

# **Problematika azbestu a jeho vliv na životní prostředí**

Radovan Vašák

---

Bakalářská práce  
2007



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav inženýrství polymerů

akademický rok: 2006/2007

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Radovan VAŠÁK**

Studijní program: **B 2808 Chemie a technologie materiálů**

Studijní obor: **Chemie a technologie materiálů**

Téma práce: **Problematika azbestu a jeho vliv na životní prostředí**

Zásady pro vypracování:

**Na základě veškeré odborné literatury provedte výběr z pramenů zaměřených na téma zadání bakalářské práce.**

**Sestavte osnovu práce podle vzoru požadovaného podle pravidel platných na UTB ve Zlíně a v souladu s ní uspořádejte materiál do logického celku.**

**Výsledky kriticky zhodnoťte a uspořádejte do konečné formy bakalářské práce.**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**USGS - Minerals informations asbestos.HTM**

**Asbestos - Wikipedia, the free encyklopedia**

**BOZP INFO - nebezpečné látky.HTM**

**Markonet - fyzika - azbest soubory.HTM**

Vedoucí bakalářské práce:

**prof. Ing. Jan Kupec, CSc.**

Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí


Datum zadání bakalářské práce:

**11. listopadu 2006**

Termín odevzdání bakalářské práce:


**21. května 2007**

Ve Zlíně dne 5. února 2007

  
prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.

*dekan*



  
prof. Ing. Milan Mládek, CSc.

*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Tato práce popisuje historii a současnost azbestu jako materiálu, který si v minulosti díky svým mimořádným vlastnostem získal místo v řadě průmyslových aplikací, ale který je v současné době vzhledem k negativnímu vlivu na člověka a životní prostředí zařazen mezi nebezpečné a karcinogenní látky.

**Klíčová slova:** azbest, chrysotil, krokydolit, amosit, antofylit, tremolit, serpentin, amfibol, vlákno, asbestóza, mesotheliom

## **ABSTRACT**

This graduation thesis describes the history and the present of asbestos as a material which thanks to its phenomenal features had gained a position in a large of industrial applications but nowadays due to its negative influence on human being and environment is regarded as dangerous and carcinogenic stuff.

**Keywords:** asbestos, chrysotile, crocidolite, amosite, antophyllite, tremolite, serpentine, amphibole, fibre, asbestosis, mesothelioma

Rád bych poděkoval prof. ing. Janu Kupcovi, Csc., za odborné vedení , cenné rady a připomínky při realizaci mé bakalářské práce.

*Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci „Problematika azbestu a jeho vliv na životní prostředí “ zpracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.*

*Radovan Vašák*

Ve Zlíně dne 11. 5. 2007

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>8</b>
<b>1 CHARAKTERISTIKA AZBESTU</b> .....	<b>9</b>
1.1 CO JE TO AZBEST.....	9
1.2 VLASTNOSTI AZBESTU.....	10
1.2.1 Typy azbestů a spojených vláken .....	10
<b>2 VYUŽITÍ AZBESTU</b> .....	<b>14</b>
2.1 NALEZIŠTĚ AZBESTU A HLAVNÍ PRODUCENTI.....	14
2.2 TĚŽBA AZBESTU V PRŮBĚHU 20. STOLETÍ A POČÁTKU 21. STOLETÍ .....	17
2.3 PRŮMYSLOVÉ VYUŽITÍ AZBESTU.....	18
2.4 POUŽÍVÁNÍ AZBESTU V PRŮBĚHU 20. STOLETÍ A POČÁTKU 21. STOLETÍ .....	23
<b>3 VLIV AZBESTU A AZBESTOVÝCH VÝROBKŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ</b> .....	<b>28</b>
3.1 KONCENTRACE AZBESTOVÝCH VLÁKEN VE VZDUCHU .....	28
3.2 KONCENTRACE AZBESTOVÝCH VLÁKEN VE VODĚ .....	29
3.3 NEGATIVNÍ VLIV AZBESTU NA LIDI A ZVÍŘATA .....	30
3.4 NEMOCI ZPŮSOBENÉ VLIVEM AZBESTOVÝCH VLÁKEN NA ŽIVÝ ORGANISMUS.....	33
3.4.1 Typy onemocnění vyvolaných azbestem.....	34
3.4.2 Ostatní nemoci související s azbestem .....	35
<b>4 OCHRANA ZDRAVÍ PŘI TĚŽBĚ, PRÁCI S AZBESTEM A JEHO LIKVIDACI</b> .....	<b>36</b>
4.1 LEGISLATIVNÍ OPATŘENÍ ČR .....	37
4.2 LEGISLATIVNÍ OPATŘENÍ EU .....	38
4.3 LEGISLATIVNÍ OPATŘENÍ USA A KANADY .....	39
<b>5 BUDOUCNOST AZBESTU</b> .....	<b>42</b>
5.1 VYUŽITÍ CHRYSOTILU V PRŮMYSLOVÉ VÝROBĚ .....	42
5.2 NÁHRADA AZBESTU EKVIVALENTNÍMI PRODUKTY .....	43
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>45</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>46</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>48</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>50</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>51</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>52</b>

## ÚVOD

Název azbest je dán skupině šesti fibrózních minerálů používaných v komerčních výrobcích.

Tyto minerály se vyznačují výtečnými vlastnostmi, jako například vysokou pevností v tahu, velkým poměrem délky vlákna k jeho tloušťce, flexibilitou a odolností vůči chemické a tepelné degradaci.

Právě tyto vlastnosti učinily z azbestu velmi oblíbený materiál, využívaný v mnoha oblastech lidské činnosti po více než 3000 let.

V moderních dějinách lidstva se azbestové vlákno začalo využívat ve velkém množství s nástupem průmyslové revoluce, to znamená v počátku 19. století. Zpracovávalo se zejména v industrializovaných zemích, anebo tam, kde se průmysl rychle rozvíjel.

Těžba minerálů a jejich následné zpracování do podoby finálního výrobku probíhaly v rámci možností dané doby, tedy za pomoci žádné či nedokonalé techniky a v primitivních (z pohledu dnešní doby) pracovních podmínkách. Absence hygieny, bezpečnosti práce a zejména zdravotní prevence byla samozřejmostí. Nikdo se nezabýval působením azbestu na lidský organismus a případně vzniklá onemocnění byla připisována jiným příčinám.

Teprve počátkem 20. století se začalo hovořit o možném škodlivém vlivu azbestových vláken na živé organismy. V průběhu minulého století probíhala množství výzkumů zaměřených na spojitost mezi azbestem a některými typy onemocnění, zejména plicních.

Teprve v 70. letech byly zjištěny nezvratné důkazy o škodlivosti azbestu na člověka.

Od té doby probíhá téměř v celém světě kampaň za úplný zákaz používání azbestu.

Současně s touto snahou se pracuje na vývoji a aplikacích substituentů azbestu.

Cílem této bakalářské práce je zhodnocení historického významu azbestu a posouzení nutnosti jeho dalšího využívání s ohledem na jeho negativní působení na člověka a životní prostředí.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**



# 1 CHARAKTERISTIKA AZBESTU

## 1.1 Co je to azbest

Název azbestu je dán chybným použitím latinského výrazu pro nehašené vápno – **asbestos**, z původně řeckého slova sbestos – uhasitelný. Je odvozeno od jeho historického používání jako knotu v lampách kvůli odolnosti azbestu vůči ohni. Tak jako v mnoha jiných případech, byl azbest používán i starými Egypťany jako surovina pro výrobu pohřebních látek, a dokonce, jak praví legenda, i sám král Karel Veliký měl z azbestu zhotovený ubrus [1].

Azbest je světlý až tmavozelený materiál ze skupiny silikátů, které se v přírodě vyskytují ve dvou hlavních skupinách, a to buď jako **amfiboly**, nebo jako **serpentin** (**hadovec**) [2].

Amfibol, respektive amfiboly, jsou významnou skupinou minerálů, které jsou významnými horninotvornými minerály. Jedná se o složité křemičitany, tvořené především Ca, K, Fe, Mg, Al. Vzhled minerálů je sloupcovitý, jemně sloupečkovitý, jehlicovitý až jemně vláknitý.

Serpentin patří do skupiny kaolinitu – serpentinu.

Chemický vzorec serpentinitu je  $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ .

Vytváří tři hlavní formy – lizardit, antigorit a chryzotil [2].

Název azbest je daný skupině celkem šesti různých fibrózních / vláknitých / materiálů (amosit, chryzotil, krokydolit a také skupině fibrózních druhů tremolitu, actinolitu a antofylitu), které se přirozeně vyskytují v životním prostředí.

Nejčastějšími druhy nerostů jsou bíle zbarvený chryzotil, dále potom modře zbarvený krokydolit, šedý antofylit či hnědý amosit [3].

Azbest jako minerál se přirozeně vyskytuje v půdě a horninách prakticky po celém světě.

Na území ČR se nenachází žádná významná naleziště, ze kterých by se dal azbest průmyslově těžít, ale byl objeven na několika lokalitách jako doprovodný minerál ložních rud.

## 1.2 Vlastnosti azbestu

Specifickou vlastností pro azbest je jeho sklon vytvářet dlouhé, tenké, vláknité struktury, které mají tendenci se odštěpovat po délce. Za vlákno se považují částice s poměrem délky a šířky větším než 3 : 1.

Mezi jeho typické chemické a fyzikální vlastnosti patří nehořlavost, pevnost a ohebnost.

Azbest je velmi špatným tepelným vodičem, k tavbě amfibolového azbestu dochází až okolo teplot 1100 °C a u serpentinového azbestu při teplotě 1500°C. Součinitel tepelné vodivosti azbestu při teplotě 20 °C je  $0,12 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

Azbest je odolný vůči kyselinám i zásadám, tzn., že je inertní vůči chemikáliím a má zároveň velmi dobré elektroizolační vlastnosti.

Azbest nemá charakteristickou vůni ani chuť.

Chemicky se jedná o křemičitany hořečnaté, eventuálně vápenato – hořečnaté. Strukturálně jde o vytvoření čtyřstěnu  $\text{SiO}_4^{4-}$ , a to tak, že vznikají nejdříve řetězce a pásy, a ty se potom spojují do základních jednotek. Protože má každý řetězec neomezenou délku, připadají při řetězovém uspořádání, na každý iont  $\text{Si}^{4+}$  stechiometricky tři ( totiž  $2 + 2/2$  ) ionty  $\text{O}^{2-}$ .

Při vzniku pásu ze dvou řetězců odpadne vždy ze čtyřstěnu jeden další iont  $\text{O}^{2-}$ .

Ze dvou řetězců  $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$  tak vyniká neomezeně dlouhý pás  $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$ . Pokud má být vzorec pásu, se zřetelem na celistvost atomových indexů, zdvojen, není nutno tyto vzorce (  $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$  ) násobit indexem 2, protože nejde o uzavřenou skupinu, nýbrž o pás libovolné délky (zdvojuje se počet jednotlivých atomů uvnitř závorky (  $[\text{Si}_8\text{O}_{22}]^{12-}$  )) [4].

### 1.2.1 Typy azbestů a spojených vláken

#### **BÍLÝ AZBEST**

Chryzotil (Příloha P I) – získává se z serpentinové horniny. Je typem průmyslově nejpoužívanějšího azbestu, zejména ve Spojených státech amerických. Tento typ azbestu je zdraví škodlivý, i když pravděpodobně méně než ostatní formy ( uvedeno v britském Health & Safety Commission report *Asbestos : Effects on health of exposure to asbestos, 1985* ).

Chemický vzorec chryzotilu je  $Mg_3 ( Si_2O_5 ) ( OH )_4$  (Obr. 1) [1].

### HNĚDÝ AZBEST

Amosit – tradiční název pro amfibol, známý jako Grunerit, pocházející z Afriky a jeho název je akronymem z *Asbestos Mines of South Africa*.

Chemický vzorec amositu je  $Fe_7Si_8O_{22} ( OH )_2$  (Obr. 2) [1].

### MODRÝ AZBEST

Krokydolit – patří do skupiny amfibolů a hlavní naleziště jsou v Africe a Austrálii.

Je fibrózní formou amfibolu. Modrý azbest je obecně známý jako nejnebezpečnější typ azbestu.

Chemický vzorec krokydolu je  $Na_2Fe_3^{2+}Fe_2^{3+}Si_8O_{22} ( OH )_2$  (Obr. 3) [1].

*Chryzotil* se běžně vyskytuje ve formě měkkých drobných vláken. Azbestové formy amfibolů se mohou také vyskytovat jako měkká drobná vlákna, ale jiné druhy, například *amosit*, jsou běžně pevnější.

Všechny formy azbestů jsou vláknité, to znamená, že jsou složené z vláken o šířce menší než 1 mikrometr, jsou ve svazcích a vlastní vlákna jsou velmi dlouhá.

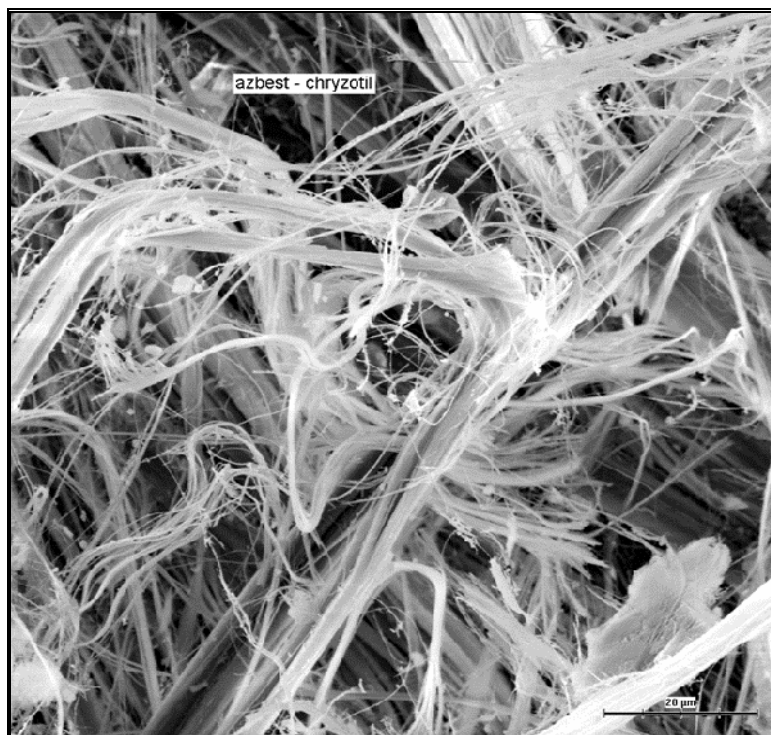
Azbestové formy amfibolů jsou všeobecně chápány jako mnohem více karcinogenní než chryzotil vzhledem k jejich stálosti v plicích.

Amfiboly se v přírodě vyskytují mnohem častěji v nefibrózní, tzn. bezpečné formě.

Azbesty s obzvláště kvalitními vlákny se také nazývají „*amianthus*“.

Další typy azbestových minerálů, jako například *tremolit* (Příloha P II a P III)  $Ca_2Mg_5Si_8O_{22} ( OH )_2$ , *aktinolit*  $Ca_2( Mg, Fe )_5Si_8O_{22} ( OH )_2$  a *antofylit* (Příloha P II)  $( Mg, Fe )_7Si_8O_{22} ( OH )_2$  patří mezi méně běžně průmyslově používané suroviny, nicméně je stále můžeme objevit v různých typech konstrukčních a izolačních materiálů [1].

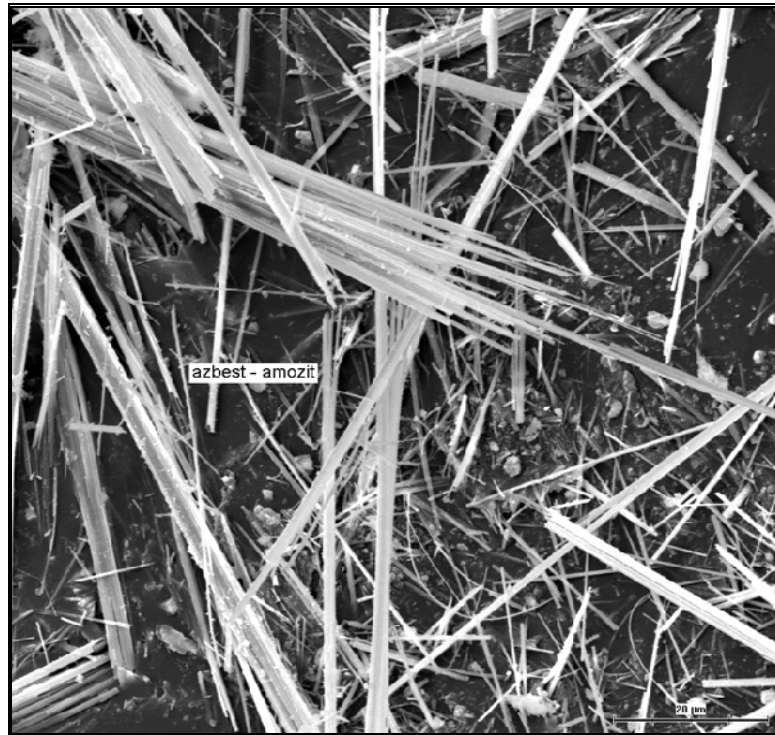
Ukázky některých typů azbestových vláken:



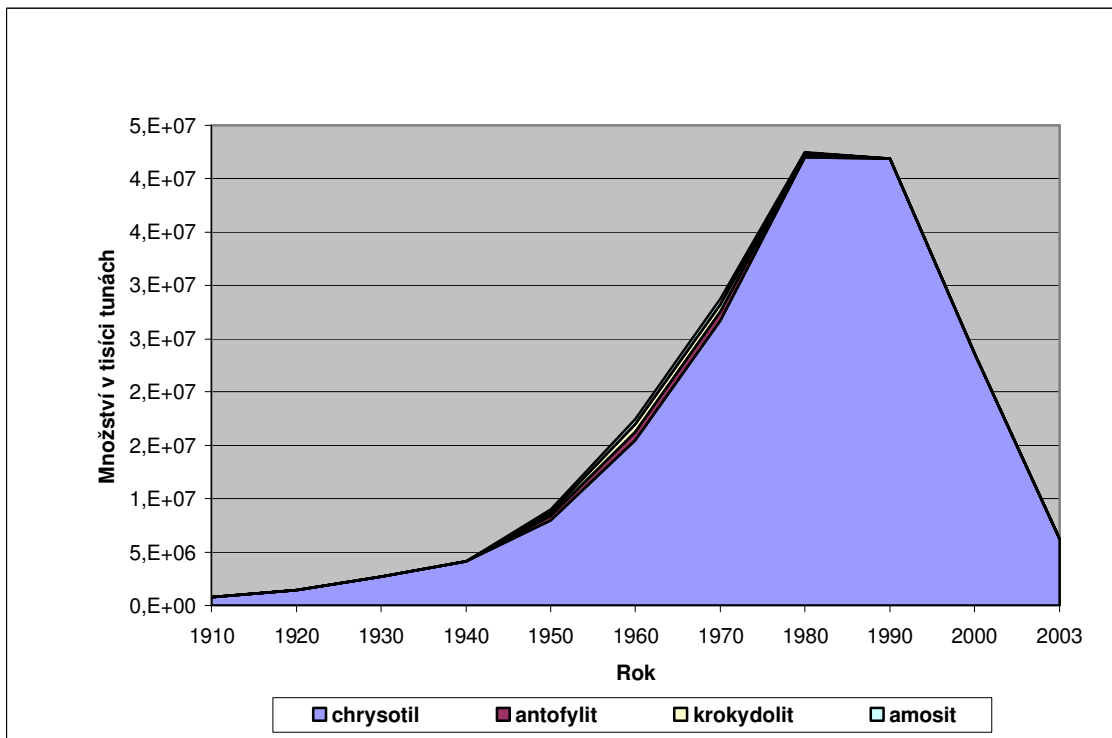
*Obr.1 Bílý azbest – chrysotil [5]*



*Obr. 2 Modrý azbest – krokydolit [5]*



Obr. 3 Hnědý azbest – amozit [5]



Obr.4 Světová spotřeba azbestu podle typu azbestu v tunách v letech 1910 - 2003 [6]

## 2 VYUŽITÍ AZBESTU

### 2.1 Naleziště azbestu a hlavní producenti

Hlavní naleziště chrysotilu se nacházejí v horských pásmech všech geologických období všude tam, kde byl široce rozšířen metamorfismus ( hlubinná mineralogická a strukturní přeměna starších hornin jejich přizpůsobením novým podmínkám teploty a tlaku, které se liší od podmínek, za kterých původní horniny vznikly ). Obrovská naleziště na Urale v Rusku, či Apalačských horách, Kanadě, ve Spojených státech amerických jsou toho klasickým příkladem.

Výskyt hornin nejvyužívanějšího typu azbestu ( chrysotilu ) jsou ve svém složení ultrabazické ( nízký obsah křemene a bohatý na železo a hořčikové minerály ). Taková naleziště jsou kategorizována jako typ I nebo typ II. Naleziště typu I se vyskytují u alpského druhu ultrabazických hornin, obsahujících ofiolity a serpentinity.

Naleziště typu II se nacházejí v narušených ultrabazických horninových vrstvách.

Zbývající produkce chrysotilu se získává z dolomitového vápence – naleziště typu III.

Amosit a krokydolit se nalézají v přeměněných ( metamorfosních ) železitých nánosových útvech, označovaných jako naleziště typu IV.

Komerčně realizovatelná naleziště jsou v pruhované železné rudě, železitém křemenci a zkřemeněném argilitu.

Tremolit a antofylit jsou spojovány s metamorfosními ultrabazickými horninami.

Ultrabazická naleziště zahrnují naleziště typu I a typu II.

Naleziště typu I čítá cca 90 % světové produkce azbestu a generelně jsou tato naleziště protkána žilami azbestu. Příklady tohoto typu naleziště se nacházejí v celém světě, například v Quebecu v Kanadě nebo v Rusku na Urale.

Mezi velmi produktivní naleziště typu II patří azbestové doly v Jižní Africe, Svazijsku a v Zimbabwe. Dobrým příkladem velmi produktivního naleziště azbestu typu II je lokalita Shabani v Zimbabwe na východě Afriky. Toto naleziště je proslavené z důvodu

nízkého obsahu železa a nízkého obsahu magnetovce v hornině, což je příčinou velmi dlouhých vláken azbestu.

Poměrně malé množství azbestu se dá vytěžit v nalezištích typu III a z dolomitového vápence. Kvalitní azbest s dlouhými vlákny a nízkým obsahem magnetovce je spojován s nalezišti ultrabazického původu. Chrysotil těchto vlastností se těží v okrese Carolina v Transvaalské oblasti Jižní Afriky a v oblasti Salt River a Sierra Ancha v Arizoně ve Spojených Státech.

Příklady naleziště typu IV jsou v Jižní Africe, kde se vyskytuje krokydolit a amosit.

Krokydolit se nalézá v obrovské oblasti v Transvaalu. Krokydolit a amosit se nalézají v podobných seskupeních vedle sebe v těch samých žilách opět v oblasti Transvaalu.

K zemím, kde se těžil antofylit, patří Finsko a USA.

Itálie produkovala tremolit, jenž se vyznačoval dlouhými vlákny, nicméně tato naleziště, nacházející se v oblasti Milána, byla poměrně malá. Některá další naleziště Itálii se vyskytují v oblasti Turína v italských Alpách.

Naleziště amfibolu se vyskytují i v Bulharsku, Indii, Rumunsku, na Taiwanu, v Turecku a v zemích bývalé Jugoslávie.

Obecně se dá říct, že obsah azbestu v horninách jednotlivých nalezišť ve světě se liší. (Obr. 4)

Pro většinu nalezišť je typický minimální 5ti procentní obsah chrysotilu ve vytěžené rudě.

Generelně platí, že těžební společnosti těží pouze rudu obsahující 5 a více procent azbestu.

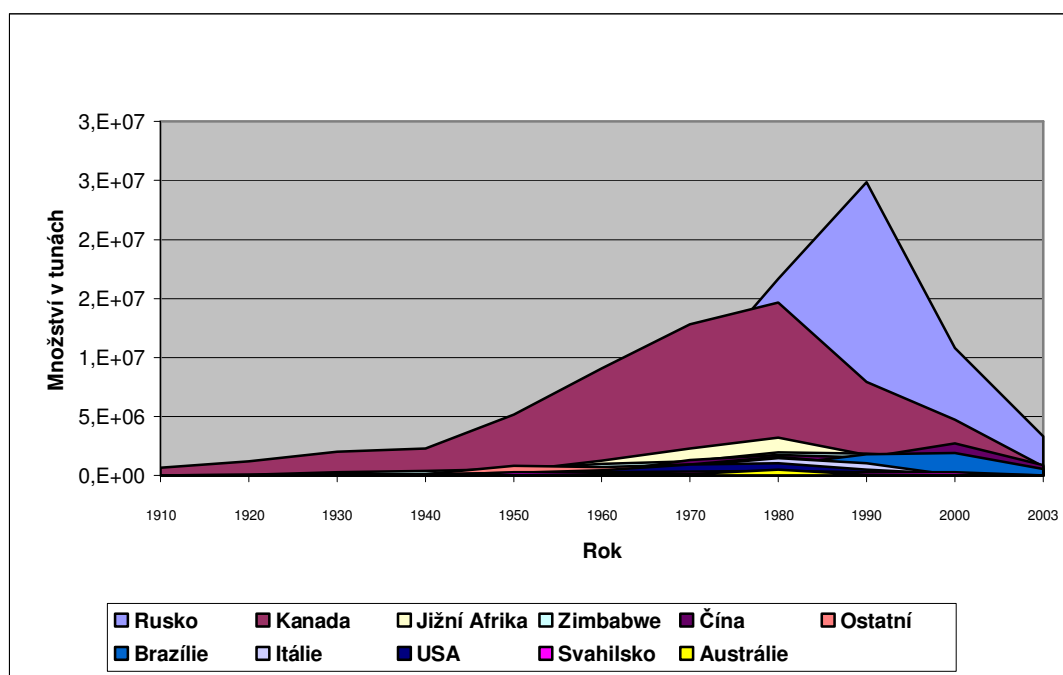
K největší světovým producentům azbestu ve 20. století patří Kanada, Rusko, Jižní Afrika, Čína, USA, Zimbabwe, Svazijsko, Itálie, Brazílie a Austrálie. (Obr. 5)

Přehled největších producentů je uveden v tabulce č. 1, ze které je možno vyčíst i množství azbestu vytěženého v jednotlivých dekadách 20. století. (Tab. 1)

Na území ČR se nenachází žádná významná naleziště azbestu, ze kterých by se dal azbest průmyslově dobývat, byl však objeven v několika lokalitách jako doprovodný minerál ložních rud [6].

Tab.1 Největší světoví producenti azbestu [t] [6]

	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2003
<b>Rusko</b>	71996	84576	180970	916991	1408725	4005227	7975199	16693220	24859600	10857000	3317400
<b>Kanada</b>	654151	1205727	1980849	2289038	5132544	9032150	12848002	14693837	7894918	4713561	759000
<b>Jižní Afrika</b>	6430	30375	134214	190890	384389	1263342	2254514	3193806	1722758	738478	13393
<b>Zimbabwe</b>	0	50532	273526	391261	546754	968281	1206830	1963442	1829334	1470948	434327
<b>Čína</b>	0	695	1667	39912	61130	297557	1297277	1738064	1508385	2685000	840000
<b>Ostatní</b>	18753	26205	92387	135287	835908	730196	937521	1549674	909921	969210	344473
<b>Brazílie</b>	0	0	0	876	10339	25403	48521	849479	1799649	1890100	522427
<b>Itálie</b>	0	1335	22151	46157	113267	336363	828723	1447432	1052145	15000	0
<b>USA</b>	16642	19985	15111	85857	204844	427993	918818	1026411	461615	103088	7980
<b>Svazijsko</b>	0	0	0	26111	251820	276951	341534	368897	279053	250548	0
<b>Austrálie</b>	0	4162	2955	2291	15240	89825	82085	486034	67990	0	0



Obr. 5 Největší světoví producenti azbestu v letech 1900 – 2003[t] [6]



V roce 2003 zajišťovaly cca 95% produkce azbestu Brazílie, Kanada, Čína, Kazachstán, Rusko a Zimbabwe.

Vyjma Číny, pouze 9 společností v těchto zemích zajišťovalo dodávky azbestu na světový trh. Hlavní dodavatel v Číně se podílel 20% produkcí azbestu, zbylá produkce byla rozdělena mezi několik malých společností.

Azbest byl rovněž produkován v Argentíně, Bulharsku, Kolumbii, Indii a Iránu. V těchto zemích se o těžbu starala pouze jedna nebo maximálně dvě společnosti. Naproti tomu v Indii zajišťovala požadavky trhu malá skupina společností.

V Brazílii je výhradním producentem společnost Eternit SA & Brasilit SA . Společnost těží chrysotil na severu Brazílie.

V Kanadě existují v současné době pouze dva výrobci azbestu, firma Lab Chrysotile Inc. a společnost Jeffrey Mines Inc.. Obě společnosti těží chrysotil a obě operují v oblasti Quebecu. Výroba v Rusku a Kazachstánu se také týká výlučně chrysotilu. V Kazachstánu se těžební práce provádějí v oblasti Dzghetygarinsk a v Rusku ve Sverdlovské oblasti, v Orenburgu a v dole zvaném Tuva.

African Resources Ltd. operují prostřednictvím svých filiálek v několika částech Afriky a těží především chrysotil. Hlavní těžební práce se provádějí v Zimbabwe [6].

Společnosti těžící azbest také ve většině případů zpracovávají surový materiál. Pochopitelně kromě velmi malých, anebo malých společností, jež nemají potřebné finanční, ani technologické a technické podmínky . Týká se to zejména čínských a indických firem těžících azbest.

Většina firem tak prodává své již předem zpracované vlákno jiným firmám, které se zabývají výrobou finálního produktu [6].

## 2.2 Těžba azbestu v průběhu 20. století a počátku 21. století

Zhruba 80% chrysotilu, vytěženého v roce 2003, bylo získáno využitím techniky povrchových dolů. V mnoha případech je hospodárnost, úprava azbestových vláken, úroveň kontroly a bezpečnost zlepšena díky těžbě v povrchových dolech. Typické povrchové doly jsou tvořeny mnohonásobnou stupňovitou kaskádou a šířka dolu se zvětšuje s narůstající

hloubkou dolu. Hornina se získává odstřelem. Počáteční nakladače anebo rypadlové dopravníky jsou používány k následnému nakládání do obrovských nákladních automobilů. Důlní drtička se využívá ke zjednodušení manipulace s horninou.

Podzemní těžba se provádí pouze v případě, že povrchové doly jsou poněkud neefektivní.

Podúrovňové poruby a štoly mohou být vytvořeny pomocí odstřelných děr, vrtaných směrem nahoru z důlních zářezů. Začíná se na závěsné straně a ustupuje se postupně zeširoka směrem k úpatí hory.

U podúrovňové těžební metody mohou být šachty otevírány napříč centrem ložiska rudy. V tomto případě šachty postupují vždy ve dvou směrech od centra nástřelu [6].

### 2.3 Průmyslové využití azbestu

Lidstvo používá azbest více jak 3000 let. Některá z nejranějších použití se týkala kremačních rouch, knotů do lamp, nehořlavých ubrousků a ubrusů.

Moderní azbestový průmysl se začal rozvíjet počátkem 19. století současně s rozvojem textilního průmyslu v Itálii. Italská textilní výroba zahrnovala produkci tkanin, látek, provazů, šňůr a knižních přebalů.

Se zvyšující se industrializací byly kladeny stále vyšší požadavky na vlastnosti užitných materiálů, například na pevnost a tuhost materiálů, odolnost vůči teplotě atd. Díky tomu byla objevena vysoká flexibilita azbestových vláken. Používaly se například na obalování hadic u strojů pracujících s vysokými teplotami, jako tepelná izolace ohříváčů vody a parních trubek a v neposlední řadě i ve stavebnictví jako ohnivzdorný materiál k pokrývání střech a pro výrobu zdících materiálů. I v tomto období zůstávaly textilie / azbestové / na trhu žádaným zbožím.

S rostoucí spotřebou azbestu v celém světě na sklonku 19. století docházelo ke zvýšené poptávce po azbestu, protože největší světový producent azbestu Itálie, společně s několika dalšími zeměmi, byla schopna dodat na trh pouze několik tisíc tun této komodity.

Objevení a rozvoj obrovských azbestových ložisek v Kanadě, Rusku a Jižní Africe na konci 19. století vyřešily problémy se surovinou, která byla do té doby nedostatečná.

Vyvinutí Hatschekova stroje pro výrobu azbesto–cementových ( A/C ) plochých a vlnitých desek mělo za následek jednoznačné navýšení poptávky po azbestových výrobcích.

Tato technologie umožnila masovou výrobu levných nehořlavých stavebních materiálů.

V roce 1929 následoval vynález způsobu zpracování pro masovou výrobu azbesto – cementových trubek, umožňující jejich široké použití pro dodávky vody a pro kanalizaci.

Značný nárůst poptávky po azbestu způsobil také rozvoj automobilového průmyslu z důvodu výroby automobilových brzd, spojkových dílů a těsnění motorů.

Veškeré tyto vynálezy a nové technologie způsobily prudký nárůst poptávky po azbestu v celosvětovém měřítku.

V roce 1910 světová produkce azbestu překročila 80 000 tun, což představovalo 300 až 400% ní navýšení oproti roku 1900. (Obr. 6)

V té době byly USA největším odběratelem azbestu na světě, což činilo cca 55 % celkové světové spotřeby.

Výroba a spotřeba klesala v průběhu 1. světové války a v období hospodářské krize ( Velká deprese ) ve 30. letech 20. století.

Ihned po skončení obou neblahých událostí došlo k rapidnímu růstu ve stavebnictví a ostatních tržních segmentech, jehož trval až do 40. let 20. století.

Prodej a využití azbestu se v té době navýšil v celém světě, což bylo zapříčiněno vznikem nových a expandujících odbytíšť.

Mimo automobilový průmysl a A/C výrobky, rostla poptávka po azbestových lepenkách a papíru pro elektrické panely, textiliích pro izolaci elektrických vodičů, nastříkaných azbestových výrobcích pro ochranu ocelových nosníků ve stavebnictví, azbestových výztuhách, teplu odolných plnivech plastů, tepelně odolných střešních materiálech, azbestových plstích, šindelech a jiných levných, odolných a rozměrově stabilních podlahových výrobcích, jako jsou například vinyl azbestové podlahové krytiny,

teplu a kyselinám odolné těsnění a obaly, tepelné izolace ohříváčů vody pro domácí i průmyslové využití.

V neposlední řadě byla poptávka i po žáruvzdorných oblecích pro požárníky, ztužených sádrových a těsnících směsích, ztužených a plnivech barev a plnivech pro úpravu povrchu asfaltových cest.

Počátek 2. světové války měl za následek útlum produkce azbestu ve spoustě regionů ve světě, kromě Kanady, Jižní Afriky a Spojených Států Amerických.

Zatímco produkce azbestu a jeho využití ve světě poklesly, válečná výroba USA dokázala spotřebovat velkou část navýšené těžby z Kanady, Jižní Afriky a Spojených Států.

Oproti roku 1934, kdy byla ve Spojených státech spotřeba azbestu 41% celosvětové produkce, zvýšila se v roce 1942 až na 77% .

Poválečná rekonstrukce a obnova ekonomik znovu způsobila světovou poptávku po azbestu a produkce azbestu zvýšila nabídku úměrně k poptávce.

Do roku 1958 byl azbest využit zhruba v 3000 aplikacích. Nesčetné využití azbestu vedlo k průběžnému navyšování požadavků na jeho dodávky.

Vrchol poptávky po azbestu byl dosažen zhruba v polovině 70. let 20. století, kdy cca 25 zemí vyrábělo 5 milionů metrických tun azbestu a cca 85 zemí vyrábělo azbestové výrobky.

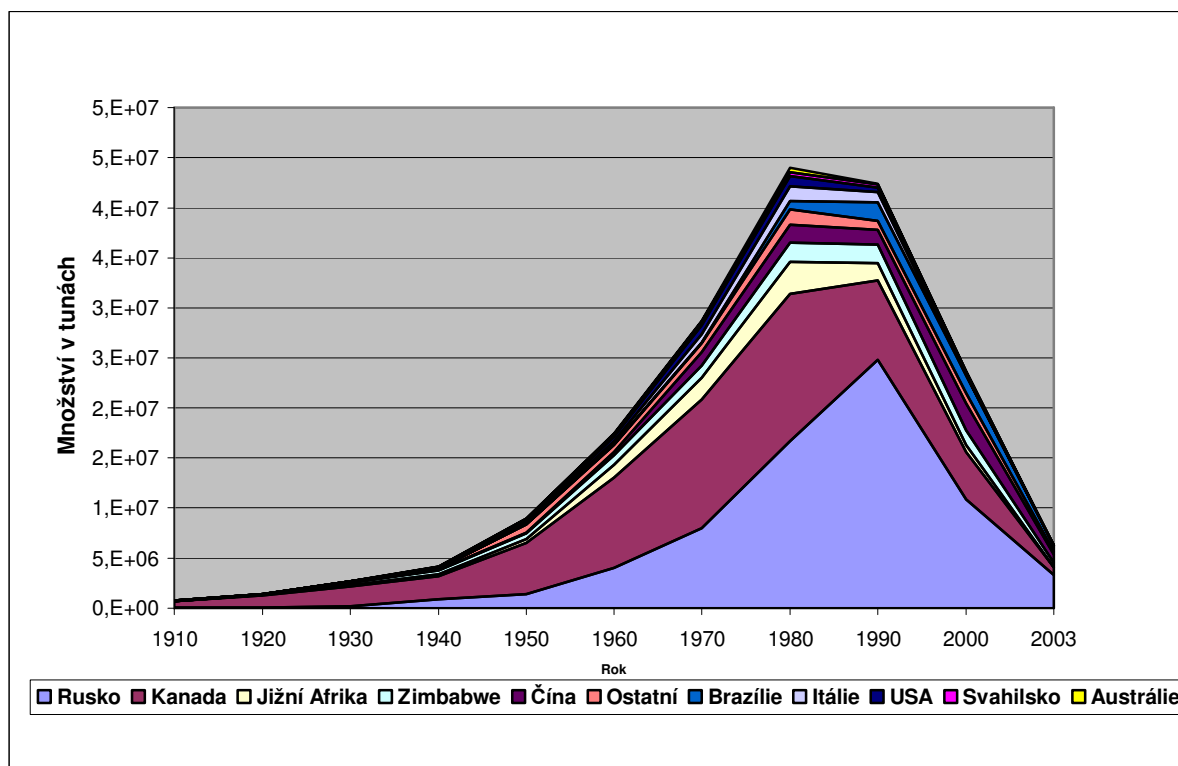
Ve Spojených státech amerických a mnoha evropských zemích začala poptávka po azbestu klesat v již zmíněných 70. letech. Pravděpodobně první příčinou bylo to, že azbestový průmysl dosáhl nasycení a dospěl do stádia, kdy už nebyla po azbestu poptávka.

Mnohem důležitějším faktorem, vedoucím k omezení těžby a spotřeby azbestu, bylo zdravotní hledisko. Zatímco zdravotní výzkumy z let 1920 až 1940 neprokázaly jednoznačné spojení mezi azbestem a azbestózou / zaprášení plic /, výzkumy vedené na konci 50.let a v začátku 60. let jasně prokázaly souvislost mezi azbestem a rakovinou plic, což bylo přesvědčivě demonstrováno. Následné studie prováděné v 70. letech potvrdily tuto skutečnost. V té době se stala hlavním problémem výrobců a zpracovatelů odpovědnost za zdravotní nezávadnost svých výrobků.

V USA začali producenti azbestu a zpracovatelé azbestu čelit stále narůstajícímu množství soudních procesů v důsledku nemocí způsobených azbestem.

Tato odpovědnost přispěla k tomu, že zpracovatelé azbestu začali hledat méně nebezpečné a ekvivalentní náhrady stávající suroviny, jako například polyamidové vlákno, celulózové vlákno, polyvinyl alkoholová vlákna nebo minerální a alternativní výrobky jako PVC trubky, minerální termo izolátory atd..

Podobné aktivity, vedoucí směrem k používání neazbestových alternativních výrobků, následovaly v mnoha dalších zemích, zejména v západní Evropě [6].



Obr. 6 Světová produkce azbestu v průběhu 20. století a počátku 21. století[t] [6]

Tab. 2 Raný vývoj v průmyslu zpracování azbestu [6]

<b>Raný vývoj v azbestovém průmyslu</b>				
1857 - 1880	první obaly a plochá těsnění s využitím azbestu			
1866	první vázané a tvarované azbestové výrobky určené pro tepelnou izolaci			
1868 - 1869	první použití azbestu ve spojení s cementem na střešní krytiny ( USA )			
1866 - 1876	počátek zpracování azbestu v textilním průmyslu v Itálii			
1878	ve Spojených státech byl vyroben azbestový papír			
1882	vyvinut koncept izolace magnezia z azbestu			
1890	textilní zpracování azbestu v Kanadě			
1893	první spřádání vlákna z krokydolitu v Jižní Africe			
1896	první tkané brzdové pásy vyrobené ve Velké Británii			
1899	mokrý strojní proces výroby azbesto cementových výrobků			
1900	Hatschekův stroj na výrobu A/C trubek a potrubí			
1903	zahájení výroby A/C potrubí a trubek v USA			
1904	výroba plošných A/C desek v USA			
1906	první použití azbestu na brzdové obložení			
1918	vyvinuto tvarované spojkové obložení			
1931	ve Spojeném Království vyvinuta technika nástřiku azbestu			
1940	A/C potrubí poprvé představeno ve Spojeném Království			
1944	stříkání palub a lodních přepážek azbestem ( UK )			

## 2.4 Používání azbestu v průběhu 20. století a počátku 21. století

Azbest se používá v široké paletě výrobků. Nejčastěji vyráběné azbestové produkty na dnešním trhu jsou A/C vlnité a ploché tabule, panely, trubky, roury a potrubí, střešní tašky a dlaždice, hadice a osazení hadic a potrubí. Výroba azbesto-cementových výrobků je ekonomická z důvodu celkově nízkých nákladů. (Tab. 2)

Azbest se také stále používá na výrobu brzdových obložení do aut a jiných dopravních prostředků i přesto, že byly snahy výrobu obložení z azbestu omezit. Dále se také využívá k výrobě odolných, tepelně rezistentních těsnění, v asfaltových výrobcích, v potazích, směsích, kabelech, šňůrách, těsněních, těsněních na bázi hořčíku a uhlíku, tmelech, lepenkách, papíru, textilích na výrobu nití atd..

V roce 2003 bylo pouze v USA použito k dalšímu zpracování 4650 tun chrysotilu.

Zhruba 80% z tohoto množství bylo spotřebováno v asfaltových směsích na výrobu střešních krytin a na různé těsnící prostředky a tmely. 5% bylo použito na výrobu různých povrchů a směsí.

Zbylé procento bylo využito pro rozličné aplikace.

Celková světová spotřeba v roce 2003 byla zhruba 2,15 milionů tun azbestu a z toho hrubým odhadem bylo 85% použito na A/C výrobky, 10% na brzdová obložení a zbytek na ostatní aplikace. (Obr. 7)

Údaje z roku 2003 ukazují, že zpracovatelé azbestu z cca 65 zemí celého světa nakoupili surovinu od hlavních světových dodavatelů. (Obr. 8)

Velké množství výrobků zhotovených v těchto zemích bylo vyvezeno do zahraničí, tudíž světová spotřeba azbestových výrobků je více komplexní a nesoustřeďuje se pouze do určitých regionů.

Příkladem mohou být Spojené státy americké, které importovaly z 5 zemí světa azbestové vlákno a ze 48 zemí světa hotové výrobky, počínaje těsněním a konče brzdovým obložním.

Údaje převzaté od organizací zpracovávajících azbest hovoří o tom, že azbesto-cementové výrobky zaujímají dominantní místo na trhu od počátku 20. století.

Od 30. let minulého století se jedná zejména o vlnité a ploché tabule, potrubí a trubky všech typů a krytinové dílce.

Nízké výrobní náklady A/C produktů, jejich spolehlivost a vcelku primitivní výrobní technologie byly hlavním faktorem vedoucím k jejich širokému používání, zejména v rozvíjejících se zemích s omezenými minerálními a peněžními zdroji.

V roce 1959 tvořily největší podíl spotřeby azbestu na trhu A/C výrobky pro komerční a průmyslové budovy a pro rodinné domy, v roce 1980 tvořily A/C výrobky cca 60% všech azbestových produktů.

V zemích, ve kterých v té době existovaly alternativní konstrukční materiály byl pochopitelně podíl spotřeby těchto A/C výrobků proporcionálně nižší.

Ve Spojených státech a v zemích západní Evropy se A/C výrobky podílely 45% respektive 43% na příslušném trhu.

V průběhu 70. let 20. století vyvstala otázka, která se týkala problematiky spojení azbestu se zdravotními potížemi dýchacích cest, což začalo mít za následek snižování poptávky po azbestových výrobcích zvláště v USA a západní Evropě, kde do té doby dominovaly necementové azbestové aplikace.

Následkem toho se roce 1980 procento objemu světového trhu, zahrnujícího A/C výrobky, zvýšilo na 80% v Africe, 76% v Asii, Východní Evropě a Jižní Americe a na 60% v Oceánii.

**S postupným snižováním poptávky po čistých azbestových výrobcích v 80. a 90. letech se požadavky trhu posunuly více do oblasti A/C produktů, to znamená, že upustily od výroby sporných a nebezpečných výrobků.**

Další odbytiště azbestu se soustředily do oblasti výroby azbestového papíru, azbestových textilních podložek a chráničů a různých typů těsnění. Stále se vyrábějí některé další speciální tvárné výrobky z azbestu jako například žáruvzdorné rukavice pro laboratorní použití.

V České republice je azbest využíván hlavně ve stavebnictví, při výrobě izolačních hmot a brzdového obložení. (Tab. 3)



Vlivem prokázaných negativních účinků azbestových vláken na zdraví živých organismů, dochází k postupné a nepřetržité změně na trhu s azbestem a azbestovými produkty.

Globální trend snižování podílu čistých azbestových produktů a zvyšování tržního podílu A/C výrobků bude pravděpodobně pokračovat i v budoucnosti.

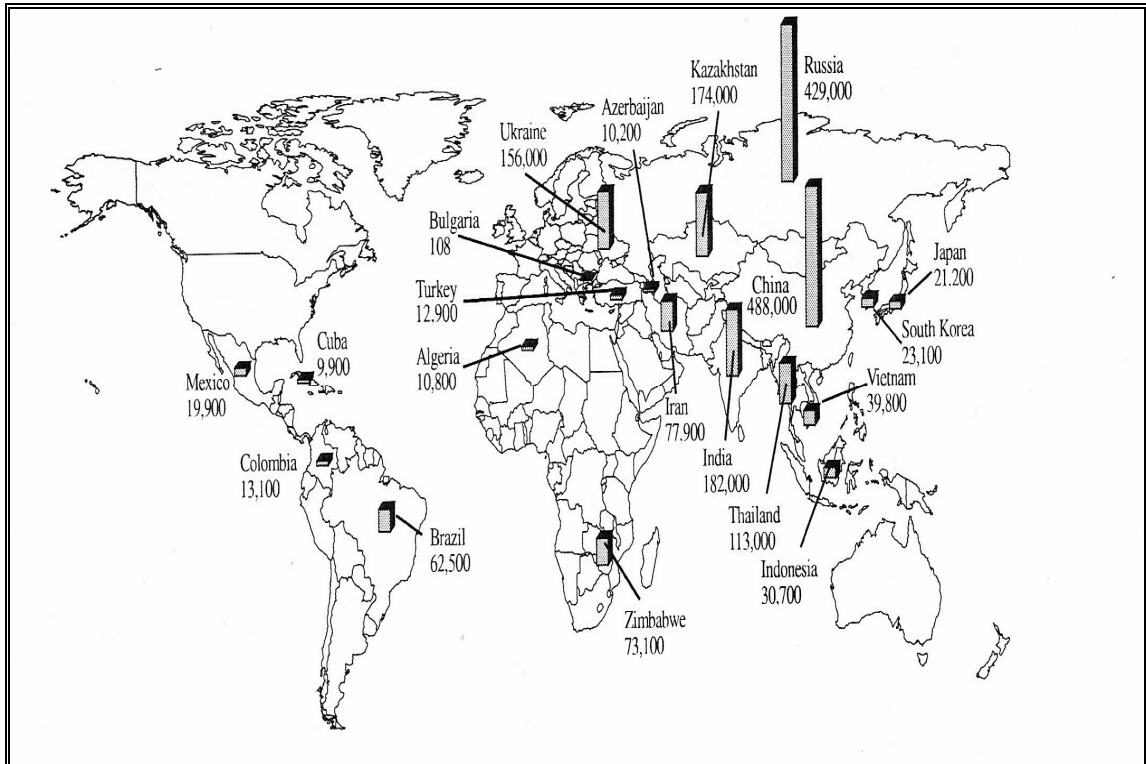
A/C výrobky jsou totiž stále velmi žádané a používány v zemích ( oblastech ), kde spolehlivé a cenově nenáročné trubky, potrubí a jiné sanitární a konstrukční prvky dokáží dlouhodobě plnit svou funkci.

Nicméně, myšlenka dalšího vývoje výrobových aplikací, či pronikání s azbestovými výrobky na celosvětový trh je v současné době dle mého názoru neopodstatněná.

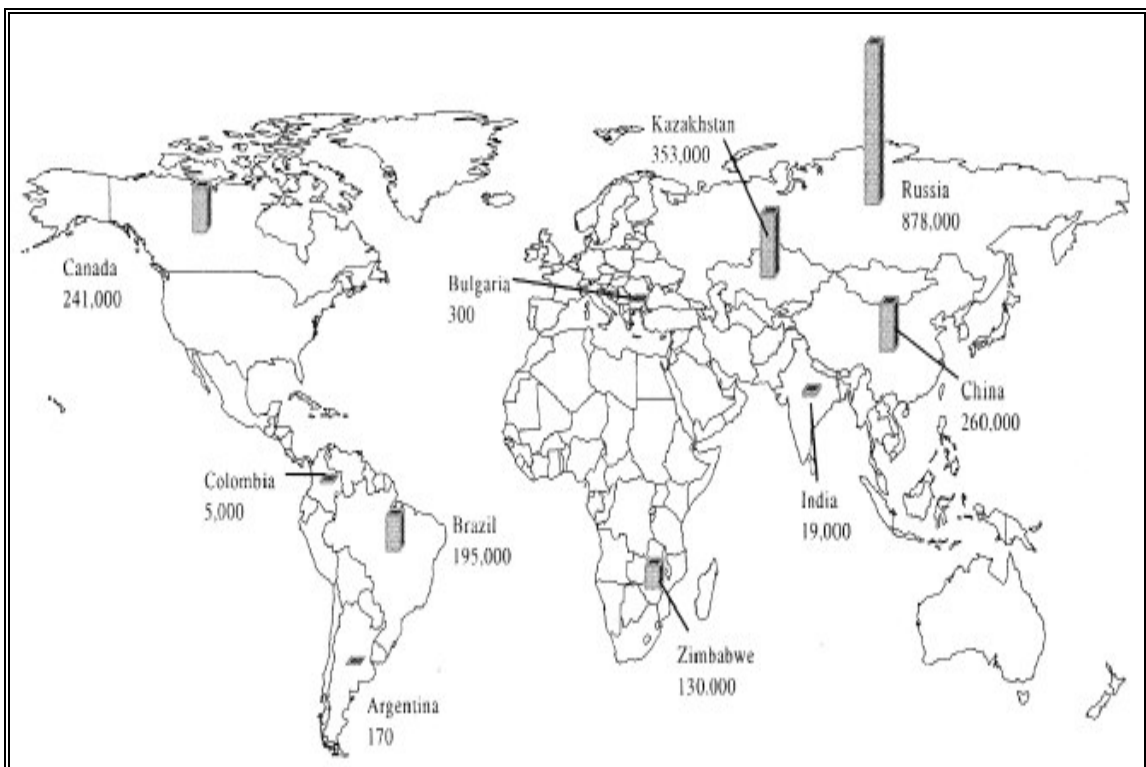
Ve všech oblastech užívání azbestových výrobků bude docházet k postupnému přechodu na alternativní materiálovou základnu [6].

Tab. 3 Výskyt azbestu v tuzemských výrobcích a stavebních materiálech [7]

Výskyt azbestu v tuzemských výrobcích a stavebních materiálech					
Střešní krytina Eternit a Beronit (barva šedá, černá, červená )					
Vlnitá střešní krytina různé velikosti (barva šedá, černá, červená, zelená)					
Hřebenáče, tvarovky a střešní větrací prvky (doplňky ke střešním prvkům)					
Izolační azbestové šňůry					
Netkané textilie NETAS					
Izolační desky ID a IDK					
Květinové truhlíky a zahradní doplňky					
Kanalizační a tlakové roury a tvarovky tzv. kolena (barva šedá)					
Interiérové velkoplošné desky - Dupronit A,B,C Ezalit A,B,C (barva šedá)					
Exteriérové a podstřešní desky Dekalit, Lignát, Cembalit, Cempoplat,Unicel					
Sendvičové desky s polystyrenem					
Desky Pyral (požárně odolné sendvičové desky s Al folií v jádru)					
Desky Izomin, Akumin, Calothermex (tepelně izolační desky)					
Asfaltové desky ASBIT (obsahují mikromletý azbest)					
Asfaltové pásy Aralebit, Bitagit, Cufolbit, Arabit-S, Plastbit (mikromletý azbest)					
Nástříkové hmoty Pyrotherm (protipožární nástříky na ocelové konstrukce)					
Brzdové obložení v automobilech					
Zástěny, podložky lokálních zdrojů tepla (pod el. a plynové vařiče, zástěny kamen)					



Obr. 7 Hrubá světová spotřeba azbestu podle jednotlivých zemí v roce 2003[t] [6]



Obr. 8 Hrubá světová produkce azbestu v jednotlivých zemích v roce 2003 [t] [6]

### 3 VLIV AZBESTU A AZBESTOVÝCH VÝROBKŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

#### 3.1 Koncentrace azbestových vláken ve vzduchu

Azbestová vlákna se nevypařují do ovzduší a nejsou ani rozpustná ve vodě. Části vláken se ovšem mohou do ovzduší či do vody dostat z chátrajících přírodních úložišť anebo při používání uměle vyrobených azbestových výrobků.

Malá vlákna a částičky obsahující tato vlákna potom můžou ve vzduch přetrvat v rozptýleném stavu po dlouhou dobu a mohou se přemisťovat na velmi dlouhé vzdálenosti pomocí větru než se usadí.

Větší vlákna a částice mají tendenci se usazovat pochopitelně rychleji.

Azbestová vlákna nemají schopnost pohybovat se v půdě, to znamená, že se v životním prostředí nerozpadají na další složky. Mohou proto v prostředí přetrvat po neomezeně dlouhou dobu.

Vysoké koncentrace azbestu ve vzduchu se mohou vyskytovat zejména v blízkosti azbestových dolů nebo továren zpracovávajících azbest. Na takovýchto místech mohou být koncentrace 2000 vláken na kubický metr anebo i více.

Množství azbestových vláken ve vzduchu může být nadprůměrné také v okolí budov jež jsou částečně postaveny z azbestových stavebních materiálů, a to v případě když jsou tyto budovy bourány či renovovány. Další případ vysoké koncentrace vláken v ovzduší se může vyskytnout v blízkosti skládek, na nichž není azbest řádně zakryt či jinak vhodně uložen, aby byl chráněn před erozí větrem.

Koncentrace azbestu ve vzduchu v uzavřených prostorech závisí na tom, zda byla tato látka použita k izolaci, zda se nachází ve stropích nebo podlahových krytinách nebo jestli byla při budování interiéru použita za jinými účely.

Velmi záleží také na tom, zda jsou azbestové materiály a komponenty v dobrém stavu nebo jsou už v horším stavu a třeba se drolí.

Koncentrace azbestu naměřené v bytech, domech, školách a jiných budovách, v nichž byl azbest použit, se pohybují mezi 0,7 – 6000 vlákeny na metr krychlový.

**Limitní hodinová koncentrace ve vnitřním prostředí pro azbestová a minerální vlákna o průměru menším než  $3\mu\text{m}$  a délce vlákna  $\geq 5\mu\text{m}$  činí 1000 vláken /  $\text{m}^3$ . ( zdroj: Vyhláška MZ č. 6/2002 Sb. , kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb )**

Poměr délky a průměru vlákna musí být minimálně 3 : 1 [3].

### 3.2 Koncentrace azbestových vláken ve vodě

Azbestová vlákna se mohou dostat do vody atmosférickou depozicí, případně zdrojem azbestu mohou být odpadní vody z výroby a procesů, kde se azbest zpracovává.

Azbest je nerozpustný ve vodě a tudíž nepřechází z půdy do podzemní vody. Odolává přirozeným rozkladným procesům, proto jej musíme zařadit mezi perzistentní látky. Jeho vlákna setrvávají v prostředí velmi dlouhou dobu.

U chrysotilu a v menší míře taky u amfibolu může ve vodním prostředí docházet k chemickým přeměnám. Drobné úlomky azbestu mohou být vodním tokem transportovány na velmi dlouhé vzdálenosti. Větší částice se usazují u dna.

Azbest má hustotu cca  $3000\text{ kg/m}^3$ , proto jeho ohlašovací práh (1kg azbestu) odpovídá množství menšímu než 1l. Pokud budeme předpokládat poróznost azbestu například 50%, potom hmotnost 1kg by odpovídala cca 0,66l.

Při koncentraci azbestu v odpadní vodě například 1 mg / l je ohlašovací práh pro přenosy do vody dosažen při vypuštění  $1000\text{ m}^3$  odpadní vody ročně.

V publikaci Světové zdravotnické organizace Guidelines for drinking water quality z roku 1996 je kapitola věnovaná azbestu v pitné vodě shrnuta takto: „Ačkoli azbest je znám jako lidský karcinogen při inhalaci, dostupné epidemiologické studie nepodporují hypotézu zvýšeného rizika rakoviny po příjmu azbestu pitnou vodou. Navíc v rozsáhlých studiích se zviřaty azbest nezvýšil výskyt nádorů zažívacího traktu. Neexistuje tedy žádný přesvědčivý důkaz o tom, že požitý azbest představuje riziko pro zdraví a není třeba stanovovat doporučenou hodnotu v pitné vodě“.

Shrnutí epidemiologických studií bylo publikováno v roce 1997 [18] a lze je shrnout následovně: „Současné epidemiologické důkazy nejsou dostatečné, aby bylo možné azbest v pitné vodě považovat za příčinu vzniku rakoviny. Udávané zvýšené riziko rakoviny z některých studií, především pro žaludek, ledviny a pankreas, vyžaduje další zkoumání“.

Několik publikací maďarských autorů [19] založených na experimentech se zvířaty, poukazuje na možnost adsorpce organických látek z vody na azbestová vlákna a jejich společný karcinogenní účinek. To znamená, že azbestová vlákna požitá s pitnou vodou sama o sobě rakovinu pravděpodobně nezpůsobují, avšak v přítomnosti karcinogenních látek mohou zvýšit jejich účinek.

Z uvedeného vyplývá, že jednoznačně o neškodnosti azbestových vláken v pitné vodě rozhodnout nelze. Nicméně riziko, pokud existuje, bude pravděpodobně malé.

U.S.EPA (americká agentura pro ochranu životního prostředí) stanovila limitní hodnotu na  $7 \cdot 10^6$  vláken / l. Směrnice EU pro pitnou vodu 98/83 EC ani vyhláška Ministerstva zdravotnictví 376/2000 Sb. zabývající se pitnou vodou mezi rizikové ukazatele azbest nezařazuje [3].

### 3.3 Negativní vliv azbestu na lidi a zvířata

Lidé jsou působení azbestu vystaveni nejpravděpodobněji vdechováním azbestových vláken rozptýlených ve vzduchu. Tato vlákna mohou pocházet z přírodních odkryvů azbestu nebo z uměle vyrobených produktů jako jsou izolace budov, stropy či podlahy, střešní tašky, brzdové obložení a podobně. Ovšem ne vždy tyto výrobky azbest obsahují. Nízké hodnoty azbestu, které nejsou zdraví škodlivé, je možno nalézt skoro v každém vzorku vzduchu.

Například ve venkovských oblastech se obvykle nachází okolo  $0,03 - 3$  vláken /  $m^3$  venkovního vzduchu. Krychlový metr zhruba odpovídá objemu vzduchu, jaký člověk nadýchá za 1 hodinu. Mnohem vyšší hodnoty bývají naměřeny ve městech, kde může být  $2 - 300$  vláken /  $m^3$ . Největší riziko ovšem hrozí lidem, kteří s azbestem přímo pracují, například v dolech, při výrobě izolací nebo brzdových mechanismů do aut, a nejsou dostatečně chráněni. V takových případech jsou tito lidé vystaveni ještě mnohem vyšším

hodnotám azbestových částic ve vzduchu než v běžném prostředí. Může se jednat až o řádově tisíce vláken na 1 m krychlový v závislosti na dané situaci.

Další možností expozice lidí vůči azbestu je konzumace azbestových vláken spolu s vodou. Azbest je ve vodě nerozpustný, ale může se dostat do ní dostat v důsledku eroze z přírodních nalezišť, z úložišť azbestového odpadu, z trubek, jimiž v cementárnách proudí pitná voda, nebo z filtrování vody přes filtry obsahující azbest. Ve většině zásobáren vody v USA jsou koncentrace pod 1 milion vláken na 1 litr, ale v některých místech obsahují vzorky vody 10 – 30 milionů vláken na 1 litr.

V případě vdechování azbestových vláken do plic se jich část usadí ve vzduchových pasážích a v buňkách, jimiž jsou plíce tvořeny. Většina vláken je z plic odnesena nebo se dostanou ve vykašlaném hlenu do krku, jsou následně spolknuty a dostávají se do žaludku. K tomu obvykle dochází v průběhu několika hodin, ale vlákna z dolní části plic se dostávají pryč pomaleji. Část se jich pohybuje v plicích po mnoho let, nebo se z těla nedostanou ven nikdy.

Dojde-li ke spolknutí azbestových vláken (ať už těch, která byla ve vodě anebo těch, která se nacházela v hlenu z plic), skoro všechna projdou během několika málo dní střevy a jsou vyloučena ve stolici. Malá část vláken ale může proniknout žaludeční nebo střevní stěnou a dostane se do krve. Některá se zachytí v jiných tkáních a některá se vyloučí v moči.

V případě kontaktu azbestových vláken a pokožky se jich přes ni do těla dostane jen velmi málo.

Informace o zdravotních účincích azbestu na lidi pocházejí především ze studií pojednávajících o případech, kdy byli lidé v minulosti vystaveni vysokým hodnotám azbestu na pracovišti. V plicích dělníků, kteří vdechovali azbest, se může vyvinout jakoby zjizvená tkáň, která je také v bláně kolem plic. Tato tkáň se při dýchání nerozepíná a nestahuje jako normální plicní tkáň, i když plíce obklopuje, a tím činí dýchání obtížnějším.

Může tím být také snížen přítok krve do plic a v důsledku toho se zvětší srdce.

Taková nemoc se nazývá azbestóza. Lidé takto postižení mají krátký dech, často doprovázený kašlem. Jde o závažné onemocnění, které může vést k zneschopnění až ke smrti lidí vystavených vysokým koncentracím azbestu.

U lidí, na něž azbest působil při výkonu jejich povolání, bývají často pozorovány změny na membráně obklopující plíce.

Stejně příznaky se objevují u lidí žijících v místech s vysokými koncentracemi azbestu v okolním prostředí, ale dopady na funkci plic u nich nejsou tak závažné.

Azbest také způsobuje závažné rakovinné onemocnění, které se nazývá mesotheliom a které bývá občas mylně zaměňováno s rakovinou plic, i když i ta může být azbestem iniciována. V případě mesotheliomu vzniká rakovinné bujení na vnitřní výstelce dutiny hrudní, dutiny břišní a povrchu plic, zatímco pro rakovinu plic je typické zasažení jejich vnitřních částí.

Dojde-li k zabodnutí ostrých azbestových vláken do kůže, může se pro změnu vytvořit tzv. azbestová bradavice, což je nezhoubný výrůstek, který vzniká zarostlím azbestových vláken do kůže [3].

Hodnoty azbestu ve vzduchu, které způsobují onemocnění plic, závisí na celé řadě faktorů, z nichž nejdůležitější jsou tyto :

- 1/ jak intenzivní bylo vystavení člověka této látce
- 2/ jak dlouhou dobu byl vystaven působení této látky
- 3/ zda je dotýčný kuřákem, protože interakce mezi cigaretovým kouřem a azbestovými vlákny zvyšuje pravděpodobnost vzniku rakoviny

Mezi vědci probíhá diskuse ohledně rozdílů v rozsahu nemoci způsobené vlákny rozdílného typu a velikosti. Některé z těchto rozdílů jsou způsobeny fyzickými a chemickými vlastnostmi různých typů vláken. Řada studií například tvrdí, že tremolit, amosit a zejména krokydolit může být škodlivější než chrysotil. Ale nejvíce údajů svědčí o tom, že nejdůležitějším faktorem pro vznik rakoviny a mesotheliomu je velikost vlákna (délka a průměr).

Mnohé studie ukazují, že dlouhá vlákna (delší než 1 pětitisícina palce , palec = 2,54 cm) jsou škodlivější než vlákna krátká (tj. kratší než 1 desetitisícina palce).

Obecně lze tedy říct, že vlákna o menším průměru nebo širce souvisí s mesotheliomem, zatímco delší a širší vlákna způsobují především rakovinu plic.



Mezi zdravotní následky polykání azbestu patří zvýšená úmrtnost na rakovinu jícnu, žaludku a střev u lidí, kteří pili vodu obsahující azbestová vlákna, ačkoliv je těžké určit, zda jsou tyto nemoci způsobeny azbestem nebo něčím jiným.

U zvířat, jimž byly podány v potravě velmi vysoké dávky azbestu, nebyl zaznamenán větší počet úmrtí na rakovinu, ačkoliv při jednom pokusu na laboratorních krysách byly pozorovány nezhoubné nádory střev.

O tom, že negativní zdravotní vliv je skutečně značný, svědčí například statistika, která uvádí, že jen na území USA zemře na nemoci spojované s působením azbestu ročně asi 10 000 lidí.

Různé státní úřady zvážily důkazy o rakovinnotvornosti azbestu. Úřad pro zdraví klasifikoval azbest jako známý karcinogen a Úřad na ochranu životního prostředí jako karcinogen působící na lidi.

I přes probíhající diskusi o zdravotních účincích různých typů azbestových vláken jsou všechny formy azbestu klasifikovány jako látky způsobující rakovinu s prodlouženou latentní dobou mezi 10ti a 40ti lety, které mohou uběhnout mezi vystavením a propuknutím nemoci.

Mezinárodní úřad pro výzkum rakoviny také považuje azbest za rakovinnotvorný [3].

### **3.4 Nemoci způsobené vlivem azbestových vláken na živý organismus**

Již v roce 1898 informoval vrchní inspektor pro otázky průmyslu Spojeného království parlament ve své výroční zprávě o „dábelských účincích azbestového prachu“.

Upozorňoval na „přírodní částičky ostré jako sklo“, jež se vyskytují ve vzduch v různém množství a jež jsou velmi nebezpečné pro lidský organismus /velmi volný překlad/.

V roce 1906 britská parlamentní komise potvrdila první případ úmrtí v důsledku azbestu v britské továrně a doporučila provádět větrání výrobních prostor a několik dalších bezpečnostních opatření.

V roce 1918 americká pojišťovací společnost vytvořila studii poukazující na předčasná úmrtí v azbestovém průmyslu ve Spojených státech amerických.

Roku 1926 Výbor pro průmyslová neštěstí státu Massachusetts /Massachusetts Industrial Accidents Board/ zpracoval první úspěšný případ odškodnění dělníka nemocného působením azbestu.

Vysoké množství onemocnění způsobených azbestem se vyskytlo v USA v průběhu II. světové války v loďařském průmyslu.

Problémy s azbestem vyvstávají, když se azbestová vlákna dostanou do vzduchu a jsou vdechnuta. Kvůli velikosti vláken je plicí nemohou vypudit ven [8].

### 3.4.1 Typy onemocnění vyvolaných azbestem

#### *Azbestóza*

Plicní onemocnění, jež bylo poprvé objeveno u pracovníků amerických loděnic.

Spočívá ve zjizvení plicní tkáně kyselinou, kterou produkuje organismus za účelem rozpuštění azbestových vláken v plicích.

Zjizvení plic může být tak vážné, že plicí přestanou vykonávat svou funkci. Latentní období může být 10 – 40 let /doba od iniciace po rozvoj nemoci /.

#### *Mesotheliom*

Jedná se o rakovinu vnitřní výstelky dutiny hrudní, dutiny břišní a povrchu plic. Má se za to, že mesotheliom je způsoben reaktivním typem kyslíku /ROS/, který je generován azbestovými vlákny. Existují i určité důkazy, naznačující, že opičí virus 40 /SV 40/ spolupracuje s azbestem na vývoji zhoubného bujení.

Zhruba v 50ti % je prokázáno spojení mezi mesotheliomem a vystavením pacienta působení azbestu. Vrchol výskytu zhoubného mesotheliomu je cca 35 – 45 let od iniciace organismu azbestem. Průměrná doba přežití pacienta se zhoubným nádorem typu mesotheliom je 11 měsíců. Pravděpodobnost vzniku tohoto typu onemocnění umocňuje kouření.

#### *Rakovina hrtanu*

Vystavení azbestu je také spojeno s výskytem rakoviny hrtanu.

### ***Rakovina hltanu***

Tento typ rakoviny je také spojován s azbestem

### ***Rakovina trakčnicku a konečnicku***

Některé studie naznačují, že i tento typ zhoubného onemocnění je spojen s působením azbestu.

EWG Action Fund odhaduje, že ve Spojených státech amerických zemře ročně cca 9900 lidí na nemoci způsobené azbestem. K nejčastějším patří mesotheliom, azbestoza, rakovina plic a rakovina žaludku.

## **3.4.2 Ostatní nemoci související s azbestem**

### ***Azbestové bradavice***

Vznikají zarostením ostrých azbestových vláken do kůže – nejsou maligní.

### ***Nemoci pohrudnice***

Rozvlákněná či částečně zvápenatělá oblast pohrudnice, pozorovatelná na rentgenovém snímku. Nebývá příčinou vzniku maligního nádoru ani zhoršené funkce plic.

### ***Zvětšení pohrudnice***

Občas bývá spojováno s vystavením azbestu. Obvykle bez symptomů, nicméně pokud je vystavení azbestu silné, může způsobit poruchu funkce plic [20].

## 4 OCHRANA ZDRAVÍ PŘI TĚŽBĚ, PRÁCI S AZBESTEM A JEHO LIKVIDACI

Celosvětově zaváděné vládní programy na ochranu životního prostředí stojí nemalé náklady.

Spojené Státy a i jiné země uzákoňují stále přísnější nařízení, týkající se zdravotních rizik, vyplývajících z vystavení organismu účinkům azbestu. Stále větší důraz je v dnešní době kladen na vystavování samotného životního prostředí těmto rizikům než byl kdy v minulosti.

Současné limity vystavování azbestu v USA jsou  $2,0 \text{ f/cm}^3$  vzduchu v oblasti těžby na 8 hodin průměrné pracovní doby a  $0,1 \text{ f/cm}^3$  na všech ostatních pracovištích na 8 hodin průměrného času. Úřad pro bezpečnost a zdraví při práci (The Occupational Safety and Health Administration (OSHA)) navrhl v roce 1994 změnu z  $0,2 \text{ f/cm}^3$  na současných  $0,1 \text{ f/cm}^3$  pro všechny ostatní pracoviště mimo oblasti těžby azbestu. Americký výbor pro životní prostředí (U.S. Environmental Protection Agency (EPA)) vydal normy pro obsah vláken ve vodních systémech a ve vzduchu. Kritéria pro odstraňování a likvidaci azbestu a výrobků obsahujících azbest jsou rovněž stanovena EPA a OSHA.

Některé země si v současné době osvojují přísná pravidla zákazu či omezení dovozu azbestu a azbestových aplikací.

Jiné země velmi striktně zakázaly používání azbestu a jeho aplikace, nebo případně povolily jen určité výjimky, anebo odložily rozhodnutí o používání azbestu na neurčito.

V roce 2005 nařídila EU svým členům zákaz používání azbestu v mnoha aplikacích.

Kongresu Spojených států byl v roce 2003 předložen návrh zákona, který zakazuje používání azbestu mimo několik výjimek. Pokus o zákaz používání azbestu v USA byl Kongresem zamítnut.

Návrh byl neúspěšný [6].

## 4.1 Legislativní opatření ČR

Česká republika zařadila azbest mezi prokázané karcinogeny pro člověka v roce 1984 (Směrnice MZ ČR – hlavního hygienika č. 64/1984 Sb.). Používání azbestových (i pouze chrysotilových) výrobků bylo omezeno pouze na případy, kdy nelze použít jiných materiálů.

Byla zakázána aplikace azbestu nástřikem.

Od roku 1997 již nebyla povolována výroba azbestových materiálů, takže v nově stavěných budovách by se již azbest neměl vyskytovat (ani v azbesto-cementových a jiných směsích).

V roce 1999 vstoupil v platnost zákon č. 157/1998 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých dalších zákonů. Součástí tohoto zákona byla příloha č. 2, která definovala látky, jejichž dovoz, výroba a distribuce jsou v ČR zakázány.

Sem byla zařazena amfibolová vlákna – krokydolit, amosit, antofylit, aktinolit a tremolit.

Dnem vstupu ČR do Evropské unie platí zákon č. 356/2003 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška MŽP č. 221/2004 Sb., stanovuje seznamy nebezpečných chemických látek a nebezpečných chemických přípravků, jejichž uvádění na trh je zakázáno anebo jejichž uvádění na trh, do oběhu nebo používání je omezeno. V této vyhlášce je podrobně upravena i problematika azbestových materiálů.

Problematika azbestového odpadu je popsána v zákonu č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění zákona 188/2004 Sb., zákona č. 7/2005 Sb., a zákona č. 106/2005 Sb..

O azbestu se dále zmiňuje vyhláška MŽP 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, ve znění vyhlášky č. 503/2004 Sb..

Nakládáním s azbestem respektive i s odpady, které obsahují azbest se zabývá také zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů v plném znění.

V souvislosti s azbestem je nutno zmínit ještě další předpisy, jako je nařízení vlády č. 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci a vyhláška MZ č. 6/2002 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb [3].

## 4.2 Legislativní opatření EU

Legislativa Evropské unie popisuje problematiku azbestu, včetně nakládání s odpady obsahujícími azbest, za pomoci celé řady předpisů.

Níže uvedený přehled legislativních opatření EU byl přejat ze zprávy „Nakládání s odpady obsahujícími azbest“ od Národní referenční laboratoře a oddělení pro hygienu půdy a odpadů.

V roce 1983 byly zavedeny směrnice rady Evropského společenství 477. EEC 1983 na ochranu zaměstnanců proti riziku expozice azbestu.

Zakázána byly aplikace azbestu stříkáním, byly stanoveny maximální limity pro expozici a byly zavedena další preventivní opatření. V roce 1991 snížily nové Směrnice rady Evropského společenství 382.EEC 1991 maximální hladiny expozice na 0,6f / ml (vláken na ml) pro chrysotil a 0,3 f / ml pro všechny ostatní formy azbestu.

V tom samém roce, tzn. 1983 byla zveřejněna první omezení týkající se trhu s azbestem (Směrnice rady 478. EEC 1983). Předpisy zakazují (mimo několik výjimek) prodej a používání krokydolitů a zavádějí povinné výstražné označení pro všechny produkty obsahující azbest. V roce 1985 a 1991 (Směrnice rady 610. EEC 1985 a Směrnice komise 659. EC 1991) byl tento zákaz rozšířen o použití všech ostatních amfibolů a 14 specifických případů chrysotilu.

Nakonec rozhodla Evropská komise v roce 1999 (Směrnice komise 77. EC 1999) o postupném odstranění veškerého využití azbestu a úplném zákazu všech jeho typů, tedy o postupu, který několik členských zemí přijalo již dříve, nezávisle na Evropské unii.

Jedinou výjimkou ve všeobecném zákazu je chrysotil, jehož použití je povoleno v několika aplikacích. Jedná se například o membrány stávajících chlorových elektrolyzačních aparatur (nové instalace chrysotilových membrán nejsou povoleny), a o chrysotil vyskytující se přirozeně ve skalách či půdě, vzhledem k tomu, že nejde o „záměrné přidání“.

Vojenské použití chrysotilu je také povoleno.

V souladu s klasifikací IARC jsou všechny typy azbestu hodnoceny jako „Kategorie 1 : karcinogeny“ a musí být označeny větou „Mohou způsobit rakovinu“ (Směrnice rady 548. EEC 1967).

Rada Evropského společenství zavedla v roce 1987 Směrnice týkající se omezení znečištění životního prostředí, které zahrnují i kontrolu odpadu obsahujícího azbest (Směrnice rady 217. EEC 1987).

Rozhodnutím rady 2003/33/ES se stanoví kritéria a postupy pro přijímání odpadů na skládkách podle článku 16 směrnice 1999/31/ES a její přílohy II [3].

### 4.3 Legislativní opatření USA a Kanady

12. července 1989 vydala EPA USA (Environment Protection Agency) (výbor pro ochranu životního prostředí) konečné rozhodnutí týkající se zákazu výroby a používání výrobků obsahujících azbest v USA.

V roce 1991 bylo toto vládní nařízení změněno rozhodnutím odvolacího soudu (Fifth circuit court of Appeals in New Orleans) v New Orleans.

Výsledkem soudního rozhodnutí bylo to, že pro určitou specifickou skupinu výrobků obsahujících azbest platí zákaz používání (pokládková plst' na podlahy, válcované a vlnité desky a lepenky a komerční a speciální papír), nicméně pro jinou skupinu výrobků obsahujících azbest a uvedenou ve směrnici EPA z roku 1989 se zákaz používání ruší.

Mimo to soud rozhodl o zákazu používání azbestu u výrobků, kde historicky azbest používán nebyl.

Problematiku používání azbestu a výrobků obsahujících azbest ve Spojených státech amerických řeší následující 4 vyhlášky a zákony:

1/ Asbestos : Manufacture, Importation, Processing, and Distribution in Commerce Prohibitions; Final Rule (54 FR 29460, July 12, 1989), (FRL-3476-2)

2/ Asbestos : Manufacture, Importation, Processing and Distribution Prohibition; Effects of court decision; continuing restrictions on certain asbestos-containing products (57 FR 11364, April 2, 1992), (FRL-4044-2)

3/ Asbestos : Manufacture, Importation, Processing and Distribution Prohibition; continuing restrictions on certain asbestos-containing products (58 FR 58964, November 5, 1993), (FRL-4635-7)

4/ Technical Amendment in response to court decision on asbestos; Manufacture, Importation, Processing and Distribution Prohibition; Technical Amendment (59 FR 33208, June 28, 1994), (FRL-4776-7) [10]

**Podle výše uvedených vyhlášek a zákonů platí zákaz používání pro následující aplikace a výrobky obsahující azbest:**

1/ nástřik aplikací obsahujících více jak 1% azbestu na budovy, konstrukce, potrubí a trubky, leda že je materiál zapouzdřený asfaltem či pryskyřicí a nedrolí se v průběhu sušení

2/ mokrou aplikaci a izolaci přetvarovaného azbestového potrubí, předtvarované azbestové izolační bloky boilerů a ohříváčů vody

3/ vlnitou lepenku, lepenku, komerční papír, speciální papír, podložky pod podlahové krytiny a pro nově vyvíjené výrobky

Uvedené údaje jsou z roku 1999, to znamená, že v současné době může být množství zakázaných výrobků obsahujících azbest mnohem víc [10].

V Kanadě je problematika azbestu a výrobků obsahujících azbest zmíněna ve 23 směrnících, předpisech a zákonech. Ve většině směrnících a zákonech je azbest uveden pouze okrajově. Komplexně je toto téma řešeno ve třech vládních dokumentech.



- 1/ Canada Occupational Health and Safety Regulations (SOR/86-872)
- 2/ Hazardous Products (Crocidolite Asbestos) Regulations (SOR/89-440)
- 3/ Asbestos Mines and Mills Release Regulations (SOR/93-194) [11]

Dokument č. 1 se zabývá bezpečností a zdravím při práci.

Druhý dokument řeší nebezpečnost azbestových výrobků a jejich škodlivý vliv na populaci a životní prostředí, což samozřejmě zahrnuje limity pro používání určitých typů výrobků a technologií spojených s azbestem. Dále jsou zde uváděny podmínky a omezení pro dovoz azbestových výrobků do země.

Třetí směrnice má vztah k vlastní těžbě a zpracování azbestu [11].

## 5 BUDOUCNOST AZBESTU

### 5.1 Využití chrysotilu v průmyslové výrobě

Současné azbestové výrobky se liší od starých, původních, jako noc a den. V dnešní době je dodáván na trh pouze jeden typ azbestu, a tím je chrysotil. Kromě toho, dnešní trh nabízí jen hutné a nedrobnivé materiály, ve kterých je chrysotilové vlákno zapouzdřeno buď cementem nebo pryskyřicí. Tyto moderní výrobky zahrnují chrysotil-cementové zdící materiály, třecí (frikční) materiály, těsnící materiály a jisté typy plastů.

Staré výrobky, principiálně nízko hustotní izolační materiály byly velmi prašné a drobnivé již při pouhém promnutí mezi prsty a na rozdíl od dnešních produktů často obsahovaly amfibolová vlákna (krokydolit a amosit).

#### **Chrysotil : řízené používání = bezpečnost**

Chrysotil je málo prašný a mnohem snadněji odstranitelný z lidského těla jak amfiboly.

Výroba a používání současných moderních výrobků je mnohem bezpečnější než v minulosti, což je možné demonstrovat na studiích pracovníků vystavených mnohem vyšším hladinám azbestového prachu v minulosti než v nynějších továrnách řízených dle zásad hygieny a bezpečnosti práce. Podle výzkumů v těchto sledovaných výrobnách nedochází ke zvýšenému výskytu rakoviny plic nebo mesotheliomu.

Současné studie ukazují, že pouze velmi málo případů mesotheliomu má na svědomí chrysotil, přestože mnoho tisíc pracovníků mu bylo masivně a dlouhodobě v minulosti vystaveno.

Mesotheliom je téměř výhradně spojován s účinky amfibolových vláken.

Je známo, že v dnešních moderních továrnách zpracovávajících chrysotil se koncentrace azbestového prachu pohybuje okolo 0,2 – 1,0 f / ml. To znamená, že pokud nějaké riziko pro pracovníky existuje, je téměř nezjistitelné.

90% světové produkce chrysotilu je použito při výrobě chrysotil-cementových trubek, desek a střešních krytin . Tyto výrobky jsou používány jak v průmyslových tak rozvojových zemích celého světa.

Chrysotil-cement je velmi kladně hodnocen zejména z důvodu nízké nákladovosti a vysoké trvanlivosti. Výroba těchto produktů vyžaduje dovoz pouze malého množství vlákn. Ostatní suroviny (portlandský cement a voda) bývají většinou k dosažení v místě zpracování.

Podle skupiny expertů shromážděných Světovou zdravotnickou organizací (WHO, Oxford 1989), chrysotil-cementové výrobky nepředstavují žádné významné riziko pro veřejné zdraví ani pro životní prostředí. Mimo to, pokud pracovníci zaměstnaní v tomto průmyslu, ať už při vlastní výrobě, instalaci výrobků či při odstraňování azbestových materiálů dodržují platné předpisy a pokud jsou pravidelně prováděna kontrolní měření pracovního prostředí, nehrozí jim žádné zjizitelné riziko [12].

## 5.2 Náhrada azbestu ekvivalentními produkty

Zhruba 90% současné spotřeby azbestu je použito do azbesto-cementových výrobků a asi 7% se používá na výrobu frikčních materiálů. V současné době však existují materiály jež jsou do jisté míry schopny nahradit funkci azbestového vlákna ve finálním výrobku (PVA, celulóza, atd.). Tyto materiály se používají při výrobě tepelných izolací, zdících materiálů, teplovzdušných oděvů, vysokotlakého potrubí a v loďařském průmyslu. Mimo to, že jsou tyto ekvivalenty schopny nahradit azbestové vlákno, musí být splněn ještě jeden požadavek – poměr „cena – kvalita“ musí odpovídat azbestu.

K nejčastěji nahrazovaným materiálům patří například tepelné izolace, kde jako náhražka azbestového vlákna slouží keramická vlákna, skleněná vlákna, minerální a kamenná vlna.

Azbesto-cementové vlnité desky v minulosti používané jako střešní krytina jsou nahrazovány směsí cementu a syntetických vláken (PVA, PP), celulózových vláken (bambus, sisal, kokos, rattan, tabákové vlákno).

Plošné desky používané ve stavebnictví na konstrukce stropů, průčelí a příček jsou dnes nahrazovány podobně jako u vlnitých desek směsí cementu a rostlinných vláken, cementu a odpadového papíru, sádrokartonem atd..

Vysokotlaké trubky a potrubí mohou být nahrazeny slitinou či tvárnou ocelí, HDPE, PVC anebo skleněnými vlákny vyztuženým PES.

Nízkotlaké trubky z azbesto-cementu bývají nejčastěji nahrazeny materiálem z cementu a celulózových vláken, PE, oceli anebo směsi PVA-cement-celulóza.

Stejně náhradní materiály se týkají i bývalých azbesto-cementových zásobníků vody, dešťových okapů a svodů a odtokových kanálů [13].

Ovšem aby nebylo všechno příliš jednoduché, je třeba se podívat na některé skupiny substituovaných výrobků, jejichž kvalita spolehlivost byly do jisté míry sníženy použitím náhražek za azbest.

Mnoho bez azbestových frikčních materiálů může mít dramaticky zhoršené fyzikální technické charakteristiky navzdory vysokým výrobním nákladům a navzdory dlouholetému technickému vývoji a výzkumu. Frikční materiály na bázi náhražkových vláken totiž způsobují problémy u určitých typů vozidel.

Kupříkladu ve Spojených státech každoročně docházelo k mnoha explozím brzdových bubnů u těžkých nákladních automobilů. Diagnóza zněla – defektní ne-azbestová brzdová čelist.

Aby se potíží udělal konec, bylo nutno vyvinout nový brzdový systém (anti-locking system).

Existuje cca 50 – 60 substancí, nahrazujících chrysotilové vlákno v různých typech těsnění.

Vývoj těchto materiálů trval poměrně dlouho a byl finančně velmi náročný, což se pochopitelně projevilo i v zákaznických cenách. Navzdory tomu, ne-azbestová těsnění mají kratší životnost než azbestová a navíc selhávají v extrémních podmínkách (teplota, tlak).

Nahrazování azbestu (chrysotilu) je velmi komplexní projekt.

V roce 1993 bylo ustanoveno, že všechna dýchatelná a biopersistentní vlákna musí být testována na toxicitu a karcinogenost. Ve skutečnosti, nedávné studie ukázaly, že mnoho vláken nahrazujících azbest v celé řadě výrobků může být nebezpečných, případně více nebezpečných než je chrysotilový azbest. Týká se to zejména skleněného vlákna, kamenné vlny, keramických a aramidových vláken.

Německo klasifikovalo skelnou, minerální a kamennou vlnu jako pravděpodobně karcinogenní materiál. Několik dalších zemí zrevidovalo také svůj postoj k problematice náhražkových vláken [14].

## ZÁVĚR

Průmysl zabývající se těžbou a zpracováním azbestu bude i nadále čelit silnému opozičnímu tlaku směřovanému k úplnému zastavení používání azbestu. Je zřejmé, že tato opozice měla v minulosti velmi významný vliv, vzhledem k tomu, že v posledních 30ti letech došlo k cca 50ti procentnímu snížení spotřeby azbestu ve všech oblastech jeho užívání.

Trend snižování spotřeby azbestu bude pokračovat v některých zemích, protože substituenty azbestového vlákna jsou poměrně hodně rozšířeny a pozornost se zejména ve vyspělých zemích stále intenzivněji obrací k otázkám souvisejícím s životním prostředím, s bezpečností a zdravím při práci, a s ochranou spotřebitelů.

Tento trend snižování nebude pravděpodobně tak dramatický v Číně, Rusku, Jižní Americe, v zemích jihovýchodní Asie, Indii a v rozvojových zemích. Důvody proč zůstat u azbestu mohou být historické, politické ale zejména ekonomické.

Ovšem i v těchto zemích bude postupně docházet k nahrazování azbestových vláken jinými materiály. Se změnou politické situace, hospodářským růstem a zvyšující se životní úrovní budeme moci u některých z nich sledovat postupný odklon od původních priorit a přechod k materiálům nahrazujícím azbest a jeho aplikace.

I když je diskriminace azbestu zřejmá a neodvratná, vždy budou existovat oblasti, ve kterých bude jeho použití vzhledem k jeho výborným vlastnostem nezbytné.

Jednou z těchto oblastí je kupříkladu armádní výroba.

Na závěr je třeba upozornit na skutečnost, že azbest sám o sobě škodlivý není. Pokud s ním nebudeme manipulovat, nemusíme se obávat uvolňování vláken a tím ani negativního vlivu na člověka a životní prostředí.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Asbestos – Wikipedia, the free encyclopedia [online]. 2007 [cit. 2007-04-09]. Dostupný z WWW: < <http://en.wikipedia.org/wiki/Asbestos> >.
- [2] Amfibol – Wikipedie, otevřená encyklopedie [online]. 2007 [cit. 2007-04-09]. Dostupný z WWW: < <http://cs.wikipedia.org/wiki/Amfibol> >.
- [3] Budoucnost bez jedů – Chemické látky [online]. 1998-2007 [cit. 2007-04-09]. Dostupný z WWW: < <http://bezjedu.arnika.org/chemicka-latka.shtml?x=1260576> >.
- [4] Marionet – Fyzika – Azbest [online]. 2002 [cit. 2007-15-03]. Dostupný z WWW: < <http://www.markonet.cz/vyuka/fyzika/azbest.html> >.
- [5] SKANSKA Foster Bohemia [online]. 2007 [cit. 2007-15-03]. Dostupný z WWW: < <http://www.fosterbohemia.cz/index.php?page=2> >.
- [6] Mineral Commodity Profiles – Asbestos; by Robert Vitra; U.S. Geological Survey Circular 1255-KK, 56 p. 2005 [cit. 2006-09-12].  
Dostupný z WWW: < [http://pubs.usgs.gov/circ/2005/1255/kk/Circ\\_1255KK.pdf](http://pubs.usgs.gov/circ/2005/1255/kk/Circ_1255KK.pdf) >.
- [7] BOZP info – Nebezpečné látky [online]. 2006 [cit. 2007-20-02]. Dostupný z WWW: <[http://www.bozpinfo.cz/citarna/clanky/nebezpecne\\_latky/odpady\\_azbest\\_demolice.html](http://www.bozpinfo.cz/citarna/clanky/nebezpecne_latky/odpady_azbest_demolice.html) >.
- [8] Diseases caused by asbestos [online]. 2007 [cit. 2007-04-05]. Dostupný z WWW: < <http://www.lenval.co.uk/about-asbestos.html> >.
- [9] Asbestos and Vermiculite – Asbestos Ban and Phase Out [online]. 2007 [cit. 2007-02-05]. Dostupný z WWW: < <http://www.epa.gov/oppt/asbestos/pubs/ban.html> >.
- [10] EPA Asbestos Materials Bans: Clarification, May 18, 1999 [online]. 1999 [cit. 2007-02-05]. Dostupný z WWW: < <http://www.epa.gov/asbestos/pubs/asbbans2.pdf> >.
- [11] CEPA Environmental Registry [online]. 2007 [cit. 2007-03-05]. Dostupný z WWW: < <http://www.ec.gc.ca/CEPARegistry/search/Search.cfm> >.

- [12] From Asbestos to Chrysotile [online]. 2005 [cit. 2007-03-05]. Dostupný z WWW: < <http://www.chrysotile.com/en/chrysotile/overview/asb-chryso.aspx> >.
- [13] Asbestos kills – safer substitutes exists [online]. 2007 [cit. 2007-04-05]. Dostupný z WWW: < <http://www.bwint.org/pdfs/asbestosubstitutes.pdf> >.
- [14] Chrysotile-free but not risk-free {substitutes} [online]. 2005 [cit. 2007-03-05]. Dostupný z WWW: < <http://www.chrysotile.com/en/chrysotile/substitute/default.aspx> >.
- [15] SIVEK, M., JIRÁSEK, J. Ložiska nerud : Oddělení nerostných surovin Institutu geologického inženýrství; Hornicko geologická fakulta; Vysoká škola báňská [online]. 2006 [cit. 2007-04-05].  
Dostupný z WWW: < <http://geologie.vsb.cz/loziska/loziska/nerudy/chryzotil.html> >.
- [16] SIVEK, M., JIRÁSEK, J. Ložiska nerud : Oddělení nerostných surovin Institutu geologického inženýrství; Hornicko geologická fakulta; Vysoká škola báňská [online]. 2006 [cit. 2007-04-05].  
Dostupný z WWW: < <http://geologie.vsb.cz/loziska/loziska/nerudy/antofylit.html> >.
- [17] SIVEK, M., JIRÁSEK, J. Ložiska nerud : Oddělení nerostných surovin Institutu geologického inženýrství; Hornicko geologická fakulta; Vysoká škola báňská [online]. 2006 [cit. 2007-04-05].  
Dostupný z WWW: < <http://geologie.vsb.cz/loziska/loziska/nerudy/tremolit.html> >.
- [18] CANTOR, K. P. Dribling water and cancer. Cancer cause and Control [online]. 1997 [cit. 2007-01-05]. Dostupný z WWW: < <http://www.szu.cz/chzp/voda/pitna-voda/azbest.html> >.
- [19] VARGA, Cs. Asbestos fibres in drinking water : are they carcinogenic or not ? Medical Hypotheses [online]. 2000 [cit. 2007-29-04]. Dostupný z WWW: < <http://www.szu.cz/chzp/voda/pitna-voda/azbest.html> >.
- [20] Asbestos – related diseases [online]. 2007 [cit. 2007-28-04]. Dostupný z WWW: < <http://en.wikipedia.org/wiki/Asbestos> >.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

A/C	Azbesto – cementový
EPA	Environmental Protection Agency (Výbor na ochranu životního prostředí)
OSHA	The Occupational Safety and Health Administration (Řízení bezpečnosti a zdraví při práci – USA)
ES	Evropské společenství
EEC	European Economic Community (Evropské hospodářské společenství)
f/m <sup>3</sup>	vlákno / metr krychlový
IARC	International Agency for Research of Cancer (Mezinárodní výbor pro výzkum rakoviny)
FR	Federal Register (federální registr Spojených států amerických)
FRL	Federal Law (federální zákon Spojených států amerických)
EU	Evropská unie
MZ	Ministerstvo zdravotnictví
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
Sb.	Sbírka zákonů
USA	United States of America (Spojené státy americké)
EU	Europe Union (Evropská unie)
ČR	Česká republika
ROS	Reaktivní kyslík
SV 40	Simian Virus 40 (opičí virus 40)
EC	European community (Evropské společenství)
EWG Action Fund	The Environmental working group (fond zabývající se otázkami životního prostředí – USA)
EC	European Commision (Evropská komise)
PVA	Polyvinylalkohol



PP	Polypropylen
HDPE	Vysoko hustotní polyethylen
PVC	Polyvinylchlorid
PES	Polyester
PE	Polyethylen

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

- Obr. 1            Bílý azbest - chrysotil
- Obr. 2            Modrý azbest - krokydolit
- Obr. 3            Hnědý azbest - amosit
- Obr. 4            Světová spotřeba azbestu podle typu azbestu v tunách v letech 1910 -2003
- Obr. 5            Největší světoví producenti azbestu v letech 1900 – 2003 [t]
- Obr. 6            Světová produkce azbestu v průběhu 20. století a počátku 21. století
- Obr. 7            Hrubá světová spotřeba azbestu podle jednotlivých zemí v roce 2003 [t]
- Obr. 8            Hrubá světová produkce azbestu v jednotlivých zemích v roce 2003 [t]

**SEZNAM TABULEK**

- Tab. 1 Největší světoví producenti azbestu [t]
- Tab. 2 Raný vývoj v průmyslu zpracování azbestu
- Tab. 3 Výskyt azbestu v tuzemských výrobcích a stavebních materiálech

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P 1 Ukázka chrysotilu

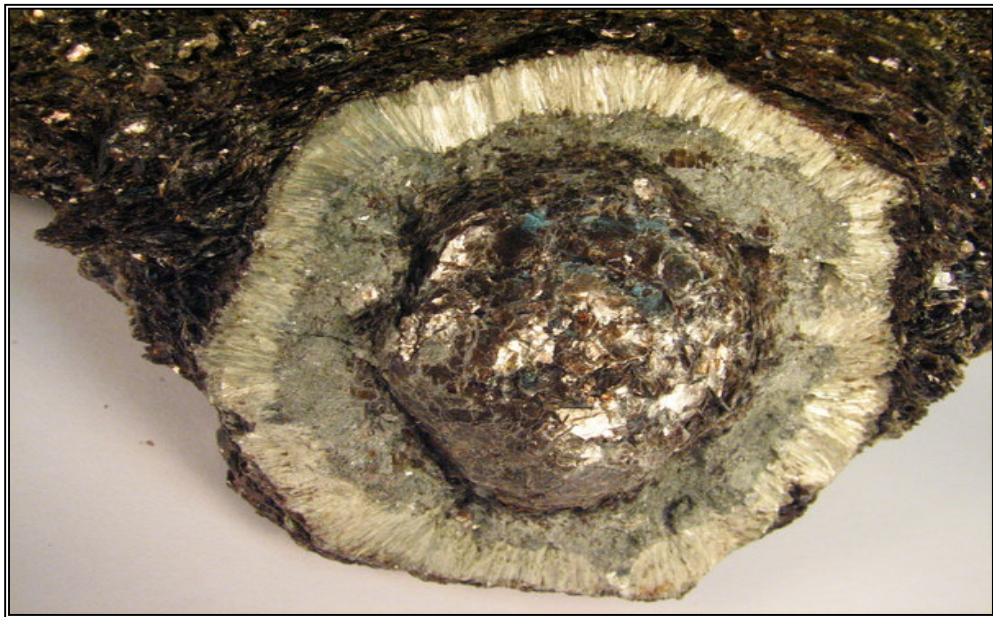
Příloha P 2 Ukázka antofylitu a tremolitu

Příloha P 3 Ukázka tremolitu

**PŘÍLOHA P I: UKÁZKA CHRYSOTILU**



**PŘÍLOHA P II: UKÁZKA ANTOFYLITU A TREMOLITU**



**PŘÍLOHA P III: UKÁZKA TREMOLITU**



