá ze základní sazby za 1 tunu uloženého odpadu, která se liší v závislosti na daném zařízení, poplatku ze zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech (v platném znění) 500,- Kč/t, finanční rezervy na rekultivaci 35,- Kč/t, DPH (daň z přidané hodnoty) 21 % a připočítány mohou být další poplatky, jako např. vážení vozidla. Pro příklad, základní cena na Skládce odpadů Lodín činí 755,- Kč/t, vážení vozidla 300,- Kč, na Řízené skládce Benátky nad Jizerou 2095,- Kč/t, vážení vozidla 50,- Kč nebo na Skládce odpadů Tušimice ve výši 1300,- Kč/t.

Odpad s obsahem azbestu smí být ukládán také na skládky skupiny S-OO1 a S-OO3, kterých bylo v roce 2010 dle Atlasu evidováno v ČR celkem 29 a jejich seznam uvádí Tab. 21. Nejvíce, celkem 7, se jich nachází v Olomouckém (OLK) kraji a 6 v kraji Jihomoravském (JHM). Po jedné skládce mají kraje Praha, Plzeňský (PLK), Liberecký (LBK) a Zlínský (ZLK). Žádná skládka tohoto typu pak není v kraji Karlovarském (KVK), Ústeckém (ULK) a Královéhradeckém (HKK). Z hlediska objemu je největší pražská Skládka odpadů S-OO3 se sektorem S-OO1 Ďáblice, provozovaná firmou A.S.A., spol. s r. o., která provozuje 2 další skládkovací zařízení tohoto typu, ostatní skládky jsou většinou spravovány lokálními provozovateli v daném městě.

Údaje o skládkách a povoleném ukládaném odpadu byly také získány za základě Integrovaných povolení daných skládkovacích zařízení z informačního systému IPPC provozovaného MŽP. Skládky IPPC přijímají přes 10 t odpadů za den nebo jejich celková kapacita přesahuje 25 000 t. Podle údajů z ISOH měl být v roce 2009 ukončen provoz 20 skládek nesplňujících legislativní požadavky, u nichž navíc nebylo možné z technických nebo ekonomických důvodů provedení např. výstavby nových sektorů. Odborné analýzy odhadují, že je každoročně na skládkách uloženo v průměru 30 000 t odpadů s azbestem.

**Tab. 21:** Skládky skupiny S-OO1 a S-OO3 v krajích ČR (*zdroj: vlastní, z dat Bartáčková, 2010*)

Kraj	Katastr	Název skládky ; Provozovatel	Kapacita [m <sup>3</sup> ]
Praha	Ďáblice	Skládka odpadů S-OO3 se sektorem S-OO1 Ďáblice ; A.S.A., spol s.r.o.	3 137 187
STČ	Úholičky	Skládka S-OO3 REGIOS v k. ú. Úholičky ; REGIOS, a. s.	2 827 000
	Hořovice	Skládka odpadů S-OO3 a kompostárna Hořovice-Hrádek ; AVE CZ odpadové hospodářství, s. r. o.	300 000
JHČ	Temelínec	Skládka odpadů S-OO3 Temelínec ; ČEZ, a. s. - JETE	28 280
	Vodňany, Stožice	Řízená skládka odpadů Vodňany, skládka skupiny S-OO3 a S-NO ; RUMPOLD 01 Vodňany, s. r. o.	315 000
PLK	Nová Huť	Řízená skládka S-OO3 Železářny Hrádek ; Železářny Hrádek, a. s.	46 816
LBK	Frýdlant	Skládka odpadů Větrov, skládka skupiny S-OO3 ; ČEFOS, s. r. o.	943 583
PAK	Bystré u Poličky	Řízená skládka odpadů skupiny S-OO3 Bystré ; Technické služby města Bystré, s. r. o.	151 430
	Slatina u Jevíčka	Skládka S-OO3 Březinka II ; P-D Refractories CZ, a. s.	576 578
VYS	Ronov nad Sázavou	Skládka TKO a TPO – S-OO3 a Odpadové hospodářství Ronov nad Sázavou ; Město Přibyslav	997 210
	Henčov	Řízená skládka odpadů S-OO3 Jihlava-Henčov ; Služby města Jihlavy, s.r.o.	605 000
	Petráveč	Skládka skupiny odpadů S-OO, ostatní odpad, podskupina: S-OO3, „U Vysokého mostu“ ; Technické služby Velké Meziříčí, s. r. o.	417 000
JHM	Mutěnice	Řízená skládka odpadů S-OO3 Mutěnice-Hraničky ; Skládka Hraničky, spol. s. r. o.	528 884
	Strážnice na Moravě	Skládka odpadu skupiny S-OO3 Strážnice-Cihelna ; Město Strážnice	98 000
	Kozlany u Vyškova	Skládka S-OO3 Kozlany ; RESPONO, a. s.	550 280
	Žabčice	Skládka S-OO3 s odděleným sektorem S-OO1 Žabčice ; A.S.A. Žabčice, spol. s. r. o.	2 156 000
	Bratčice	Skládka S-OO3 v kamenolomu Bratčice ; STAVOS Brno, a. s.	554 380
	Únanov	Skládka S-NO s odděleným sektorem S-OO3 Únanov ; A.S.A. ES Únanov, s. r. o.	70 000
OLK	Bělotín	Řízená skládka TKO Hranice (1. etapa) a skládka odpadů S-OO3 Bělotín – Jelení kopec (2. etapa) ; EKOLTES Hranice, a. s.	251 223
	Supíkovice, Hradec u Jeseníka	Řízená skládka odpadů S-OO3 a S-OO1 Supíkovice ; Technické služby Jeseník, a. s.	369 300
	Senice na Hané	Skládka sdružení obcí Senice na Hané, Náměšť na Hané, Loučany (skupiny S-OO3) ; Obec Senice na Hané	50 000
	Mrsklesy na Moravě	Skládka odpadů S-OO3 a S-OO1 Mrsklesy ; LO Haná, s. r. o.	702 670
	Moravská Loděnice	Skládka ostatního odpadu S-OO3 Bohuňovice ; Obec Bohuňovice	75 000
	Javorník - město	Řízená skládka S-OO3 Javorník ; Město Javorník	36 682
	Žeravice, Čekyně	Řízená skládka S-OO3 Žeravice II ; Technické služby města Přerova	671 000
ZLK	Mírošov u Valašských Klobouk	Skládka odpadů S-OO3 Smolina ; Valašskokloboucké služby, s. r. o.	400 000
MSK	Paskov	Skládka pevných odpadů skupiny S-OO1, S-IO ; Biocel Paskov, a. s.	44 221
	Životice u Nového Jičína	Skládka S-OO3 Životice u Nového Jičína ; ASOMPO, a. s.	1 300 310
	Dolní Benešov	Skládka S-OO3, S-NO a Dekontaminační plocha Dolní Benešov ; TALPA-RPF, s. r. o.	199 700

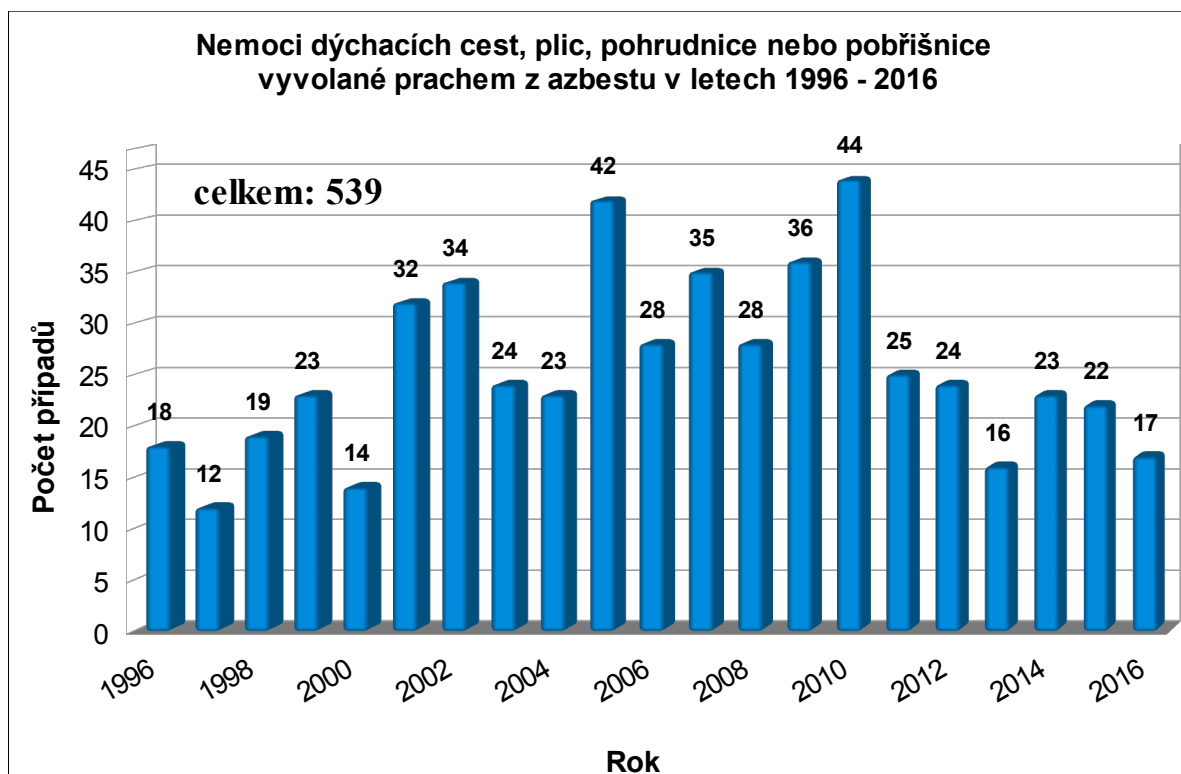


#### 4.4 Analýza počtu onemocnění z expozice azbestu v ČR za období 1996 - 2016

Podle údajů z publikací SZÚ „Nemoci z povolání v ČR“ byl zanalyzován vývoj počtu hlášených onemocnění v důsledku expozice azbestu za období let 1996 - 2016. Výsledky jsou uvedeny v Tab. 22 a znázorněny v grafu na Obr. 44, popisujícím počty 4 hlavních jmenovaných onemocnění vyvolaných expozicí azbestu.

**Tab. 22:** Nemoci z povolání vyvolané expozicí azbestu hlášené v ČR v letech 1996 - 2016  
(zdroj: vlastní, z dat SZÚ)

Nemoci dýchacích cest, plic, pohrudnice nebo pobříšnice vyvolané prachem z azbestu (kap. III položka 2) v letech 1996 - 2016					
Rok	Azbestóza	Hyalinóza pohrudnice s ventilační poruchou restrikčního typu	Rakovina plic ve spojení s azbestózou nebo hyalinózou	MPM	Celkem
1996	11	3	3	1	18
1997	2	8	0	2	12
1998	7	5	3	4	19
1999	7	8	3	5	23
2000	2	4	1	7	14
2001	3	15	7	7	32
2002	5	21	2	6	34
2003	8	10	1	5	24
2004	4	12	4	3	23
2005	9	23	2	8	42
2006	1	17	5	5	28
2007	4	22	2	7	35
2008	9	14	0	5	28
2009	8	20	4	4	36
2010	4	27	4	9	44
2011	5	13	2	5	25
2012	4	3	2	15	24
2013	5	4	3	4	16
2014	3	4	10	6	23
2015	8	5	1	8	22
2016	3	3	0	11	17
<b>Celkem</b>	<b>112</b>	<b>241</b>	<b>59</b>	<b>127</b>	<b>539</b>



**Obr. 44:** Graf počtu případů onemocnění z expozice azbestu v ČR 2009 - 2016  
(zdroj: vlastní, z dat SZÚ)

**Za hodnocené období let 1996 - 2016 bylo hlášeno celkem:**

- 112 případů azbestózy, z toho nejvíce v roce 1996, a to 11, nejméně v roce 2006, kdy byl hlášen pouze 1 případ.
- 241 případů hyalinózy, z toho nejvíce v roce 2010, a to 27, nejméně v letech 1996, 2012 a 2013 - v každém byly jen 3 případy. Hlášených případů je cca dvojnásobně oproti MPM.
- 59 případů rakoviny plic ve spojení s azbestózou nebo hyalinózou, což je nejméně ze všech onemocnění. Z toho nejvíce v roce 2014, a to 10, nejméně v roce 2000, 2003 a 2015, kdy byl v každém hlášen 1 případ, v letech 1997, 2000 a 2016 pak nebyl hlášen žádný.
- 127 případů MPM, z toho nejvíce v roce 2012, a to 15, nejméně v roce 1996, kdy byl hlášen pouze 1 případ.
- Za dané období bylo celkem hlášeno 539 případů onemocnění v důsledku expozice azbestu, nejvíce 44 v roce 2010, nejméně 12 v roce 1997.
- Od vrcholu v roce 2010 se počet onemocnění snížil cca o polovinu a jeví klesající trend.

## 5. DISKUSE

Analýzou produkce azbestových odpadů za jednotlivé kraje a za ČR v období let 2009 až 2016 celkově bylo vypočteno množství vyprodukovaného odpadu všech analyzovaných katalogových čísel, které činí 239 486 t, přičemž z tohoto množství připadá na odpady čísel 170601\* - Izolační materiál s obsahem azbestu a 170605\* - Stavební materiály obsahující azbest v součtu 239 243,867 t, tzn. více než 99 % z celkového množství. Z analýzy vyplynul skokový nárůst v roce 2010 oproti rokům předcházejícím. Ačkoliv i v těchto letech docházelo k nárůstu produkce, jak bylo zjištěno z Hodnotících zpráv o Plánu odpadového hospodářství ČR, avšak v roce 2010 je zvýšení v porovnání s rokem 2009 téměř dvojnásobné vůči množství, o něž se produkce zvýšila v letech předchozích.

Podíl azbestových odpadů, které vykazují od roku 2010 kolísavě stagnující, či jen mírně klesající trend, je sice na celkové množství všech odpadů a NO minimální a navíc jsou dle Hodnocení POH z 98 % odstraňovány uložením na řízené skládky, je však třeba pamatovat na to, že se jedná o odpady nebezpečné s karcinogenním potenciálem.

Z provedené analýzy však není zjevná příčina nárůstu v roce 2010, signifikantní vývojové trendy v produkci NO lze popsat jen obtížně, neboť produkce se odvíjí především od aktuálního stavu ekonomiky a tím i průmyslu. Zvýšení množství odpadů s azbestem je možné vysvětlit např. i prováděním sanací starých ekologických zátěží. Je také otázkou, do jaké míry tuto situaci mohla ovlivnit novela zákona č. 356/2003 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů v roce 2009, která zavedla do českého právního řádu nařízení EP č. 1907/2006/EC tzv. REACH, která mimo jiné řeší i označování azbestových odpadů a nakládání s nimi.

Zhodnocení produkce odpadů obsahujících azbest v jiných státech EU nebylo možné provést, neboť na rozdíl od ČR není v zemích EU samostatně evidována. Dostupná byla pouze všeobecná data o produkci NO, která ale neposkytují informace o odpadech obsahujících azbest, proto benylo možno je s daty o produkci v ČR porovnávat.

Informace získané analýzou odstraňování azbestu a nakládání s azbestovým odpadem působí dojmem kvalitní kontroly ze strany státních institucí, navíc profesionální přístup odborných firem zajišťuje odpovědné zacházení s tímto odpadem, a také, že správným skládkováním je nebezpečí minimální. Firmy zmiňované v této práci jsou velké firmy, z nichž některé působí kromě ČR i v dalších evropských zemích a sanační práce provádí v souladu s platnou legislativou podle propracovaných postupů, jejichž prioritním cílem je ochrana zdraví zaměstnanců, kteří jsou vybaveni popsanými technickými prostředky, eliminace úniku vláken do ovzduší a komplexní kontrola provedené sanace akreditovanými specialisty.

Sanační práce jsou nabízeny i stavebními firmami provádějícími odstraňování azbestových materiálů neodborným způsobem, zaměstnávajícími neproškolené, mnohdy zahraniční, pracovníky, kterým nezajistí náležité ochranné pracovní pomůcky. Při výběru firmy bývá v ČR hlavním kritériem nejnižší cena. Neodborně provedené práce však mohou být nakonec cenově několikanásobně vyšší, neboť taková firma si naučtuje vyšší částku, než jakou investovala do provedené práce, právě např. kvůli nekvalifikovaným pracovníkům, nezřízení řádného kontrolovaného pásma, nepoužití správných enkapsulačních prostředků, nezařízení správného skládkování nebo dokonce činnost provádí bez příslušného živnostenského oprávnění k nakládání s azbestovými odpady. Neodborně provedená sanace je daleko větším rizikem, než když jsou azbestové materiály ponechány na místě a nejsou vystaveny destruktivním činnostem. V budovách zamořených azbestem špatným provedením odstranění je třeba provést odbornou sanaci, v takovém případě pak vyjdou práce celkově nákladněji. Problémem je také skutečnost, že mnohdy nebývá proveden stavebně-technický průzkum na přítomnost azbestu v budově a stavební firma pak není o možném riziku informována. Nevědomě odstraněný azbest pak představuje značné nebezpečí, jelikož končí mimo určené skládky.

Problematické zůstává odstraňování azbestu svépomocí u soukromých osob, kdy je odpovědnost za zajištění akreditovaného stavebního dozoru na vlastníkově dané stavby. Ve většině případů jde hlavně o neodborné odstraňování eternitových střešních krytin při rekonstrukčních pracích nebo jejich čištění tlakovou vodou. Při takovém nešetrném zacházení dochází k uvolňování azbestových vláken do okolního prostředí, kde se mohou usazovat např. na zeleni (viz Obr. 45) a později zpětně kontaminovat prostory stavby i vzdálenější okolí.



**Obr. 45:** Listy s usazeným azbestovým prachem (*zdroj: Frýdl et al., 2005*)

Pokud nedochází ke změnám rozměrů nebo tvaru střechy, není povinnost ohlašovat výměnu krytiny stavebnímu úřadu, což však neplatí v případě, je-li krytina azbestová, o čemž však často fyzické osoby nejsou informovány, nezajistí bezpečnostní opatření, nenakládají s azbestovým odpadem jako s nebezpečným, a bez ochranných pomůcek vystavují sebe i okolí riziku. Následkem výše jmenovaných situací je stav, kdy je kontaminace objektu azbestovým prachem mnohonásobně vyšší než před rekonstrukcí. Takové práce bývají provedeny většinou rychle v rozmezí několika dní, navíc nejsou ohlášeny na příslušnou hygienickou stanici a tak zůstávají bez kontroly stanovených ochranných opatření.

Podle přehledu vývoje legislativních předpisů zpracovaného v podkapitolách 2.4 a 2.5 Vývoj legislativních předpisů EU (ČR) řešících problematiku azbestu, lze konstatovat, že je v ČR tato legislativa relativně propracována, co se týká povinného stavebního průzkumu, odstraňování či skládkování. Avšak nejsou v zákonech jako povinné jednoznačně stanoveny technologicky správné dekontaminační postupy materiálů, odpadů a exponovaných osob, nakládání s azbestovými odpady a zejména účinné kontroly těchto, pouze doporučených technologických postupů, ochrany pracovníků a jejich vybavení a způsob nakládání s odpady, ze strany státních orgánů, které jsou dle informací odborníků z praxe v mnoha případech pouze formální bez zpětné vazby, s možností okamžitých sankčních postihů daných firm i soukromých osob (*Drábková, 2017; Guschlová, 2017*).

V roce 2015 Poradní komise pro průmyslové změny Evropského hospodářského a sociálního výboru (EHSV) vydala Stanovisko, podle kterého je úplné odstranění veškerého azbestu a všech výrobků obsahujících azbest prioritním cílem EU. Členské státy by měly sdílet informace a plány týkající se odstraňování azbestu a nakládání s ním. Za tímto účelem by měly být vypracovány a zahájeny akční plány a programy odstranění všech existujících zdrojů azbestu, přičemž jako vzor byla jmenována Polská republika, kromě které již některé členské země sestavily seznamy budov, v nich byly použity stavební materiály s obsahem azbestu. Dále by měla být provedena studie o vnitrostátních postupech a systémech evidence azbestu a o možnostech jejich financování ze strukturálních fondů EU. Podporován by měl být výzkum technologií pro bezpečnou recyklaci a inertizaci azbestových odpadů s cílem snížení objemu jejich skládkování (*Drbalová, 2015*).

V návaznosti na výše uvedené Stanovisko EHSV se v červnu téhož roku konala za účasti předních evropských odborníků na danou problematiku konference EHSV a Výboru regionů pod názvem „Freeing Europe safely from asbestos“, kde byl mimo jiné zveřejněn odhad celkového počtu případů úmrtí v Evropě vlivem expozice azbestu ve výši 47 000 ročně, což je o 50 % více oproti původním odhadům.

Predikce nákladů na programy odstraňování azbestu, které by mohly ve větších členských zemích činit až 15 mld. €. Konference rovněž vyzvala Evropskou komisi a členské státy ke zřízení rejstříků budov, v nichž byl použit azbest a k vypracování národních akčních plánů jeho bezpečného odstranění (*Jones, 2015*).

Dle Ing. Zoji Guschlové, Ph.D., soudní znalkyně z oboru „chemie a čistota ovzduší“ se specializací na azbest a ostatní anorganická vlákna, která je v oblasti problematiky azbestu předním odborníkem v ČR, národní akční plán úplného odstranění veškerého azbestu, jako v Polsku, není dosud vypracovaný. Taktéž chybí samostatný státní orgán řešící danou problematiku, neexistují ucelené údaje o množství budov a přibližném množství azbestových materiálů, které je třeba odstranit, ani rejstřík právnických osob s oprávněním k odstraňování a manipulaci s azbestem, proto je stále azbest z důvodů provádění zateplování budov, rekonstrukcí elektroinstalací a vzduchotechniky aktuálním rizikem. Místně příslušné kontrolní orgány mnohdy neprovádí ve spolupráci s inspekčními orgány důsledné kontroly, např. kontrolní měření po ukončení sanačních prací, a firmy mnohdy nebývají za chybný, a tím rizikový, postup sanace sankcionovány. Také není daná problematika dostatečně probírána v rámci výuky středních odborných škol ani na vysokých školách (např. z hlediska metod analýzy, výskytu azbestu v prostředí), rovněž povědomí laické veřejnosti o zdravotním riziku expozice, zejména pro dětský organizmus, správném odstraňování a nakládání s azbestovými odpady, je na rozdíl od západní Evropy, nedostatečné (*Drábková, 2017; Guschlová, 2017*).

Jak již bylo zmíněno výše, příkladem v řešení azbestové problematiky by pro ČR (resp. celou EU) měla být Polská republika, které zavedla v roce 2009 formou národního vládního akčního programu opatření pro úplné odstranění azbestu do roku 2032. Jak navrhuje Ing. Zoja Guschlová, Ph.D., je nutné, aby česká vláda vypracovala podle polského vzoru Národní akční plán odstranění veškerého azbestu v ČR a nová legislativa reflektovala aktuální vývoj v EU. Dále je třeba zavést opatření upřesňující platnou legislativu z hlediska povinností zúčastněných stran při sanaci a likvidaci, resp. skládkování odpadu obsahujícího azbest, např. postupy stavebního řízení, definování požadavků na provádění průzkumu na výskyty azbestu, povinnost dozoru inspekčního orgánu, dle mezinárodních doporučení jednoznačně definovat a rozšířit hygienické limity a jejich výši, a především zřídit státní registr firem oprávněných k provádění sanačních prací i pro firmy provádějící stavebně-technický průzkum. Z legislativního hlediska je na vládní úrovni důležitá spolupráce Ministerstev zdravotnictví, životního prostředí, pro místní rozvoj, školství, práce a sociálních věcí a průmyslu a obchodu, např. prostřednictvím zřízení mezirezortního orgánu, s příslušnými odborníky na omezení rizik, zejména ve školských zařízeních.

Pro činnost státní správy je z hlediska systematickosti odstraňování azbestu v ČR zásadní Plán odpadového hospodářství na roky 2015 - 2024 a Národní plán pro odstranění azbestu do roku 2040. Důležitým faktorem pro minimalizaci rizika expozice azbestu je, mimo jiné, i legislativní řešení těžby lomového kamene a jeho zpracovávání na frakce pro stavebnictví, při kterém dochází ke kontaminaci životního prostředí obsaženým azbestem (*MŽP, ©2014; Drábková, 2017; Guschlová, 2017*).

Z mého pohledu je zejména potřeba realizovat v praxi návrhy předních odborníků na azbest popsané výše a postupovat podle aktuálních trendů nejen v EU (podle vzoru Polska), ale i ve světě, např. co se týká recyklace azbestových materiálů vitrifikací či tepelným rozkladem. Příslušné státní orgány, např. Hygienické stanice, Stavební úřady, inspektoráty BOZP, ČIŽP, na stavbách musí provádět důsledné kontroly práce s azbestovými materiály při jejich odstraňování, a to především u soukromých osob, kde hrozí riziko kontaminace a expozice neodborným nakládáním, jak bylo popsáno výše v diskuzi, a hlavně ukládání na daná skládkovací zařízení, kde podle ústního sdělení pracovníka firmy Skanska, a. s., mnohdy zaměstnanci skládky špatně zachází s odpadem jak od soukromých osob (není správně ošetřen a zabalen), ale i s odpadem bezpečně předaným dle předpisů odbornou certifikovanou firmou, např. volným uložením na skládce (viz Obr. 46) a dokonce přejížděním kompaktozem. Proto je také třeba důsledné uplatňování sankčních postihů (finančních, zákaz činnosti) při zjištění závažných nedostatků a porušování legislativních povinností.



**Obr. 46:** Volně uložený azbestový odpad na skládce (*zdroj: OMNIPURE, ©2016e*)

Nutností je poskytnutí ucelených poznatků, formou informačních kampaní o azbestu, ze strany státních institucí, i laické veřejnosti. Zejména co se týká rizika při nedodržování bezpečného zacházení a nakládání s azbestovými materiály při rekonstrukčních pracích, ať už se jedná o jednotlivce (např. demontáž Eternitu ze střech starých rodinných domů a chat) nebo bytová družstva či společenství vlastníků, zejména v panelových domech (vzduchotechnika a izolační materiály s azbestem či Boletické panely). Další možností je také státní finanční podpora (obdobu dotačních programů na nové kotle či revitalizace panelových domů) nahrazování azbestových materiálů nezávadnými bezazbestovými materiály, podmíněná výběrem pouze kvalitních registrovaných akreditovaných firem pro provedení daných prací – zde je na místě řešení zavedení licencí pro provádění těchto prací.

Rizikovým faktorem je také fakt, že v ČR je doposud všechn azbestový odpad skládkován, avšak tento způsob odstraňování nemůže, z důvodů popsaných výše, zaručit absolutní ochranu před rizikem expozice, proto by mělo dojít k zavedení i jiných způsobů zneškodňování, jako tepelný rozklad, vitrifikace nebo ukládání do starých opuštěných dolů, které se provádějí v jiných zemích. Problémem jsou také staré a dnes již opuštěné zchátralé průmyslové areály a vojenské objekty, v nichž byly azbestové materiály hojně používány, z nichž se může azbest vlivem špatného technického stavu uvolňovat do okolí, mnohdy také prostřednictvím lidí, kteří v těchto areálech hledají, navzdory zákazu vstupu, např. kovy apod.

Pro celou problematiku z globálního hlediska je stěžejní, má-li dojít ke skutečně efektivnímu odstranění azbestové zátěže a tím k minimalizaci expozice, aby bylo prostřednictvím mezinárodních organizací jako jsou OSN, WHO a dalších jmenovaných v této práci, dosaženo co nejdříve celosvětového zákazu distribuce a používání jakýchkoliv výrobků obsahujících azbest, a především těžby azbestů, která se doposud pohybuje okolo 2 mil. t za rok.



## ZÁVĚR

Diplomová práce měla za cíl shrnutí všech důležitých aspektů týkajících se azbestu. Byla popsána charakteristika azbestových minerálů z hlediska chemicko-fyzikálních vlastností a geomorfologie, historie světové těžby od roku 1900 do roku 2015 na základě analýzy dat USGS a sestavena globální bilance těžby azbestu formou tabulek a grafů, která za uvedenou dobu činí 204 486 075 t. Interpretována byla také historie používání azbestu s uvedením nejčastějších výrobků a způsobů použití a také vývoj české a evropské legislativy, týkající se dané problematiky. Z dostupných údajů vyplynulo, že azbest je i v současnosti přítomen v mnoha stavebních materiálech ve veřejných budovách, kde může dojít k dlouhodobé expozici, zejména při neodborném provádění rekonstrukcí. Z toho důvodu jsou charakterizovány nejčastější typy onemocnění vyvolaných expozicemi a formou tabulky a grafu sestavených na základě dostupných dat SZÚ ČR je znázorněn vývoj počtu hlášených onemocnění v letech 1996 až 2016, který za dané období činí 539 případů.

Hlavním smyslem diplomové práce bylo provedení analýzy pracovního postupu bezpečného odstraňování azbestových materiálů a zhodnocení produkce odpadů s azbestem v jednotlivých krajích i ČR celkově. Za tímto účelem byl podrobně popsán postup sanace azbestových stavebních materiálů z budov základní školy Máj I a II v Českých Budějovicích v roce 2012. Následně bylo charakterizováno nakládání s odpady s obsahem azbestu v ČR skládkováním, kdy na základě dat z Atlasu zařízení pro nakládání s odpady VÚV TGM v Praze byly vypracovány tabulky skládek S-NO, S-OO1 a S-OO3. Ke skládkám S-NO byl vypracován seznam povolených odpadů s podle dostupných dat z informačního systému IPPC a byly uvedeny také některé důležité informace z ceníků daných skládkovacích zařízení a hodnotících zpráv POH. Tabulky a grafy popisující produkci odpadů s azbestem v jednotlivých krajích a za ČR celkově byly vytvořeny z dat získaných ze systému ISOH, přičemž bylo analyzováno období let 2009 až 2016. Bylo zjištěno, že nejvyšší produkce azbestových odpadů v množství přes 35 942 t vykazuje rok 2010, kdy se produkce téměř zdvojnásobila oproti roku 2009. Pokud jde o jednotlivé odpady podle Katalogu odpadů, pak ve sledovaném období nebyly odpady skupiny 060701\* produkovány v žádném kraji ČR, odpad skupiny 061304\* pouze v Královéhradeckém kraji (74 kg) a odpad skupiny 101309\* v kraji Jihočeském a Středočeském (v součtu 215 kg). Brzdové destičky obsahující azbest s katalogovým číslem 160111\* byly produkovány autoopravnami ve všech krajích ČR, přičemž nejvíce v analyzovaném období v kraji Vysočina (42,300 t). Odpad katalogového čísla 160212\* byl nejvíce produkován roce 2013, kdy bylo ve Středočeském kraji vyprodukováno celkem 19,470 t.

Z celkového množství vyprodukovaného odpadu s azbestem analyzovaných katalogových čísel za všechny kraje ČR v období let 2009 - 2016, které činí v součtu 239 486 t, na odpady katalogových čísel 170601\* - Izolační materiál s obsahem azbestu a 170605\* - Stavební materiály obsahující azbest připadá 99,89 % celkové produkce odpadů s azbestem. Odpad skupiny 170601\* byl nejvíce evidován v roce 2010 (14 128,863 t), podle krajů pak v Ústeckém (21 278,092 t). Odpad skupiny 170605\* byl nejvíce evidován v roce 2013 (28 231,260 t), podle krajů v Jihočeském (22 642,874 t). Dle Hodnocení POH jsou odpady obsahující azbest, které na základě vyhodnocení dat z ISOH představují v průměru jen cca 1,82 % z roční produkce NO a pouhých 0,11 % z roční produkce všech odpadů, z 98 % ukládány na řízené skládky. Jejich podíl je tak sice minimální a vykazují stagující (mírně klesající) trend, ale vzhledem ke karcinogennímu potenciálu jej nelze zanedbat. Nárůst evidované produkce odpadů s azbestem je relativně pozitivní, znamená, že by s nimi ve většině mělo být nakládáno v souladu s legislativou.

Lze konstatovat, že azbest i do budoucna představuje zdravotní riziko, neboť bezpečné odstraňování azbestových materiálů je dlouhodobou, finančně a technologicky náročnou, záležitostí a navzdory známým faktům o zdravotním riziku stále v nezanedbatelném množství (cca 2 mil. t/rok) těžen a spotřebováván v zemích, kde nejsou zavedena patřičná bezpečnostní opatření. Ze zjištěných informací a na základě konzultací s odborníkem firmy Skanska, a. s. vyplývá, že riziko bývá podceňováno nejen soukromými osobami provádějícími odstraňování azbestu neodborně, kdy dochází ke kontaminaci dané stavby a jejího okolí, ale i stavebními firmami, a také nakládání s azbestovými odpady ze strany zaměstnanců skládkovacích zařízení není vždy v souladu s legislativou a bezpečnostními opatřeními, kdy např. soukromá osoba předá na skládku neodborně odstraněný a nedostatečně ošetřený a zabalený azbestový materiál, nebo je naopak správně zabalený odpad předán akreditovanou firmou, avšak zaměstnanci skládky s ním nenakládají předepsaným způsobem. O podobných skutečnostech svědčí i správní řízení a pokuty udělené ČIŽP. Proto je třeba dle návrhů předních odborníků na azbest upřesnit legislativu z hlediska povinností všech zúčastněných stran při provádění sanací a skládkování odpadů obsahujících azbest, a také důsledných kontrol a uplatňování sankcí při porušení povinností, dále zajistit informační kampaň o riziku a prevenci expozice veřejnosti, zavést státní finanční zvýhodnění nahrazení azbestu zdravotně nezávadnými materiály, postupovat dle trendů EU (např. Polsko) i ve světě a v rámci Národního akčního plánu odstranění veškerého azbestu zřídit státní registr firem provádějících sanace i stavebně-technický průzkum. Globálně je stěžejním krokem dosáhnout celosvětového zákazu těžby, distribuce a používání azbestu.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AHEM	Acta Hygienica Epidemiologica et Microbiologica
AIHA	American Industrial Hygiene Association
ASSE	American Society of Safety Engineers
BET	Biologické expoziční testy
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
CAREX	Carcinogen Exposure
CAS	Chemical Abstracts Service
CENIA	Česká informační agentura životního prostředí
CLP	Classification, Labelling and Packaging of substances and mixtures
CLRTAP	Convention on Long Range Transport of Air Pollution
CT	Computer tomography
ČIA	Český institut pro akreditaci
ČIŽP	Česká inspekce životního prostředí
ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
ČSR	Československá republika
DNA	Deoxyribonucleic acid
DPH	Daň z přidané hodnoty
E-PRTR	European Pollutant Release and Transfer Register
EDAX	Energy Dispersive Analysis of X-rays
EDTA	Kyselina ethylendiamintetraoctová
EC	European Community
EEC	European Economic Community
EHSV	Evropský hospodářský a sociální výbor
EN	Evropská norma
EP	Evropský parlament
EPA	Environmental Protection Agency
EU	Evropská unie
EU-OSHA	European Agency for Safety and Health at Work
FTIR	Fourier transform infrared
GHS	Globálně harmonizovaný systém klasifikace a označování chemikálií
GIT	Gastrointestinální trakt
HEPA	High Efficiency Particulate Air
HKK	Královéhradecký kraj
IARC	International Agency for Research on Cancer
ICOH	International Commission on Occupational Health

ILO	International Labour Organization
INI	Own-Initiative Procedure
IPCS	International Programme on Chemical Safety
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
IR	Infra-Red
ISO	International organization for Standardization
ISOH	Informační systém odpadového hospodářství
ISPOP	Integrovaný systém plnění ohlašovacích povinností
JAR	Jihoafrická republika
JHČ	Jihočeský kraj
JHM	Jihomoravský kraj
KE	Každodenní expozice
KHS	Krajská hygienická stanice
KLDR	Korejská lidově demokratická republika
KVK	Karlovarský kraj
LBK	Liberecký kraj
MMMF	Man Made Mineral Fibers
MMR	Ministerstvo pro místní rozvoj
MPIA	Metafenylen-izoftalamid
MPM	Maligní pleurální mezoteliom
MSK	Moravskoslezský kraj
MZ	Ministerstvo zdravotnictví
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NMR	Nukleární magnetická rezonance
NV	Nařízení vlády
OE	Občasná expozice
8-OHdG	8-hydroxy-2'-deoxyguanosin
OLK	Olomoucký kraj
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
OSN	Organizace spojených národů
PAK	Pardubický kraj
PAN	Polyakrylonitril
PAU	Polyaromatické uhlovodíky
PCM	Phase Contrast Microscopy
PE	Polyethylen
PEL	Přípustné expoziční limity

PET	Pozitronová emisní tomografie
PLK	Plzeňský kraj
PLM	Polarized Light Microscopy
POH	Plán odpadového hospodářství
PP	Polypropylen
PPTA	P-fenylen-tereftalamid
PTFE	Polytetrafluorethylen
QAMA	Quebec Asbestos Mining Association
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals
REGEX	Registr profesionálních expozic karcinogenům
REM	Rastrovací elektronová mikroskopie
ROS	Reactive Oxygen Species
RTG	Rentgen
S-IO	Skládky inertního odpadu
S-NO	Skládky nebezpečného odpadu
S-OO	Skládky ostatního odpadu
SEM	Scanning Elektron Microscopy
SFŽP	Státní fond životního prostředí
SLIC	Senior Labour Inspectors' Committee
SR	Směrnice Rady
STČ	Středočeský kraj
SZÚ	Státní zdravotní ústav v Praze
TEM	Transmission Electron Microscopy
TWA	Time Weigh Average
ULK	Ústecký kraj
US EPA	United States Environmental Protection Agency
USA	United States of America
USGS	United States Geological Survey
UV	Ultra-Violet
VÚV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský Tomáše Garrigua Masaryka
VYS	Kraj Vysočina
VZT	Vzduchotechnické potrubí
WHO	World Health Organisation
ZLK	Zlínský kraj
ZŠ	Základní škola

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Typy dvojitých řetězců tetraedrů $\text{SiO}_4^{4-}$ - základní strukturní motiv amfibolů .....	15
Obr. 2: Vlákna amozitu .....	17
Obr. 3: Vlákna krokydolitu .....	17
Obr. 4: Chryzotil v hornině .....	18
Obr. 5: Vlákna chryzotilu .....	18
Obr. 6: Ilustrace z roku 1625 znázorňující „kůži salamandra“ .....	24
Obr. 7: Nástřík ocelové konstrukce Pyrotherm .....	26
Obr. 8: Eternitová střešní krytina .....	26
Obr. 9: Poškozený Boletický panel .....	27
Obr. 10: Struktura Boletického panelu .....	27
Obr. 11: Azbestocementové izolační žlaby kabeláže v pražském metru .....	29
Obr. 12: Výstražný symbol GHS08 .....	48
Obr. 13: Plicní tkáň s částicemi azbestu .....	51
Obr. 14: Mezoteliom pleury .....	54
Obr. 15: Amozitová vlákna - snímek SEM .....	60
Obr. 16: Graf celkové produkce odpadů obsahujících azbest dle Katalogu v ČR 2009 - 2016 .....	71
Obr. 17: Graf celkové produkce odpadů obsahujících azbest dle Katalogu v krajích ČR 2009 - 2016 .....	73
Obr. 18: Graf celkové produkce odpadu obsahujícího azbest č. 160111* v krajích ČR 2009 - 2016 .....	76
Obr. 19: Graf celkové produkce odpadu obsahujícího azbest č. 160212* v krajích ČR 2009 - 2016 .....	77
Obr. 20: Graf celkové produkce odpadu obsahujícího azbest č. 170601* v krajích ČR 2009 - 2016 .....	79
Obr. 21: Graf celkové produkce odpadu obsahujícího azbest č. 170605* v krajích ČR 2009 - 2016 .....	81
Obr. 22: Graf globální produkce azbestu v letech 1900 - 2015 .....	83
Obr. 23: Graf globální produkce azbestu v letech 2000 - 2015 .....	84
Obr. 24: Penetrace asfaltových pásů enkapsulantem .....	87
Obr. 25: Označení kontrolovaného pásma .....	89
Obr. 26: Vstup do kontrolovaného pásma .....	89
Obr. 27: Instalovaný odsavač .....	90
Obr. 28: Kontrola tlakové diference .....	90
Obr. 29: Princip personálního dekontaminačního systému .....	91
Obr. 30: Ochranná výstroj pro odstraňování azbestu .....	91
Obr. 31: Nosník napenetrovaný barevným enkapsulantem .....	93
Obr. 32: Penetrace narušeného panelu .....	93
Obr. 33: Překrývání panelu sádrokartonem .....	93
Obr. 34: Penetrace azbestových desek .....	94
Obr. 35: Demontáž VZT potrubí .....	94
Obr. 36: Pavilon 423 s obvodovým pláštěm z Boletických panelů .....	95

Obr. 37: Balení azbestového materiálu .....	95
Obr. 38: Materiálová propust .....	95
Obr. 39: Štítek označující azbest a BigBag s označením .....	96
Obr. 40: Samolepící štítek na obalu se sanovaným azbestovým materiálem .....	96
Obr. 41: Osávání prachu ze stěny .....	97
Obr. 42: Závěrečné vysávání a otírání podlah .....	97
Obr. 43: Monitoring po sanaci .....	98
Obr. 44: Graf počtu případů onemocnění z expozice azbestu v ČR 2009 - 2016 .....	106
Obr. 45: Listy s usazeným azbestovým prachem .....	108
Obr. 46: Volně uložený azbestový odpad na skládce .....	111

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Teploty rozkladu a tavení zbytkového materiálu .....	13
Tab. 2: Chemické složení azbestových minerálů .....	15
Tab. 3: Amfiboly .....	16
Tab. 4: Serpentinny – chryzotil .....	17
Tab. 5: Přehled výrobců a stavebních materiálů s obsahem azbestu v ČSR a ČR .....	28
Tab. 6: Zařazení odpadů obsahujících azbest v Katalogu odpadů .....	36
Tab. 7: Produkce odpadů obsahujících azbest dle Hodnotící zprávy o POH ČR 2004 - 2010 .....	71
Tab. 8: Celková produkce odpadů obsahujících azbest dle Katalogu v ČR 2009 - 2016 .....	71
Tab. 9: Celková produkce odpadů obsahujících azbest dle Katalogu v krajích ČR 2009 - 2016 .....	72
Tab. 10: Celková produkce odpadů obsahujících azbest č. 061304* a 101309* v krajích ČR 2009 - 2016 .....	74
Tab. 11: Celková produkce odpadu obsahujícího azbest č. 160111* v krajích ČR 2009 - 2016 .....	75
Tab. 12: Celková produkce odpadu obsahujícího azbest č. 160212* v krajích ČR 2009 - 2016 .....	77
Tab. 13: Celková produkce odpadu obsahujícího azbest č. 170601* v krajích ČR 2009 - 2016 .....	78
Tab. 14: Celková produkce odpadu obsahujícího azbest č. 170605* v krajích ČR 2009 - 2016 .....	80
Tab. 15: Podíl odpadů obsahujících azbest č. 170601* a 170605* na celkové produkci odpadů .....	81
Tab. 16: Podíl odpadů obsahujících azbest na celkové roční produkci všech odpadů a NO v ČR .....	82
Tab. 17: Globální produkce azbestu za jednotlivé státy v tunách v letech 2000 - 2015 .....	84
Tab. 18: Seznam hlavních akreditovaných firem provádějících odstraňování azbestu v ČR .....	87
Tab. 19: Sklárky nebezpečných odpadů (S-NO) v krajích ČR .....	100
Tab. 20: Sklárky S-NO a odpady obsahující azbest povolené k ukládání .....	102
Tab. 21: Sklárky skupiny S-OO1 a S-OO3 v krajích ČR .....	104
Tab. 22: Nemoci z povolání vyvolané expozicí azbestu hlášené v ČR v letech 1996 - 2016 .....	105



## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

### LITERATURA

Báčová M., 2007: Základní knižnice odborných činností ve výstavbě: Odstraňování staré azbestové zátěže při provádění udržovacích prací, změn dokončených staveb a odstraňování staveb. Praha: ČKAIT, 20 s.

Baris D., 1996: Environmental fibrous zeolite (erionite) exposure and malignant tumors other than mesothelioma. *J. Environ. Pathol. Toxicol. Oncol.* 15 (2-4), 183-189.

Bartrip P. W. J., 2004: History of asbestos related disease, Centre for Socio-Legal Studies, Wolfson College, Linton Road, Oxford OX2 6UD, UK, 72-76 s.

Bernard J. H., Rost R., 1992: Encyklopedický přehled minerálů. Academia, Praha.

Breslow L., 1955: Industrial aspects of bronchogenic neoplasma. *J. Dis Chest.* 28, 421- 430.

Brückner B., 2007: Praktická příručka o osvědčených postupech pro prevenci a minimalizaci rizik azbestu při práci (potenciálně) zahrnující kontakt s azbestem: pro zaměstnavatele, zaměstnance a inspektory práce, Praha, 4 s.

Cioffi R., Marroccoli M., Martone G., Santoro L., 2006: Utilization of zeolite-rich tuff for the manufacture of building materials based on calcium silicate and trisulphoaluminate hydrates. *J. Thermochim. Acta.* 306, 93-98.

Colangelo F., Cioffi R., Lavorgna M., Verdolotti L., De Stefano L., 2011: Treatment and recycling of asbestoscement containing waste. *J. Journal of hazardous materials.* 195, 391-397.

Červenka V., 2005: Problematika průzkumu azbestu. In: Azbest a jeho nebezpečnost - vybrané kapitoly ze základní problematiky azbestu. Foster Bohemia, Praha. 120-146 s.

Červenka V., et al., 2006: Azbest a jeho nebezpečnost: Vybrané kapitoly ze základní problematiky azbestu. Skanska, Praha. 202 s.

ČSN EN ISO 16000-7, Vnitřní ovzduší – Část 7: Postup odběru vzorku při stanovení koncentrace azbestových vláken v ovzduší, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2008. 31 s.

Doll R., 1955: Mortality from lung cancer in asbestos workers. *Br. J. Ind.Med.* 12, 81-86.

Đuračková Z., 1998: Volné radikály a antioxidanty v medicíne I.. Slovak Academic Press, 286 s.

Egilman D., Fehnel C., Bohme S. R., 2003: Exposing the „myth“ of ABC,“ anything but chrysotile“: a critique of the Canadian asbestos mining industry and McGill University chrysotile studies. *Am. J. Ind.Med.* 44 (5), 540-557.

Evropská komise GŘ pro zaměstnanost, sociální věci a rovné příležitosti, 2006: Praktická příručka o osvědčených postupech pro prevenci a minimalizaci rizik azbestu při práci (potenciálně) zahrnující kontakt s azbestem: pro zaměstnavatele, zaměstnance a inspektory práce. SZÚ, Praha, 143 s.

Fabík M., Novák F., Kužvart M., 1983: Ložiska nerudných surovin ČSSR. Univerzita Karlova, Praha.

Foresti E., Gazzano M., Gualtieri A. F., Lesci I. G., Lunell B., Pecchini G., Renna E., Roveri N., 2003: Determination of low levels of free fibres of chrysotile in contaminated soils by X-ray diffraction and FTIR spectroscopy. *J. Analytical and Bioanalytical Chemistry.* 376 (5), 653-658.

- Frýdl J., John Z., Rohon P., 2005: Nevyužívané zemědělské stavby jako stará ekologická zátěž. In: Problematika azbestu v budovách, nebezpečnost azbestu, řešení. Sborník v rámci řešení grantu GAČR 103/04/1403. Foster Skanska CZ, Praha: 67-74.
- Gee D., Greenberg M., 2002: Asbestos: from 'magic' to malevolent mineral. Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896-2000. Copenhagen, 52-63 s.
- Gergelová, P., Šulcová, M., Hurbánková, M., 2005: Používání azbestu a výskyt mezoteliómů. České pracovní lékařství ročník 6/č. 3. 169-172.
- Gillepsie J. W., Chair Jr., et al., 2005. High-Performance Structural Fibers for Advanced Polymer Matrix Composites. The National Academies Press: Washington.
- Grusman P., 2013: Legislativní změny a praktické využití dat v odpadovém hospodářství - pro ORP. Inisoft, Liberec. 32 s.
- Guadalupe Aguilar-Madrid, et al., 2003: Globalization and transfer of hazardous industry: asbestos in Mexico, 1979-2000. Int. J. Occup. Environ. Health 9, 272-279.
- Guschlová Z., 2012: Expertíza, posouzení odstraňování materiálů obsahujících azbest. České Budějovice, 4-7 s.
- Holub, M., 1999: Těžba surovin a ochrana životního prostředí. Vesmír č. 78, 156-158.
- Hrnčíř, E., 2004: Nemoci způsobené prachem azbestu. Pracovní lékařství ročník 56/č. 3. 136-138.
- Chrt, J., Woller, F., 1990: Wollastonit - nová surovina v České republice? Geologický průzkum ročník 32/č.7. 205-208.
- ISO 10397, Stationary source emissions – Determination of asbestos plant emissions – Method by fibre count measurement, Geneva: ISO, 1993.
- Jeremy D. J., 1995: Corporate Responses to the Emergent Recognition of a Health Hazard in the UK Asbestos Industry: The Case of Turner & Newall, 1920-1960. J. Business and Economic History. Business History Conference. 24 (1), 254-265.
- Jiřík, V., Volf J., 2011: Základy hodnocení zdravotních rizik dle zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a odborné způsobilosti v rámci posuzování vlivů na veřejné zdraví. Acta Hygienica, Epidemiologica et Microbiologica č. 1. 4-73.
- Kazan-Allen L., 2003: The asbestos war. Int. J. Occup. Environ. Health. 9, 173-193.
- Keegan N., 1999: Raw Materials for Pigments, Fillers and Extenders. Worcester Park, Industrial Minerals Information Limited.
- Komárek L., Provazník K., et al., 2011: Ochrana a podpora zdraví. Nadace CINDI, 3. lékařská fakulta UK, Praha.
- Kurfürst J., 2005: Zahraniční předpisy pro zacházení s azbestem včetně likvidace odpadu, zejména v zemích Evropské unie, Praha, 35-46 s.
- Kusiorowski R., Zaremba T., Piotrowski J., Adamek J., 2012: Thermal decomposition of different types of asbestos. J. Journal of thermal analysis and Kalorimetry. 109 (2), 693-704.
- Lajčíková, A., Hornychová, M., 2010: Azbest v ovzduší a legislativní zajištění ochrany zdraví. Časopis Hygiena č. 3. 96-101.
- Lebedová J., Dlouhá B., 2005: Negativní účinky azbestu na lidské zdraví. Azbest a jeho nebezpečnost- vybrané kapitoly ze základní problematiky azbestu. Foster Bohemia, Praha, 53-62 s.

- Lee P., 2001: Relation between exposure to asbestos and smoking jointly and the risk of lung cancer. *J. Occupational and Environmental Medicine*. 58, 145-153.
- Leonelli C., Veronesi P., Boccaccini D. N., Rivasi M. R., Barbieri L., Andreola F., Lancellotti I., Rabitti D., Pellacini G. C., 2005: Microwave thermal inertisation of asbestos containing waste and its recycling in traditional ceramics. *J. Journal of hazardous materials*. 135 (1-3), 149-155.
- Lutovská, M., Krch, G., 2005: Azbest jako zdroj ohrožení zdraví. *Odpadové fórum ročník 2005/č. 5*. 20-21.
- Lynch K. M., Smith W. A., 1935: Pulmonary asbestosis III: Carcinoma of the lung in asbesto-silicosis. *Am. J. Cancer*. 24, 56-64.
- Mališ J., Vavro M., Kurková Z., Řezníček P., 2005: Vermikulit a jeho použití pro technické a stavební účely. *J. Minerální suroviny - Surowce mineralne*. 7 (4), 22-25.
- McDonald A. D., McDonald J. C., 1980: Malignant mesothelioma in North America. *J. Cancer*. 46, 1650-1656.
- McDonald J. C., 1990: Recent results in cancer research: Cancer risk due to asbestos and man made fibres. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg.
- Nakládal, Z., Nakládalová, M., Janout, V., Kollárová, H., 2005: Azbest na pracovišti a karcinom plic. *Pracovní lékařství ročník 57/č. 2*. 41-42.
- NIOSH method 7400. *Manual of Analytical Methods: Asbestos and other fibers by PCM*. Washington, OSHA, 1994.
- NIOSH method 7402. *Manual of Analytical Methods: Asbestos by TEM*. Washington, OSHA, 1994.
- Nurminen M., Karjalainen A., 2001: Epidemiologic estimate of the proportion of fatalities related to occupational factors in Finland. *Scandinavian Journal Work*. 27, 161-213.
- Osada M., Takamiya K., Manako K., Noguchi M., Sakai S., 2013: Demonstration study of high temperature melting for asbestos-containing waste. *J. Mater Cycles Waste Management*. 15, 25-36.
- Pelclová D., 2006: *Nemoci z povolání a intoxikace*. Karolinum, Praha.
- Peto J., Decarli A., La Vecchia C., Levi F., Negri E., 1999: The European mesothelioma epidemic. *J. British Journal of Cancer*. 79, 666-672.
- Provazník K., et al., 2004: *Manuál prevence v lékařské praxi*. Fortuna, Univerzita Karlova, 3. lékařská fakulta.
- Published as Report on the effects of asbestos dust on the lungs and dust suppression in the asbestos industry. Part I. Occurrence of pulmonary fibrosis and other pulmonary affections in asbestos workers. Part II. Processes giving rise to dust and methods for its suppression: 1930. London, HMSO.
- Racek J., 2003: *Oxidační stres a možnosti jeho ovlivnění*. Galén, Praha.
- Raclavská H., Kuchařová J., Plachá D., 2008: *Podklady k provádění Protokolu o PRTR – Přehled metod a identifikace látek sledovaných podle Protokolu o registrech úniků a přenosů znečišťujících látek v únicích do půd*. VŠB, MŽP Praha.
- Remy H., 1972: *Anorganická chemie*. SNTL, Praha.
- Ringo W. P., 2004: Asbestos as a work hazard. Determining what was known and when. *J. Professional Safety*. 49 (10), 51-56.

- Rösler H. J., 1991: Lehrbuch der Mineralogie. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig.
- Selikoff I. J., Hammond E. C., Churg J., 1968: Asbestos exposure, cigarette smoking, and neoplasia. *J. JAMA.* 20 (4), 104-110.
- Schneider T., Davies L. S. T., Burdett G., Tempelmann J., Pulleda S., Jorgense O., Buchanan D., Paoletti L., 1998: Development of a method for the determination of low content of asbestos fibres in bulk material. *J. Analyst.* 123, 1393-1400.
- Skála, R., 1998: Nová klasifikace a nomenklatura skupiny amfibolů. *Bulletin mineralogicko-petrologického oddělení Národního muzea v Praze ročník 1998/č. 6.* 295-300.
- Slavíková G., 2005: Problematika azbestu v České legislativě, přehled platných právních předpisů. Praha, 47-57 s.
- Smerhovský Z., Kauppinen T., 2000. Occupational exposure to carcinogens in the Czech Republic in 1997. Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki.
- Stárková B., 2006: Azbestová vlákna, výskyt, vlastnosti, měření a biologické účinky. In: Azbest a jeho nebezpečnost - vybrané kapitoly ze základní problematiky azbestu. Foster Skanska CZ, Praha. 6-30 s.
- Strunz H., Nickel E. H., 2001. *Strunz Mineralogical Tables.* Schweizerbart'sche Verlag sbuchhandlung, Stuttgart.
- Šulc, J., 2007: Azbest problém nás všech. *Stavební informace ročník 2007/č. 14.* 22-26.
- Svoboda, K., 1987: Československé azbesty. *Geologický průzkum ročník 29/č. 3.* 71-75.
- Tossavainen A., 2004: Global use of asbestos and the incidence of mesothelioma. *Int. J. Occup. Environ. Health.* 10, 22-25.
- Tuček K., 1970: Naleziště českých nerostů a jejich literatura 1951-1965. Academia, Praha.
- Vejlupková, J., Lebedová, J., 2000: Jak člověk využíval azbest od starověku až po konec 20. století. *Časopis Praktický lékař ročník 80/č. 8.* 438-440. (a)
- Vejlupková, J., Lebedová, J., 2000: Nemoci způsobené azbestem. *Časopis Praktický lékař ročník 80/č. 8.* 441-446. (b).
- Wagner J. C., Sleggs C. A., Marchand P., 1960: Diffuse pleural mesothelioma and asbestos exposure in the Mort Western Cape Province. *Br J. Ind. Med.* 17, 260-271.
- Wills S., 2013: Stanovisko Výboru pro životní prostředí, veřejné zdraví a bezpečnost potravin pro Výbor pro zaměstnanost a sociální věci k ohrožení zdraví při práci v souvislosti s azbestem a výhledům na odstranění veškerého použitého azbestu, Evropský parlament (2012/2065(INI)), 3-5 s.

## **INTERNETOVÉ ZDROJE**

- Bartáčková, L., 2010: Atlas zařízení pro nakládání s odpady, 1. díl – Sklárky nebezpečných odpadů, 2. díl – Sklárky ostatních odpadů. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka (online) [cit. 2017.08.11], dostupné z <<https://www.ceho.cz/index.php/cz/skladky-odpadu>>.
- Březová, K., 2012: Azbest ve stavbách: tichý zabiják (online) [cit. 2017.04.12], dostupné z <<http://www.vasevec.cz/blogy/azbest-ve-stavbach-tichy-zabijak>>.
- Buckingham, D. A., Virta, R. L., 2010: Asbestos statistics U. S. Geological Survey (online) [cit. 2017.03.19], dostupné z <<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/asbestos.pdf>>.

- Cífrain, J., 2011: Minerální vata – fakta – díl 1 (online) [cit. 2016.08.06], dostupné z <<http://www.tepelna-izolace.cz/mineralni-vata-fakta-dil-prvni.html>>.
- Čížek, J., 2002: Chemické látky - Azbest, ČSCHI (online) [cit. 2017.02.20], dostupné z <<http://www.cschi.cz/urppz/azbest.asp>>.
- Dlouhá, B., 2006: Azbest v pracovním prostředí, SZÚ, Praha (online) [cit. 2016.01.13], dostupné z <<http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/azbest-v-pracovnim-prostredi>>.
- Dlouhá, B., 2012: Azbest - vliv na zdraví, SZÚ, Praha (online) [cit. 2016.01.13], dostupné z <[http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/konz\\_dny\\_a\\_seminare/2012/2\\_dlouha\\_azbest\\_vliv\\_na\\_zdravi.pdf](http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/konz_dny_a_seminare/2012/2_dlouha_azbest_vliv_na_zdravi.pdf)>.
- Drábková, J., 2017: Azbest je potřeba více kontrolovat. Odpadové fórum (online) [cit.2017.12.05], dostupné z <<https://www.tretiruka.cz/news/rozhovor-azbest-je-potreba-vice-kontrolovat/>>.
- Drbalová, V., 2015: 505. plenární zasedání Evropského hospodářského a sociálního výboru (Brusel, 18. – 19. 2. 2015) CCMI/130 Zbavení EU azbestu (online) [cit. 2017.12.12], dostupné z <[http://www.spcr.cz/images/EU/505\\_EHSV\\_vyber\\_stanovisek.pdf](http://www.spcr.cz/images/EU/505_EHSV_vyber_stanovisek.pdf)>.
- Eliášová, K., 2009: V metru leží tuny rakovinotvorného azbestu (online) [cit. 2016.09.18], dostupné z <<https://zpravy.aktualne.cz/domaci/exkluzivne-v-metru-lezi-tuny-rakovinotvorneho-azbestu/r~i:article:646988/?redirected=1512835660>>.
- Eminger, S., 2011: Azbest - situace ve zkratce (online) [cit. 2016.07.30], dostupné z <<http://www.enviweb.cz/clanek/bozp/88621/azbest-situace-ve-zkratce>>.
- Everatt, R. P., et al., 2005: Retrospective assessment of occupational asbestos exposure among 220 patients with respiratory cancer hospitalized at Vilnius University Institute of Oncology, Acta Medica Lituanica (online) [cit. 2017.08.16], dostupné z <<http://search.ebscohost.com/login.aspxdirect=true&db=a9h&AN=20275236&lang=cs&site=ehost-live&scope=site>>.
- Fenclová, Z., 2009: Nemoci z povolání v České republice, SZÚ, Praha (online) [cit. 2017.12.21], dostupné z <<http://www.szu.cz/publikace/data/nemoci-z-povolani-a-ohrozeni-nemoci-z-povolani-v-ceske-republice>>.
- Grégr, J., 2003: Skleněná vlákna - historie a současnost (online) [cit. 2016.04.16], dostupné z <<http://www.czechdesign.cz/index.php?lang=1&clanek=34&status=c>>.
- Guschlová, Z., 2017: Při odstraňování azbestových materiálů je potřeba chránit sebe a své okolí ASB-portal.cz, Odborný stavební portál (online) [cit. 2017.12.17], dostupné z <<https://www.asbportal.cz/stavebnictvi/rekonstrukce-staveb/pri-odstranovani-azbestovych-materialu-je-potreba-chranit-sebe-a-sve-okoli>>.
- Harding, A., Darnton, A., 2010: Asbestosis and mesothelioma among British asbestos workers (1971-2005), American Journal of Industrial Medicine (online) [cit. 2016.02.22], dostupné z <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ajim.20844/pdf>>.
- Herka, P., 2010: Požární odolnosti betonů - Praktické zkoušky a změny ve zkušebních tělesech (online) [cit. 2016.02.08], dostupné z <<http://tvstav.cz/clanek/374-pozarni-odolnosti-betonu-prakticke-zkousky-a-zmeny-ve-zkusebnich-telesech>>.
- Hollerová, J., 2006: Prašnost-metody měření, požadavky na měřicí postupy, protokol (online) [cit. 2016.03.23], dostupné z <<http://www1.szu.cz/chpnp/pages/education/1.kd-hollerova.pdf>>.
- Hurbánková, M., 1998: Azbestová expozícia - minulosť a súčasnosť. Ústav preventívnej a klinickej medicíny (online) [cit. 2016.09.14], dostupné z <[http://www.enviromagazin.sk/enviro1\\_3/azbest22.html](http://www.enviromagazin.sk/enviro1_3/azbest22.html)>.

- Chytrý, P., 2012: Azbest v požární ochraně deskových materiálů, Technický zpravodaj 41 (online) [cit. 2017.08.19], dostupné z <<http://www.seidl.cz/cz/technicky-zpravodaj/technicky-zpravodaj-41/azbest-v-pozarniochrane-deskovych-materialu-447.html>>.
- Jančar, R., 2007: Jak se likviduje materiál, který je zákeřnější než terorista (online) [cit. 2016.10.12], dostupné z <[http://technet.idnes.cz/jak-se-likviduje-material-ktery-je-zakernejsi-nez-teroristapli/tec\\_reportaze.aspx?c=A070708\\_173502\\_tec\\_reportaze\\_rja](http://technet.idnes.cz/jak-se-likviduje-material-ktery-je-zakernejsi-nez-teroristapli/tec_reportaze.aspx?c=A070708_173502_tec_reportaze_rja)>.
- Janoušek, M., 2012: Azbestu v Evropě snad zvoní hrana (online) [cit. 2016.08.06], dostupné z <<http://cabrnoc.cz/index.php/azbestu-v-evrope-snad-zvoni-hrana>>.
- Jones, A., 2015: Evropské výbory varují před azbestem, tichým zabijákem obyvatel Evropy, EHSV info (online) [cit. 2017.12.12], dostupné z <<http://www.eesc.europa.eu/resources/docs/qeaa15007csn.pdf>>.
- Kleger, L., 2010: Azbest (online) [cit. 2016.04.17], dostupné z <<http://arnika.org/azbest>>.
- Kožíšek, F., Pumman, P., 2014: Stanovisko NRC pro pitnou vodu k používání azbestocementových potrubí pro dopravu pitné vody, SZÚ, Praha (online) [cit. 2017.08.11], dostupné z <<http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/azbest.pdf?highlightWords=azbest>>.
- Kříž, R., 2017: Vajgly se stávají globálním problémem, otravují oceány, hynou kvůli nim ryby (online) [cit. 2017.12.05], dostupné z <[http://www.rozhlas.cz/plus/dnesniplus/\\_zprava/vajgly-se-stavaji-globalnim-problemem-otravuji-oceany-hynou-kvuli-nim-ryby-1763062](http://www.rozhlas.cz/plus/dnesniplus/_zprava/vajgly-se-stavaji-globalnim-problemem-otravuji-oceany-hynou-kvuli-nim-ryby-1763062)>.
- Lajčiková, A., 2009: Azbest v ovzduší a ochrana zdraví při práci, SZÚ, Praha (online) [cit. 2017.04.15], dostupné z <<http://www.bozpinfo.cz/azbest-v-ovzdusi-ochrana-zdravi-pri-praci>>.
- Lébr, T., 2009: Vražedný azbest přivedl před italský soud bývalé šéfy společnosti Eternit (online) [cit. 2016.08.17], dostupné z <[http://zpravy.idnes.cz/vrazedny-azbest-privedl-pred-italsky-soud-byvale-sefy-spolecnosti-eternit1be-/zahranicni.aspxc=A091210\\_143601\\_zahranicni\\_ash](http://zpravy.idnes.cz/vrazedny-azbest-privedl-pred-italsky-soud-byvale-sefy-spolecnosti-eternit1be-/zahranicni.aspxc=A091210_143601_zahranicni_ash)>.
- Mališ, J., 2010: Geneze minerálů, Geologie VŠB-TU Ostrava (online) [cit. 2017.02.05], dostupné z <<http://geologie.vsb.cz/malis/Vznik%20miner%C3%A1l%C5%AF.pdf>>.
- Mičán, J., 2012: Instrukce pro nakládání s azbestovými materiály a odpady, Ekologické audity a posudky (online) [cit. 2016.12.09], dostupné z <<http://www.eap.cz/download/EAP-Pokyny-pro-nakladani-s-odpady-na-bazi-azbestu.pdf>>.
- Militký, J., 2008: Vysoce výkonná vlákna, FT VŠLIB (online) [cit. 2016.07.13], dostupné z <[http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20081021/3-vysoce\\_vykonna.pdf](http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20081021/3-vysoce_vykonna.pdf)>.
- Petránek, J., 1993: Geologická encyklopedie - Amfibol, ČGS (online) [cit. 2016.07.20], dostupné z <<http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?>>>.
- Píša, R., 2010: Je libo eternit nebo věčnost? Věstník Muzea cenných papírů č. 4 (online) [cit. 2016.04.25], dostupné z <<http://www.das-mcp.cz/muzeum/inc1/ve1004.pdf>>.
- Potter, M. J., 2007: Mineral Commodity Summaries - Vermiculite, Minerals USGS (online) [cit. 2016.05.10], dostupné z <<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/vermiculite/vermimcs07.pdf>>.
- Pouzar, M., 2012: Toxické účinky azbestu, Fakulta chemicko-technologická, Univerzita Pardubice (online) [cit. 2016.04.03], dostupné z <[http://www.mpouzar.net/prednasky\\_prumtox.htm](http://www.mpouzar.net/prednasky_prumtox.htm)>.
- Reichrtová, E., 1997: Azbest ve vol'nom ovzduší. Vesmír (online) [cit. 2016.07.15], dostupné z <<http://www.vesmír.cz/clanek/azbest-vo-volnom-ovzdusi>>.

Roberta, C., Barbalace, A., 2004: Brief History of Asbestos Use and Associated Health, Environmental Chemistry (online) [cit. 2016.06.03], dostupné z <[http://EnvironmentalChemistry.com/yogi/environmental/asbestos history2004.html](http://EnvironmentalChemistry.com/yogi/environmental/asbestos%20history2004.html)>.

Shánělec, V., 2003: Ročenka nerostných surovin, ČGS-Geofond (online) [cit. 2016.03.24], dostupné z <<http://www.geology.cz/extranet/publikace/online/rocenky-geofondu/rocenka02.pdf>>.

Skácel, F., Guschlová, Z., Tekáč, V., 2012: Azbestová a minerální vlákna ve vnitřním ovzduší, Chemické listy (online) [cit. 2017.08.05], dostupné z <[http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2012\\_10\\_961-970.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2012_10_961-970.pdf)>.

Skříčková, J., Staňová, Y., 2010: O maligním pleurálním mezoteliomu, Česká onkologická společnost České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně (online) [cit. 2016.01.24], dostupné z <<http://www.linkos.cz/zhoubne-nadory-prudusek-plic-a-pohrudnice-c33-34/o-malignim-pleuralnim-mezoteliomu/>>.

Velebil, D., 2008: Serpentina (online) [cit. 2017.04.27], dostupné z <<http://www.velebil.net/minerality/serpentina/>>.

Veverková, M., et al., 2007: Průzkum lokality – inspekce – dozor (návrh přístupu) (online) [cit. 2017.08.07], dostupné z <[http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/konz\\_dny\\_a\\_seminare/2012/d\\_azbest\\_dozor.pdf](http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/konz_dny_a_seminare/2012/d_azbest_dozor.pdf)>.

Viktora, A., 2011: Azbestová hrozba visí nad tisíci školami i nemocnicemi (online) [cit. 2016.07.21], dostupné z <[http://zpravy.idnes.cz/azbestova-hrozba-visi-nad-tisici-skolami-i-nemocnicemi-p1v-/domaci.aspx?c=A111129\\_210734\\_domaci\\_abr](http://zpravy.idnes.cz/azbestova-hrozba-visi-nad-tisici-skolami-i-nemocnicemi-p1v-/domaci.aspx?c=A111129_210734_domaci_abr)>.

Virta, R. L., 2005: Mineral Commodity Profiles – Asbestos, U.S. Geological Survey Circular (online) [cit. 2017.01.05], dostupné z <<http://pubs.usgs.gov/circ/2005/1255/kk/>>.

Virta, R. L., 2007: Minerals Yearbook 2006 - Wollastonite, Minerals U.S. Geological Survey (online) [cit. 2017.07.18], dostupné z <<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/wollastonite/wollam yb06.pdf>>.

Zimák, J., 2005: Ložiska nerostných surovin, část 3, Katedra geologie PřF UP Olomouc (online) [cit. 2016.01.18], dostupné z <[http://www.geology.upol.cz/Soubory/2005\\_Zimak\\_Jiri\\_Loziska\\_nerostnych\\_surovin3.pdf](http://www.geology.upol.cz/Soubory/2005_Zimak_Jiri_Loziska_nerostnych_surovin3.pdf)>.

Zimová, M., Podolská, Z., 2008: Zdravotní rizika odpadů obsahujících azbest (online) [cit. 2016.08.04], dostupné z <<http://www.odpadoveforum.cz/2008/3.pdf>>.

Zimová, M., 2013: Nakládání s odpady obsahující azbest (online) [cit. 2017.10.05], dostupné z <<http://www.ekomonitor.cz/publikace/clanky#hlavni>>.

Žádníková, A., 2007: Azbest: Nakládání s azbestovými materiály a odpady, Krajská hygienická stanice Jihomoravského kraje se sídlem v Brně (online) [cit. 2017.06.28], dostupné z <[http://www.khsbrno.cz/katalog/souodkaz/hok\\_azbest\\_hok.doc](http://www.khsbrno.cz/katalog/souodkaz/hok_azbest_hok.doc)>.

## INTERNETOVÉ ZDROJE - INSTITUCE

ALS Laboratory Group, ©2011: Speciální analýzy (online) [cit. 2016.03.25], dostupné z <[http://www.alsglobal.eu/cz/category\\_specialty\\_services.asp?Division=ENV](http://www.alsglobal.eu/cz/category_specialty_services.asp?Division=ENV)>.

BELFOR, ©2010: Sanace azbestu (online) [cit. 2017.04.02], dostupné z <[http://www.belfor.com/Uploads/Documents/BELFOR\\_sanuje\\_azbest.pdf](http://www.belfor.com/Uploads/Documents/BELFOR_sanuje_azbest.pdf)>.

Business co-ordination house, ©2012: Technical textiles (online) [cit. 2016.05.06], dostupné z <<http://www.bch.in/about-technical-textiles.html>>.

CoJeCo, vaše encyklopedie, ©2006: Kevlar (online) [cit. 2016.01.28], dostupné z <[http://www.cojeco.cz/index.php?s\\_term=&s\\_lang=2&detail=1&id\\_desc=387428](http://www.cojeco.cz/index.php?s_term=&s_lang=2&detail=1&id_desc=387428)>.

EKOSTAR, s. r. o., ©2017a: Likvidace azbestového nebezpečí (online) [cit. 2017.07.02], dostupné z <<http://ekostar.cz/index.php?2>>.

EKOSTAR, s. r. o., ©2017b: Střešní krytiny s obsahem azbestu (online) [cit. 2017.08.05], dostupné z <<http://www.ekostar.cz/cz/sanace-a-likvidace-azbestu/stresni-krytiny>>.

EMSL Analytical, ©2004: Superfund Method for the Determination of Releasable Asbestos in Soils and Bulk Material (online) [cit. 2016.05.25], dostupné z <<http://www.emsl.com/index.cfm?nav=News&action=show&NewsID=47>>.

EnviWeb, ©2006: Postup při řešení problematiky azbestových odpadů (online) [cit. 2016.03.04], dostupné z <<http://www.enviweb.cz/clanek/odpady/58279/postup-pri-reseni-problematiky-azbestovyc-h-odpadu>>.

Foster Bohemia, s.r.o., ©2012: Inspekce účinnosti sanace azbestu a jiných nebezpečných vláken ve vnitřním a vnějším prostředí ZŠ Máj I a Máj II, České Budějovice (online) [cit. 2017.12.18], dostupné z <[http://www.c-budejovice.cz/cz/skolstvi-zdravotnictvi-socialni-pece/majazbest/Documents/120322\\_Inspekni\\_zprava/120-011-12-Inspekni\\_zprava\\_ZS%20Maj\\_CB.pdf](http://www.c-budejovice.cz/cz/skolstvi-zdravotnictvi-socialni-pece/majazbest/Documents/120322_Inspekni_zprava/120-011-12-Inspekni_zprava_ZS%20Maj_CB.pdf)>.

Hygienická stanice hl. m. Prahy, ©2007: Legislativa zabývající se problematikou azbestu (online) [cit. 2017.05.05], dostupné z <[http://www.hygpaha.cz/files/Azbest\\_legislativa\\_web.pdf](http://www.hygpaha.cz/files/Azbest_legislativa_web.pdf)>.

INHEAT, ©2011: Produkty - Žároizolační materiály (online) [cit. 2016.02.03], dostupné z <<http://www.inheat.cz/produkty&idk=33>>.

IPCS Inchem, ©1997: Para-aramids (online) [cit. 2016.01.14], dostupné z <<http://www.inchem.org/documents/iarc/vol68/p-aram.html>>.

IRZ, ©2016a: Azbest (online) [cit. 2016.06.22], dostupné z <<http://www.irz.cz/node/120>>.

IRZ, ©2016b: Metody měření a identifikace znečišťujících látek (online) [cit. 2016.05.05], dostupné z <<http://irz.cenia.cz/irz/obsah/metody-mereni.html>>.

IRZ, ©2016c: Metody měření znečišťujících látek v únicích do vody (online) [cit. 2016.01.13], dostupné z <<http://www.irz.cz/node/120>>.

Jihočeský mineralogický klub, ©2005: Vlákná azbestu (online) [cit. 2016.08.08], dostupné z <[klub.http://www.mineraly.org/clanek/16](http://www.mineraly.org/clanek/16)>.

Mesothelioma Asbestos Awareness Center, ©2010: Asbestos History, (online) [cit. 2016.03.25], dostupné z <<http://www.maacenter.org/asbestos/history.php>>.

MINDAT, ©2012: Vermiculite: Vermiculite mineral information and data (online) [cit. 2016.05.29], dostupné z <<http://www.mindat.org/min-4170.html>>.

MŽP, ©2008: Metodický návod odboru odpadů pro řízení vzniku stavebních a demoličních odpadů a pro nakládání s nimi (online) [cit. 2016.11.05], dostupné z <[https://www.ceho.cz/files/pdf/odpady\\_azbest/mp\\_stavebni\\_odpad.pdf](https://www.ceho.cz/files/pdf/odpady_azbest/mp_stavebni_odpad.pdf)>.

MŽP, ©2014: Plán odpadového hospodářství České republiky pro období 2015 – 2024 (online) [cit. 2017.08.05], dostupné z <[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poh\\_cr\\_prislusne\\_dokumenty\\$FILE/OODPPOH\\_CR\\_2015\\_2024\\_schvalena\\_verze\\_20150113.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poh_cr_prislusne_dokumenty$FILE/OODPPOH_CR_2015_2024_schvalena_verze_20150113.pdf)>.



MŽP, ©2017a: Hodnotící zpráva o plnění Plánu odpadového hospodářství ČR za rok 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 (online) [cit. 2017.12.05], dostupné z <[https://www.mzp.cz/cz/plneni\\_narizeni\\_vlady](https://www.mzp.cz/cz/plneni_narizeni_vlady)>.

MŽP, ©2017b: Integrovaná prevence a omezování znečištění (online) [cit. 2017.12.01], dostupné z <<http://www.env.cz/ippc/ippc.nsf/>>.

MŽP, ©2017c: Veřejné informace o produkci a nakládání s odpady MŽP (online) [cit. 2017.10.08], dostupné z <<https://isoh.mzp.cz/VISOH>>.

MŽP, ©2018: Metodický návod pro řízení vzniku odpadů s obsahem azbestu při provádění a odstraňování staveb a pro nakládání s nimi (online) [cit. 2018.02.25], dostupné z <[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpady\\_s\\_azbestem/\\$FILE/OODP-metodicky\\_navod\\_azbest-20180103.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpady_s_azbestem/$FILE/OODP-metodicky_navod_azbest-20180103.pdf)>.

ODETKA, ©2008: Specifikace materiálu: Kevlar (online) [cit. 2016.05.03], dostupné z <[http://www.odetka.cz/net20/cz/specmat\\_kevlar.aspx](http://www.odetka.cz/net20/cz/specmat_kevlar.aspx)>.

OMNIPURE, s.r.o., ©2016a: Azbest - Hlavní typy používaného azbestu (online) [cit. 2016.02.09], dostupné z <<http://omnipure.cz/azbest/>>.

OMNIPURE, s.r.o., ©2016b: Fotogalerie objektů s možným obsahem azbestu (online) [cit. 2016.02.03], dostupné z <<http://omnipure.cz/galerie/fotogalerie-objektu-s-moznym-obsahem-azbestu/>>.

OMNIPURE, s.r.o., ©2016c: Fotogalerie z prací (online) [cit. 2016.01.09], dostupné z <<http://omnipure.cz/galerie/fotogalerie-z-praci/>>.

OMNIPURE, s.r.o., ©2016d: Jak vypadá Boletický panel? (online) [cit. 2016.02.05], dostupné z <<http://omnipure.cz/jak-vypada-boleticky-panel/>>.

OMNIPURE, s.r.o., ©2016e: Kde končí azbestový odpad? (online) [cit. 2016.02.05], dostupné z <<http://www.omnipure.cz/aktuality/kde-konci-azbestovy-odpad/>>.

OMNIPURE, s.r.o., ©2016f: Měření respirabilních vláken azbestu v ovzduší (online) [cit. 2016.02.05], dostupné z <<http://omnipure.cz/mereni-respirabilnich-vlaken-azbestu-v-ovzdusi/>>.

PERLIT, ©2011: O perlitu (online) [cit. 2016.02.04], dostupné z <<http://www.perlit.cz/?re=1&sk=>>>.

REMOVAL, s.r.o., ©2016: Odstraňování azbestu z interiérů (online) [cit. 2016.02.01], dostupné z <<http://removal.cz/odstranovani-azbestu-z-interieru/>>.

Stavokombinát Invest, s. r. o., ©2017: Boletický panel – technické parametry (online) [cit. 2017.11.06], dostupné z <<http://www.stavokombinat-invest.cz/boleticke-panely/technickeparametry/>>.

SZÚ Praha, ©2012: Nakládání s odpady obsahujícími azbest (online) [cit. 2017.03.30], dostupné z <[http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/puda/legislativa\\_odpady/odpady\\_azbest.pdf](http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/puda/legislativa_odpady/odpady_azbest.pdf)>.

SZÚ Praha, ©2017: Nemoci z povolání v České republice 1996 - 2016 (online) [cit. 2017.12.16], dostupné z <<http://www.szu.cz/publikace/data/nemoci-z-povolani-a-ohrozeni-nemoci-z-povolani-v-ceske-republice>>.

USGS, ©2017a: Asbestos Statistics and Information – Minerals Yearbook (online) [cit. 2016.07.15], dostupné z <<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/asbestos/>>.

USGS, ©2017b: International Minerals Statistics and Information (online) [cit. 2017.07.09], dostupné z <<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/>>.

VSS, ©2009: Teflon (PTFE) (online) [cit. 2016.06.30], dostupné z <<http://www.vss-plasty.cz/plastove-polotovary/teflon.html>>.

WHO, ©2010: Asbestos: elimination of asbestos-related diseases (online) [cit. 2016.03.07], dostupné z <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs343/en/>>.

Wikipedie, ©2012: Uhlíkové vlákno (online) [cit. 2016.04.07], dostupné z <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Uhl%C3%ADkov%C3%A9\\_vl%C3%A1kno](http://cs.wikipedia.org/wiki/Uhl%C3%ADkov%C3%A9_vl%C3%A1kno)>.

Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě, ©2012: Snímek azbestových vláken – amozit (SEM) (online) [cit. 2016.05.20], dostupné z <<http://www.ockovanibrno.cz/Content/files/novinky/azbest1.png>>.

## **ZÁKONY, VYHLÁŠKY, NAŘÍZENÍ, SMĚRNICE**

**Všechny v práci uvedené legislativní předpisy, nebyly-li zrušeny, jsou míněny v platném znění.**

Zákon č. 157/1998 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých dalších zákonů

Zákon č. 352/1999 Sb., kterým se mění zákon č. 157/1998 Sb., a některé další zákony

Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů

Zákon č. 185/2001 Sb., zákon o odpadech, a o změně některých dalších zákonů

Zákon č. 356/2003 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů

Zákon č. 46/2004 Sb., kterým se mění zákon č. 65/1965 Sb., zákoník práce a zákon č. 312/2002 Sb., o úřednicích územních samosprávních celků a o změně některých zákonů

Zákon č. 188/2004 Sb., kterým se mění zákon č. 185/2001 Sb.

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (Stavební zákon)

Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce

Zákon č. 309/2006 Sb., o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci

Zákon č. 25/2008 Sb., o integrovaném registru znečišťování životního prostředí a integrovaném systému plnění ohlašovacích povinností v oblasti životního prostředí a o změně některých zákonů

Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon)

Zákon č. 155/2013 Sb., kterým se mění zákon č. 262/2006 Sb.

Zákon č. 169/2013 Sb., kterým se mění zákon č. 185/2001 Sb., zákon č. 25/2008 Sb., a zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích

Zákon č. 257/2013 Sb., kterým se mění některé zákony v souvislosti s přijetím zákona o katastru nemovitostí

Vyhláška č. 301/1998 Sb., kterou se stanoví seznam chemických látek a chemických přípravků, jejichž výroba, uvádění na trh a používání je omezeno

Vyhláška č. 376/2000 Sb., kterou se stanoví požadavky na pitnou vodu a rozsah a četnost její kontroly

Vyhláška č. 89/2001 Sb., kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli

Vyhláška č. 376/2001 Sb., Ministerstva životního prostředí a Ministerstva zdravotnictví o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů

Vyhláška č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů

Vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady

Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb

Vyhláška č. 288/2003 Sb., kterou se stanoví práce a pracovní místa, které jsou zakázány těhotným ženám, kojícím ženám, matkám do konce devátého měsíce po porodu a mladistvým, a podmínky, za nichž mohou mladiství výjimečně tyto práce konat z důvodu přípravy na povolání

Vyhláška č. 432/2003 Sb., kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli

Vyhláška č. 221/2004 Sb., kterou se stanoví seznamy nebezpečných chemických látek a nebezpečných chemických přípravků, jejichž uvádění na trh je zakázáno nebo jejichž uvádění na trh, do oběhu nebo používání je omezeno

Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody

Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu

Vyhláška č. 394/2006 Sb., kterou se stanoví práce s ojedinělou a krátkodobou expozicí azbestu

Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb

Vyhláška č. 107/2013 Sb., kterou se mění vyhláška č. 432/2003 Sb.

Vyhláška č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů

Nařízení vlády č. 290/1995 Sb., kterým se stanoví seznam nemocí z povolání

Nařízení vlády č. 178/2001 Sb., o podmínkách ochrany zdraví zaměstnanců při práci

Nařízení vlády č. 441/2004 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 178/2001 Sb.

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci

Nařízení vlády č. 114/2011 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 290/1995 Sb.