

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE

Studijní program: Krajinářství

Studijní obor: Územní technická a správní služba



Metody stanovení azbestu a rizika spojená s jeho odstraněním

Methods for the determination of Asbestos and the risks associated with its removal

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: MUDr. Magdalena Zimová, CSc.

Bakalant: Renata Turnovská

Praha 2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Renata Turnovská

Krajinářství
Územní technická a správní služba

Název práce

„Metody stanovení azbestu a rizika spojená s jeho odstraněním“

Název anglicky

Methods for the determination of asbestos and the risks associated with its removal

Cíle práce

Bakalářská práce bude zaměřena na metody stanovení azbestových vláken, jejich identifikaci a porovnání. Zhodnocení rizik azbestu při jeho využití a odstranění. Vypracování přehledu legislativních opatření v ČR a EU. Práce bude také obsahovat postupy odstraňování odpadu s obsahem azbestu včetně opatření na snížení expozice pracovníků.

Metodika

1. Zpracování rešerše – základní údaje o azbestu včetně rizik
2. Přehled analytických metod a postupů stanovení azbestových vláken
3. Stanovení azbestových vláken ve vybraných matricích
4. Zdravotní rizika způsobená expozicí azbestu
5. Ochrana zdraví a životního prostředí
6. Postupy odstranění odpadů s azbestem
7. Přehled legislativy ČR a EU

Doporučený rozsah práce

cca 50 str.

Klíčová slova

azbest, metody stanovení azbestových vláken, rizika, odstranění odpadu s obsahem azbestu nebezpečný odpad,

Doporučené zdroje informací

odborná literatura v dané oblasti
platné normy a postupy pro stanovení azbestových vláken
platné předpisy ČR a EU

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

MUDr. Magdalena Zimová, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 23. 11. 2019

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 25. 11. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 21. 06. 2020

Poděkování

Ráda bych poděkovala MUDr. Magdaleně Zimové, CSc., za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a zpracování této bakalářské práce, které pomohly ke konečné podobě této práce. Dále bych poděkovala své rodině, bez které by tato práce nevznikla.

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na metody stanovení azbestu a rizika spojená s jeho odstraněním. Nejprve jsou uvedeny obecné informace, co vlastně azbest je, vznik a původ minerálu. Jeho základní druhy, chemické složení a jeho charakteristické vlastnosti. Využití azbestových vláken, v čem spočívá jeho nebezpečnost pro lidské zdraví a dopad na životní prostředí. V současné době se můžeme setkat s výskytem azbestu nejvíce při rekonstrukcích staveb nebo při jejich demolicích. Stavební odpady by měly být analyzovány z důvodu identifikace azbestu, aby následně s takovým odpadem bylo nakládáno jako s nebezpečným odpadem. Práce podrobněji popisuje metody stanovení azbestových vláken ve stavebních materiálech, ovzduší a půdě v akreditované laboratoři. Jednotlivé metody identifikace vláken azbestu a jejich porovnání. Je zde popsán princip odběru a zpracování vzorků pro jednotlivé analýzy.

V práci jsou okrajově zmíněny postupy odstraňování odpadů s obsahem azbestu včetně opatření na snížení expozice pracovníků. Dále se práce zabývá legislativou upravující nakládání s odpady obsahujícími azbest.

Klíčová slova:

Azbest, analýza, identifikace, odstranění, odpady, stanovení

Abstract

This bachelor thesis is focused on methods of asbestos determination and risks connected with its removal. As first, it mentions general information about what asbestos is and the origin of the mineral itself. Its basic types, chemical composition and characteristic properties. The use of asbestos fibers in real life and its imminence threat to human health and the impact on the environment. Meanwhile, we can encounter asbestos occurrence in connection with building sites - during reconstruction of buildings or during their demolition. Building materials wastes should be analyzed to identify asbestos and then treat such waste as hazardous waste. The bachelor thesis describes in detail methods of determination of asbestos fibers used in building materials, also in air and soil at accredited laboratory. Individual methods of fiber identification of asbestos and their comparison. Thesis also focus on describing the principles of sampling and processing of samples for individual analyzes.

Thesis at last mentions procedures for disposal of waste containing asbestos including measures to reduce workers exposure to it. Furthermore, the work deals with legislation governing waste management containing asbestos.

Keywords:

Asbestos, analysis, identification, disposal, waste, determination

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Cíl práce	12
3	Základní údaje o azbestu.....	13
3.1	Vznik a původ.....	13
3.2	Charakteristika a vlastnosti.....	14
3.2.1	Fyzikální a chemické vlastnosti.....	14
3.3	Popis jednotlivých druhů	15
3.3.1	Chryzotil.....	15
3.3.2	Antofylit	16
3.3.3	Amosit	17
3.3.4	Krokydolit	17
3.3.5	Aktinolit.....	18
3.3.6	Tremolit.....	19
3.4	Morfologie azbestového vlákna.....	19
3.5	Využití azbestu	20
3.5.1	Historie využití azbestu	20
3.5.2	Výrobky z azbestu	21
4	Zdravotní rizika způsobená expozicí azbestu	25
4.1	Inhalační riziko expozice azbestových vláken.....	26
4.2	Riziko konzumace azbestových vláken s vodou.....	26
4.3	Onemocnění z azbestu	27
4.3.1	Benigní (azbestóza, hyalinóza pleury)	27
4.3.2	Maligní (karcinom plic, mezoteliom, peritonea).....	28
5	Přehled legislativy ČR a EU	35

5.1	Legislativní rámec EU v oblasti ochrany zdraví před expozicí azbestu	35
5.2	Legislativní rámec ČR v oblasti ochrany zdraví před expozicí azbestu	37
5.3	Legislativní rámec EU odpadového hospodářství s obsahem azbestu	40
5.4	Legislativní rámec ČR odpadového hospodářství s obsahem azbestu	40
5.5	Legislativní rámec EU zabývající se problematikou azbestu v oblasti chemických látek	44
5.6	Legislativní rámec ČR zabývající se problematikou azbestu v oblasti chemických látek	45
6	Přehled analytických metod a postupů stanovení azbestových vláken	47
6.1	Odběr vzorků	47
6.1.1	Odběr vzorků ovzduší	47
6.1.2	Odběr vzorků stavebních materiálů	47
6.1.3	Odběr vzorků půdy	48
6.2	Kvalitativní stanovení azbestových vláken pomocí PLM	48
6.3	Kvalitativní stanovení azbestových vláken pomocí SEM/EDS	51
6.4	Kvalitativní stanovení azbestových vláken pomocí TEM	57
6.5	Kvalitativní stanovení azbestových vláken pomocí IR-FTIR	58
6.6	Kvalitativní stanovení azbestových vláken pomocí Ramanova spektrometru	
	59	
7	Stanovení azbestových vláken ve vybraných matricích	60
7.1	Stanovení azbestových vláken v stavebním materiálu	60
7.2	Stanovení azbestových vláken v půdě	61
7.3	Stanovení azbestových vláken ve vzduchu	62
7.3.1	Počítání vláken podle normy VDI 3492	62
7.3.2	Počítání vláken podle normy ISO14966	63
7.4	Stanovení azbestových vláken ve vodě	64

8	Ochrana zdraví a životního prostředí	66
8.1	Zdroje expozice azbestu v ČR	66
8.2	Nakládání s odpady obsahující azbest	67
9	Postupy odstranění odpadů s azbestem	68
9.1	Příprava odstranění materiálu s obsahem azbestu	68
9.2	Odstranění materiálu s obsahem azbestu	69
9.3	Nakládání se stavebními a demoličními odpady s obsahem azbestu.....	69
9.4	Odstranění odpadu obsahujícího azbest.....	70
9.4.1	Skládkování odpadu obsahujícího azbest.....	70
9.4.2	Vitrifikace.....	72
9.5	Opatření k předcházení rizik na snížení expozice pracovníků azbestem.....	72
9.5.1	Vyčlenit a oddělit pracovní prostor – zamezit tak kontaminaci okolí....	72
9.5.2	Vytvoření pracovního postupu a způsobu odstranění prvků obsahujících azbest	73
9.5.3	Vybavení osobními ochrannými pracovními prostředky	73
9.5.4	Kontrola zdravotního stavu zaměstnanců.....	73
9.5.5	Kontrola sanovaného prostoru od asbestových vláken	74
10	Diskuse.....	76
11	Závěr	81
12	Zdroje	82
13	Seznam použitých zkratk.....	90
14	Seznam obrázků	92
15	Seznam tabulek	94
16	Seznam příloh.....	95

1 ÚVOD

Při volbě tématu bakalářské práce mě ovlivnila práce v akreditované laboratoři, která se zabývá identifikací azbestových vláken. O problematice rizikového faktoru kontaminujícího životní prostředí se hovoří už několik desetiletí a je pořád značně aktuální. V současnosti je ve většině států světa produkce výrobků s obsahem azbestu zakázána. Zodpovědné státy, včetně České republiky, se snaží azbestovou zátěž odstraňovat, klíčovým faktorem v této činnosti jsou bohužel finanční prostředky, neboť sanace azbestové zátěže je finančně velmi nákladná. Tato skutečnost a malá informovanost laické, ale i odborné veřejnosti nás ovlivňuje v tom, jak s azbestovou zátěží zacházíme. Na azbest, jako na životu nebezpečný materiál s prokazatelnými karcinogenními účinky, musí být zaměřena větší pozornost a osvěta. Tím, že současná generace azbestové zátěži nevěnuje dostatečnou pozornost nebo ji neodborně odstraňuje, zbytečně zatíží generaci budoucí. Naším úkolem je více o azbestu a jeho účincích na živý organizmus informovat a dostat je tak do podvědomí lidí. Dodržovat současnou legislativu a co nejšetrněji nakládat se vzniklým odpadem obsahujícím azbest.

V bakalářské práci jsou zevrubně popsány druhy azbestových vláken a jejich účinky na lidské zdraví, dále laboratorní analytické metody a postupy stanovení identifikace azbestových vláken v různých matricích.

2 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem bakalářské práce je shrnutí dostupných metod stanovení azbestových vláken, jejich identifikace a porovnání. Jsou zde uvedeny normy, podle kterých jsou identifikována azbestová vlákna v různých matricích, ve kterých se tato vlákna vykytují. Metody stanovení jsou rozčleněny na kvalitativní, kvantitativní a podle instrumentálního vybavení.

Dílčím cílem je zhodnocení rizik azbestu při jeho využití a odstranění v souvislosti s analýzou legislativních opatření v ČR a EU a postupů odstraňování odpadu s azbestem s ohledem na minimalizaci expozice pracovníků.

3 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O AZBESTU

Azbest se přirozeně vyskytuje na celém světě. Je to skupina přirozeně se vyskytujících minerálů ve vláknité formě, které se liší chemickým složením. Rozlišujeme dvě minerální skupiny a to serpentiny (hadce) a amfiboly.

Serpentinové minerály jsou křemičitany hořčíku, popřípadě hliníku či dalších prvků, s OH skupinou. Jsou velmi blízce příbuzné s jílovými minerály (v užším slova smyslu), se slídkami, chlority či mastkem. Minerál serpentin $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ se nejčastěji vyskytuje jako horninotvorný minerál serpentinitů neboli hadců, které vznikají hydrotermální přeměnou peridotitů neboli olivínovců. Serpentin tvoří v hadcích celistvé nebo vláknité neprůhledné, černé, zelené, žlutozelené, šedé až bílé agregáty.

Serpentinová skupina tvoří tři mírně odlišné formy: antigorit, lizardit a chryzotil. Chryzotil se obvykle vyskytuje v podobě vláknitých až plstnatých agregátů, tzv. chryzotilových azbestů. Vláknité chryzotily tvoří žilky pronikající serpentinitem (hadcem), přičemž vlákna jsou orientována kolmo na plochy žíly. (Velebil, 2008)

Amfiboly jsou rozsáhlá a vzhledem k proměnlivému chemismu i rozmanitá skupina minerálů. Vedle křemene, živců, pyroxenů a slídk jde o nejrozšířenější horninotvorné minerály především vyvřelých, ale i přeměněných hornin. Jedná se o křemičitany (silikáty) hořčíku, železa, vápníku, sodíku a někdy i hliníku a titanu. Amfiboly jsou černé, hnědé, zelené, některé jsou i bílé. Tvoří sloupcovité, stébelnaté až jehlicovité agregáty. Časté jsou také plstnaté formy amfibolů, tzv. amfibolové azbesty (antofylit, aktinolit, tremolit) V malých zrnech jsou amfiboly průsvitné, větší krystaly jsou neprůhledné. Do skupiny amfibolů patří antofylit, tremolit, aktinolit, krokydolit a amosit. (Velebil, 2008)

3.1 Vznik a původ

Azbest je křemičitanový krystal, který se nachází blízko povrchu země. Skládá se z dlouhých, tenkých vláken, která jsou v poměru 5:1 až 20:1, tato vlákna jsou extrémně trvanlivá a odolná díky svému složení. (Mesothelioma Justice Network at Asbestos, ©2019)

3.2 Charakteristika a vlastnosti

Slovo azbest má původ v řeckém slově „asbestos“, znamená „neuhasitelný“ či „nezničitelný“. Označujeme tak přírodně se vyskytující, vláknité silikátové minerály, které byly pro jejich vlastnosti používány v komerčních produktech. Je třeba poznamenat, že minerály serpentinu a amfibolu se vyskytují též v nevláknitých formách, které nejsou považovány za azbest. Mezi charakteristické vlastnosti azbestu patří nehořlavost, pevnost a ohebnost. Z chemického hlediska jsou velmi odolné kyselinám a zásadám. (*Azbest bezpečně*, © 2019)

3.2.1 Fyzikální a chemické vlastnosti

Azbest má řadu fyzikálních vlastností, které činí tato minerální vlákna velmi užitečná. Azbestová vlákna jsou v podstatě chemicky inertní, nerozpouští se, odolávají jak kyselinám, tak zásadám, nehoří a nepodléhají významným chemickým reakcím s většinou chemických látek. Chemická povaha a krystalická struktura dává azbestu řadu vlastností, pro které se stal velmi vyhledávaným materiálem. (*Asbestos.com*, ©2019)

Do těchto vlastností patří:

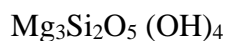
- vysoká pevnost v tahu – mají vyšší pevnost v tahu než ocel
- nehořlavost – snáší vysoké teploty až do 2750 °C
- odolnost vůči teple – má dobrou izolační schopnost
- elektrický odpor – azbest nevede elektrický proud má izolační schopnost
- chemická odolnost – je odolný kyselinám i zásadám
- pružnost – azbestová vlákna jsou flexibilní a dobře spřadatelná, přestože jsou azbestová vlákna neuvěřitelně pevná v tahu, jsou také velmi ohebná, aniž by tuto vlastnost ztratila
 - je chemicky inertní – azbestová vlákna jsou chemicky inertní, při smíchání s jinými materiály jsou stabilní, mají jen velmi malou nebo žádnou chemickou reakci a zdají se tak být stabilní a bezpečná
 - nekoroduje – azbestové trubky uložené v zemi nebyly ovlivňovány agresivitou okolní půdy

- je lehký – snižuje tak hmotnost některých výrobků až o polovinu, a zároveň i je ekonomicky méně náročný, náklady na těžbu a dopravu jsou nízké.
- odolnost – azbestová vlákna se nerozkládají, ani když jsou vystavena chemickým roztokům či vnějším přírodním vlivům.
(*Mesothelioma Justice Network at Asbestos*, ©2019)

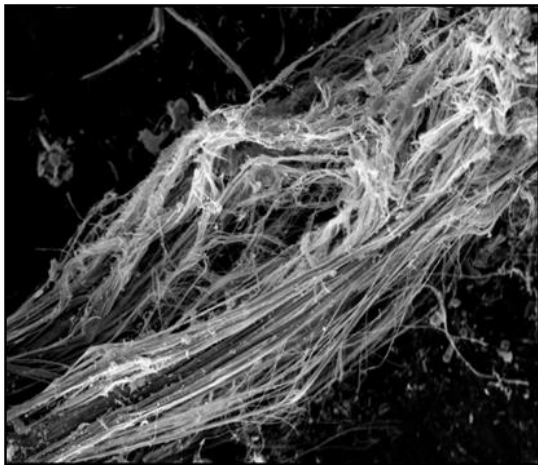
3.3 Popis jednotlivých druhů

Azbest je komerční název pro skupinu křemičitých minerálů ze skupiny silikátů, skupina vláknitých křemičitanů se dělí na serpentiny a amfiboly. Tyto minerály se skládají ze 40–60 % z křemíku, ostatní prvky se nacházející ve složení železo, hořčík, sodík a draslík a ostatní kovy.

3.3.1 Chryzotil



Nejčastěji se vyskytujícím druhem je bíle zbarvený chryzotil patřící do skupiny serpentínů, hadcový azbest, pokud je v silnějším svazku má nažloutlou až zelenou barvu. Pokud se svazek rozdělí na jednotlivá vlákna, je bílý, vlákna jsou vlnitá, ohebná a jemná. Vlákna chryzotilu jsou dlouhá dobře spřadatelná mají tepelnou a elektroizolační schopnost proto se používá k výrobě tkanin. Významná ložiska se nachází v Kanadě i Rusku. Ložiska chryzotilu se dají najít i v České republice ale nejsou nijak významná pro průmyslovou těžbu.

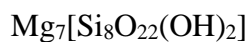


Obr. 1: vlákna chryzotilu
(*Asbest Gutachter*, ©2015)

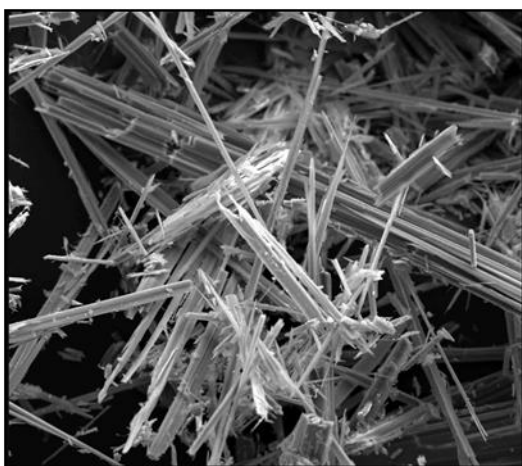


Obr. 2: vláknitá forma chryzotilu
(*Geologische Gesellschaft*, ©2018)

3.3.2 Antofylit



Antofylit je ze skupiny amfibolů, má rovná vlákna, která tvoří svazky a na konci se dělí. Má vysokou chemickou odolnost a pro svou vysokou tepelnou a elektroizolační schopnost byl využíván jako izolační materiál, do lepidel, plastů, výplňových materiálů atd. Antofylitový azbest má vysoký obsah hořčíku a železa, nezpracovaný minerál se jeví jako červenohnědý až načernalý. V závislosti na přítomnosti jiných minerálních typů může být také bílý nebo šedý. (*MesoWatch*, ©2019)



Obr. 3: vlákna antofylitu
(*Geologische Gesellschaft*, ©2018)



Obr.4: vláknitá forma antofylitu
(*Sobolewski John*, 2010)

3.3.3 Amosit



Amosit patří do skupiny amfibolů, má rovná dlouhá vlákna na konci se třepící, vytváří svazky. Má vysokou pevnost v tahu (ale ne tak vysokou jako chryzotil a krokydolit). Jako všechny azbestové minerály má amosit vysokou tepelnou odolnost, je neuvěřitelně savý. Amosit se též nazývá hnědý azbest, byl nejčastěji používán v cementových fóliích a jako izolace potrubí. Lze jej nalézt i v izolačních deskách, stropních deskách a tepelně izolačních výrobcích. Jeho hnědá barva je výsledkem vysokého obsahu železa. (*Asbestos.com, ©2019*)



Obr. 5: vlákna amositu
(*ResearchGate©2020*)



Obr. 6: vláknitá forma amositu
(*Independent Asbestos Consulting, ©2020*)

3.3.4 Krokydolit



Krokydolit je vláknitá forma riebeckitu, je znám také jako „modrý“ azbest, má vysokou odolnost vůči kyselinám. Krokydolit má vysokou pevnost v tahu. Byl používán v cementových výrobcích, větší svazky jsou rozpoznatelné i pouhým okem pro jeho modrou barvu. (*MesoWatch, ©2019*)

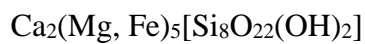


Obr. 7: vlákna krokydolitů
(Omnipure©2020)

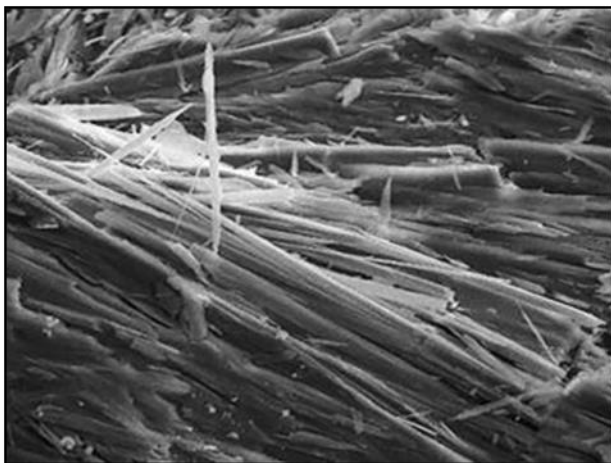


Obr. 8: vláknitá forma krokydolitů
(Dakota Matrix Minerals©2020)

3.3.5 Aktinolit



Aktinolitový azbest se od tremolitu liší pouze obsahem železa a vzhledem. Vytváří dlouhé jehlicovité krystaly, je to jeden z méně častých azbestů. Jsou to velmi podobné minerály, které mají v podstatě shodný chemický vzorec. Aktinolit má větší množství železa nad hořčíkem, zatímco tremolit má větší obsah hořčíku nad železem. Přítomnost železa způsobuje jeho zelenou barvu, čím více železa tím tmavší barva. (Petránek a kol., 2016)

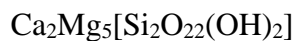


Obr. 9: vlákna aktinolitů
(ResearchGate©2019)

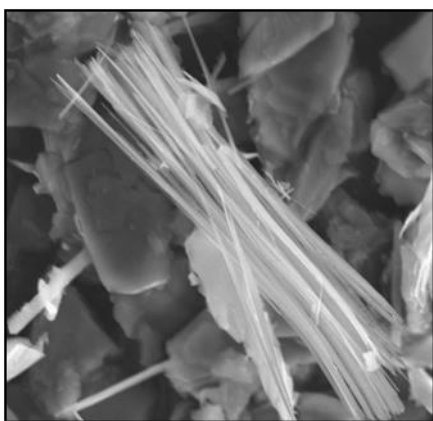


Obr. 10: vláknitá forma aktinolitů
(Fabre minerals©2018)

3.3.6 Tremolit



Tremolit je jednoklonný minerál ze skupiny amfibolů, který se nachází jako kontaminant v ložiscích chryzotilu a mastku, hojný je v některých hadcích a krystalických břidlicích s aktinolitem. Tvoří dlouhé sloupcovité až jehlicovité krystaly. Může být šedobílý, zelený, žlutý, modrý s hedvábným leskem. Nerozpustný v organických rozpouštědlech. Je křehký. Teplota tání 950–1040 °C. Index lomu 1,6 – 1,64. V ČR se vyskytuje v okolí Sušice, Českého Krumlova, Písku, Českého Štemberka. (MesoWatch, ©2019) (Velebil D., 2008)



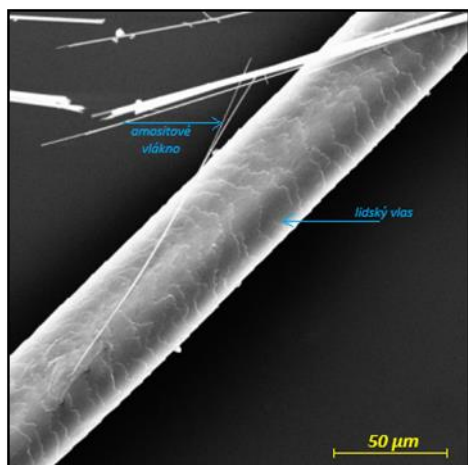
Obr. 11: vlákna tremolitu
(USGS©1969)



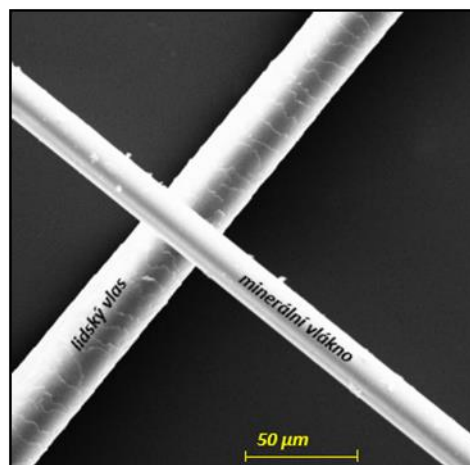
Obr. 12: vláknitá forma tremolitu
(TreatMesothelioma©2020)

3.4 Morfologie azbestového vlákna

Morfologie vláken udává jejich tvar, velikost a povrch. Podle Světové zdravotnické organizace (WHO) jsou za respirabilní vlákna považována vlákna, která jsou delší než 5 μm s průměrem menším než 3 μm a poměrem délky vlákna větším než 3:1 (Skácel a kol. 2012)



Obr. 13: porovnání velikosti lidského vlasu a amositového vlákna



Obr. 14: porovnání velikosti lidského vlasu a minerálního vlákna

3.5 Využití azbestu

Využití azbestu má široké spektrum, pro jeho vlastnosti je využit v širokém počtu výrobků a využití. Zejména chryzotil, a to na stavební materiály, jako jsou desky a potrubí z azbestocementu, elektrické a tepelné izolační produkty, třecí produkty, jako jsou brzdová obložení.

3.5.1 Historie využití azbestu

Historie azbestu je datována již do 4000 př. n. l., do této doby byl datován nález svíček a lampových knotů. Do doby 3000–2000 př. n. l. se datují plátna, do kterých byli baleni v Egyptě faraoni, bylo to prováděno k ochraně jejich těl. Ve Finsku byl nalezen v hliněných nádobách, kde se předpokládá, že byl použit pro zvýšení požární odolnosti a zesílení pevnosti a jsou datovány do roku 2500 př. n. l. Staří Řekové balili do pláten s azbestem mrtvá těla, ale používali jej i pro výrobu ubrusů a ubrousků, které čistili tak, že je hodili do ohně.

0–1000 n. l.

Azbest používají Italové k výrobě knotů, lamp a látkových materiálů, ve Francii se ubrusy s vetkaným azbestem používají na královském dvoře jako prevence požárů.

1001-1500 n. l.

Použití během války za první křížové výpravy na sáčky naplněné dehtem a jiným hořlavým materiálem do katapultů. Marco Polo v roce 1280 ve svých textech uvádí, že Mongolové používají azbest v látkách.

1501–1900 n. l.

Kolem roku 1600 se těží azbest v Rusku, na počátku 17. století začali Italové při výrobě papíru používat azbest. Největší rozvoj v používání azbestu začalo na konci 18. století během průmyslové revoluce, počátek výroby generátorů, motorů, izolací, střešní krytiny. Se zvyšujícím se používáním azbestu se zvyšuje podíl nemocí pocházejících z expozice azbestu.

1901 – do současnosti

Na přelomu 20. století je používání azbestu na vrcholu, odhad je, že celosvětově se použilo 30 000 tun ročně.

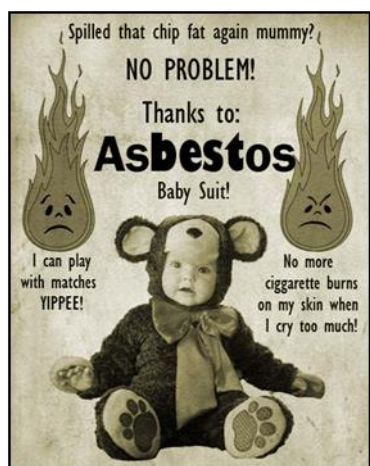
Roku 1906 je v Londýně potvrzeno úmrtí související s azbestem. Muž, u kterého tato nemoc byla potvrzena, měl nadbytek azbestových vláken v plicích, což způsobilo fatální plicní onemocnění. V roce 1918 americká vláda uznává riziko, které azbest způsobuje. Mezi lety 1952–1956 cigarety Kent používají azbest ve svých filtrech. Roku 1964 jsou publikovány v americkém zdravotnickém časopise informace, že lidé, kteří pracují s azbestem nebo výrobky obsahujícími azbest, mají vyšší, než je obvyklé, výskyt azbestózy, rakoviny plic a mezoteliomu. Přestože onemocnění z azbestu přibývalo, stoupala i celosvětová spotřeba azbestu, roku 1977 je použito 4 800 000 tun.

V roce 1979 EPA dokumentuje azbest jako známý karcinogen a oznamuje záměr zakázat všechna použití této látky. (*Asbestos.com*, ©2019)

3.5.2 Výrobky z azbestu

Výrobky z azbestu našly široké uplatnění, dokud nebyla známa jeho škodlivost a byly vyzdvihovány jen kladné vlastnosti tohoto minerálu, mohli jsme se setkat s výrobky i tam, kde je to pro nás v dnešní době absurdní. Použití azbestu nebylo omezeno pouze na stavební průmysl, ale byl použit i do mnoha výrobků určených pro malé spotřebitele do domácnosti. Z azbestu se vyráběly vánoční ozdoby, šperky, oděvy. Nejviditelnějším

byl počátkem dvacátého století umělý sních, který nebyl nic jiného než čistá načechnaná chryzotilová vlákna. (Bouwman, 2014)



Obr.15: azbestový dětský obleček
(Rapid Asbestos Removals©2019)



Obr. 16: Nejznámějším výrobcem cigaret na bázi azbestu byl Kent
(Rapid Asbestos Removals©2019)



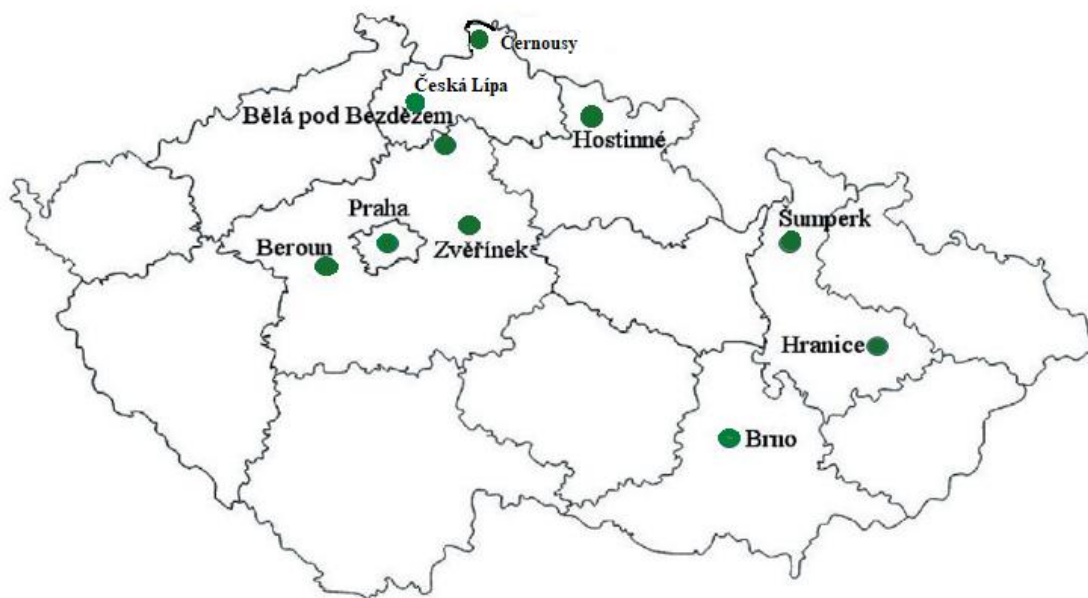
Obr. 17: Pure White Snow – vyroben z chryzotilových vláken
(Rapid Asbestos Removals©2019)

Během vrcholné éry používání azbestu byl materiál začleněn do přibližně 3000 druhů produktů. Nejvíce byl azbest využíván ve stavebnictví jako stropní obklady, spárovací hmoty, cement, sádkokarton, střešní krytina, linoleum. Dlouhá azbestová vlákna byla ideální pro spřádání, proto byl spřádán do různých textilních výrobků, jako

jsou provazy, látky, těsnící šňůry. Z látek se pak šily oděvy jako rukavice, zástěry, ale i celé obleky. Dalším významným odvětvím je automobilový průmysl, mnoho částí aut, která jsou vystavena vysokým teplotám a tření, obsahovala azbest. (MŽP, 2018)

Výrobek	Místo výroby	Ukončení výroby
Střešní šablona Eternit, Beronit	Beroun, Šumperk, Nitra	1912–1996
Vlnitá střešní krytina typu a a B (podle velikosti „vlny“)	Beroun, Šumperk, Hranice, Nitra, Púchov	1995
Hřebenáče, tvarovky a střešní větrací prvky	Beroun, Šumperk, Hranice, Nitra,	1996
Izolační šňůra	Zvěřínek	1990
Netkané textilie NETAS	Zvěřínek	1990
Izolační deska ID a IDK	Zvěřínek	1990
Květinové truhlíky a zahradní doplňky	Beroun, Nitra	1999
Tlakové a kanalizační roury a tvarovky	Beroun, Hranice, Nitra	1999
Interiérové velkoplošné desky (Dupronit A, B, C, Ezalit A, B, C)	Beroun, Šumperk, Nitra, Púchov	1995,2000
Desky exteriérové a podstřešní (Dekalit, Lignát, Cembalit, Cemboplat, Unicel)	Beroun, Hranice, Šumperk, Černousy, Púchov, Nitra	1995
Sendvičové desky s pěnovým polystyrenem	Nitra	1995
Desky Pyral	Praha	1992
Desky Izomin, Akumin, Calothermex	Nová Baňa, Baňská Štiavnica	1992
Asfaltové desky ASBIT	Brno	1990
Asfaltové pásy – Aralebit, Bitagit, Cufolbit, Arabit – S, plastbit	Brno, Hostinné, Bělá pod Bezdězem	1990
Nástříkové hmoty Pyrothem	Praha, Dlhá Ves, Čičajovice, Parchovany	1992

Tab. 1: přehled stavebních materiálů s obsahem azbestu (MŽP,2018)



Obr. 18: místa výroby stavebních výrobků s azbestem v ČR letech 1912-1999

Výrobní podnik	Místa výroby
Azbestocementové závody n. p. (s. p.)	Beroun, Hranice, Nitra, Púchov
Eternitové závody n. p. (s. p.)	Šumperk
Azbestos n. p. (s. p.)	Zvěřínek
Izolační závody n. p. (s. p.)	Brno
Stavební izolace n. p. (s. p.)	Praha
Severočeské dřevařské závody n. p. (s. p.) Česká Lípa	Černousy
Krkonošské papírny n. p. (s. p.)	Hostinné
Dehtochema n. p. (s. p.)	Bělá pod Bezdězem
Stavební závody těžkého strojírenství	Dlhá Ves, Čičajovice
Jednotné rolnické družstvo (JRD)	Parchovany
Rudné baně n. p. (s. p.)	Banská Štiavnica
Stavební závody těžkého strojírenství	Nová Baňa

Tab. 2: výrobci stavebních výrobků obsahující azbest (Báčová M., 2007)

4 ZDRAVOTNÍ RIZIKA ZPŮSOBENÁ EXPOZICÍ AZBESTU

Každý je během svého života vystaven azbestu. Ve vzduchu, vodě i půdě jsou přítomny nízké hladiny azbestu. Většina lidí však z jejich expozice není nemocná. Lidé, kteří onemocní, jsou obvykle ti, kteří jsou vystaveni azbestu pravidelně, nejčastěji v zaměstnání, kde pracují přímo s materiálem nebo prostřednictvím environmentálního kontaktu. (*Vít M., 2014*)

Několik faktorů může pomoci určit, jak expozice ovlivňuje jednotlivce:

- dávka (jakému množství azbestu byl jedinec vystaven)
- trvání/doba (jak dlouho byl jedinec vystaven)
- velikost, tvar a chemické složení azbestových vláken
- zdroj expozice
- jednotlivé rizikové faktory, jako kouření a již existující onemocnění plic
- genetické faktory, jako například mutace zárodečné linie

Přestože jsou všechny formy azbestu považovány za nebezpečné, různé typy azbestových vláken mohou být spojeny s různými zdravotními riziky. Několik studií naznačuje, že amfibolové formy azbestu mohou být škodlivější než chryzotil, zejména pokud jde o riziko mezoteliomu, neboť díky své morfologii mají tendenci zůstat delší dobu.

Jednotlivci, kteří byli vystaveni azbestovým vláknům a mají tyto příznaky, by měli vyhledat lékaře a své podezření s ním konzultovat. (*National cancer institute, 2017*)

Příznaky:

- dýchavičnost, sípání nebo chrapot
- přetrvávající kašel, který se postupem času zhoršuje
- krev ve sputu (tekutině vykašlané z plic)
- bolest na hrudníku
- potíže s polykáním
- otok krku nebo obličeje

- ztráta chuti k jídlu
- ztráta váhy
- únava nebo anémie

Každý, kdo žil s pracovníkem, který byl exponován azbestem, byl vystaven sekundární expozici. K takové expozici došlo u mnoha členů domácnosti zvláště běžným způsobem, jako je praní oblečení. (*Asbestos.com, ©2019*)

4.1 Inhalační riziko expozice azbestových vláken

Množství azbestových vláken ve vzduchu může být nadprůměrné také v okolí budov, které jsou postaveny z azbestových stavebních materiálů nebo budovy, které jsou bourány či rekonstruovány. Nebezpečí úniku azbestových částic je také v blízkosti skládek. To především v případech, kdy azbest není řádně přikryt nebo jinak uložen tak, aby byl chráněn před erozí větrem.

Koncentrace azbestu ve vzduchu v uzavřených prostorách závisí na způsobu jeho použití. Rozlišujeme, zda bylo azbestu použito k izolaci, zda se nachází na stropěch nebo podlahových krytinách nebo ho bylo použito při budování interiéru za jinými účely. Záleží také na tom, jestli jsou azbestové materiály či součásti v dobrém stavu nebo jsou už v horší kondici. (*Vít M., 2014*)

Azbestová vlákna jsou inhalována do spodních partií dýchacích cest, kde mohou plicní část poškozovat. Vznik a perzistence je i řadu let po expozici.

Při vdechnutí nebo spolknutí mikroskopických azbestových vláken se mohou zachytit v dýchacích cestách nebo v trávicím traktu. Tělo se může zbavit některých vláken vykašláním, ale mnoho vláken zůstane. Žádná úroveň expozice není považována za bezpečnou. Většina problémů se objevuje až po letech, a to po opakované a dlouhodobé expozici.

4.2 Riziko konzumace azbestových vláken s vodou

Azbest se do vody dostane rozpuštěním minerálů a rud obsahujících azbest, ale nejběžněji se tak stane z potrubí. Azbestová vlákna se uvolňují z azbestocementového potrubí. Ačkoliv je azbest prokázaným karcinogenem inhalační cestou, není tomu tak po

požití v pitné vodě. Byla provedena studie na zvířatech a azbest trvale nezvýšil výskyt nádorů gastrointestinálního traktu. (WHO, 1996)

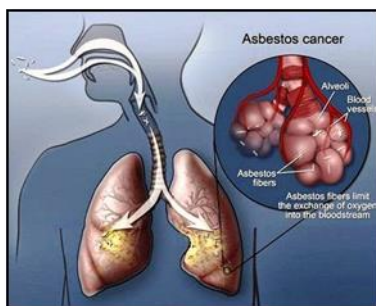
4.3 Onemocnění z azbestu

Azbest je klasifikován jako karcinogen 1. skupiny, je považován jednoznačně za příčinu rakoviny u člověka. Vdechování azbestových vláken může vyvolat chronická onemocnění plic, mezi něž patří rakovina plic, rakovina plicního epitelu a onemocnění dolní části trávicího traktu, azbestóza. Podle WHO s azbestem souvisí zhruba polovina všech úmrtí pracovních nádorových onemocnění. (WHO©2018)

4.3.1 Benigní (azbestóza, hyalinóza pleury)

Benigní – nezhoubný se užívá k označení takového onemocnění nebo jeho průběhu, které nevede k těžšímu poškození organismu, a které má popřípadě tendenci k vyléčení. Benigní nádor se vyznačuje omezeným růstem, neníčí okolní tkáň, zůstává ohraničen, nezakládá další ložiska metastázy.

Azbestóza – plicní onemocnění charakteru fibrózy vyvolané azbestem. Klinicky má onemocnění ráz plicní fibrózy s restriční ventilační poruchou a poruchou difuze s rozvojem dušnosti a respirační nedostatečností. Onemocnění může být chorobou z povolání. Prognóza je závažná, kromě zhoršování respiračních funkcí je častý vznik karcinomu plic.



Obr. 19: Rakovina z azbestu Azbestóza (OncoThAI©2020)

Hyalinóza pleury – hyalinní ztlustění pohrudnice a poplicnice, reakce na přítomnost azbestových vláken v pohrudniční dutině, kam se dostávají a postihují pohrudnici i poplicnici. Zdravotní potíže způsobují rozsáhlé změny poklesu funkce plic. Vyskytuje se až u třetiny exponovaných. (Vokurka a Hugo, 2015)

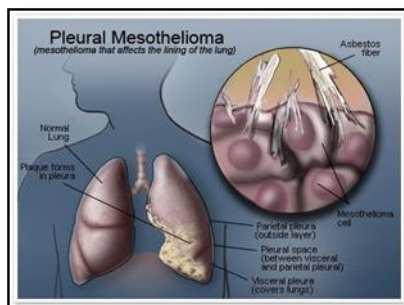
4.3.2 Maligní (karcinom plic, mezoteliom, peritonea)

Maligní – zhoubný je označení takové nemoci nebo jejího průběhu, které mohou vést k vážnému poškození organismu či úmrtí. Maligní nádorové bujení je proces, který se vyznačuje agresivním růstem, ničením okolní tkáně, zakládáním dceřiných ložisek – metastáz v jiných orgánech a celkovým vyčerpáním celého organismu. Bez léčby vede k smrti. Mezi maligní nádory řadíme karcinomy, sarkomy, lymfomy. (*Vokurka a Hugo, 2015*)

Karcinom plic je skupina rakovinných buněk, které mohou narůst a zničit okolní tkáň, může se také šířit do dalších částí těla. Pokud je počátek bujení v plicních buňkách nazývá se primární rakovina plic. Nemalobuněčný karcinom – adenokarcinom plic obvykle začíná ve žlázových buňkách na vnějších částech plic. Rakovinné bujení postihující průdušky se nazývá spinocelulární karcinom plic. (*Zatloukal a Petruželka, 2001*)

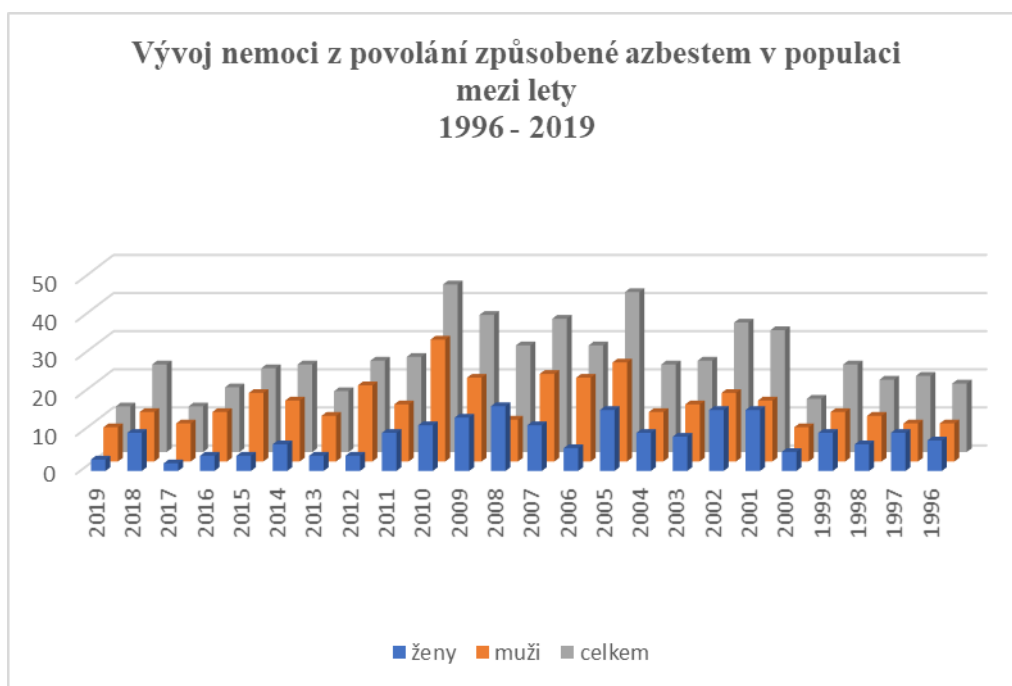
Mezoteliom je vzácná forma rakovinového bujení vyvíjejícího se z mezotelu, ochranné tkáně, jež pokrývá mnoho vnitřních orgánů těla. Výskyt je povětšinou zapříčiněn expozicí azbestu. Většina pacientů pracovala v prostředí, kde vdechovali nebo byli jinak vystaveni přítomnosti azbestu ve vzduchu. Přestože je práce s azbestem v evropských zemích již zakázána, jeho výskyt zatím stoupá. Je to dáno pravděpodobně tím, že onemocnění se projevuje až řadu let po expozici. Základní léčba je v posledních deseti letech chemoterapie, a to kombinací léků pemetrexed a cisplatina. (*Ceresoli G.L., 2019*)

Peritonea karcinom – se vyskytuje převážně u žen, i když jsou známy i dva případy onemocnění u mužů. Původně byl diagnostikován jako mezoteliom teprve koncem 70. let minulého století byl uznán samostatnou diagnózou. (*Zatloukal a Petruželka, 2001*)

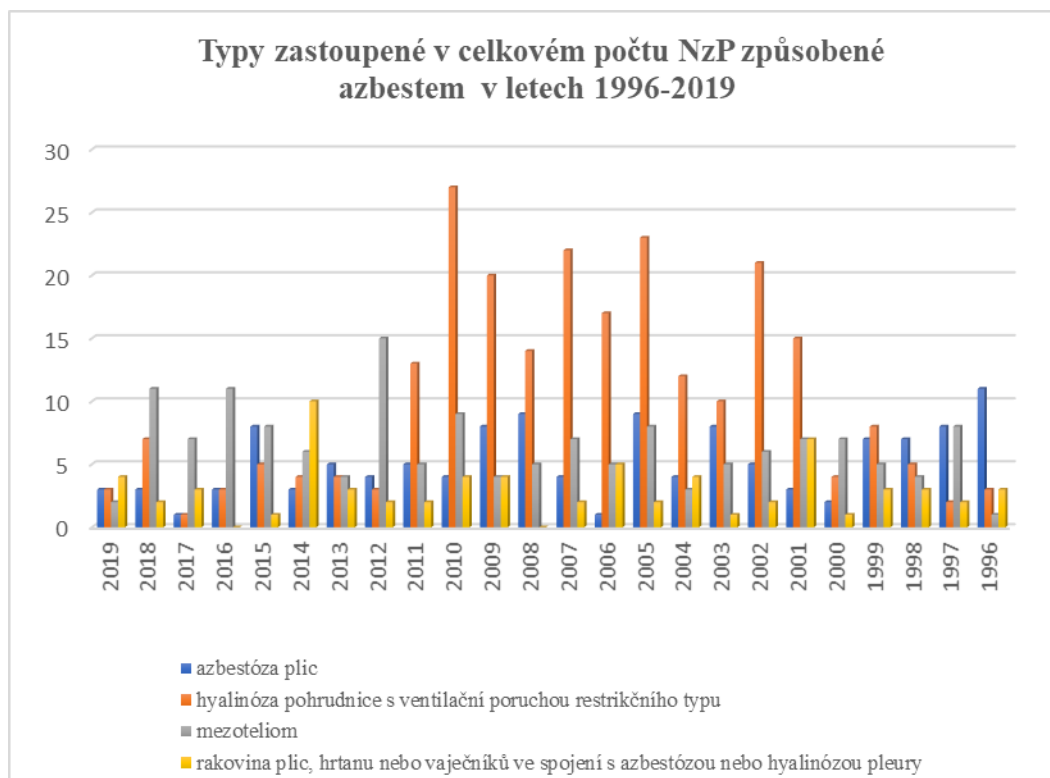


Obr. 20: Pleural Mesothelioma (*OncoThAI©2020*)

V České republice ukončily provoz závody zpracovávající azbest před více než dvaceti lety, přesto se v okresech, kde tyto provozy fungovaly, stále objevují nemoci z povolání související s azbestem. Od roku 1990 je evidováno 646 nemocí souvisejících s azbestem. Z tohoto počtu bylo 154 případů mezoteliomu. Mezoteliom je značně zhoubný nádor a v odborné literatuře je uváděna doba přežití mezi čtyřmi až dvanácti měsíci. (ZAM,2019)

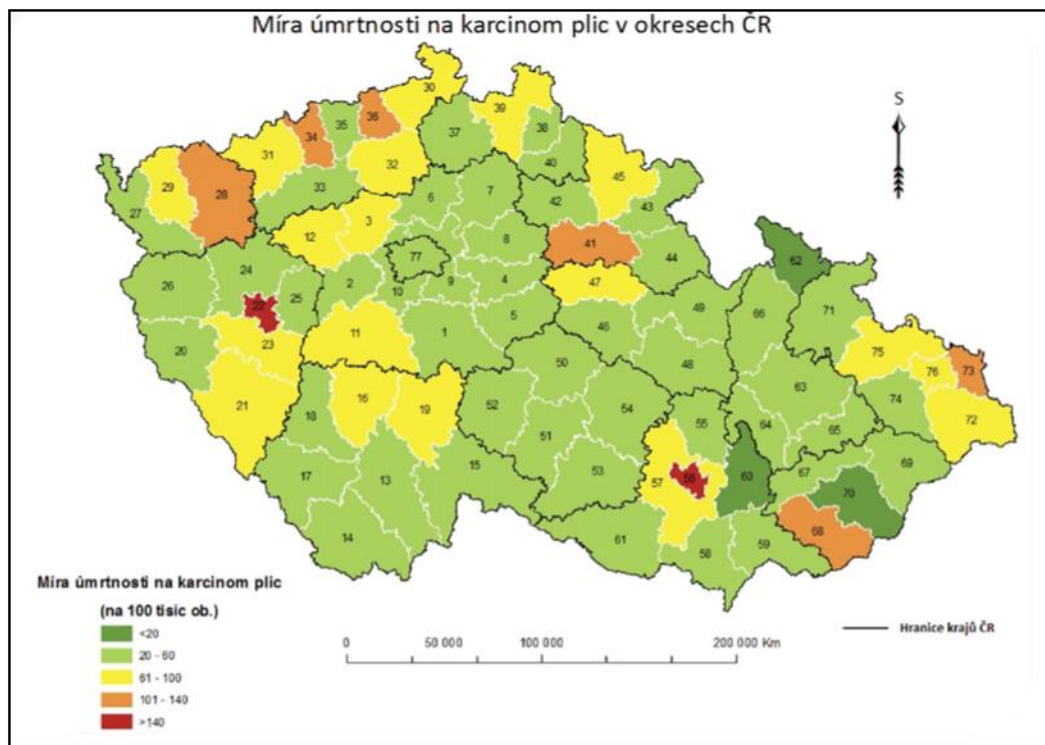


Obr. 21: Graf vývoje nemoci z povolání způsobené azbestem v populaci mezi lety 1996 – 2019 v ČR (zdroj z dat SZÚ)



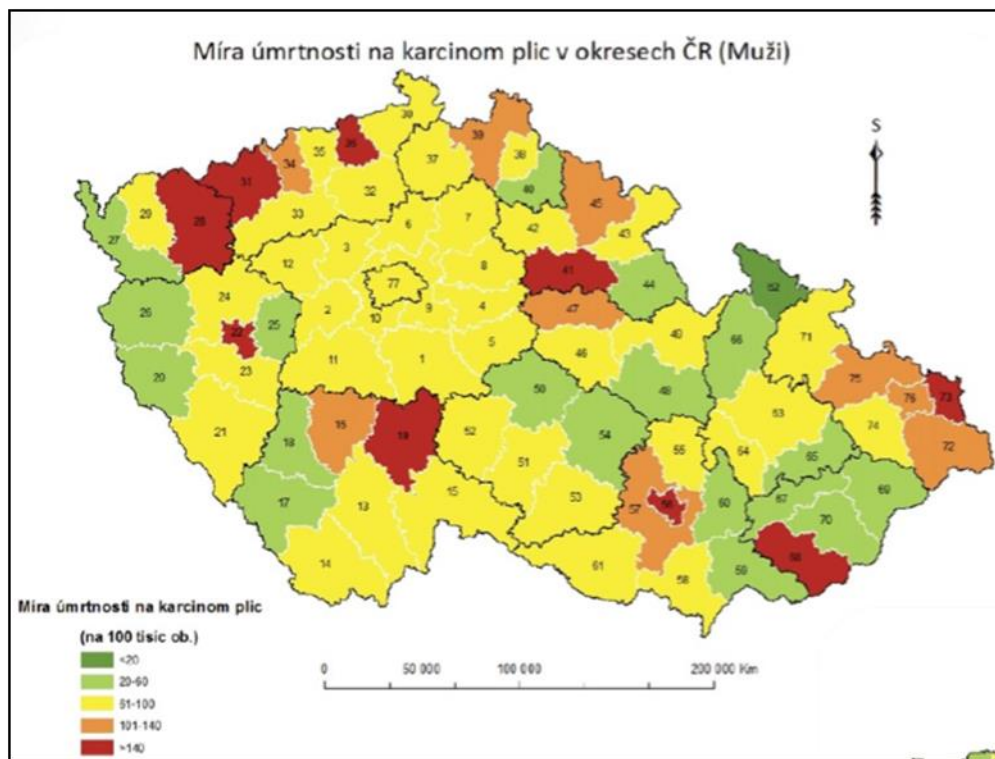
Obr. 22: Graf typů nemocí zastoupených v celkovém počtu NzP způsobené azbestem v letech 1996 – 2019 v ČR (zdroj z dat SZÚ)

Skryté nebezpečí ohrožení lidského zdraví je spojeno s těžbou kamene v běžných kamenolomech, jako jsou například Litice u Plzně a Želešice u Brna. Minerály na bázi azbestu se vyskytují přirozeně v nerostu, který se v těchto lomech těží. Následně se tento kámen používá na stavbách nebo jako posypový materiál a to bez jakékoliv kontroly. Tyto lomy jsou v činnosti několik desítek let. Zdraví lidí pracujících v těchto lomech a lidí žijících v okolí těchto lomů je tak ohroženo. Bohužel v České republice neexistuje závazná norma, regulující přípustné množství azbestu v tomto materiálu, je sledován pouze radon. Legislativně je zakázáno uvádět na trh výrobky, kam je azbest přidáván záměrně, ale není bohužel nijak ošetřen materiál, který azbest obsahuje přirozeně.

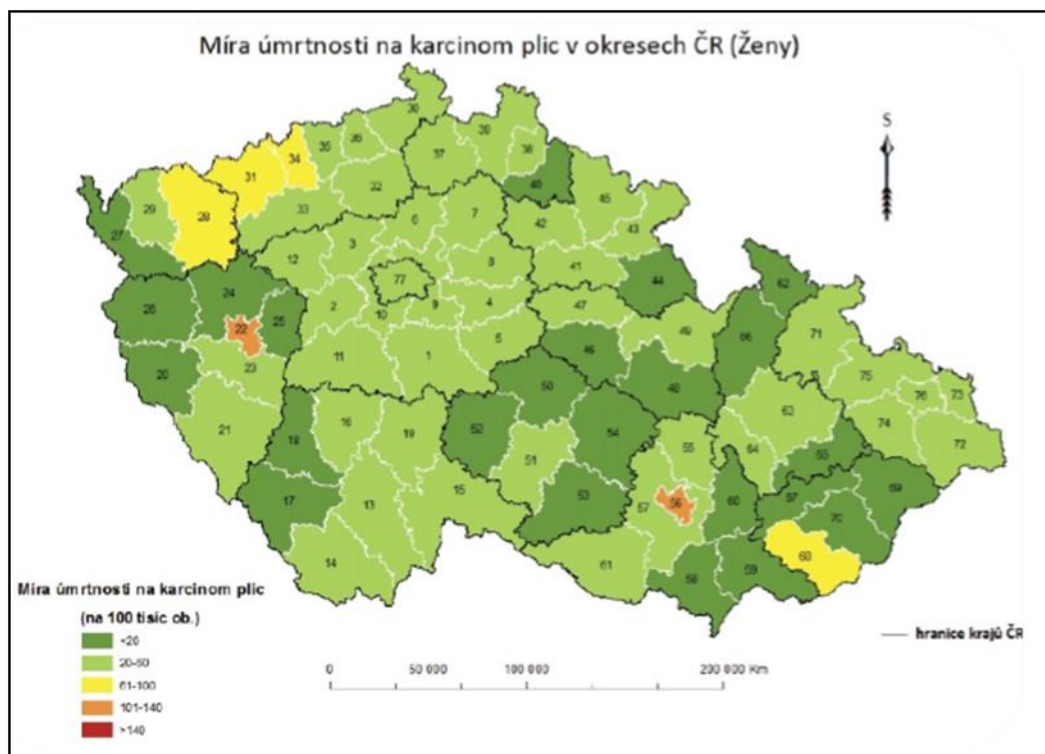


Obr. 23: Mapa míry úmrtnosti na karcinom plic v okresech ČR (Kotlík B.,2017)

Proto firma Eurovia provozující lom v Liticích převzala německou normu TRGS 517, která upravuje činnosti s minerálními surovinami a směsmi a výrobky z nich potenciálně obsahujícími azbest. Naše legislativa by si měla tuto normu vzít jako vzor a vhodně ji upravit pro zdejší podmínky. Dále je zapotřebí zmapovat situaci v kamenolomech ČR. Přezkoumat po odborné stránce azbest v kamenivu a nastavit jasná pravidla. (Baroch P.,2014)

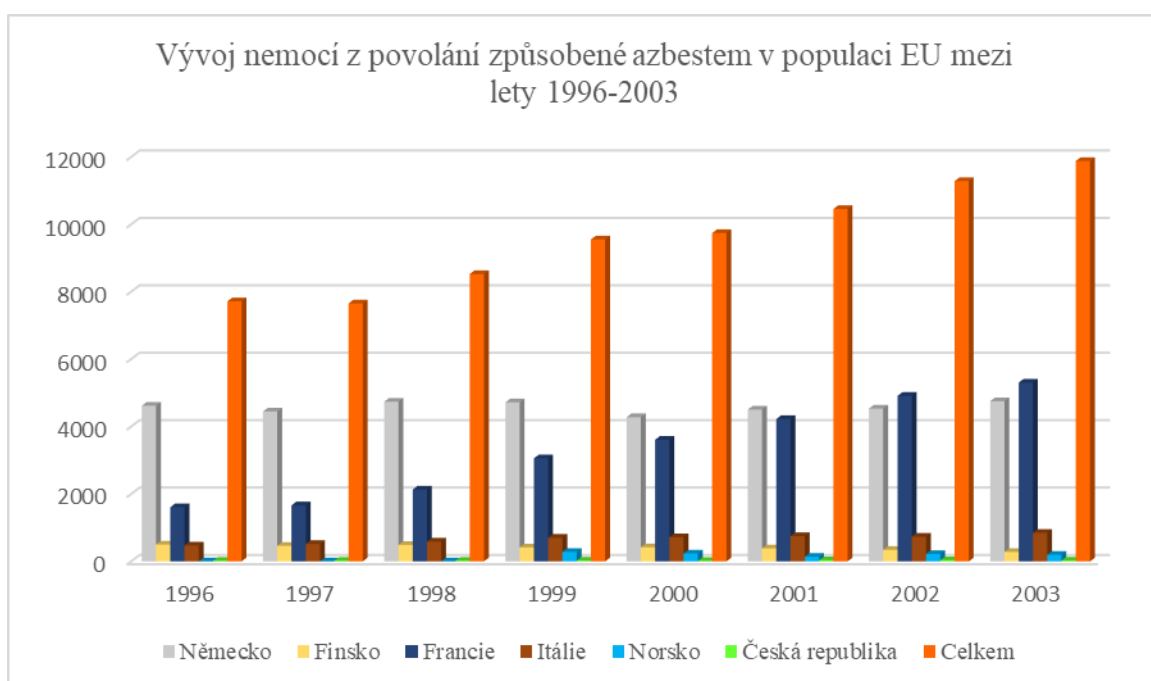


Obr. 24: Mapa míry úmrtnosti na karcinom plic v okresech ČR muži (Kotlík B.,2017)



Obr. 25: Mapa míry úmrtnosti na karcinom plic v okresech ČR ženy (Kotlík B.,2017)

Světové zdravotnické shromáždění se usneslo na provedení globální kampaně za odstranění nemocí související s azbestem. Pro eliminaci nemocí souvisejících s azbestem je důležité zastavit používání všech typů azbestu, poskytovat informace o možnostech bezpečnějších náhrad, zřízení registrů osob vystavených azbestu v minulosti ale i současnosti, organizování lékařského dohledu nad exponovanými lidmi. Důležité je zejména poskytování informací o rizicích spojených s materiály a výrobky obsahujícími azbest a zvyšování povědomí o tom, že s odpady obsahujícími azbest by se mělo nakládat jako s nebezpečnými odpady. (WHO,2018)



Obr. 26: Graf vývoje počtu NzP způsobené azbestem v letech 1996 – 2003 v EU
(zdroj z dat WHO)



Obr. 27: Země se zákazem azbestu. Červeně: země s úplným nebo částečným zákazem; oranžově země, u nichž se očekává, že do roku 2020 zcela zakážou azbest; šedě: země bez zákazů (*MDPI online*)

5 PŘEHLED LEGISLATIVY ČR A EU

Každá práce s azbestem se musí řídit platnou legislativou. Tato problematika je zanesena jak v legislativě EU, tak ČR, která z ní v mnoha případech vychází. Světová zdravotnická organizace řadí skupinu azbestových minerálů mezi karcinogenní látky. S cílem ochránit zdraví obyvatel přistoupily vyspělé země k zákazu azbestu a materiálů azbest obsahujících. (*Soukup A. 2018*)

5.1 Legislativní rámec EU v oblasti ochrany zdraví před expozicí azbestu

V červnu 1978 bylo přijato usnesení Rady o bezpečnosti a ochraně při práci a stanovilo zavedení zvláštních postupů týkajících se ochrany zaměstnanců proti azbestu. Směrnice Rady 80/1107/EHS obsahuje stanovení, ke kterým musí být přihlédnuto při zajištění ochrany a zavádí limitní hodnoty. Roku 1983 vznikla Směrnice rady Evropského společenství 83/477/EHS na ochranu zaměstnanců proti riziku expozice azbestem, také byla zveřejněna omezení týkající se trhu s azbestem a to směrnici 83/478/EHS, která zakazuje prodej a používání chryzotilu a zavádí povinné označení pro všechny produkty obsahující azbest. (*ESIPA, online*)

Roku 1985 byla vydána Směrnice rady 85/610/EHS, kterou se po sedmé mění směrnice 79/769/EHS a jmenovitě zakazuje nadále uvádět na trh hračky, materiály a přípravky k použití rozprašováním, ve výrobcích v práškové formě, v kuřáckých potřebách, v tepelných ohřívačích, v barvách a lacích. V roce 1991 Směrnice komise 91/659/EHS, kdy byl tento zákaz rozšířen o použití ostatních amfibolů a o 14 dalších kategorií výrobků. (*ESPIA, online*)

Roku 1999 rozhodla Evropská komise Směrnici 1999/77/ES o postupném odstranění veškerého použitého azbestu a úplném zákazu používání všech jeho typů. Jedinou výjimku činí chryzotil, jehož použití je povoleno v membránových chlorových elektroizolačních aparaturách. Nové instalace těchto aparatur nejsou povoleny. Povoleno je použití ve vojenském průmyslu. (*ESPIA, online*)

Evropská směrnice 2009/148/ES definuje ochranu zaměstnanců před riziky spojenými s expozicí azbestem při práci. Expozice zaměstnanců má být snížena na minimum,

pracovní prostředí pravidelně monitorováno a zaměstnanci nemají být vystaveni koncentraci azbestu ve vzduchu vyšší než 0,1 vláknů na cm³, vypočtené jako časově vážený průměr za referenční období osm hodin. (*ESPIA, online*)

Legislativní rámec EU v oblasti ochrany zdraví před expozicí azbestu	
80/1107/EHS	O ochraně zaměstnanců před riziky spojenými s expozicí chemických, fyzikálních a biologických činitelů při práci
83/477/EHS	O ochraně zaměstnanců před riziky spojenými s expozicí azbestu při práci (druhá samostatná směrnice ve smyslu č. 8 směrnice 80/1107/EHS)
83/478/EHS	O sblížení právních a správních předpisů členských států týkajících se omezení uvádění na trh a používání některých látek a přípravků (azbest)
85/610/EHS	Se poslední změnou směrnice 79/769/EHS, stanovila, že azbestová vlákna nesmí být nadále uváděna na trh a používána v hračkách, materiálech a přípravcích k použití rozprašování, ve výrobcích prodávaných v malém balení v práškové formě, v kuřáckých potřebách, v tepelných ohřívačích, v barvách a lacích
91/659/EHS	Se přizpůsobuje příloha I směrnice 76/769/EHS, stanovila, že všechny azbestová vlákna typu amfibolu a výrobky, které je obsahují, nesmí být nadále uváděny na trh a používány, stanovila, že azbestová vlákna typu chryzotilu a výrobky, které je obsahují, nesmí být nadále uváděny na trh a používány pro čtrnáct kategorií výrobků
1999/77/ES	Směrnice Komise 1999/77/ES ze dne 26. července 1999, kterou se po šesté přizpůsobuje technickému pokroku příloha I směrnice Rady 76/769/EHS o sblížení právních a správních předpisů členských států týkajících se omezení uvádění na trh a používání některých nebezpečných látek a přípravků (azbest)
2009/148/ES	o ochraně zaměstnanců před riziky spojenými s expozicí azbestu při práci

Tab. 3: legislativa v oblasti ochrany zdraví

V roce 2007 světové zdravotnické shromáždění schválilo akční plán, kam byla zařazena kampaň za odstranění nemocí souvisejících s azbestem. Pomoc WHO při odstraňování nemocí souvisejících s azbestem je zvláště zaměřena na ty členské státy, které stále azbest používají. NPEAD (národní program pro odstranění nemocí souvisejících s azbestem) je dokument, který ukazuje rozsah problému a strategii pro odstranění nemocí souvisejících s azbestem. Definuje dlouhodobé cíle, zejména ochranu zdraví zaměstnanců, veřejného zdraví a prostředí. Součástí NPEAD je NAP (National

Azbest Profile), je nástrojem pro informaci, definuje základní linie spotřebu azbestu, ohrožení populace současnými i minulými expozicemi. NAP je pravidelně aktualizován a slouží k měření pokroku a dosažených cílů stanovených NPEAD. NAW (National Asbestos Workplan) je operační nástroj pro zavedení opatření, které mají dosáhnout cíle NPEAD. Pracovní plán by měl být proveditelný a přizpůsoben situaci v konkrétních státech a měl by zahrnovat časové cíle a nezbytné mechanismy pro plnění tohoto plánu.

Všechny tyto prvky vyžadují konzultace mezi jednotlivými vládními agenturami, průmyslem a dalšími zúčastněnými stranami o proveditelnosti projektu a jeho cíle. (WHO,2007)

5.2 Legislativní rámec ČR v oblasti ochrany zdraví před expozicí azbestu

Směrnicí ministerstva zdravotnictví ČR č.64/1984 Sb. o zásadách pro práce s chemickými karcinogeny byl azbest zařazen mezi prokázané karcinogeny pro člověka. Používání azbestových výrobků bylo omezeno pouze na případy, kdy není možné použít jiný materiál a bylo zakázáno použití azbestu nástřikem. V roce 1990 se tato směrnice mění a doplňuje o hygienické zásady pro práci s azbestem a výrobky obsahujícími azbest. (Kleger L. Válek P., online)

Nařízením vlády č. 290/1995 je stanoven seznam nemocí z povolání, jehož součástí jsou i nemoci dýchacích cest, plic, pohrudnice nebo pobřišnice způsobené prachem azbestu. Toto nařízení vlády bylo v roce 2011 novelizováno (NV č. 114/2011 Sb.)(*zákony pro lidi, online*)

Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví určuje právnické osobě povinnost nahlásit práci s azbestem na příslušnou hygienickou stanici. Vyhláška MZ č. 89/2001 Sb. stanovuje kritéria, faktory a limity pro zařazení prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů a náležitosti hlášení prací s azbestem. V roce 2003 je novelizována Vyhláškou MZ č. 432/2003 Sb., do které jsou zapracovány předpisy Evropské unie. Vyhláškou MZ č. 6/2003, stanovující hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností (nemocnice, školy, kanceláře, apod.), určuje limit 1000 vláken na m³. (Homola P. a kol., 2012))

Zákon č. 309/2006 Sb. o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci určuje povinnost zaměstnavatele provádění prací s azbestem v kontrolovaných pásmech. Pásma jsou viditelně označena a zajištěna tak, aby do nich nevstupoval nikdo jiný než zaměstnanci, kteří zde vykonávají práci. V tomto zákoně jsou vyjmenovány zakázané práce, a to zejména aplikace nástřikem a pracovní postupy, které zahrnují tepelně nebo zvukově izolační materiály s hustotou menší než 1 g/cm^3 . Zákaz se netýká pouze výzkumných laboratorních prací, analytických prací, dále práce při likvidaci zásob, odpadů a zařízení, která azbest již obsahují. Vyhláška č.394/2006 stanoví práce s ojedinělou a krátkodobou expozicí azbestu. Za ty se považují práce související s údržbou a pouze s nedrolivými materiály. Dále práce spojené s odstraňováním nerozrušených a nedrobivých materiálů, v nichž je azbest pevně zakotven v pojivu nebo při zapouzdřování či potahování ochrannými prostředky proti uvolňování azbestu. Za práci ojedinělou nebo s krátkodobou expozicí se považuje i měření koncentrací v ovzduší a odběr vzorků ke stanovení přítomnosti a koncentrace azbestu. Stavební zákon č. 183/2006 Sb. ukládá povinnost vlastníkovu stavby ohlásit stavebnímu úřadu stavbu, v níž je azbest přítomen a zajistit aby odstranění provedla odborná firma nebo pokud tak bude činit svépomocí, musí mít zajištěn stavební dozor osobou, která má k tomu oprávnění. Vyhláška 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb udává náležitosti dokumentace bouracích prací, zejména výsledky stavebního průzkumu. Podmínky ochrany zdraví při práci pak stanoví NV č. 361/2007, kterým se ukládá povinnost poskytování osobních ochranných prostředků a jejich údržbu, organizaci práce a pracovních postupů a minimální požadavky na obsah školení zaměstnance při práci, při které může být ohrožen azbestem. Toto nařízení vlády je, co se týče azbestu, velmi obsáhlé a snaží se shrnout vše kolem azbestu. NV č. 361/2007 dále stanovuje maximální expoziční limit během prací s azbestovými materiály na $100\,000$ vláken na m^3 za 8 hodinovou směnu. Jeho dodržení sleduje KHS pomocí nařízených odběrů ovzduší během prací. (*Krajská hygienická stanice kraje Vysočina, online*)

Vyhláškou č.107/2013 Sb. je novelizována vyhláška č. 432/2003 Sb., kterou se stanovují podmínky pro zařazování prací do kategorií, a určuje náležitosti hlášení prací s azbestem. (*Janáková A., 2019*)

Legislativní rámec ČR v oblasti ochrany zdraví před expozicí azbestu	
Směrnice č.64/1984 Sb.	Směrnice MZ ČR – hlavního hygienika č. 64/1984 Sb.
NV č. 290/1995	Nařízení vlády, kterým se stanoví seznam nemocí z povolání (novelizace NV č.114/2011)
Zákon č. 258/2000 Sb.	Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů
Vyhláška č.89/2001 Sb.	Vyhláška Ministerstva zdravotnictví, kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli (NV č.432/2003 Sb.)
Vyhláška č. 6/2003 Sb.	Vyhláška, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb
Zákon č. 309/2006 Sb.	Zákon, kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci)
Zákon č. 183/2006 Sb.	Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
Vyhláška č.499/2006 Sb.	Vyhláška o dokumentaci staveb
NV č.361/2007 Sb.	Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci
Vyhláška č.107/2013 Sb.	vyhláška, kterou se mění 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

Tab. 4: legislativní rámec ČR v oblasti ochrany zdraví před expozicí azbestu

5.3 Legislativní rámec EU odpadového hospodářství s obsahem azbestu

V roce 1987 rada Evropského společenství vydala směrnici rady 87/217/EHS o předcházení a snižování znečištění ŽP azbestem, která zahrnuje kontrolu odpadu obsahujícího azbest. Členské státy mají zajistit, aby na skládky byl přijímán pouze odpad, který splňuje daná kritéria příslušné třídy skládky. Rozhodnutí rady 2003/33/ES stanoví kritéria a postupy pro přijímání odpadů na skládkách podle článku 16 směrnice 1993/31/ES a její přílohy II., je zde stanoven postup pro určování přijatelnosti odpadu na skládky, stanovení mezních hodnot a dalších kritérií, stanovují se zde zkušební metody pro určení přijatelnosti odpadu pro skládky. (*enviWeb, 2012, ESPIA, online*)

Legislativní rámec EU odpadového hospodářství s obsahem azbestu	
87/217/EHS	Směrnice Rady ze dne 19. března 1987 o předcházení a snižování znečištění životního prostředí azbestem
2003/33/ES	Rozhodnutí Rady ze dne 19. prosince 2002, kterým se stanoví kritéria a postupy pro přijímání odpadů na skládky podle článku 16 a přílohy II směrnice 1999/31/ES (2003/33/ES)
1993/31/ES	směrnice Rady 1993/31/ES ze dne 26. dubna 1999 o skládkách odpadů
98/2008/ES	Směrnice Evropského parlamentu a Rady 98/2008/ES o odpadech a zrušení některých směrnic

Tab. 5: legislativní rámec EU odpadového hospodářství s obsahem azbestu

5.4 Legislativní rámec ČR odpadového hospodářství s obsahem azbestu

Povinnost při nakládání s azbestovým odpadem určuje zákon 185/2001 Sb. Vyhláška 381/2001 Sb. pak zařazuje odpad do kategorií podle katalogu odpadů. Podle vyhlášky 383/2001Sb. o podrobnostech nakládání s odpady, má vlastník (dodavatel) odpadu povinnost poskytnout oprávněné osobě, která dále bude s odpadem nakládat, základní popis odpadu. (*MŽP, 2008*)

V roce 2005 vznikla vyhláška č.294/2005 o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu. Tato vyhláška určuje, na jaké typy skládek se smí odpad a azbestem ukládat. Jedná se o skládky s označením S-OO a S-NO, a to za splnění určených podmínek. Na skládku S-OO se smí ukládat odpad do vyhrazených sektorů, odpad nesmí obsahovat jiný než azbestový odpad a azbest musí být vázán pojivem nebo být neprodyšně zabalený v těsnícím obalu. Před hutněním skládky musí být překryta vhodným materiálem, a pokud není odpad zabalen, musí být pravidelně zkrápěn. Nesmí se zde provádět žádné práce, které by mohly vést k uvolnění vláken a musí být přijata vhodná opatření která zabrání jakémukoliv kontaktu lidí s odpadem po dobu provozu, ale i po uzavření skládky. Součástí evidence o uložení odpadu je dokumentace s plánkem o umístění odpadu. Zákon č. 7/2005 a 106/2005 mění zákon 185/2001 Sb. o odpadech. Určuje povinnost původce odpadu obsahujícího azbest, jak s tímto odpadem nakládat, zajistit, aby z odpadu do ovzduší nebyla žádná vlákna uvolňována a byla řádně upravena a uložena na skládkách k tomu určených. *(MŽP, 2018)*

V roce 2008 byl vydán zákon č. 25/2008 Sb. o integrovaném registru znečišťování životního prostředí, kde je zmiňována ohlašovací povinnost pro zařízení na výrobu azbestu a produktů na bázi azbestu. Na základě zákona č. 350/2011 vydalo MŽP metodický návod pro řízení vzniku odpadů s azbestem. *(MŽP, 2018)*

Roku 2013 vychází novela zákona o odpadech č. 169/2016 Sb. (původní zákon o odpadech č. 185/2001Sb.), která má ulevit administrativě v malých a středních firmách v oblasti nakládání s odpady. Původce již nemusí žádat o souhlas k shromažďování, stačí mu elektronická evidence přepravy v systému evidence přepravy nebezpečných odpadů (SEPNO) a nejpozději do 3 pracovních dnů opravit údaje pokud vznikl rozpor mezi skutečnými a hlášenými údaji. *(ECOSERVIS, online)*

Vyhláška č.93/2016 o katalogu odpadů přiřazuje každému odpadu unikátní kód. Tento kód slouží k přesné identifikaci a určuje, jak s tímto odpadem nakládat. Slouží k přesnému vedení evidence produkce odpadů. Katalogové číslo se skládá z šesti číslic, kde první dvě určují skupinu odpadů z 20 základních skupin. Tyto skupiny označují způsob vzniku, odvětví nebo z které činnosti odpad vzniká. Prostřední dvě čísla značí podskupinu odpadu a specifikují oblast a okolnosti vzniku odpadu. Poslední dvě čísla určují přesně, o jaký odpad se jedná. *(MŽP, 2012)*

Legislativní rámec ČR odpadového hospodářství s obsahem azbestu	
Zákon č. 185/2001 Sb.	Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů
Vyhláška č. 381/2001 Sb.	Vyhláška Ministerstva životního prostředí, 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 (Katalog odpadů)
Vyhláška č. 383/2001 Sb.	Vyhláška Ministerstva životního prostředí o podrobnostech nakládání s odpady
Vyhláška č. 294/2005 Sb.	Vyhláška o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady
Zákon č. 7/2005 Sb.	Zákon, kterým se mění zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů
Zákon č. 106/2005 Sb.	Úplné znění zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, jak vyplývá z pozdějších změn
Zákon č. 350/2011 Sb.	Zákon o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon)
Zákon č. 169/2013 Sb.	Zákon, kterým se mění zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, 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, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů
Vyhláška č. 93/2016 Sb.	Vyhláška o Katalogu odpadů
Vyhláška č. 94/2016 Sb.	Vyhláška o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů

Tab. 6: legislativa odpadového hospodářství

Vyhláška č.93/2016 o katalogu odpadů přiřazuje každému odpadu unikátní kód, Tento kód slouží k přesné identifikaci a určuje, jak s tímto odpadem nakládat. Slouží k přesnému vedení evidence produkce odpadů. Katalogové číslo se skládá z šesti číslic, kde první dvě určují skupinu odpadů z 20 základních skupin. Tyto skupiny označují

způsob vzniku, odvětví nebo z které činnosti odpad vzniká. Prostřední dvě čísla značí podskupinu odpadu a specifikují oblast a okolnosti vzniku odpadu. Poslední dvě čísla určují přesně, o jaký odpad se jedná. (MŽP, 2012)

Odpady s obsahem azbestu jsou v katalogu odpadů přiřazeny do několika skupin. Původce odpadů má povinnost zařadit odpad do příslušné kategorie z Katalogu odpadů podle druhů zde uvedených. Odpad obsahující azbest je zařazen mezi nebezpečný odpad pro jeho nebezpečnou vlastnost – karcinogenitu. Jestliže nelze odpad s určitostí zařadit do příslušné kategorie, zařazení provede MŽP na návrh příslušného obecního úřadu obce s rozšířenou působností. (MŽP, online)

06	Odpady z anorganických chemických procesů
06 07 01*	Odpady obsahující azbest z elektrolýzy
06 13 04*	Odpady ze zpracování azbestu
10	Odpady z tepelných procesů
10 13 09*	Odpady z výroby azbestocementu obsahující azbest
10 13 10	Odpady z výroby azbestocementu neuvedené pod číslem 10 13 09
15	Odpadní obaly, absorpční činidla, čisticí tkaniny, filtrační materiály a ochranné oděvy jinak neurčené
15 01 11*	Kovové obaly obsahující nebezpečnou výplňovou hmotu (např. azbest) včetně prázdných tlakových nádob
16	Odpady v tomto katalogu jinak neurčené
16 02 10*	Vyřazené zařízení obsahující volný azbest
17	Stavební a demoliční odpady (včetně vytěžené zeminy z kontaminovaných míst)
17 06	Izolační materiály a stavební materiály s obsahem azbestu
17 06 01*	Izolační materiál s obsahem azbestu
17 06 05*	Stavební materiály obsahující azbest

Tab. 7: Zařazení odpadů s obsahem azbestu v Katalogu odpadů (vyhláška 93/2016 Sb.)

5.5 Legislativní rámec EU zabývající se problematikou azbestu v oblasti chemických látek

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č.1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek známé jako REACH by mělo zajistit vysokou úroveň ochrany lidského zdraví a ŽP a volný pohyb látek samotných a obsažených v přípravcích a předmětech. Fungování vnitřního trhu lze dosáhnout, pokud se nebudou požadavky, kladené na látky mezi jednotlivými členskými zeměmi významně lišit. Toto nařízení nahradilo několik starých právních předpisů a sjednotilo je v jeden dokument. Za registraci by měli být zodpovědní jejich výrobci a dovozci. Registrovaným látkám by měl být umožněn pohyb na vnitřním trhu.

Cílem tohoto nařízení je ochrana lidského zdraví a ŽP před riziky, která mohou chemické látky znamenat. Posílení konkurenceschopnosti chemického průmyslu v EU, jež je klíčovým odvětvím hospodářství EU a zároveň podpořit alternativní metody hodnocení nebezpečnosti chemických látek. Zajistit také volný oběh chemických látek na vnitřním trhu EU. V rámci tohoto nařízení je vydávána kandidátská listina látek, vzbuzující mimořádné obavy tzv. SVHC Candidate list, jako jsou látky karcinogenní, mutagenní, toxické atd. Látky jsou sem zařazovány na návrh členských zemí, v případě ČR tento návrh podává MŽP. U látek vyskytujících se na kandidátské listině se předpokládá omezení výroby, použití nebo uvádění na trh, nahrazení bezpečnějšími alternativami. Používání může být připuštěno v případě, že z tohoto použití plyne všeobecný společenský prospěch. Látky zahrnuté na seznamu splňují jednu nebo více podstatných vlastností uvedených v článku 57 nařízení REACH o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek. (*MPO2007, ARNIKA, online*)

Obchod s chemickými látkami a směsmi probíhá, jak na vnitřním trhu, tak v celém světě. Aby byl tento obchod co nejjednodušší a současně byla zajištěna ochrana lidského zdraví a ŽP bylo vydáno nařízení ES č. 1907/2006 o klasifikaci, označování a balení chemických látek a směsí tzv. CLP (Classification, Labelling and Packaging) tento právní předpis je v platný v celé EU a vychází z globálně harmonizovaného systému klasifikace a označování chemických látek UN GHS. Nařízení CLP je právně závazné ve všech členských státech. (*EnviGroup,2010*)

Legislativa ČR zabývající se problematikou azbestu v oblasti chemických látek	
ES č. 1907/2006 REACH	Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006, ze dne 18. prosince 2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky, a o změně směrnice 1999/45/ES a o zrušení nařízení Rady (EHS) č. 793/93, nařízení Komise (ES) č. 1488/94, směrnice Rady 76/769/EHS a směrnic Komise 91/155/EHS, 93/67/EHS, 93/105/ES a 2000/21/ES
ES č. 1272/2008 CLP	Nařízení (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006

Tab. 8: legislativa ČR zabývající se problematikou azbestu v oblasti chemických látek

5.6 Legislativní rámec ČR zabývající se problematikou azbestu v oblasti chemických látek

Rokem 1999 vstoupil v platnost zákon č.157/1998 Sb. o chemických látkách a chemických přípravcích. Součástí tohoto zákona byla příloha č.2 definující látky, u kterých byl zakázán dovoz, výroba a distribuce v ČR. Byla sem zařazena amfibolová vlákna: krokydolit, amosit, antofylit, aktinolit a tremolit. Tento zákon byl následně nahrazen zákonem č.352/1999. Vstupem ČR do EU, tedy v květnu 2004 vstoupil v platnost zákon č. 356/2003 Sb. o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů ve znění pozdějších předpisů. (SZÚ, 2008)

Legislativa ČR zabývající se problematikou azbestu v oblasti chemie	
Zákon č. 157/1998 Sb.	Zákon o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých dalších zákonů (nahrazen zákonem 356/2003 Sb.)
Zákon č. 352/1999 Sb.	Zákon, kterým se mění zákon č. 157/1998 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých dalších zákonů, a některé další zákony
Zákon č. 356/2003 Sb.	Zákon o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů (nahrazen zákonem 350/2011 Sb.)
Zákon č. 25/2008 Sb.	Zákon 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.	Zákon o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon)

Tab. 9: legislativa ČR zabývající se problematikou azbestu v oblasti chemie

Implementaci nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č.1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek známé jako REACH má v ČR v kompetenci MŽP, to je hlavní správní úřad v oblasti ŽP, povoluje výjimky a informuje veřejnost o rizicích chemických látek. Dalším orgánem státní správy je MZ ve sféře ochrany veřejného zdraví před škodlivými účinky, umožňuje správním úřadům dálkový přístup k informacím za účelem ochrany veřejného zájmu, zvláště ochrany života a zdraví. Zastupuje ČR v orgánech Evropské agentury pro chemické látky. Uplatňování kontroluje ČIŽP, obsahem kontroly jsou dodavatelé chemických látek a směsí nebo předmětů, jejich dodržování ustanovení tohoto zákona, právních předpisů. ČIŽP ukládá pokuty za porušení těchto povinností v rámci nařízení REACH. Krajské hygienické stanice kontrolují obsah látek v předmětech určených pro styk s potravinami v hračkách, kosmetických prostředcích, výrobcích pro děti ve věku do 3 let a ve výrobcích určených k přímému styku s pitnou, teplou nebo surovou vodou a dalších obdobných účelech. Ukládá pokuty za porušení těchto povinností. Dalšími kontrolními úřady jsou Státní úřad inspekce práce, celní úřad a ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. (*Třetí ruka, online*)

6 PŘEHLED ANALYTICKÝCH METOD A POSTUPŮ STANOVENÍ AZBESTOVÝCH VLÁKEN

Pro analytické stanovení azbestových vláken byla vyvinuta řada technik. Stanovení se obvykle provádí ve třech krocích:

1. odběr vzorku
2. počítání vláken
3. stanovení typu vlákna

6.1 Odběr vzorků

Odběr vzorku závisí na typu matrice, který bude odebírán pro stanovení azbestu. Každá matrice má zvláštní požadavky pro odběr vzorku, tyto požadavky udávají normy pro dané matrice.

6.1.1 Odběr vzorků ovzduší

Česká republika má pro odběr ovzduší vlastní normu ČSN EN ISO 16000-7, která vychází z norem ISO 14966 a VDI 3492 a lze konstatovat, že je téměř shodná.

Odebrání vzorku vzduchu venkovního prostředí mohou ovlivnit povětrnostní podmínky v dané lokalitě. Jestliže je to možné měl by být odběr prováděn za ideálních podmínek, jako je nízká rychlost větru a nízká vlhkost. Po dobu odběru se povětrnostní podmínky zaznamenávají do protokolu odběru. (*Habalová J., 2017*)

Odebrání vzorku vzduchu z vnitřního prostředí se provádí obvykle tam, kde je podezření na výskyt azbestu ve stavebním materiálu použitém při stavbě objektu. Je tedy důležité před samotným odběrem si objekt prohlédnout a vytipovat kde budou vzorkovací stanice umístěny. (*ČSN EN ISO 16000 7, 2008*)

6.1.2 Odběr vzorků stavebních materiálů

Zde ČR chybí metodika, která by jasně stanovila, jak se mají vzorky stavebních materiálů odebírat a tak se většinou postupuje dle německé normy VDI 3866, část 1.

Odebrání vzorku stavebního materiálu provádíme nejlépe tam, kde je již materiál narušený, aby nevznikala další zbytečná místa úniku azbestu. Pomocí nástrojů

odebereme potřebné množství potřebné k analýze. Vzorek uložíme do vzduchotěsného sáčku, který opatříme červenočerným označením „pozor obsahuje azbest“ a polepí se identifikačním štítkem, obsahujícím potřebné informace, jako je datum, čas a místo odběru. Narušené místo důkladně zapouzdríme, aby se zabránilo uvolňování vláken. (VDI 3866-1,2000)



Obr. 28: Označování balených výrobků obsahujících azbest (83/478/EHS,1983)

6.1.3 Odběr vzorků půdy

Jedná se o oblast, kterou Česká republika dlouhodobě neřeší. Neexistuje žádný legislativní limit, natož postup, jak půdy odebírat. Současně ve světě, lze pozorovat naprosto opačný trend a azbest v půdě se dostává do popředí vědecké obce. Ve Velké Británii už dlouhou dobu usilovně testují vztah mezi mírou kontaminace půdy a ovzduší. Dle dosavadních poznatků lze předpokládat, že půda kontaminovaná azbestem v koncentraci 0,001 hm% může následně kontaminovat ovzduší v koncentracích >0,1 vláken na m³ (CAR-Soil TM,2012, ICRCL Guidance Note 65/84,1990). V ovzduší už azbest představuje zásadní nebezpečí a je třeba se touto problematikou zabývat.

6.2 Kvalitativní stanovení azbestových vláken pomocí PLM

Identifikace vláken v pevných vzorcích pomocí polarizačního mikroskopu je široce využívána v laboratořích po celém světě. Každý typ azbestových vláken má jiné specifické rysy, podle kterých lze určit, o jaký typ vlákna se jedná.

Vlastnosti, podle kterých lze určit typ vlákna:

- morfologie
- barva
- pleochroismus

- anizotropii
- zhášení
- charakter zóny

Výhodou této metody je nenáročnost vybavení, malá spotřeba materiálu cca 2 cm² nebo 1 cm³, krátký čas na analýzu, oči zkušeného pracovníka a mikroskop. Nevýhodou je nutná vysoká pečlivost a pracnost, zkušený pracovník a nelze identifikovat vlákna menší než 0,2μm.

Ztížení identifikace azbestu mohou mít různé rušivé vlivy v podobě jakéhokoliv dlouhého, tenkého materiálu viditelného pod mikroskopem. Může se jednat o materiály, které se běžně ve stavebnictví vyskytují, jako je křemelina, wollastonit, brucit apod. Dalšími vláknitými materiály jsou sklená vata, celulosová vlákna, syntetická vlákna, pavučiny atd. Ke ztížení identifikace může přispět i matrice, ve které jsou vlákna zakomponována, stávají se tak těžko separovatelná a je potřeba okolní matici odstranit. Mezi takovéto materiály patří guma, asfalt, vinyl, epoxid, cement, nátěry. Pro odstranění zmíněných matic se používají rozpouštědla kyselina chlorovodíková nebo směs heptanu a acetonu. V případě že vzorkem je asfalt, guma, PVC a podobné materiály je vhodné tyto vzorky vložit do pece a vystavit je po dobu 30–60 minut maximální teplotě 500°C. Doba je závislá na typu matrice a množství vzorku. Při této teplotě by se měla veškerá organická interferenční vlákna spálit a vzorek by se měl snadněji drtit a separace vláken by měla být snadnější. Pokud jsou vzorky vlhké suší se při teplotě 105°C. (VDI 3866-4,2000)

Počáteční zkouška vzorku probíhá pomocí stereoskopického mikroskopu, kde pomocí jehly, skalpelu, separační jehly a pinzety vyhledám jednotlivá vlákna, která oddělím od původního vzorku. Pokud se vzorek skládá z velkého kusu, musí se zmenšit drcením za použití mlýnu, třecí misky nebo kladiva. Obsahuje-li vzorek více odlišných vrstev nebo stavebních materiálů, měla by se každá vrstva považovat za jednotlivý vzorek, pokud jednotlivé vrstvy od sebe oddělit nejdu, analyzujeme vzorek jako směsný bez konkrétního určení, která vrstva azbest obsahuje. (VDI 3866-4,2000)

Vybraná vlákna položíme na separační sklíčko a zakápneme imerzní kapalinou pro kompletní určení optických vlastností, pomocí polarizačního mikroskopu

vlákna klasifikujeme jako azbestová nebo neazbestová. Imerzní kapalina je kapalina s indexem lomu větším než 1. Imerzní kapalina zvětšuje rozlišovací schopnost objektivu a jas obrazu. K identifikaci vlákna použijeme následující optické vlastnosti: morfologii, barvu, pleochroismus, charakter zóny, anizotropii a fázový kontrast. Podle předpokladu na daný typ azbestu zvolíme imerzní kapalinu, ve které připravíme preparát a provedeme identifikaci za pomoci optických vlastností analyzovaných vláken. Metodou fázového kontrastu poté dokončíme analýzu. Pokud si nejsme jisti typem vlákna, tak použijeme jako imerzní kapalinu cedrový olej. (VDI 3866-4,2000)

Viditelné parametry identifikovatelných azbestových vláken:

- Chryzotil

Chryzotil má tenká, vlnitá vlákna bílé barvy, kolenovité útvary, přímé zhášení, ráz délky kladný, při identifikaci vláken metodou fázového kontrastu se používá imerzní kapalina 1.550, kde kolmá vlákna, jsou zbarvena modro-fialově a vodorovná vlákna modro-žlutě.

- Amosit

Amosit má přímá, rovná poměrně dlouhá vlákna hnědé barvy, na konci se třepící, pravý úhel v ose ukončení, obvykle přímé zhášení, ráz délky kladný při identifikaci vláken metodou fázového kontrastu se používá imerzní kapalina 1.680, kde vodorovná vlákna jsou zbarvena modro-žlutě a kolmá modro-fialově. U dobře připraveného vzorku lze pozorovat zhášení šikmé (10–15°).

- Krokydolit

Krokydolit má rovná, neohebná vlákna, modře zbarvená, pleochroický, obvykle přímé zhášení, ráz délky záporný, při identifikaci vláken metodou fázového kontrastu se používá imerzní kapalina 1.700 nebo 1.680, kde vodorovná vlákna jsou zbarvena modře a kolmá vlákna modro-žlutě.

- Aktinolit

Aktinolit má jednotlivá vlákna, někdy roztřepená, pleochroický, světle až tmavě zelený, zhášení přímé nebo do 20°, ráz délky kladný, při identifikaci vláken metodou

fázového kontrastu se používá imerzní kapalina 1.605, kde kolmá vlákna jsou zbarvena do fialova a vodorovná vlákna do žluta.

▪ Tremolit

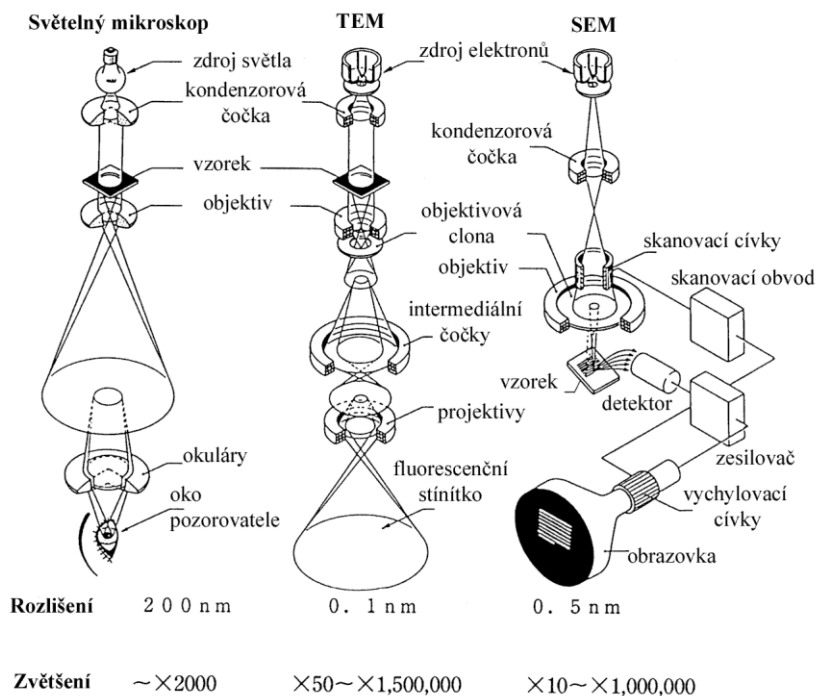
Tremolit má zhášení šikmé (do 21°), při identifikaci vláken metodou fázového kontrastu se používá imerzní kapalina 1.605 nebo 1.620, kde vodorovná vlákna jsou zbarvena modro-žlutě a kolmá vlákna modro-fialově. (*ISO 22262-1 2012, VDI 3866-4 2000*)

Pro kvalitativní stanovení azbestu pomocí optického mikroskopu existuje celá řada norem a národních předpisů. Mezi nejznámější patří americké EPA/600/R-93/116, OSHADA ID-191, NIOSHI 9002, německá VDI 3866, část 4, anglická HSG 248 nebo ISO 22262-1. Na základě svých zkušeností lze konstatovat, že jsou v principu shodné.

6.3 Kvalitativní stanovení azbestových vláken pomocí SEM/EDS

Princip této metody je zaměření úzkého paprsku elektronů ve vakuu na místo vzorku. Rastrovací elektronový mikroskop pracuje na principu dopadajícího tenkého svazku elektronů, které postupně dopadají na všechna místa vzorku. Odražený (emitovaný) paprsek se převádí na viditelný obraz. Předností této metody je, že v komoře vznikají ještě další signály, jako je RTG záření, Augerovy elektrony a katodoluminiscence, které dávají další informace o vzorku jako je prvkové složení. Zdrojem elektronů je na vrcholu tubusu žhavené wolframové vlákno, rozlišovací schopnost se pohybuje mezi 10 až 15nm. Rozlišovací schopnost je závislá na průměru svazku primárních elektronů dopadajících na povrch vzorku. Čím menší průměr hrotu katody a vysoká emise umožňují větší rozlišovací schopnost. Primární elektrony jsou urychleny mezi katodou a anodou, která má ve svém středu otvor, kterým elektrony protékají do soustavy elektromagnetických čoček. Výběr urychlovacího napětí závisí na typu vzorku, zvětšení, a do jaké míry se povrch vzorku nabíjí. Používáme urychlovací napětí 25kV, snížením tohoto napětí lze eliminovat nepříznivé efekty nabíjení, ale zvyšuje se vada čoček, což vede ke snížení rozlišovací schopnosti. Důležitou součástí optického systému je stigmátor jeho pomocí korigujeme astigmatismus elektromagnetických čoček. Zkoncentrovaný paprsek primárních elektronů pokryje řádky – rastrováním – malou plochu na vzorku. Počet řádků i jeho rychlost lze upravovat. V našem případě

jsme pro azbestové vzorky zvolili rastrovací rychlost 3. V dolní části tubusu se nachází komora s goniometrickým stolčkem, na který se upevňují držáky se vzorky. (VDI 3866-5,2017)



Obr. 29: konstrukce elektronového mikroskopu (ČVUT Praha, 2017)

Příprava vzorku

Pod stereomikroskopem zjistíme typ materiálu, homogenitu a přítomnost vláken. Nalezneme-li vlákna, odseparujeme je přímo na kovový držák opatřený uhlíkovou lepicí podložkou a vzorek můžeme vložit do mikroskopu k přímé analýze. Pokud vlákna nenalezneme, vzorek dále upravujeme, matrice jako jsou tmely, asfalty, lepidla, PVC a další materiály vložíme do žíhací misky vyložené alobalem a vložíme do pece na 30–60 minut na 500°C. Při této teplotě se spálí všechny organický materiál a vzorek se lépe nadrtí. Pevné matrice jako dlaždice, spáry, malta, azbestocementy se rozdrtí v achátové misce s tloučkem. Tvrdší matrice, které rozdrtit nelze, vložíme do kulového vibračního mlýnu. Nestandardní matrice, které nejdu rozdrtit dostupnou technikou, se analyzují v celku, pokud to umožňují jeho rozměry. Spálené a rozdrcené vzorky připravíme pro analýzu tak, že do třecí misky k nadrcenému vzorku přidáme tak 5–10 ml

ethanolu a důkladně rozetřeme. Vzniklou směs nasajeme Pasteurovou pipetkou a 3-5 kapek přeneseme do připravené nálevky s dalšími 5 - 10ml ethanolu, za lehkého míchání zfiltrujeme přes polykarbonátový membránový filtr o průměru 25 mm a pórovitosti 0,4 μ m. Takto připravený filtr necháme vyschnout a poté ho nanese na držák opatřený uhlíkovou lepicí podložkou. Vzorek poté vložíme do naprašovačky pokovíme a vložíme do mikroskopu. (VDI 3866-5,2017)

Pokovení vzorku

Vzorky jsou téměř elektricky a tepelně nevodivé, při prohlížení v mikroskopu dochází k nabíjení rastrového povrchu primárními elektrony, které se projevují deformacemi a ztrátou ostrosti obrazu. K eliminaci tohoto jevu se vzorek pokryje vrstvičkou kovu o tloušťce 10–20 nm, která odvede negativní náboj a zvýší produkci sekundárních elektronů a minimalizuje poškození vzorku primárními elektrony. K pokovení vzorku použijeme naprašovačku Q 150R ES Quorum Technologies, kde se daný kov v našem případě zlato za vysokého vakua elektricky zahřeje na teplotu, při které se z povrchu začnou odpařovat jednotlivé molekuly. Ty se pak šíří všemi směry od zdroje a po dopadu na chladnější místo kondenzují. (VDI 3866-5,2017)

Vlastní analýza

Vlastní analýza spočívá ve vyhledávání vláken a následné identifikaci pomocí morfologie a EDS spektra. Každou podezřelou částici vypadající jako vlákno je potřeba podrobit EDS analýze. Podle výsledného spektra se určuje, jedná-li se o azbestové vlákno nebo vlákno jiného typu. Separovaná vlákna se prohlíží při takovém zvětšení, kde lze rozeznat morfologii vlákna a následně provést EDS analýzu. Vzorky se prohlíží postupně od malého zvětšení cca 50x až po velké zvětšení 2000x. (VDI 3866-5,2017)

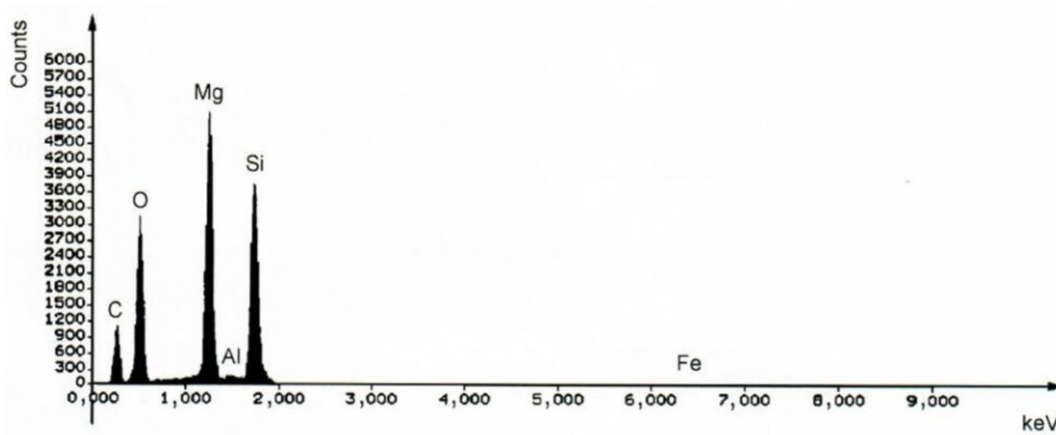
Vyhodnocení

Identifikace vláken provádíme pomocí morfologie a jejich EDS spektra, které porovnáváme se spektry standardů. EDS analýzu provádíme na nejčistší části vzorku, abychom eliminovali rušivé vlivy.

Chryzotil

Vlákno je identifikováno jako chryzotil pokud:

- píky Mg a Si jsou dobře viditelné a jejich poměr odpovídá standardu
- píky Fe, Mn a Al jsou malé

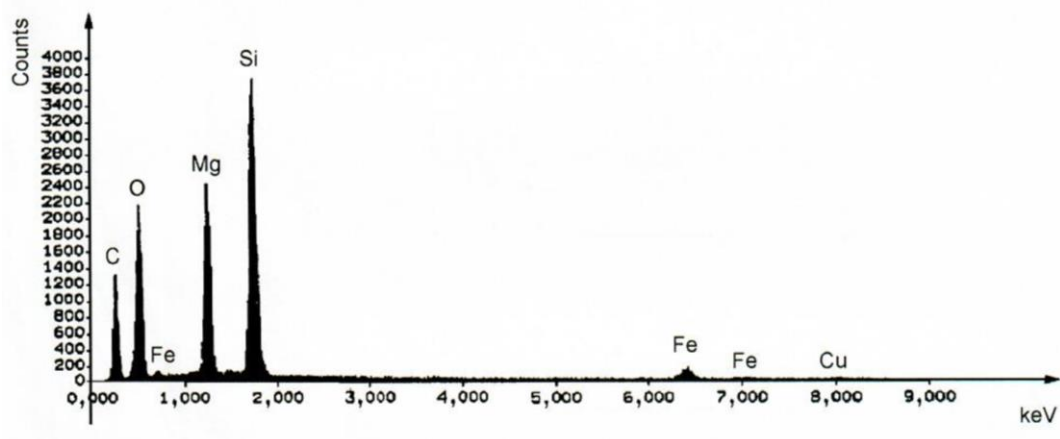


Obr. 30: prvkové složení chryzolitového vlákna (ISO 14966,2019)

Antofylit

Vlákno je klasifikováno jako antofylit pokud:

- vlákno je rovné a má válcovitý tvar, nemělo by být ploché
- píky Mg a Si jsou dobře viditelné a jejich poměr odpovídá standardu
- Fe pík je častý, ale v některých formách antofylitu se nemusí vyskytovat
- Píky Na, Mn nebo Al jsou malé

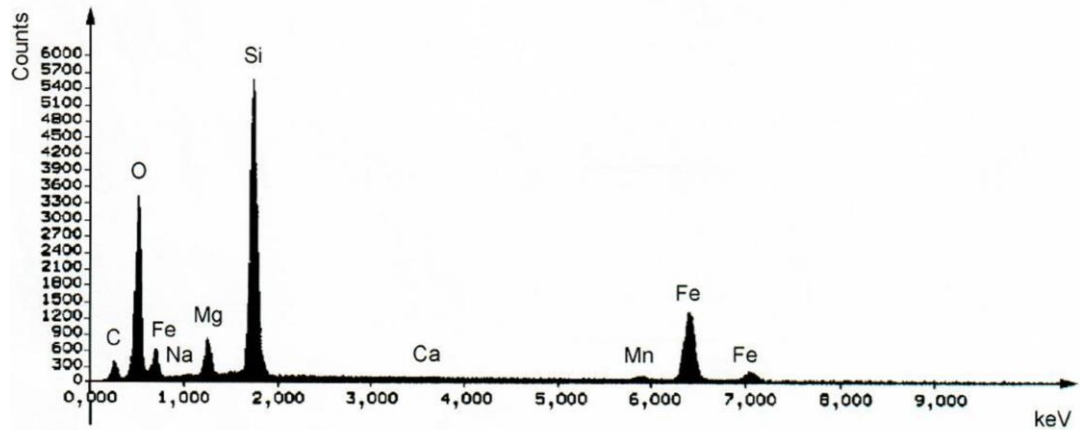


Obr. 31: prvkové složení antofylitového vlákna (ISO 14966,2019)

Amosit

Vlákno je klasifikováno jako amosit pokud:

- Píky Fe a Si jsou dobře viditelné a jejich poměr odpovídá standardu
- Píky Na, Al nebo Mn jsou malé

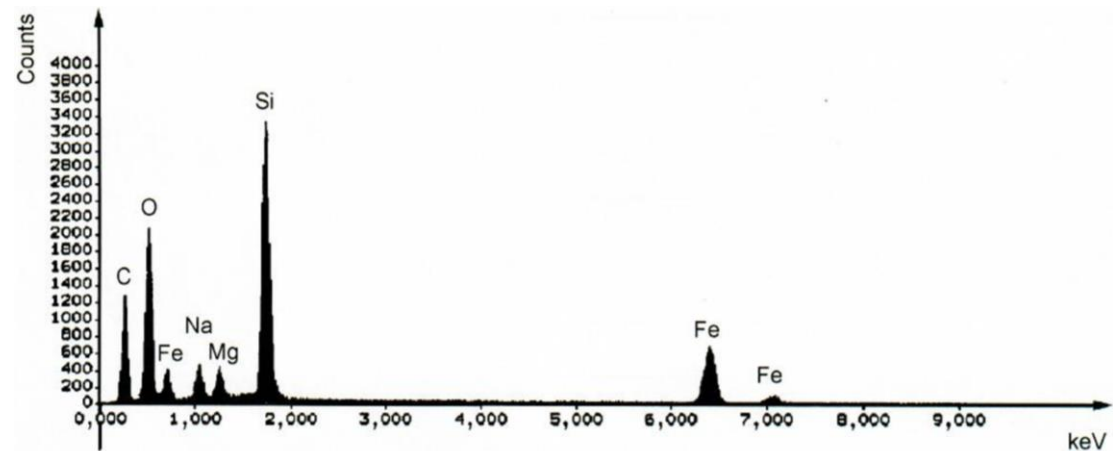


Obr. 32: prvkové složení amositového vlákna (ISO 14966,2019)

Krokydolit

Vlákno je klasifikováno jako krokydolit pokud:

- Píky Na, Si a Fe jsou dobře viditelné a jejich poměr odpovídá standardu
- Pík je malý, žádné píky Al nebo Mn nejsou viditelné
- Pokud je přítomen vysoký pík Mg, může se jednat o typ krokydolitu z Bolívie

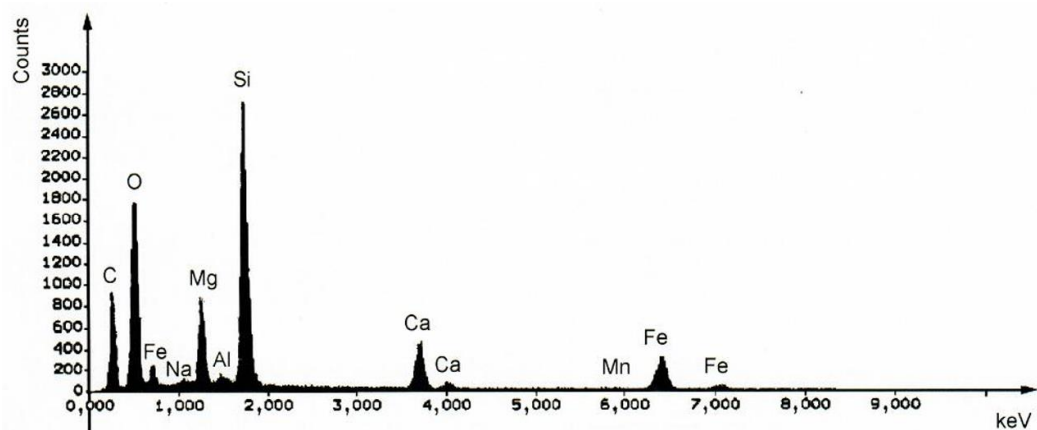


Obr. 33: prvkové složení krokydolitového vlákna (ISO 14966,2019)

Aktinolit

Vlákno je klasifikováno jako aktinolit pokud:

- Píky Mg, Si a Fe jsou viditelné a jejich poměr odpovídá standardu
- Malé píky Na nebo Al jsou přítomny
- Pík Mn je slabý, pokud je viditelný

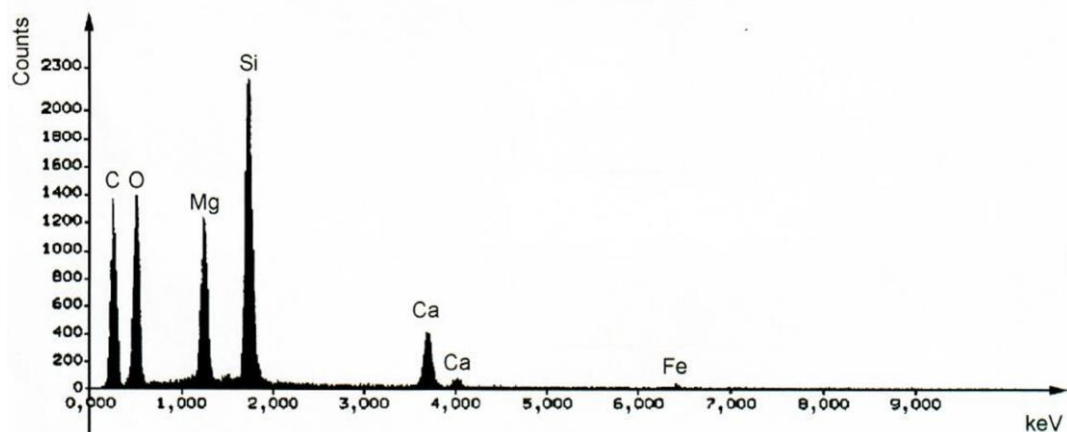


Obr. 34: prvkové složení aktinolitového vlákna (ISO 14966,2019)

Tremolit

Vlákno je klasifikováno jako tremolit pokud:

- Píky Mg, Si, Ca a Fe jsou viditelné a jejich poměr odpovídá standardu
- Malé píky Na nebo Al jsou přítomny
- Pík Mn je slabý, pokud je viditelný



Obr. 35: prvkové složení tremolitového vlákna (ISO 14966,2019)

6.4 Kvalitativní stanovení azbestových vláken pomocí TEM

Princip transmisní elektronové mikroskopie (TEM) je použití přenášených elektronů. Na rozdíl od skenovací elektronové mikroskopie (SEM) zde elektrony prochází vzorkem. Výsledkem je, že TEM poskytuje informace o krystalové struktuře vzorku, morfologii a stavu napětí. Zatímco SEM poskytuje informaci o povrchu vzorku a jeho složení. Rozdíl je i co se týče prostorového rozlišení. Urychlovací napětí můžeme nastavit v rozsahu 60 - 300kV. Zvětšení je u TEM mnohem vyšší než u SEM a to až 50 000 000x. U tem proud elektronů prochází skrz vzorek a skrz řadu čoček pod vzorkem a výsledný obraz je zobrazen přímo na fluorescenční obrazovce nebo prostřednictvím kamery připojené k monitoru počítače.

	SEM	TEM
Type of electrons	Scattered, scanning electrons	Transmitted electrons
High tension	~1 – 30 kV	~60 – 300 kV
Specimen thickness	Any	Typically <150 nm
Type of info	3D image of surface	2D projection image of inner structure
Max. magnification	Up to ~1 – 2 million times	More than 50 million times
Max. FOV	Large	Limited
Optimal spatial resolution	~0.5 nm	< 50 μ m
Image formation	Electrons are captured and counted by detectors, image on PC screen	Direct imaging on fluorescent screen or PC screen with CCD
Operation	Little or no sample preparation, easy to use	Laborious sample preparation, trained users required

Tab. 10:shrnutí hlavních rozdílů SEM a TEM (Lambda,a2018)

Existuje i možnost, kdy obě mikroskopické metody propojíme a máme tak skenovací přenosovou elektronovou mikroskopii (STEM), což umožňují některé nejnovější TEM přístroje. (Nanakoudis A., 2019)

6.5 Kvalitativní stanovení azbestových vláken pomocí IR-FTIR

FTIR je zkratka z anglického Fourier transform infrared spectroscopy, která označuje spektroskopickou techniku. Metoda je založena na absorpci infračerveného záření při průchodu vzorkem, při kterém se uskuteční změny rotačně vibračních energetických stavů molekuly v souvislosti se změnou dipólového momentu molekuly. Výsledné infračervené spektrum je funkční závislostí energie, většinou vyjádřené v procentech transmitance nebo jednotkách absorbance na vlnové délce dopadajícího záření. (*Ellis D. I. a Goodacre R., 2006*)

Technika IR analýzy je zajímavým ústupkem mezi citlivostí metody v optické nebo elektronické mikroskopii a reprezentativností objemu. Tato metoda neposkytuje informaci o počtu vláken ve vzorku ani o jejich tvaru. Umožňuje získání spekter, která umožňují jak kvalitativní, tak kvantitativní analýzy. Metoda IR-FTIR nám tedy dá informaci, zda je ve vzorku přítomen azbest a jaký je to typ.

Princip transmisní metody je absorpce infračerveného záření při průchodu vzorkem, kdy dochází ke změnám rotačně – vibračních energetických stavů molekuly v závislosti na změnách dipólového momentu molekuly. Pro výklad IR spekter jsou důležité především změny vibračních stavů. Vazba mezi atomy v molekule se chová jako pružina, která je schopna pohlcovat energii, která je kvantována. Přejít ze základního do vzbuzeného vibračního stavu je vyvolán pohlcením záření o frekvenci rovné frekvenci vibrace dotyčné vazby. Vibrace dvouatomové molekuly se znázorňuje pomocí harmonického oscilátoru.

Pro transmisní metodu vzorek připravíme tak, že ho v achátové třecí misce rozmělníme na prášek, ten se smíchá s dobře mletým a dobře vysušeným KBr a pak se směs slisuje přes formu v hydraulickém lisu. Pro přípravu jedné tablety je potřeba 1-2 mg vzorku a přibližně 300–400 mg KBr. Směs převedeme do ocelové raznice, v ní se vystaví působení tlaku cca 10 tun po dobu 5–10 minut. Po dobu lisování odsáváme prostor raznice vývěvou. Vzniklá tableta se převede do držáku a umístí se do prostoru v spektrometru. Před zahájením měření je potřeba změřit pozadí, což je čistá tableta KBr a jednotlivé standardy. Vylisovaná tableta KBr je zcela propustná pro IR záření, takže spektrometr zaznamenává pouze spektrum vzorku, který je v KBr matici rozptýlen.

V naměřených spektrech vyhodnotíme nejintenzivnější pásma, zapíšeme si jejich vlnočety a intenzitu. Přiřadíme tyto pásma k jednotlivým funkčním skupinám. Má-li být daná funkční skupina v molekule prokázána, měly by být nalezeny všechny absorpční pásma, které ji charakterizují. (Plescia P., 2004)

6.6 Kvalitativní stanovení azbestových vláken pomocí

Ramanova spektrometrie

Mezi další techniky, které lze použít k identifikaci azbestových vláken, patří Ramanova spektrometrie. Výhodou Ramanovy spektrometrie je její bezkontaktnost a mobilita. Odpadá zde příprava vzorku, minimalizuje se tedy tak narušení materiálu a tím i možnost uvolňování nebezpečných vláken. Analýzu je tedy možné situovat přímo do prostor, ve kterých se nachází potenciální zdroj azbestových vláken. Tato metoda přináší zvýšení produktivity, minimalizace kontaminace a eliminaci expozice prostor a osob se v nich nacházejících. (Černohorský T., 2011)

Ramanova spektroskopie využívá princip neelastického rozptylu světla tzv. „Ramanův efekt“. Ramanovo spektrum je závislostí intenzity rozptýleného záření na rozdílu energie mezi laserovým paprskem a rozptýleným zářením. Intenzita Ramanových čar je určována změnami polarizovatelnosti molekuly. Změřená Ramanova spektra neznámých vzorků jsou srovnávána s referenční knihovnou spekter, čímž se metodou otisku prstu identifikují neznámé molekuly. Ramanova spektroskopie je nedestruktivní metoda. Umožňující snadnou identifikaci a přítomnost azbestu ve vzorku, možnost rozlišit mezi všemi běžnými typy azbestu, chryzotilu, krokydolitu, amositu a tremolitu, aniž by bylo nutné odebrat vzorek a tím narušit povrch materiálu, z něhož by se uvolňovaly další azbestová vlákna. (Čapoun T., Matějka J. 2007)

7 STANOVENÍ AZBESTOVÝCH VLÁKEN VE VYBRANÝCH MATRICÍCH

Minerální vlákna azbestu jsou pro jejich vlastnost využívána a průmyslově zpracovávána v širokém spektru materiálů. Nejčastěji se s ním můžeme setkat ve stavebních materiálech, kde v současné době představuje největší problém. Materiál, který byl lety namáhán a lety degradoval, v současné době uvolňuje ostrá vlákna, která mohou ohrožovat lidské zdraví. Je tedy velmi důležité před započítím jakýkoliv stavebních úprav ať už je to pouze rekonstrukce nebo demolice stanovit, zda v materiálu je azbest. Stanovení se provádí v laboratořích za pomoci několika metod. Každý materiál má svá specifika, a ne každá metoda je pro danou matrici vhodná. (*EnviWeb, 2012*)

7.1 Stanovení azbestových vláken v stavebním materiálu

Stavební materiál, který obsahuje azbest, má mnoho podob. Nejčastěji známý materiál jsou azbestocementové desky, potrubí, protipožární omítky, nátěry a ochranné vrstvy, těsnící šňůry, azbestopryžové těsnění, asphaltové výrobky, podlahové krytiny z PVC, dlaždice, spárovací materiál, tepelná izolace kotlů, izolace ocelových konstrukcí staveb, fasády, okapy, elektrická izolace, vodovodní a kanalizační potrubí, ventily, fény, prvky okenních rámců zejména tmel, těsnění k součástem strojů pracujících za vysokých teplot, brzdové destičky, těsnění a izolace v letadlech, lodích, lokomotivách apod. (*Asbestos.com©2019*)

Vzorky prohlédneme nejdříve pod stereoskopickým mikroskopem, kde vyhledáme jednotlivé typy vláken a pomocí pinzety, separační jehly, popřípadě skalpelu oddělujeme jednotlivá vlákna na preparační sklíčko. Kde vlákno zakápneme imerzní kapalinou a poté analyzujeme pod polarizačním mikroskopem. Pokud vzorek obsahuje velké kusy a vlákna nejdou jednoduše oddělit, musíme velikost zrn zmenšit, a to drcením v třecí misce nebo mlýnu. Pokud vzorek obsahuje více vrstev, nebo stavebních materiálů měly by být tyto vrstvy analyzovány jako jednotlivé vzorky. (*VDI 3866,2002*)

Pokud vzorek obsahuje rušivé vlivy, které zabraňují identifikaci, je nutné, je odstranit. Vlhké vzorky je potřeba usušit, ty, co obsahují asphalt, gumu nebo jiné podobné

organické materiály je vhodné tyto vzorky spálit a to při 500 °C po dobu 30–60 minut záleží na matrici. Po spálení jdou vlákna lépe oddělit od původní matrice. (Nashsi C., 2018, VDI 3866, 2000)

7.2 Stanovení azbestových vláken v půdě

Zeminové vzorky před samotnou analýzou upravujeme podle normy AS 4964-2004. Tato norma popisuje stanovení azbestových vláken v zeminových vzorcích primárně pomocí polarizačního mikroskopu. (Norma AS 4964-2004).

Nejdříve provedeme celkové vyšetření vzorku, jeho homogenitu a vlhkost. Při větší vlhkosti je potřeba vzorek vysušit, a to v sušárně při 105 °C nebo v peci při 500 °C, kdy se zbavíme i organických vláken. Poté vzorek prosejeme přes síto s oky 10 mm. Hrubší částice tak zachytíme na sítu, pomocí stereoskopického mikroskopu je prohlédneme a posléze vrátíme do původní vzorkovnice. Materiál propadlý skrz síto opět prosejeme, a to přes síto s oky 2 mm a znova zkontrolujeme pod mikroskopem a vrátíme do vzorkovnice. Poslední frakce s částicemi < 2 mm kvartujeme. Kvartaci provádíme na rovném čistém povrchu, vzorek promícháme, uspořádáme do symetrické hromady a následně rozdělíme na 4 přibližně stejné části. Dvě protilehlé odebereme a zbylé dvě opět smícháme a opětovně kvartujeme toto opakujeme, dokud množství vzorku není přijatelné pro analýzu.

Vzorek prohlédneme pod stereoskopickým mikroskopem a odseparujeme vlákna k identifikaci. Vlákna položíme na separační sklíčko a zakápneme příslušnou imerzní kapalinou pro určení optických vlastností. Za pomocí polarizačního mikroskopu pak identifikujeme jako azbestová nebo neazbestová.

Identifikace vláken vyžaduje určení optických vlastností a to morfologii – tvar vlákna, pleochroismus při otáčení v polarizovaném světle dochází ke změnám barev nebo jejich jasů a saturace, charakter zóny nebo také ráz délky – kladný ráz délky se projevuje modrou barvou, záporný ráz délky žlutou barvou, barevná změna se vztahuje k barvě kompenzátoru λ o retardaci $R \sim 560\text{nm}$, anizotropie je vlastnost minerálů, kdy v různých směrech mají různé vlastnosti, na rozdíl od izotropních, při otáčení stolkem mikroskopu o 360° se vlákno čtyřikrát rozsvítí a čtyřikrát zhasne, vždy pravidelně po 90°, v případě že vlákno zhasne určuje se úhel zhasnutí a to zhasnutí přímé, šikmé a souměrné

a metoda fázového kontrastu, kdy se pro zvýšení výraznosti preparátu vůči okolnímu prostředí, se používá fázový prstenec – PH1 pro zvětšení 100x a PH2 pro zvětšení 400x, které se zasunují pod otočným stolcem. (*Norma AS 4964–2004*)

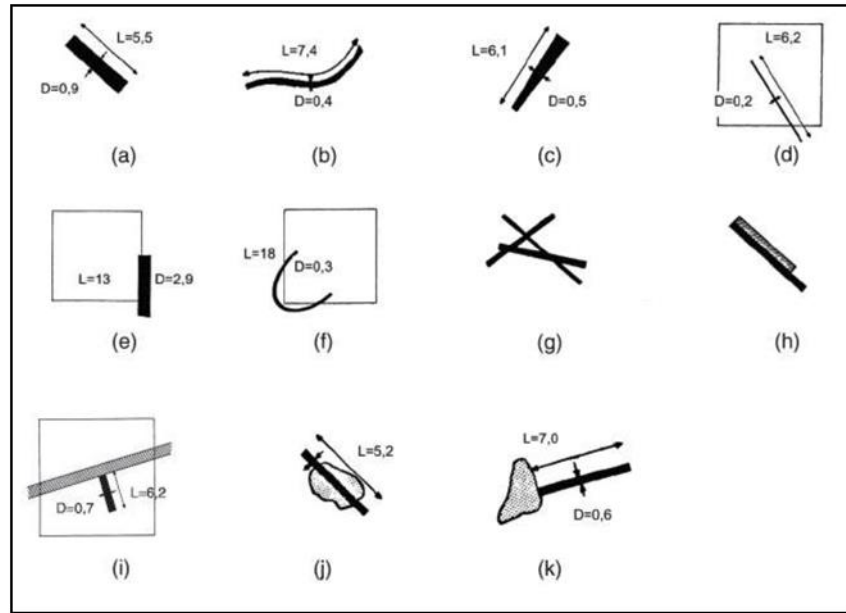
7.3 Stanovení azbestových vláken ve vzduchu

Azbestová vlákna představují ve vnitřním ovzduší potenciální riziko pro lidský organismus, jedním ze zdrojů mohou být použité stavební materiály. Azbestová vlákna řadíme mezi znečišťující látky pracovního a životního prostředí. Podle WHO není možné stanovit zdravotně nezávadnou koncentraci azbestových vláken v ovzduší je však nutné minimalizovat jejich koncentraci a uvolňování do prostoru. Měření koncentrace v ovzduší se provádí v souvislosti se sledováním krátkodobé nebo dlouhodobé expozice obyvatel. (*Skácel F. a kol., 2012*)

Vzorky vzduchu se odebírají pomocí vzorkovacích stanic rozmístěných po objektu dle vzorkovacího plánu. Na vzorkovací stanici s průtokem 3–10 l/min je umístěna vzorkovací hlavice s polymerním membránovým filtrem, přes kterou se po určitou dobu, minimálně však čtyři hodiny, čerpá vzduch. Exponované filtry vyjmeme ze vzorkovací kazety pomocí pinzety a za použití koloidního karbonového lepidla přichytíme na držák vzorku. Držák vložíme do naprašovačky, kde je na filtr nanášena tenká vrstva zlata, která zajistí odvod elektronů. Po vyjmutí vzorku z naprašovačky vložíme vzorek do mikroskopu. Každé respirabilní vlákno je zde klasifikováno podle chemického složení a početní koncentrace se uvádí pro každou formu zvlášť. Filtr procházíme postupně a systematicky, celkově by měla být analyzována alespoň plocha 1 mm², pokud nalezneme větší množství vláken, je možné analýzu ukončit i dříve, analyzovaná plocha však nesmí být menší než 0,25 mm². Pravidla pro počítání vláken jsou daná legislativou a normou. (*ISO 22262, 2012*)

7.3.1 Počítání vláken podle normy VDI 3492

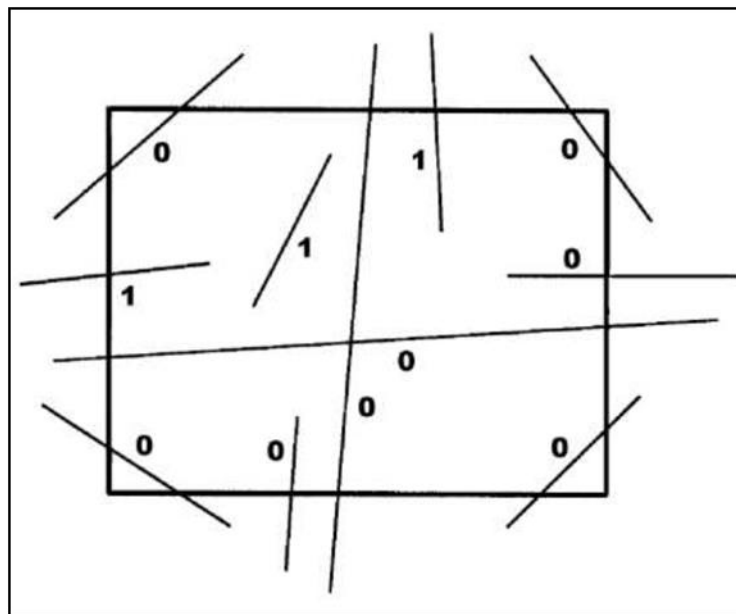
Norma měření vnitřního ovzduší, měření okolního ovzduší, měření anorganických částic metodou skenovací elektronové mikroskopie. Norma byla vydána 1. 6. 2013 a je dosud v platnosti.



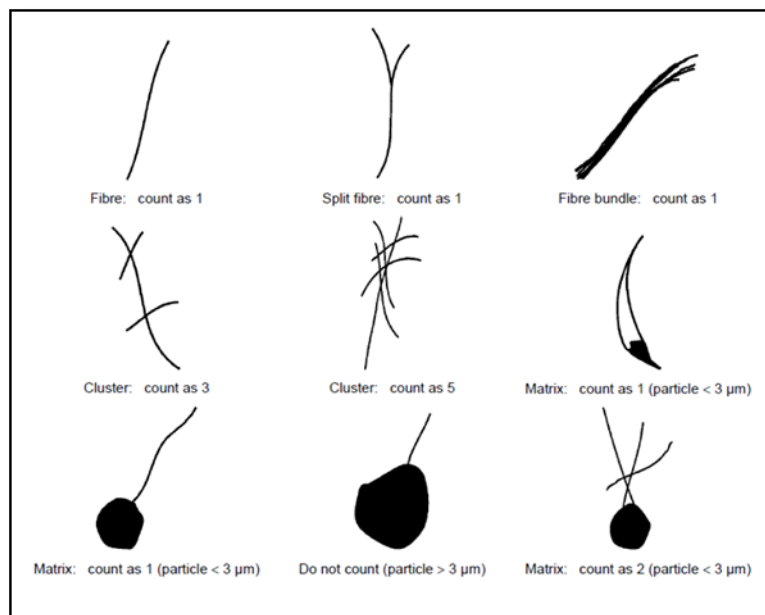
Obr. 36: Ukázka pravidel počítání vláken podle normy VDI 3492 (VDI 3492,2013)

7.3.2 Počítání vláken podle normy ISO14966

Norma měření okolního ovzduší, stanovení numerické koncentrace anorganických vláknitých částic, metoda skenování elektronovou mikroskopií. Norma vydaná v prosinci 2019 platná do dnes.



Obr. 37: Pravidla počítání konců vláken podle normy ISO 14966 (ISO 14966,2019)



Obr. 38: ukázka pravidel počítání podle normy ISO 149 66 (ISO 14966,2019)

Norma VDI 3492 počítá jeden konec vlákna v obrazovém poli jako 0,5 vlákna. Norma ISO 14966 počítá i konec vlákna jako 1 vlákno, ale pouze ze spodní a pravé strany obrazového pole. Výsledky tudíž nejsou značně rozdílné.

7.4 Stanovení azbestových vláken ve vodě

Podle normy ČSN 75 7111 vydané v roce 1993 byl azbest zahrnut mezi sledované parametry v pitné vodě, měl však nezávaznou doporučenou limitní hodnotu a to 3×10^5 vláken / liter. V roce 2008 byla tato norma zrušena.

V současné době není azbest zařazen do žádné vyhlášky definující kvalitu pitné vody a ani do žádné evropské směrnice o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu, z nichž česká legislativa vychází (Pummann P., 2014)

Analytická metoda pro měření koncentrace azbestových vláken ve vodě je popsána v amerických normách EPA 100.1. a EPA 100.2. Spojené státy americké mají stanovený limit pro azbest v pitné vodě 7 000 000 vláken na liter.

Vzorek vody odebereme do polyethylenové nebo skleněné lahve. Vzorkovnici umístíme do ultrazvukové lázně, abychom možná přítomná vlákna rovnoměrně rozptýlili do celého objemu. Vzorek vody se filtruje přes polykarbonátový membránový filtr o průměru 25 mm a pórovitosti $0,1 \mu\text{m}$. Filtrujeme

10ml vzorku, a to co nejdříve po vyndání z ultrazvuku. Do filtrační nálevky napipetujeme 10 ml vzorku v jednotlivých podílech např. 5x2ml, neoplachujeme strany nálevky. Filtr se připraví k analýze pomocí TEM, kde se při zvětšení mezi 2000 – 20 000 vyhledávají vlákna a vláknité struktury. Pokud je filtr příliš zanesen vlákny, a tudíž je není možné spočítat, je potřeba filtr připravit znova, a to naředěním vzorku. Obvykle se analýza ukončuje po prohlédnutí 20 polí nebo po nalezení 100 azbestových vláken (EPA 100.1,1983)

8 OCHRANA ZDRAVÍ A ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Zdraví člověka významně ovlivňuje kvalita životního prostředí. Azbest se do životního prostředí dostává rozpouštěním azbestových minerálů anebo opotřebováním a rozkladem materiálů s obsahem azbestu. Zdrojem můžou být i průmyslové odpadní vody z výroby či procesů, kde se azbest vyskytuje. Vlákna se vzduchem mohou šířit na velké vzdálenosti. Azbest je nerozpustný ve vodě, a proto nepřechází z půdy do podzemní vody. Odolává přirozeným rozkladným procesům, a z tohoto důvodu je zařazen mezi perzistentní látky. Vlákna v prostředí zůstávají dlouhou dobu, mají schopnost se štěpit na menší částice. Ve vodném prostředí může docházet i k chemickým přeměnám, větší částice se usazují na dně drobnější, však mohou být transportovány vodním tokem na dlouhé vzdálenosti. (*MŽP integrovaný registr znečišťování, online*)

8.1 Zdroje expozice azbestu v ČR

Azbest se v České republice ze sedmdesáti procent využíval hlavně ve stavebnictví mezi lety 1975–1990 se ho ročně spotřebovalo 50 000 tun. Nejčastěji se z něj vyráběly azbestocementové desky a potrubí, protipožární omítky, těsnící šňůry, střešní krytina.

V současné době je tedy největším zdrojem expozice azbestu azbestocementová střešní krytina, žáruvzdorné izolace v budovách, nátěry a ochranné vrstvy, dlaždice, podlahy kryté linoleem, tepelná izolace kotlů, topných těles a izolace potrubí, izolace ocelových konstrukcí staveb, elektrické instalace, požární uzávěry ve stropních dutinách, okapové žlaby, podhledy a obklady, vodovodní a kanalizační potrubí, ventily, příruby a těsnění které mohou obsahovat azbestová obložení, nádržky k WC, tmel okenních rámců, vložky z azbestového papíru, těsnění k součástem strojů pracujících za vysokých teplot, brzdové obložení, těsnění a izolace v letadlech, lodích a lokomotivách, tramvajích. V domácnostech se vyskytovaly nehořlavé zástěny u kamen, podložky lokálních zdrojů tepla, pečících trub a jiné drobné užitkové předměty. (*Manová A., 2006*)

8.2 Nakládání s odpady obsahující azbest

Nakládání s azbestem i s odpady obsahujícími azbest je dáno legislativou a to NV č. 361/2007 Sb. Vyhledání azbestových materiálů a následnou sanaci objektu bychom měli svěřit odborné firmě. V ČR se touto činností zabývá několik společností. Ty provedou podrobný průzkum budovy, odeberou vzorky podezřelé na přítomnost azbestových vláken a nechají provést analýzu v akreditované laboratoři. V případě potvrzení azbestu v budově záleží na rozhodnutí majitele, zda bude azbest sanovat.

Prvním krokem je vyhledání azbestových materiálů, ty může odhalit prohlídka stavby. Tak se vymezí všechny části stavby obsahující materiál s azbestem, pokud jsou pochybnosti, je třeba odebrat vzorky podezřelého materiálu a nechat provést analýzu v akreditované laboratoři. V případě pozitivních výsledků má firma odstraňující azbestový materiál za povinnost tuto činnost hlásit příslušné hygienické stanici a to nejméně 30 dní před započítím prací. Do tohoto hlášení by měla být zahrnuta opatření k zajištění ochrany zdraví osob vykonávající práci s azbestem a materiály azbest obsahující a ostatních osob přítomných na pracovišti a v blízkosti pracoviště, kde potenciálně může docházet k expozici azbestu. Druhým krokem je při odstraňování stavby nebo její části zřízení kontrolovaného pásma, kde by měl být pracovník vybaven pracovním oděvem a osobními ochrannými pomůckami. Odstraňovaný materiál se enkapsuluje speciálním roztokem, aby se zabránilo uvolňování vláken z materiálu. Odstraněný materiál se neprodleně ukládá do neprodyšného utěsněného obalu opatřeného štítkem, který upozorňuje na to, že obal obsahuje azbest. (*Havelka P., 2018*)

9 POSTUPY ODSTRANĚNÍ ODPADŮ S AZBESTEM

Správné odstranění odpadů se provádí ve smyslu zákona NV č.361/2007 Sb. o ochraně zdraví při práci, podle stavebního zákona č.183/2006 Sb. je vlastník stavby povinen zajistit, aby odstranění bylo provedeno stavebním podnikatelem, tam kde není zapotřebí stavebního povolení lze odstranění provést svépomocí, avšak musí být zajištěn stavební dozor. Stavební dozor musí být prováděn osobou, která má oprávnění pro odborné vedení provádění stavby podle zvláštního předpisu zákona č.360/1992 Sb. o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu povolání autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě. Taková osoba pak vede řízení o povolení odstranění a závazné stanovisko orgánu ochrany veřejného zdraví stanoví podmínky pro vedení tohoto záměru. (MŽP, 2018)

9.1 Příprava odstranění materiálu s obsahem azbestu

Do přípravy odstranění materiálu s obsahem azbestu je prvotně zařazena prohlídka stavby, seznámení se s materiály použitými při stavbě, rekonstrukcích a úpravách, které na objektu byly provedeny. Účelem této prohlídky je vymezení částí stavby kde by se azbest mohl vyskytovat a kde ne aby se následně zabránilo mísení odpadů z kategorie nebezpečné a ostatní. U vymezených částí, kde je podezření na azbest se doporučuje odebrat vzorky stavebních materiálů a odeslat je k analýze. Výsledek zkoušek odebraných vzorků jsou jedním z podkladů pro zpracování dokumentace o odstranění a podkladem zařazení odpadů do příslušné kategorie, v případě odpadu obsahujícím azbest musí být tento odpad zařazen do kategorie „N“ nebezpečný odpad. (MŽP, 2018)

Realizace by měla probíhat v úzké součinnosti s místně příslušným územním pracovištěm Krajské hygienické stanice, odborem hygieny práce. Na příslušnou hygienickou stanici se 30 dní před zahájením prací zasílá „hlášení prací s azbestem“ dle vyhlášky č. 432/2003Sb., dále „Plán prací“ s azbestem podle §21 NV č.361/2007 Sb. následně „Harmonogram realizace prací“ a také žádost o schválení „provozního řádu stavby“ .

9.2 Odstranění materiálu s obsahem azbestu

Odstranění materiálu s obsahem azbestu by mělo započít ohraničením kontrolovaného pásma, kam se zamezí přístupu nepovolaným osobám. V kontrolovaném pásmu se smějí pohybovat osoby vybavené ochrannými pomůckami, jako je speciální pracovní overal a ochrana dýchacích cest s HEPA filtry, osoby jsou řádně proškoleny na tyto práce. Z kontrolovaného pásma by měl být odsáván prach vzniklý při demoličních pracích speciálními odsavači, které jsou schopny zachytit vlákna azbestu na filtry. V kontrolovaném pásmu by měl být vytvořen podtlak minimálně 20 Pa. Podtlak by měl být monitorován po celou dobu realizace zakázky. Ke kontrolovanému pásmu jsou připojeny personální a materiálové propusti, které slouží k zabezpečenému kontaktu s vnějším okolím.

Před samotnou demontáží by měly být odstraňované materiály ošetřeny enkapsulačním roztokem, který zabrání uvolňování vláken do okolního prostředí. Samotná demontáž by se měla provádět opatrně tak, aby nedošlo k narušení jednodlitosti materiálu. Práce jsou prováděny s vyloučením mechanizace. Mělo by být zabráněno nekontrolovanému pádu z výšky. Odebraný materiál by měl být uložen do speciálních nepropustných vaků určených pro tento materiál a odvezen specializovanou firmou na skládku nebezpečného odpadu. (*Šulc J., 2008*)

9.3 Nakládání se stavebními a demoličními odpady s obsahem azbestu

Nakládání se stavebními a demoličními odpady s obsahem azbestu je upraveno legislativou. Dle zákona o odpadech mají původce odpadů obsahujících azbest a oprávněná osoba, která nakládá s odpady obsahujícími azbest povinnost zajistit, aby při nakládání s tímto odpadem nabyla azbestová vlákna nebo azbestový prach uvolňována do ovzduší. Opatření proti uvolňování azbestu do ovzduší je řádné zvlhčování materiálu vodou a nástřik polymerního enkapsulačního roztoku. Opad neprodleně po vzniku zabalit do neprodyšného obalu a uložit do utěsněných kontejnerů označených nápisem upozorňujícím na obsah azbestu. Je zpracován identifikační list nebezpečného odpadu a místa nakládání s tímto odpadem, který je součástí při přepravě.

Takto zabezpečené odpady jsou následně předány společnosti, která je k takovému převzetí oprávněna. (MŽP, 2018)

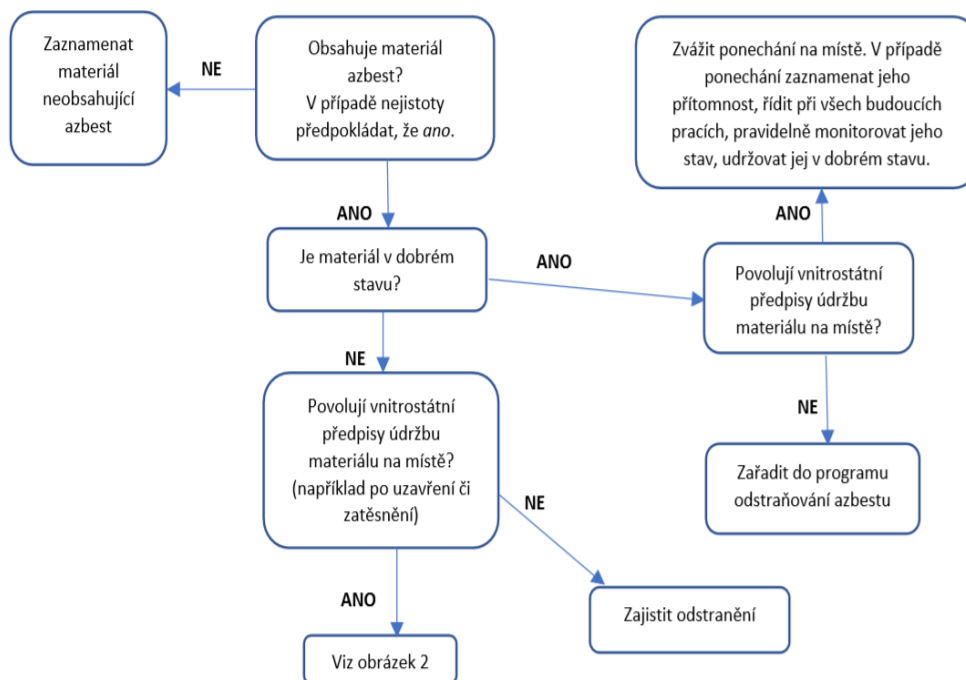
9.4 Odstranění odpadu obsahujícího azbest

Odstranění odpadu obsahujícího azbest je v ČR možné pouze na skládky k tomu určené, musí být náležitě upraven, zabalen, popřípadě po uložení na skládce okamžitě zakryt. (zákon č.185/2001Sb.)

9.4.1 Skládkování odpadu obsahujícího azbest

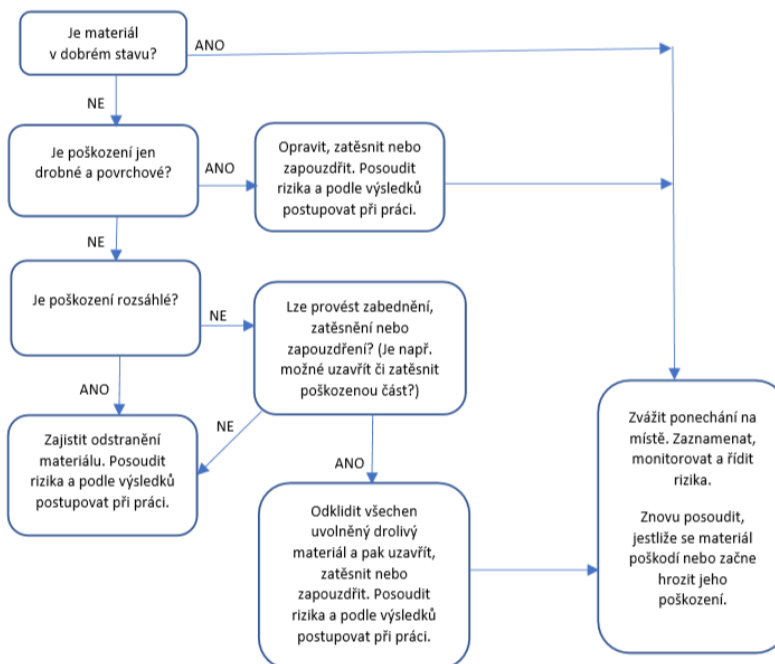
Odpady obsahující azbest mohou být ukládány pouze na skládky kategorie S-OO a S-NO podle zákona o odpadech č. 185/2001 Sb. následných prováděcích vyhlášek pro odpady z azbestu. Odpad obsahující azbest je označen identifikačním číslem 170605. Odpad by měl být dovezen ve vhodném nepropustném obalu, který nesmí být roztržen ani jinak narušen. Odhadované množství přiváženého materiálu by mělo být nahlášeno dopředu minimálně tři dny před vlastním dovozem na skládku. Při převzetí materiálu dostane dovozce pokyny od obsluhy, kam má být odpad složen. Uložení odpadu se provádí do předem připravené prohlubně a následně je překryt dostatečnou vrstvou vhodného materiálu, aby nedošlo k uvolňování azbestových vláken do ovzduší. Dostatečná vrstva je minimálně 1 m zeminy, aby nedošlo k narušení v případě přejíždění kompaktoru nebo jiného mechanismu po uvedeném místě. Po uložení odpadu je dopravce převážen a bude mu vystaven doklad o uložení odpadu. O místě uložení je proveden protokol se zakreslením místa uložení a je vložen jako příloha deníku skládky. (Technické služby Benešov, 2015)

Postupová schéma pro materiály, u nichž existuje podezření na obsah azbestu



Obr. 39: Postupová schéma pro materiály s podezřením na obsah azbestu (SZÚ a MZČR, 2007)

Postupová schéma pro materiály obsahující azbest



Obr. 40: Postupové schéma pro materiály obsahující azbest (SZÚ a MZČR, 2007)

9.4.2 Vitřifikace

Jedním z technologických postupů úpravy odpadu s azbestem je technologie vitřifikace. Vitřifikace je strojové zalití nebezpečného odpadu do skla, metoda se využívá od roku 1996, z počátku byla především pro likvidaci jaderných odpadů. Proces vitřifikace je extrémně nákladný (*Puchar J., 2015*)

Odpady se upravují na stabilní materiál, a to je sklo. Po odstranění vody z odpadu se přidají sklotvorné přísady a běžnou sklářskou technikou se vytaví křemičitanové nebo boro-křemičitanové sklo. Takovýto materiál je odolný vůči vyluhování, má dobrou tepelnou vodivost a mechanickou pevnost. Proces vitřifikace jaderného odpadu byl u nás zvládnut v Ústavu jaderného výzkumu v Řeži, v běžné praxi se proces vitřifikace v ČR neprovádí. (*TRÍPÓL, online*)

9.5 Opatření k předcházení rizik na snížení expozice pracovníků azbestem

Opatření na snížení expozice pracovníků azbestem je povinností zaměstnavatele vycházející z platných právních předpisů zmíněných v kapitole 5.2 legislativní rámec ČR v oblasti ochrany zdraví z nich vyplývá, že každý zaměstnanec má být řádně proškolen, vybaven ochrannými pomůckami a prostředky nezbytnými pro práci v kontaminovaném prostředí azbestem, zaměstnanec by měl spolupracovat a své zdraví chtít chránit. Podle vyhlášky č.79/2013 Sb. vydané MZ by měl být proveden pravidelný dohled na pracovišti nad výkonem práce a k zjištění, zhodnocení rizikových faktorů. Zákon č. 309/2006 Sb. upravuje požadavky na bezpečnost a ochranu zdraví při práci je v něm zanesen požadavek na pracoviště, pracovní prostředí, organizaci práce a pracovní postupy. Zaměstnanec by se měl účastnit pravidelných zdravotních prohlídek.

Týká se to několika opatření:

9.5.1 Vyčlenit a oddělit pracovní prostor – zamezit tak kontaminaci okolí

K opatření náleží ohrazení prostoru, vymezení pracovního prostoru – kontrolovaného pásma za použití plachty z polyethylenu o tloušťce 125 nebo 250 μm , která se po skončení likviduje jako nebezpečný odpad. Dále je prostor vybaven účinným odsáváním

vybaveným s HEPA filtry, nádoby, pytle, kontejner jsou umístěny rovněž v tomto prostoru.

Samozřejmostí je, že se v tomto prostoru nejí, nepije a nekouří, k tomu slouží vymezené prostory, kam se nevchází v ochranných prostředcích.

9.5.2 Vytvoření pracovního postupu a způsobu odstranění prvků obsahujících azbest

Pracovní postup zvolíme tak, aby nedošlo k narušení materiálu obsahujícího azbest, k demolici použijeme ruční nářadí, nikoliv brusné nástroje nebo pneumatické nárazové nástroje. Odstraňovaný materiál zvlhčujeme vodou s přídavkem smáčedla, sníží se tak riziko uvolnění vláken do vzduchu. Snažíme se ho odstranit celý bez zbytečného lámání, materiál pak vkládáme do označených pytlů, které naplňujeme jen částečně, aby šly dobře uzavřít. Při jejich uzavírání nevytlačujeme prudce vzduch, protože by se mohl dostat prach ven z pytlů. Větší předměty balíme neporušené do dvou vrstev polyethylenu. Než bude zajištěn odvoz tohoto materiálu na skládku, uchováváme ho v zabezpečeném skladu či kontejneru.

9.5.3 Vybavení osobními ochrannými pracovními prostředky

Mezi ochranné pomůcky a prostředky patří:

- maska s účinnými filtry (např. filtrační polomaska EN 149 FFP3)
- jednorázové kombinézy s kuklou
- vysoké omyvatelné boty
- rukavice

Před vstupem do vyhrazeného pracovního prostoru je nutné si obléknout OOPP a zkontrolovat jejich funkčnost.

9.5.4 Kontrola zdravotního stavu zaměstnanců

Zaměstnavatelé mají povinnost dle zákona č.258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví provádět kontrolu zdravotního stavu zaměstnanců, kteří provádějí rizikové práce. Zaměstnanci, kteří tyto práce vykonávají, jsou povinni podrobit se preventivním

lékařským prohlídkám a to vstupní, periodické, výstupní a následně pracovně preventivním zdravotním prohlídkám.

Náplň a frekvenci těchto prohlídek určují příslušné orgány ochrany veřejného zdraví v souladu se zákonem 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a to hygienické stanice a zdravotní ústavy, jejíž zřizovatelem je MZ. Hygienické stanice vykonávají dozor v oblasti ochrany veřejného zdraví a zdravotní ústavy připravují podklady (monitoring, měření, ...) pro rozhodnutí, které KHS vydávají. Zaměstnavatel je povinen tyto prohlídky umožnit a jejich závěry respektovat. (Mikulová O., 2004)

9.5.5 Kontrola sanovaného prostoru od asbestových vláken

Po skončení demoličních prací je důležité celý prostor uklidit. Nejdříve vysbíráme větší úlomky, poté celý prostor vyčistíme vysavači, vlhkými hadry, přilnavými utěrkami. Filtry, hadry a utěrky likvidujeme spolu s jednorázovými kombinézami jako nebezpečný odpad. Boty umyjeme, odložíme při vstupu do pracovního prostoru spolu s rukavicemi, masku odkládáme jako poslední. Poté se umyjeme. Zaměstnavatel by měl důsledně dbát na dodržování bezpečnostních standardů a kontrolovat jejich dodržování. (krajská hygienická stanice střeďočeského kraje, online)

Celý vyčištěný prostor je důležité zkontrolovat na kontaminaci azbestovými vlákny, mělo by tedy proběhnout následné kontrolní měření početní koncentrace azbestových vláken v ovzduší, která nesmí překročit limitní hodnoty a teprve pak je uvolnit prostor pro běžné užívání. Měření provádí akreditovaný inspekční orgán. (Guschlová Z., 2017)

Měření početní koncentrace respirabilních vláken se provádí průběžně a výsledky slouží k řízení sanačního procesu. Po ukončení sanace se provede zevrubné měření prostor uvnitř i vně kontrolovaného pásma a na základě výsledků měření lze tuto inspekci účinnosti sanace azbestu ukončit. Časový interval mezi odběrem vzorků a jejich analýzou je do několika hodin a provádí ho akreditovaná laboratoř. (Skácel a kol. 2012)

Pro vnitřní prostory jsou podle vyhlášky MZ č. 6/2003 Sb. stanoveny hygienické limity. Limitní koncentrace jsou stanoveny jako hodinová koncentrace azbestových a minerálních vláken 1000 vláken /m³. Sledovaným ukazatelem jsou vlákna o rozměrech délky větší než 5µm, v průměru menším než 3µm a poměr délky větší než 3:1

v pracovním ovzduší. Zde máme v legislativě světovou raritu, která trápí zřejmě každou firmu zabývající se odstraňováním azbestu. Limit se totiž nevztahuje pouze na azbestová, ale i minerální vlákna. Tzn., že ačkoliv minerální vaty se mohou používat a jako tepelnou izolaci je najdeme téměř všude, tak po odstranění azbestu se jejich vlákna nesmějí vyskytovat. Firmě se tak odstranění azbestu protahuje a tím i prodražuje. Je to hlavní důvod, proč firmy chtějí analýzu pomocí elektronového mikroskopu, která jasně určí zvlášť koncentraci azbestových a zvlášť minerálních vláken. Firmy jsou pak zřejmě schopny na KHS následně obhájit, pokud azbestová vlákna vyjdou pod limitem, ale jejich součet s minerálními vlákny už ne. Zatím mi není známo, která jiná země by měla společný limit pro azbestová i minerální vlákna.

Během odstranění azbestu musí firma hlídat, že koncentrace azbestu v pracovním prostředí nepřekročí hodnotu expozičního limitu 100 000 vláken na m³ vzduchu za 8 hodin. Z praxe víme, že během 7 dnů, kdy se azbest z budovy odstraňuje, je firmě nařízeno KHS 1 měření na kontrolu tohoto limitu. Je otázkou, jestli je toto jedno měření dostatečné.

10 DISKUSE

Azbest je prokazatelně nebezpečný pro lidské zdraví, pokud je vdechován, již nízké koncentrace v ovzduší jsou schopny vyvolat závažné onemocnění. Tenké vláknité krystaly azbestu se v tkáni dobře zachycují a pro tělo je velmi obtížné se jich zbavit. Vlákna mohou v našem těle zůstat i několik desítek let a po celou dobu mohou způsobit vážná onemocnění. Rovná vlákna amfibolu mají větší schopnost penetrovat plicní tkáň než zahnutá vlákna chryzotilu. Riziko se zvedá s délkou a intenzitou expozice. (*Banduch I., Lissner L. 2012*)

V současné době je největším rizikem poškození zdraví azbestem spojeno z rekonstrukcí a demolicí starých staveb, kde bylo v dřívějších dobách hojně využíváno stavebních prvků s obsahem azbestu. Z legislativy vycházejí opatření k ochraně zdraví pracovníků, zaměstnavatelé mají povinnost vybavit své zaměstnance OOPP a pravidelně kontrolovat jejich zdravotní stav. Ze strany zaměstnavatele však často nebývají vytvořeny podmínky pro průběžný zdravotní dohled nad pracovníky pracujícími s azbestem. Přestože existují pravidla daná legislativou NV 361/2007Sb. která stanovuje podmínky ochrany zdraví zaměstnanců. Jde o následující pravidla:

- Omezit počet exponovaných zaměstnanců na co nejmenší množství
- Omezit dobu expozice jednotlivých zaměstnanců
- Vytýčit kontrolované pásmo, instalovat varovné upozornění, zamezit přístupu nepovolaným osobám
- Zaměstnance pohybující se v kontrolovaném pásmu vybavit osobními ochrannými prostředky, které zamezí expozici azbestu dýchacím ústrojím
- Zamezit uvolňování azbestového prachu do ovzduší
- Používat vhodné pracovní postupy a metody práce, zachycovat prach, zajistit odsávání pracovního prostoru
- Zajistit měření koncentrace azbestu v pracovním prostředí
- Zajistit proškolení a ověřování znalostí zaměstnanců
- Zajistit pravidelné sledování zdravotního stavu zaměstnanců
- Zaměstnavatel musí informovat zaměstnance o neočekávaných nehodách, při nichž může dojít k nadměrné expozici

Legislativa zabývající se azbestem je v ČR poměrně podrobná, avšak nepřehledná. Je roztržena do celé řady vyhlášek, nařízení a zákonů různých ministerstev. Navíc má dvě zásadní trhliny. Chybí jasná definice toho, kdo může azbest odstraňovat. Dnes stačí pouze povolení k nakládání s nebezpečným odpadem. Dále neexistuje závazný postup, jakým by měl být azbest a azbestové materiály odstraňovány. Postup firma popisuje v „hlášení prací s azbestem“ v „plánu práce“ a „provozním řádu“ na KHS před započítím prací, ale to je nedostatečné. V neposlední řadě pak chybí častější kontroly, jestli akreditovaná firma postupuje podle předem schváleného plánu a technologických postupů zasláných na příslušnou hygienickou stanici.

V některých evropských zemích kromě oznámení o odstraňování azbestu může být vyžadována i zvláštní licence, a to například v Rakousku, Itálii, Slovensku, Švédsku a dalších zemích. Ve Švýcarsku a Velké Británii existuje povinnost mít certifikát pro stavební firmu, která pracuje s materiálem obsahujícím azbest. Ve všech zemích je podle právních předpisů povinnost pro zaměstnavatele školit stavební dělníky kteří přijdou do styku s azbestem a informovat je o možném výskytu a rizikem před zahájením prací. V průběhu práce provádět periodické kontroly pracovního prostředí. Ve Francii, Velké Británii a Švýcarsku je možné pracovat pro firmu odstraňující azbest pouze po lékařské prohlídce a každých 24 měsíců se musí tato prohlídka opakovat. (*EFBWW, online*)

K ochraně zdraví je tedy důležitá správná identifikace azbestových vláken, k čemuž slouží několik dostupných metod. Celosvětově nejrozšířenější metodou k identifikaci azbestových vláken je stále optická mikroskopie. Je rychlá, levná a pro většinu případů dostačující. Poslední dobou je však čím dál více laboratoří vybaveno SEM (skenovacím elektronovým mikroskopem). Jeho pořizovací náklady již nejsou tak obrovské a často je přímo vyžadován legislativou nebo klientem. Tato technika stanovení azbestových vláken umožňuje identifikovat vlákna menší než 0,2 μ m a na rozdíl od optické mikroskopie spolehlivě vyloučí vlákna organická, která jsou morfologicky velmi podobná azbestovým vláknům.

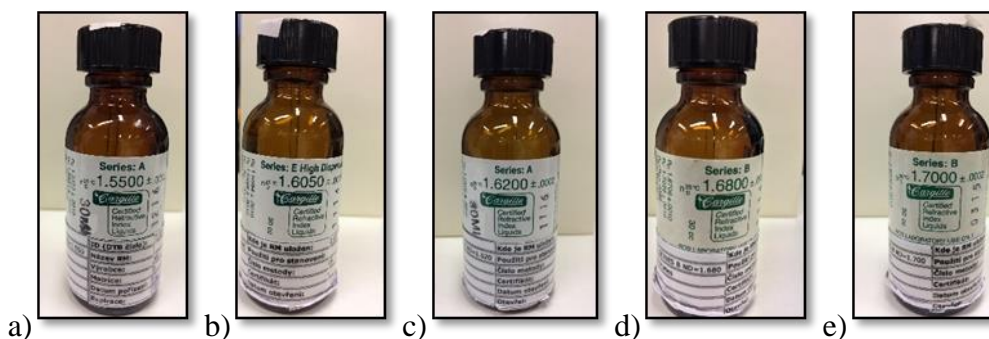
Méně častými metodami jsou pak metody IR-FTIR (infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací) či Ramanova spektrometrie. Při identifikaci vláken různými

technikami může docházet k významným rozdílům ve výsledcích. Každá z uvedených metod má různou citlivost a je vhodná pro identifikaci vláken v různých matricích.

Identifikace azbestových vláken je založena na:

- Délce a tloušťce vláken
- Chemickém složení
- Krystalické struktuře

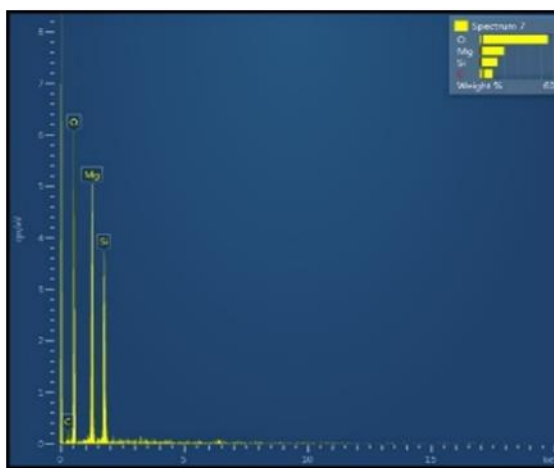
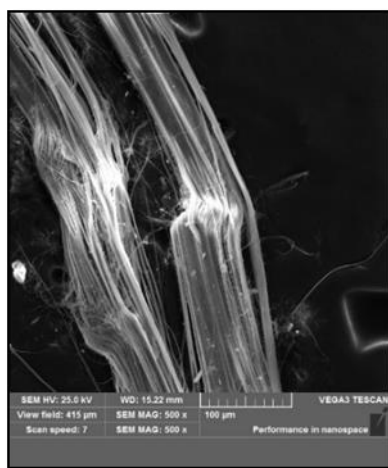
Optická mikroskopie je robustnější metodou a je proto vhodná pro většinu vzorků jako jsou stavební materiály, odpady a půdy. Je schopná analyzovat větší množství materiálu a tedy je vhodná i pro méně homogenní vzorky. Nevhodnou je především pro analýzu ovzduší, kvůli neschopnosti rozlišovat azbestová a minerální vlákna, Prvotně jsou pod stereoskopickým mikroskopem vyhledány podezřelé materiály a vlákna. Nalezená vlákna jsou vložena na podložní sklíčko a zalita imerzní kapalinou. Imerzní kapalina slouží pro dosažení největšího rozlišení mikroskopu, díky kapalině odpovídajícího indexu lomu lze identifikovat jednotlivé druhy azbestu. Takto připravený vzorek je analyzován pomocí polarizačního mikroskopu. Sledujeme morfologii, barvu, pleochroismus, anizotropie, zhášení a charakter zón. Touto metodou nelze spolehlivě identifikovat vlákna o šířce menší než 1 μm .



Obr.41 a – e: ukázky imerzních kapalin pro identifikaci jednotlivých typů azbestu

Pro identifikaci vláken o šířce menší než 1 μm je vhodná elektronová mikroskopie. Jelikož na takto tenkém vlákně již nelze spolehlivě pozorovat optické jevy, na jejich základě se azbestová vlákna identifikují. K dispozici jsou dva typy. Skenovací elektronová mikroskopie (SEM) a transmisní elektronová mikroskopie (TEM). Tyto metody jsou mnohem citlivější a jsou tedy vhodné pro analýzu vzduchu, prachu, vody

a vybraných stavebních materiálů, které obsahují tzv. mikromletý azbest. Azbestová vlákna jsou identifikována pomocí jejich chemického složení a vzhledu. Vlákna jsou identifikována prostřednictvím EDS detektoru který poskytne o nalezeném vlákně prvkové složení v podobě spektra. Můžeme tak rozlišit azbestová vlákna od neazbestových. I SEM má však své omezení. Existují minerály, které vykazují stejné chemické složení. Například antigorit a chryzotil mají stejné prvkové složení. Pouze chryzotil je však považován za azbest. Často je pak třeba se více věnovat morfologii, původu vzorku, apod. Pokud není analytik schopen vzorek identifikovat, je vhodné ho zaslat na RTG difrakci, která spolehlivě podobné materiály rozliší.



Obr. 42: vlákna chryzotilu 500x
zvětšená, SEM VEGA3

Obr. 43: spektrum chryzotilu, SEM VEGA3

Touto technikou je vybavena i většina TEM (transmisních elektronových mikroskopů) a jedná se tak o nejspolehlivější techniku pro analýzu azbestu. Pro většinu vzorků je však jeho pořízení zbytečně nákladné a příprava vzorků složitá. Tradičně se používá společně s optickou metodou ve Spojených státech. Tam se SEM téměř nepoužívá, v Evropě naopak je více využíván SEM. Výjimku tvoří Francie, kde je momentálně legislativně vyžadováno analyzovat vzorky ovzduší pomocí TEM, který dokáže nalézt až 10x tenčí vlákna než SEM. Pokud nás zajímá informace zda je azbest přítomen můžeme použít metodu IR-FTIR, tato metoda je kompromisem mezi optickou a elektronovou mikroskopií. Identifikuje azbestový typ minerálu, neposkytuje už ale informaci, jestli v azbestové (vláknité) formě. Kvantitativní stanovení lze provést přibližně pomocí připravených standardů. Princip metody je absorpce infračerveného

záření procházející vzorkem, kde dochází ke změně rotačně vibračních energetických stavů molekuly.

Ramanova spektrometrie je metodou neinvazivní, není zapotřebí odebírat vzorek a narušovat tak prostředí, mluvíme-li o přenosném mobilním spektrometru. Tato metoda pracuje také na principu vibrací molekul v infračerveném pásmu, metoda využívá laseru namířeného na vzorek. Jedná se však z mého pohledu pouze o metodu orientační a ne příliš přesnou. Doplnková metoda k ostatním.

Charakteristika běžných mikroskopických technik					
	PLM	SEM	TEM	FTIR	Ramanova spektrometrie
Prostředí	Okolní vzduch	vakuum	vakuum	vakuum	Okolní vzduch, kapalina, vakuum
Zdroj světla	Paprsek světla prochází vzorkem, metoda fázového kontrastu	Elektronový paprsek skenuje povrch vzorku	Elektronový paprsek prochází tenkým vzorkem	Infračervené záření procházející vzorkem	Monochromatické záření (VIS nebo NIR) z laserového zdroje
Příprava vzorku	Vlákna separovaná na sklíčku ponořená do imerzní kapaliny	Vzorek může mít libovolnou tloušťku a je připevněn na hliníkový čep	Speciálně připravené tenké vzorky připevněné na TEM sítkách	Příprava tablety 1 -15mg vzorku +200 mg KBr – lisování za vakua	Není nutná
Obraz	Obraz v okuláru (možnost připojení kamery a přenos na monitor)	Obraz je zobrazen na monitoru	Obraz je zobrazený na fluorescenční obrazovce	Spektrum zobrazené na monitoru	Spektrum zobrazené na displeji přístroje
Záznam	Morfologie, pleochronismus, fázový kontrast, zhášení	Obrázek je z povrchu vzorku	Obrázek je dvourozměrná projekce vzorku	Obraz spektra	Obraz spektra
Rozlišení: X, Y	>1 μ m	0,2 μ m	1,2nm	N/A	N/A
Efektivní zvětšení	1x – 1000x	10 – 1 000 000x	20 000 – 20 000 000x	N/A	N/A
Charakteristiky požadované pro vzorek	Vzorek nesmí být zcela průhledný vzhledem k použité vlnové délce	Povrch nesmí pohlcovat náboj, a musí být stabilní ve vakuu	Tenké vzorky 10 – 500nm, stabilní ve vakuu	Příprava tablety	žádný
Urychlovací napětí	N/A	Až 25kV	Až 300kV	N/A	N/A

Tab. 11: porovnání podmínek mikroskopických technik

11 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo shrnout dostupné metody stanovení azbestových vláken, jejich identifikaci a porovnat je. V současné době je nejvyužívanější a nejdostupnější metodou optická mikroskopie která patří k nejlevnější metodě, k identifikaci je potřeba pouze mikroskop a oko zkušeného analytika. Tato metoda je nejrobustnější a je vhodná zejména pro stavební materiály, odpady a půdy. Metoda není vhodná pro analýzu vláken menších než 1 μ m. K identifikaci vláken menších než 1 μ m je vhodnější elektronová mikroskopie ta je však poněkud nákladnější nicméně mnohem citlivější a je proto vhodná pro identifikaci vláken ve vodě a ovzduší. V této práci byly shrnuty informace o celkové problematice azbestu v životním prostředí. Vycházíme-li z dostupných údajů, je patrné, že azbest je stále obsažen v mnoha stavebních materiálech použitých ve veřejných budovách ale i na mnoha rodinných domech. Lidé tak mohou být dlouhá léta vystaveni účinkům azbestu, aniž by si uvědomovali riziko, které pro jejich zdraví tato expozice znamená.

Z poznatků získaných prostudováním informací z odborné literatury a databázových informačních zdrojů vyplývá, že azbest provází lidstvo značnou část jeho historie, zvláště pak v posledních dvou staletích byl masivně využíván pro své specifické fyzikálně – chemické vlastnosti. Práce přitom poukazuje na skutečnost podceňování rizikovitosti azbestu navzdory znalostem o vážných onemocněních způsobených dlouhodobou expozicí a představuje možnosti minimalizace zdravotního a ekologického rizika. Nejrizikovějším je dle studií azbest vyskytující se ve vzduchu a zde by měl být kladen největší důraz na eliminaci azbestových vláken v pracovním i pobytovém prostředí kde můžou být lidé vystaveni nejčastěji dlouhodobé expozici.

Závěrem je nutno dodat, že azbestová zátěž představuje závažné zdravotní a ekologické riziko pro současné i budoucí generace, neboť jak je v práci uvedeno, nejen že odstraňování azbestových materiálů je záležitostí dlouhodobou, ale i finančně a technologicky náročnou.

12 ZDROJE

AS 4964-2004. *Method for the qualitative identification of asbestos in bulk samples*. 2004.

Asbestos in Drinking-water: © World Health Organization [online]. 1996, 1-9 [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/asbestos.pdf

Asbestos.com: *Asbestos Exposure* [online]. [cit. 2020-02-16]. Dostupné z: <https://www.asbestos.com/exposure/>

Asbestos.com: *Asbestos in Home Goods and Toys* [online]. [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <https://www.asbestos.com/products/consumer/>

Asbestos.com: *History of Asbestos* [online]. [cit. 2020-02-16]. Dostupné z: <https://www.asbestos.com/asbestos/history>

Asbestos: *elimination of asbestos-related diseases* [online]. 2018 [cit. 2020-02-20]. WHO. Dostupné z: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/asbestos-elimination-of-asbestos-related-diseases>

Asbestos on contaminated sites: ICRC Guidance Note 64/85 [online]. 1990 [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: [file:///C:/Users/renat/Desktop/ICRCL64_85%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/renat/Desktop/ICRCL64_85%20(1).pdf)

AZBESTBEZPECNE.cz: *Co to je Azbest* [online]. [cit. 2020-02-16]. Dostupné z: <http://www.azbestbezpecne.cz/cs/o-azbestu/co-to-je-azbest/>

BANDUCH, Izabela a Lothar LISSNER. *Nemoci z povolání související s azbestem v zemích Střední a Východní Evropy* [online]. In.: 2012, s. 15 [cit. 2020-04-18]. Dostupné z: http://www.uvzsr.sk/docs/info/ppl/Choroby_z_povolania_suvisiace_s_azbestom_v_krajinach_Strednej_a_Vychodnej_Europy.pdf

BAROCH, Pavel. *Skryté nebezpečí: rakovina pod chodníky*. 2014. Dostupné také z: https://www.tyden.cz/rubriky/domaci/skryte-nebezpeci-rakovina-pod-chodniky_321430.html

BOUWMAN, John. *AIRSAFE: 7 products you won't believe were made with asbestos* [online]. 2014 [cit. 2020-02-16]. Dostupné z: <https://www.airsafe.net.au/news/7-products-you-wont-believe-were-made-asbestos>

CERESOLI, Giovanni Luca, BOMBARDIERI, Emilio a D'INCALCI, Maurizio. *Mesothelioma* [online]. 2019. © Springer Nature Switzerland, 2019, 340 s. ISBN 978-3-030-16883-4.

ČAPOUN, Tomáš a MATĚJKA, Jiří. *Ramanův spektrometr*. 112. 2007, 6(2), 24-25. ISSN 1213-7057.

ČERNOHORSKÝ, Tomáš. *Ramanova spektrometrie*. *CHEMagazín*. 2011, XXI(5). ISSN 1210-7409.

ČKAIT – profesní informační systém: *ODSTRAŇOVÁNÍ STARÉ AZBESTOVÉ ZÁTĚŽE* [online]. Praha, 2007 [cit. 2020-04-18]. Dostupné z: <https://www.profesis.cz/parser/go/>

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

ECOSERVIS: *SEPNO = systém elektronické evidence přepravy nebezpečných odpadů* [online]. [cit. 2020-04-11]. Dostupné z: <http://www.ecoservis.eu/sepno-jak-na-elektronickou-evidenci-prepravy>

EFBWW Trade Union Guide on using Asbestos Registries: European Federation of Building and Woodworkers [online]. 2018 [cit. 2020-06-07]. Dostupné z: [www.efbww.eu > stream](http://www.efbww.eu/stream)

ELLIS, David I. a GOODACRE, Royston. *Metabolic fingerprinting in disease diagnosis: biomedical applications of infrared and Raman spectroscopy*. *The Analyst* [online]. 2006, 131(8) [cit. 2020-02-19]. DOI: 10.1039/b602376m. ISSN 0003-2654. Dostupné z: <http://xlink.rsc.org/?DOI=b602376m>

EnviWeb: *Jak se provádí identifikace azbestu?* 2012. Dostupné také z: <http://www.enviweb.cz/93267>

ESIPA: *80/1107/EHS* [online]. [cit. 2020-03-30]. Dostupné z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=31980L1107>

ESIPA: *83/477/EHS* [online]. [cit. 2020-03-30]. Dostupné z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=31983L0477>

ESIPA: 83/478/EHS [online]. [cit. 2020-03-30]. Dostupné z:
<https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=31983L0478>

ESPIA: 1999/77/ES [online]. [cit. 2020-03-30]. Dostupné z:
<https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=31999L0077>

Geologie, mineralogie, historie dolování: Amfiboly [online]. Praha: Velebil, 2005 [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <http://www.velebil.net/minerally/amfiboly>

Geologie, mineralogie, historie dolování: Serpentin [online]. Praha: Velebil, 2005 [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <http://www.velebil.net/minerally/serpentin>

GUSCHLOVÁ, Zoja. *Při odstraňování azbestových materiálů je potřeba chránit sebe a své okolí* [online]. 2017 [cit. 2020-02-19]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/aktualne/nazory-a-rozhovory/pri-odstranovani-azbestovych-materialu-je-potreba-chronit-sebe-a-sve-okoli>

HABALOVÁ, Jana. *Užitečné semináře.cz: Azbest – známé řešení -Praha* [online]. 2017 [cit. 2020-04-13]. Dostupné z:
<http://www.uzitecneseminare.cz/userfiles/file/AZBEST%202017/E%20HABALOVA.pdf>

HAVELKA, Petr. *Azbest jako hrozba: Česká asociace odpadového hospodářství*. 2018. Dostupné také z: <http://www.caoh.cz/odborne-clanky-a-aktuality/azbest-jako-hrozba.html>

HOMOLA, Petr, Ivana VOJTĚCHOVÁ a Pavel BUCHTA. *Výsledky měření minerálních a azbestových vláken ve vnitřním prostředí škol a školských zařízení* [online]. In: 2012 [cit. 2020-03-31]. Dostupné z:
http://www.szu.cz/uploads/documents/szu/akce/materialy/11.10.2012/Buchta_10_11_2012_Azbest_Skoly.pdf

HRUDA, Vladimír. *Zdravotní rizika spojená s expozicí azbestu: Průmyslová toxikologie (C867)* [online]. In: FChT Univerzity Pardubice [cit. 2020-04-18]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/2898344/>

ISO 14966: *Ambient air — Determination of numerical concentration of inorganic fibrous particles — Scanning electron microscopy method*. 2019. NORMSERVIS.

ISO 22262-1: *Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials*. 2012. NORMSERVIS.

JANÁKOVÁ, Anna. *Zákon o ochraně veřejného zdraví* [online]. 2019 [cit. 2020-03-31]. Dostupné z: <https://www.pamprofi.cz/33/zakon-o-ochrane-verejneho-zdravi-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EvzDv4AuQxcBHzPYe8gL46w/>

KLEGER, Ladislav a Petr VÁLEK. *ARNIKA: Azbest* [online]. [cit. 2020-03-31]. Dostupné z: <https://arnika.org/azbest>

KOTLÍK, Bohumil. SZÚ. *Příroda vrací úder - azbest* [online]. 2017 [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/Vzdelavaci_akce/CHPPL/KD_170921/1_Kotlik.pdf

KOŽÍŠEK, František a PUMANN, Petr. *Stanovisko k používání azbestocementových potrubí: Státní zdravotní ústav* [online]. 2014 [cit. 2020-02-19]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/stanovisko-k-pouzivani-azbestocementovych-potrubi>

KRAJSKÁ HYGIENICKÁ STANICE STŘEDOČESKÉHO KRAJE. *Opatření k předcházení rizik souvisejících s expozicí azbestu při odstraňování střešní krytiny* [online]. [cit. 2020-02-19]. Dostupné z: http://www.khsstc.cz/dokumenty/opatreni-k-predchazeni-rizik-souvisejicich-s-expozici-azbestu-pri-odstranovani-stresni-krytiny_1366_43_1.html

Krajská hygienická stanice kraje Vysočina: *Legislativa zabývající se problematikou azbestu* [online]. 2011 [cit. 2020-03-31]. Dostupné z: <http://www.khsjih.cz/soubory/ostatni/azbest-legislativa-2011.pdf>

MANOVÁ, Andrea. *Provádění stavebních úprav – azbest* [online]. 2006 [cit. 2020-02-19]. Dostupné z: <https://www.scmbd.cz/provadeni-stavebnich-uprav-azbest?highlightWords=azbest>

Mesothelioma Justice Network at Asbestos.net: *Asbestos history* [online]. Chestnut Hill, Massachusetts: Asbestos.net, 2019 [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://www.asbestos.net/asbestos/history/>

Mesothelioma Justice Network at Asbestos.net: *Asbestos Properties* [online]. 2019: Asbestos.net [cit. 2020-02-16]. Dostupné z: <https://www.asbestos.net/asbestos/history/#section-2>

MesoWath: *Types of Asbestos Minerals / Amosite Asbestos* [online]. [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://mesowatch.com/asbestos/types/amosite/>

MesoWath: *Types of Asbestos Minerals / Anthophyllite Asbestos* [online]. [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://mesowatch.com/asbestos/types/anthophyllite/>

MesoWath: *Types of Asbestos Minerals / Crocidolite Asbestos* [online]. [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://mesowatch.com/asbestos/types/crocidolite/>

MesoWath: *Types of Asbestos Minerals / Tremolite Asbestos* [online]. [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://mesowatch.com/asbestos/types/tremolite/>

Metodický návod pro řízení vzniku odpadů s obsahem azbestu při provádění a odstraňování staveb a pro nakládání s ním: Ministerstvo životního prostředí [online]. 2018 [cit. 2020-02-19]. 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)

MIKULOVÁ, Olga. *Nové uspořádání orgánu veřejného zdraví dané zákonem č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů: TZB-info*. 2004. Dostupné také z: <https://voda.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-voda-kanalizace/2085-nove-usporadani-organu-verejneho-zdravi-dane-zakonom-c-258-2000-sb-o-ochrane-verejneho-zdravi-a-o-zmene-nekterych-souvisejicich-zakonu>

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. *Dopady na životní prostředí: integrovaný registr znečišťování* [online]. [cit. 2020-02-19]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/irz/latky/azbest.html>

MORGAN, Denis. SOCOTEC. *CAR-SOIL – Guidance to Working with Asbestos in Soils* [online]. United Kingdom, 2012 [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: <https://www.socotec.co.uk/news/hot-topics/car-soil-guidance-to-working-with-asbestos-in-soils/>

NANAKOUDIS, Antonis. *Combining SEM and TEM technology* [online]. 2019 [cit. 2020-02-19]. Dostupné z: <https://blog.phenom-world.com/sem-tem-difference>

NASHSI, CASIMIR, 2018. Identification of asbestos in construction materials. Abo Akademi University. Faculty of Science and Engineering. Geology and Mineralogy. Spring 2018

National Programmes for Elimination of Asbestos-Related Diseases: WHO [online]. 2007 [cit. 2020-05-29]. Dostupné z: https://www.who.int/occupational_health/publications/elim_asbestos_doc_en.pdf?ua=1

Nariadení CLP (1272/2008): EnviGroup [online]. 2010 [cit. 2020-05-27]. Dostupné z: <https://www.envigroup.cz/narizeni-clp-1272-2008.html>

Nariadení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006: MPO [online]. 2007 [cit. 2020-05-27]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/dokument26065.html>

PETRÁNEK, Jan, BŘEZINA, Jiří, BŘÍZOVÁ, Eva, CHÁB, Jan, LOUN, Jan a ZELENKA, Přemysl. *Encyklopedie geologie*. Praha: Česká geologická služba, 2016. ISBN 978-80-7075-901-1.

PLESCIA, Paolo. *Analisi dei materiali contenenti amianto mediante FTIR: Thermo Nicolet* [pdf]. 2004.

PRUCEK, Robert. *Bezpečnostní předpisy v chemii*. Olomouc, 2013. Dostupné také z: <http://chemikalie.upol.cz/skripta/bzp/BZP.pdf>. Skripta. Univerzita Palackého v Olomouci.

PUCHNAR, Jiří. *Fyzici představili novou metodu plazmové likvidace radioaktivních odpadů*. 2015. Dostupné také z: <https://oenergetice.cz/technologie/fyzici-predstavili-novou-metodu-plazmove-likvidace-radioaktivnich-odpadu>

REACH [online]. ARNIKA [cit. 2020-05-27]. Dostupné z: <https://arnika.org/reach>

SKÁCEL, František, GUSCHLOVÁ, Zoja a TEKÁČ, Viktor. *Azbestová a minerální vlákna ve vnitřním vzduchu. Chemické listy*. Praha: Česká společnost chemická, 2012, 106(10), 961-970. ISSN 1213-7103.

SOUKUP, Aleš. *Odstraňování azbestu ne vždy probíhá podle zákona* [online]. 2018 [cit. 2020-02-19]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/odstranovani-azbestu-ne-vzdy-probiha-podle-zakona>

Státní zdravotní ústav: Nakládání s odpady obsahujícími azbest [online]. Praha, 2008 [cit. 2020-04-11]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/puda/legislativa_odpady/odpady_azbest.pdf

ŠULC, Jiří. *Sanace azbestu bezpečný postup likvidace azbestových materiálů. Odpadové fórum*. 2008, (3), 17-18. Dostupné také z: <http://www.odpadoveforum.cz/upload/pageFiles/3-2008-pdf.pdf>

Praktická příručka o osvědčených postupech pro prevenci a minimalizaci rizik azbestu při práci (potenciálně) zahrnující kontakt s azbestem: pro zaměstnavatele, zaměstnance a inspektory práce. Státní zdravotní ústav a Ministerstvo zdravotnictví ČR, 2007. ISBN 978-80-7071-282-5.

Technické služby Benešov: *Příjem odpadu s obsahem azbestu* [online]. 2015 [cit. 2020-02-19]. Dostupné z: https://www.tsbenesov.cz/vismo/dokumenty2.asp?id_org=600739&id=1098&n=prijem%2Dodpadu%2Ds%2Dobsahem%2Dazbestu

The Concentration of Asbestos Fibers in Bulk Samples and Its Variation with Grain Size: MDPI [online]. 2019 [cit. 2020-06-07]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2075-163X/9/9/539/htm>

TRGS 517: BAUA [online]. 2013 [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-517.html>

Třetí ruka: KOMPETENCE ORGÁNŮ [online]. [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <https://www.tretiruka.cz/kompetence-organu2/>

VDI 3492: *Indoor air measurement - Ambient air measurement - Measurement of inorganic fibrous particles - Scanning electron microscopy method.* 2013. Berlin.

VDI 3866: *Determination of asbestos in technical products - Sampling and sample preparation, Blatt 1.* Berlin: NORMSERVIS, 2000.

VDI 3866: *Determination of asbestos in technical products - Infrared spectroscopy method, Blatt 2.* Berlin: NORMSERVIS, 2001.

VDI 3866: *Determination of asbestos in technical products - Phase contrast optical microscopy method, Blatt 4.* Berlin: NORMSERVIS, 2002.

VDI 3866: *Determination of asbestos in technical products - Scanning electron microscopy method, Blatt 5.* Berlin: NORMSERVIS, 2017.

Věstník ministerstva životního prostředí. Praha: ALQ Plus, s.r.o, 2003, XVIII (9). ISSN 0862-9013. Dostupné také z: <https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/.pdf>

Věstník Ministerstva životního prostředí: metodické pokyny a návody. Praha, 2008, XVIII(3), 28 s.. ISSN 0862-9013. Dostupné také z: <https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/.pdf>

Věstník ministerstva životního prostředí. Praha: ALQ Plus, s.r.o, 2018, XXVIII (1).
Dostupné také z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/vestnik_mzp_2018/\\$FILE/SOTPR_Vestnik_leden_180215.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/vestnik_mzp_2018/$FILE/SOTPR_Vestnik_leden_180215.pdf)

VÍT, Michael. *Zdravotní rizika expozice asbestu*. Praha: Státní zdravotní ústav, 2014.
Dostupné také z: http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/Vnitri_ovzdusi/azbest_seminar_15_12_2014/Vit_azbest_zdravi.pdf

Vitifikace radioaktivního odpadu nově: TRÍPÓL [online]. 2016 [cit. 2020-06-06].
Dostupné z: <https://www.3pol.cz/cz/rubriky/jaderna-fyzika-a-energetika/1798-vitifikace-radioaktivniho-odpadu-nove>

VOKURKA, Martin a HUGO, Jan. *Velký lékařský slovník*. 10. aktualizované vydání. Praha: Maxdorf, [2015]. Jessenius. ISBN 978-80-7345-456-2.

WHO: Asbestos: elimination of asbestos-related diseases [online]. 2018 [cit. 2020-04-18]. Dostupné z: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/asbestos-elimination-of-asbestos-related-diseases>

Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů: díl 6 Odpady z azbestu. In: 2002. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185#cast6>

Zákony pro lidi: Nařízení vlády č. 290/1995 Sb. [online]. [cit. 2020-03-31]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-290>

Zákony pro lidi: Zákon České národní rady o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu povolání autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě. In: 1992. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-360>

ZAM – zdravotnictví a medicína: Negativní vliv azbestu jako příčiny nemocí z povolání nadále přetrvává [online]. 2019 [cit. 2020-04-18]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/negativni-vliv-azbestu-jako-priciny-nemoci-z-povolani-nadale-pretrvava/>

ZATLOUKAL, Petr a PETRUŽELKA, Luboš. *Karcinom plic*. Praha: Grada, 2001. ISBN 80-7169-819-9.

13 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví
CAS	Chemical Abstracts Service
CLP	Classificatio Labelling and Packinng
ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
EDS	Energy Dispersive Spectrometer
EDX	Energy Dispersive X-Ray Analysis
EPA	Environmental Protection Agency
EU	Evropská unie
FTIR	Fourier transform infrared
GHS	Globálně harmonizovaný systém
HEPA	High efficiency particulate arrestance
IR	Infra-Red
ISO	International organization for Standardization
KBr	Bromid draselný
KHS	Krajská hygienická stanice
MZ	Ministerstvo zdravotnictví
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NAP	National Asbestos Profile
NAW	National Asbestos Workplan
NIR	Near Infra-Red
NPEAD	National Programmes for Elimination of Asbestos-Related Diseases
NzP	Nemoci z povolání

NV	Nařízení vlády
OOPP	Osobní ochrání pracovní prostředky
PLM	Polarized Light Microscopy
PVC	Polyvinylchlorid
REACH	Registration Evaluation Authorization and Restriction of Chemicals
RTG	Rentgen
S-OO	Skládka-ostatní odpad
S-NO	Skládka-nebezpečný odpad
SEM	Scaning Electron Microscopy
SEPNO	Systému evidence přepravy nebezpečných odpadů
STEM	Scaning Transmission Microscopy
SVHC	Substances of very high concern
SZÚ	Státní zdravotní ústav
TEM	Transmission Electron Microscopy
TRGS	Tätigkeiten mit potenziell asbesthaltigen mineralischen Rohstoffen und daraus hergestellten Gemischen und Erzeugnissen
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VIS	Visible
WHO	World Health Organisation

14 SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr.1 Vlákna chryzotilu při zvětšení 449x
- Obr.2 Vlákniatá forma chryzotilu
- Obr.3 Vlákna antofylitu
- Obr.4 Vlákniatá forma antofylitu
- Obr.5 Vlákna amositu
- Obr.6 Vlákniatá forma amositu
- Obr.7 Vlákna krokydolitu
- Obr.8 Vlákniatá forma krokydolitu
- Obr.9 Vlákna aktinolitu
- Obr.10 Vlákniatá forma aktinolitu
- Obr.11 Vlákna tremolitu
- Obr.12 Vlákniatá forma tremolitu
- Obr.13 Porovnání velikosti azbestového vlákna vs. azbestové vlákno
- Obr.14 Porovnání velikosti azbestového vlákna vs. minerální vlákno
- Obr.15 Azbestový dětský obleček
- Obr.16 Nejznámější výrobce cigaret na bázi azbestu byl Kent
- Obr.17 Pure White Snow – vyroben z chryzotilových vláken
- Obr.18 Místa výroby stavebních výrobků s azbestem
- Obr.19 Rakovina z azbestu – azbestóza
- Obr.20 Pleural Mesothelioma
- Obr.21 Graf vývoje nemoci z povolání způsobené azbestem v populaci mezi lety 1996–2019
- Obr.22 Graf typů nemocí zastoupených v celkovém počtu NzP způsobené azbestem v letech 1996–2019
- Obr.23 Mapa míry úmrtnosti na karcinom plic v okresech ČR
- Obr.24 Mapa míry úmrtnosti na karcinom plic v okresech ČR–muži
- Obr.25 Mapa míry úmrtnosti na karcinom plic v okresech ČR–ženy
- Obr.26 Graf vývoje počtu NzP způsobené azbestem v letech 1996–2003 v EU
- Obr.27 Země se zákazem azbestu
- Obr.28 Označování balených výrobků obsahujících azbest

- Obr.29 Konstrukce elektronového mikroskopu
- Obr.30 Prvkové složení chryzotilového vlákna
- Obr.31 Prvkové složení antofylitového vlákna
- Obr.32 Prvkové složení amositového vlákna
- Obr.33 Prvkové složení krokydolitového vlákna
- Obr.34 Prvkové složení aktinolitového vlákna
- Obr.35 Prvkové složení tremolitového vlákna
- Obr.36 Ukázka pravidel počítání vláken podle normy VDI 3492
- Obr.37 Pravidla počítání konců vláken podle normy ISO 149 66
- Obr.38 Ukázka pravidel počítání podle normy ISO 149 66
- Obr.39 Postupové schéma pro materiály s podezřením na obsah azbestu
- Obr.40 Postupové schéma pro materiály s podezřením na obsah azbestu
- Obr.41 Ukázky imerzních kapalin pro identifikaci jednotlivých typů azbestu
- Obr.42 Vlákna chryzotilu 500x zvětšená, SEM VEGA3
- Obr.43 Spektrum chryzotilu, SEM VEGA3

15 SEZNAM TABULEK

Tab. 1: přehled stavebních materiálů s obsahem azbestu (MŽP,2018).....	23
Tab. 2: výrobci stavebních výrobků obsahující azbest (Báčová M.,2007)	24
Tab. 3:legislativa v oblasti ochrany zdraví.....	36
Tab. 4:legislativní rámec ČR v oblasti ochrany zdraví před expozicí azbestu	39
Tab. 5:legislativní rámec EU odpadového hospodářství s obsahem azbestu	40
Tab. 6:legislativa odpadového hospodářství	42
Tab. 7:výňatek katalogu odpadů 93/2016 Sb.	43
Tab. 8:legislativa ČR zabývající se problematikou azbestu v oblasti chemických látek	45
Tab. 9:legislativa ČR zabývající se problematikou azbestu v oblasti chemie.....	46
Tab. 10:shrnutí hlavních rozdílů SEM a TEM (Lambda,a2018)	57
Tab. 11:porovnání podmínek mikroskopických technik.....	80

16 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 dodatek 7	96
Příloha 2: Nařízení vlády č.361/2007 podmínky ochrany zdraví při práci díl 4 AZBEST	100
Příloha 3: Zákon č. 258/2000 Sb. Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů.....	102

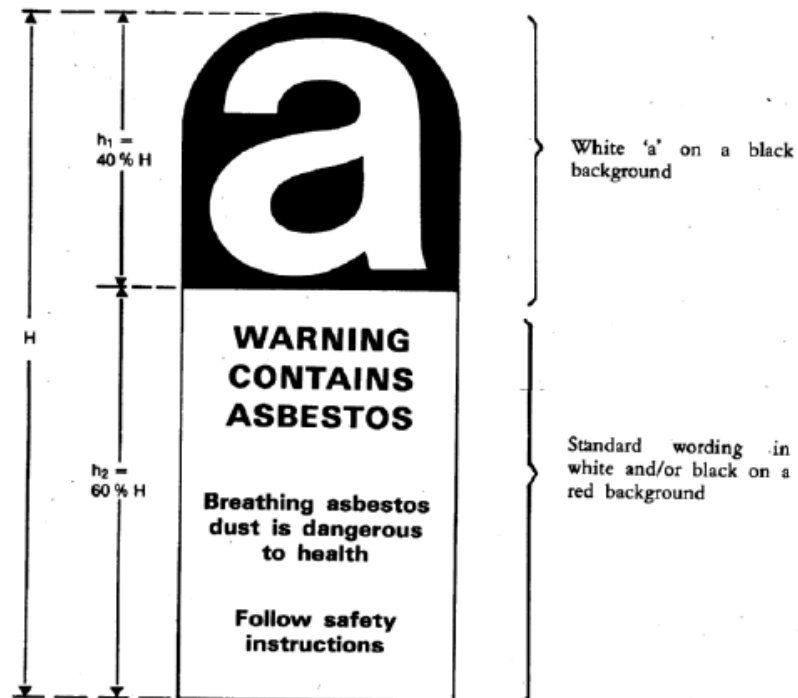
Dodatek 7

Zvláštní ustanovení o označování předmětů obsahujících azbest

1. Všechny předměty obsahující azbest nebo jejich obal musí být opatřeny označením definovaným takto:
 - a) označení odpovídající níže uvedenému vzoru musí být přinejmenším 5 cm vysoké (H) a 2,5 cm široké;
 - b) označení se skládá ze dvou částí:
 - horní část ($h_1 = 40 \% H$) obsahuje bílé písmeno „a“ na černém pozadí,
 - dolní část ($h_2 = 60 \% H$) obsahuje standardní bílý nebo černý nápis na červeném pozadí, který musí být jasně čitelný;
 - c) pokud předmět obsahuje krocidolit, nahradí se slova „obsahuje azbest“ použitá ve standardním textu slovy „obsahuje krocidolit/modrý azbest“.

Členské státy mohou vyjmout z prvního pododstavce předměty určené k uvedení na trh na jejich území. Označení těchto předmětů však musí obsahovat slova „obsahuje azbest“;

- d) pokud je označení natištěno přímo na předmětech, postačí jedna barva kontrastující s barvou pozadí.



2. Označení uvedené v této příloze musí být umístěno v souladu s těmito pravidly:
- na každém i nejmenším dodávaném dílu;
 - pokud předmět obsahuje součásti na bázi azbestu, postačí, aby označení bylo pouze na těchto součástech. Od označení může být upuštěno v případě, že malá velikost součásti nebo nevhodnost obalu neumožňuje umístění označení.

* Legenda: *WARNING CONTAINS ASBESTOS* - UPOZORNĚNÍ: OBSAHUJE AZBEST, *Breathing asbestos dust is dangerous for health* - Vdechování azbestového prachu je zdraví nebezpečné. *Follow safety instructions* - Dodržujte bezpečnostní pokyny. *White 'a' on a black background* - Bílé „a“ na černém pozadí, *Standard wording in white and/or black on a red background* - Standardní bílý nebo černý nápis na červeném pozadí

3. Označování balených předmětů obsahujících azbest

3.1. Na obalu balených předmětů obsahujících azbest musí být čitelné a neodstranitelné označení těmito údaji:

- a) symbol a příslušné označení nebezpečnosti v souladu s touto přílohou;
- b) bezpečnostní pokyny, které musí být zvoleny v souladu s údaji uvedenými v této příloze a v náležitém rozsahu pro určitý předmět.

Pokud jsou na obalu uvedeny doplňující informace o bezpečnosti, nesmějí odporovat údajům stanoveným v písmenech a) a b) nebo je zlehčovat.

3.2. Označování stanovené v bodu 3.1 se provádí pomocí:

- označení pevně připojeného k obalu nebo
- visačky bezpečně připojené k obalu nebo
- přímého natištění na obal.

3.3. Předměty obsahující azbest, které jsou zabalené pouze ve volném plastovém obalu nebo podobným způsobem, se považují za balené předměty a musí být označeny v souladu s bodem 3.2. Pokud jsou předměty odděleny od obalů a uvedeny na trh nezabalené, musí být každý, i nejmenší takto nabízený díl opatřen označením v souladu s bodem 3.1.

4. Označování nebalených předmětů obsahujících azbest

U nebalených předmětů obsahujících azbest se označení v souladu s bodem 3.1 provádí pomocí:

- označení pevně připojeného k předmětu obsahujícímu azbest,
- visačky pevně připojené k tomuto předmětu,
- přímého natištění na předmět,

nebo pokud výše uvedené možnosti nejsou z praktických důvodů možné, např. u předmětů omezených rozměrů, u předmětů s nevhodnými vlastnostmi nebo při určitých technických obtížích, provede se označení pomocí příbalového letáku v souladu s bodem 3.1.

5. Aniž jsou dotčeny předpisy Společenství o bezpečnosti a hygieně na pracovišti, je třeba označení připojené k předmětu, který může být v závislosti na použití dále zpracováván nebo dokončován, opatřit všemi náležitými bezpečnostními pokyny pro daný předmět, zejména následujícími:
 - pokud je to možné, používejte venku nebo na dobře větratelném místě,
 - přednostně používejte ruční nebo nízkorychlostní nástroje vybavené v případě potřeby zařízením na odsávání prachu. Při použití vysokorychlostních nástrojů by tyto nástroje měly být vždy vybaveny odsávacím zařízením,
 - pokud je to možné, před řezáním nebo vrtáním navlhčete,
 - prach navlhčete, uložte jej do dobře uzavřené nádoby a bezpečně zneškodněte.
6. Označení všech předmětů určených k použití v domácnosti, na které se nevztahuje bod 5 a z nichž se pravděpodobně budou během používání uvolňovat azbestová vlákna, musí v případě potřeby obsahovat následující bezpečnostní pokyn: „po opotřebení vyměnit“.
7. Označení předmětů obsahujících azbest musí být uvedeno v úředním jazyce nebo jazycích členského státu nebo států, na jejichž území jsou předměty uváděny na trh.

Příloha 2: Nařízení vlády č.361/2007podmínky ochrany zdraví při práci díl 4 AZBEST

Díl 4

Azbest

§ 19

Zjišťování a hodnocení expozice azbestu

(1) Azbestem se rozumí vláknité silikáty, kterými jsou

- a) aktinolit CAS 77536-66-4,
- b) amosit CAS 12172-73-5,
- c) antofylit CAS 77536-67-5,
- d) chrysotil CAS 12001-29-5,
- e) krokydolit CAS 12001-28-4,
- f) tremolit CAS 77536-68-6.

(2) Sledovaným ukazatelem expozice zaměstnance azbestu je početní koncentrace vláken o rozměrech délky větší než 5 µm, průměru menším než 3 µm a poměru délky k průměru větším než 3 : 1 v pracovním ovzduší.

§ 20

Hodnocení zdravotního rizika

(1) Hodnocení zdravotního rizika při práci s azbestem zahrnuje

- a) ověření jeho přítomnosti na pracovišti a formu, v níž se nachází,
- b) předpokládaný rozsah práce s azbestem,
- c) dobu trvání práce s azbestem.

(2) K ověření přítomnosti azbestu na pracovišti lze využít informace od vlastníka stavby nebo z jiných ověřitelných zdrojů, a pokud tyto informace nejsou dostupné, je nutné materiály, o nichž se má za to, že obsahují azbest, analyzovat.

§ 21

Minimální opatření k ochraně zdraví, bližší hygienické požadavky na pracoviště, bližší požadavky na pracovní postupy, obsah školení

(1) Jestliže z hodnocení podle § 20 vyplývá, že koncentrace azbestu v pracovním ovzduší je nebo může být překročena, měření se provádí nejméně každé 3 měsíce a dále vždy, když dojde k provedení technické nebo technologické změny vykonávané práce. Četnost měření může být snížena na jedno za rok, nedošlo-li k podstatné změně pracovních podmínek a výsledky dvou předcházejících měření nepřekročily polovinu přípustného expozičního limitu upraveného v příloze č. 3 k tomuto nařízení, tabulce č. 5.

(2) Při odstraňování stavby nebo její části, v níž byl použit azbest nebo materiál obsahující azbest, musí být dodržena tato minimální opatření k ochraně zdraví zaměstnance

- a) technologické postupy používané při zacházení s azbestem nebo materiálem obsahujícím azbest musí být upraveny tak, aby se předcházelo uvolňování azbestového prachu do pracovního ovzduší,
- b) azbest a materiály obsahující azbest musí být odstraněny před odstraňováním stavby nebo její části, pokud z hodnocení rizika nevyplývá, že expozice zaměstnanců azbestu by byla při tomto odstraňování vyšší,
- c) odpad obsahující azbest musí být sbírán a odstraňován z pracoviště co nejrychleji a ukládán do neprodyšně utěsněného obalu opatřeného štítkem obsahujícím upozornění, že obsahuje azbest,
- d) prostor, v němž se provádí odstraňování azbestu nebo materiálu obsahujícího azbest, musí být vymezen kontrolovaným pásmem,
- e) zaměstnanec v kontrolovaném pásmu musí být vybaven pracovním oděvem a osobními ochrannými pracovními prostředky k zamezení expozice azbestu dýchacím ústrojím. Pracovní oděv musí být ukládán u zaměstnavatele na místě k tomu určeném a řádně označeném. Po každém použití musí být provedena kontrola, zda není pracovní oděv poškozen, a provedeno jeho vyčištění. Je-li pracovní oděv poškozen, musí být před dalším použitím opraven. Bez kontroly a následně provedené opravy nebo výměny poškozené části nelze pracovní oděv znovu použít. Pokud praní nebo čištění pracovního oděvu neprovádí za těchto podmínek zaměstnavatel sám, přepravuje se k praní nebo čištění v uzavřeném kontejneru,

f) pro zaměstnance musí být zajištěno sanitární a pomocné zařízení potřebné s ohledem na povahu práce.

(3) Před odstraňováním azbestu nebo materiálu obsahujícího azbest ze stavby nebo její části, musí být vypracován plán prací s údaji o

a) místu vykonávané práce,

b) povaze a pravděpodobném trvání práce,

c) pracovních postupech používaných při práci s azbestem nebo materiálem obsahujícím azbest,

d) zařízení používaném pro ochranu zdraví zaměstnance vykonávajícího práci s azbestem nebo materiálem obsahujícím azbest a pro ochranu jiných osob přítomných na pracovišti,

e) opatřeních k ochraně zdraví při práci.

(4) Po ukončení prací spojených s odstraňováním azbestu nebo materiálu obsahujícího azbest ze stavby nebo její části musí být provedeno kontrolní měření úrovně azbestu v pracovním ovzduší, nejde-li o práce s ojedinělou a krátkodobou expozicí azbestu; v práci pak lze pokračovat, je-li zjištěná hodnota azbestu v pracovním ovzduší nižší než přípustný expoziční limit.

(5) Opatření podle [odstavců 2 až 4](#) musí být přijata i pro jiné práce, které mohou být zdrojem expozice azbestu.

(6) Pro zaměstnance, který je nebo může být exponován azbestu nebo prachu z materiálu obsahujícího azbest, musí být zajištěno v pravidelných intervalech školení, které umožní získávání znalostí a dovedností k uplatňování správné prevence ohrožení zdraví, a to zejména o

a) vlastnostech azbestu a jeho účincích na zdraví včetně součinného účinku kouření,

b) typech materiálů nebo předmětů, které mohou obsahovat azbest,

c) činnostech, u nichž je pravděpodobnost expozice azbestu,

d) významu kontrolních mechanismů vedoucích k minimalizaci expozice azbestu,

e) bezpečných pracovních postupech, ochranných opatřeních a kontrole jejich dodržování,

f) výběru vhodného osobního ochranného pracovního prostředku k ochraně dýchacích cest včetně podmínek jeho používání,

g) správných pracovních postupech při mimořádné události spojené s únikem azbestu nebo prachu z materiálu obsahujícího azbest, při údržbě nebo opravě,

h) pracovních postupech při dekontaminaci prostor zasažených prachem obsahujícím azbest,

i) správném postupu při ukládání a likvidaci prachu obsahujícího azbest,

j) rozsahu závodní preventivní péče u exponovaného zaměstnance.

Evidence rizikových prací

Zaměstnavatel, na jehož pracovištích jsou vykonávány rizikové práce, je dále povinen

a) u každého zaměstnance ode dne přidělení rizikové práce vést evidenci

1. o jménu, příjmení a rodném čísle,
2. o počtu směn odpracovaných při rizikové práci, s výjimkou rizika infekčního onemocnění,
3. o datech a druzích provedených lékařských preventivních prohlídek a jejich závěrech, o zvláštních očkováních souvisejících s činností na pracovišti zaměstnavatele nebo o imunitě (odolnosti) k nákaze,
4. údajů o výsledcích sledování zátěže organismu zaměstnanců faktory pracovních podmínek a naměřených hodnotách intenzit a koncentrací faktorů pracovních podmínek a druhu a typu biologického činitele, s výjimkou údajů o zdravotním stavu zaměstnanců,

b) ukládat evidenci podle písmene a) po dobu 10 let od ukončení expozice, a jde-li o práce

1. s chemickými karcinogeny stanovenými zvláštním právním předpisem,
2. s azbestem,
3. v riziku fibrogenního prachu, a
4. s biologickými činiteli, které mohou vyvolat latentní onemocnění, onemocnění, která mají velmi dlouhou inkubační dobu nebo způsobují onemocnění, která se opakovaně projevují remisemi či mohou mít závažné následky,

po dobu 40 let od ukončení expozice,

c) evidenci o pracích podle písmene b) bodů 1 až 4 předat při svém zániku bez právního nástupce, neuplynula-li dosud lhůta podle písmene b), příslušnému orgánu ochrany veřejného zdraví,

d) oznámit příslušnému orgánu ochrany veřejného zdraví všechny skutečnosti, které by mohly mít vliv na zvýšení expozice zaměstnance faktorům pracovních podmínek.

Používání biologických činitelů a azbestu

(1) Zaměstnavatel je povinen ohlásit příslušnému orgánu ochrany veřejného zdraví, že budou poprvé používány biologické činitele skupin 2 až 4, upravené zvláštním právním předpisem, a změny ve výkonu takové práce a dále takové práce, při nichž jsou nebo mohou být zaměstnanci exponováni azbestu. Hlášení je zaměstnavatel povinen učinit nejméně 30 dnů před zahájením práce a dále vždy, když dojde ke změně pracovních podmínek, které pravděpodobně budou mít za následek zvýšení expozice azbestového prachu nebo prachu z materiálů, které azbest obsahují; náležitosti hlášení stanoví prováděcí právní předpis. Povinnost ohlásit práce s expozicí azbestu podle vět první a druhé zaměstnavatel nemá, jde-li o práci s ojedinělou a krátkodobou expozicí azbestu^{33d}). Práce s ojedinělou a krátkodobou expozicí azbestu a postup při určení ojedinělé a krátkodobé expozice azbestu upraví prováděcí právní předpis.

(2) Zaměstnavatel nebo osoba jím určená musí při stanovení rizika biologického činitele a azbestu postupovat způsobem stanoveným zvláštním právním předpisem.

(3) Zaměstnavatel je povinen opatření k předcházení a omezení rizik souvisejících s používáním biologických činitelů skupin 2 až 4, jakož i opatření k předcházení a omezení rizik souvisejících s expozicí azbestu předem projednat s příslušným orgánem ochrany veřejného zdraví.